

REVESTIMENTO DURAVISION® DA ZEISS

Protegendo nossos olhos da luz azul-violeta potencialmente nociva

A luz é necessária para a saúde física e da visão. A luz visível de alta energia na extremidade azul e violeta do espectro pode contribuir para o desenvolvimento de certas doenças da retina ou mesmo danificar diretamente a retina. Entretanto, há evidências convincentes de que a luz azul desempenha um papel importante na regulação dos ritmos circadianos e, portanto, pode afetar os padrões de sono. O revestimento *DuraVision® BlueProtect* da ZEISS foi projetado para reduzir os efeitos nocivos da luz azul-violeta, preservando os efeitos saudáveis da luz azul de maior comprimento de onda.

Os Benefícios da Luz

Nossa visão evoluiu em um mundo iluminado pelo sol e o olho humano desenvolveu uma sensibilidade à luz que faz o melhor uso da luz do dia disponível. A luz direta do sol e da luz solar refletida das nuvens e na atmosfera fornece um espectro que é relativamente uniforme em toda a gama de comprimentos de onda que podemos ver entre 390 a 700 nm. Os comprimentos de onda mais longos são percebidos como vermelhos, e os comprimentos mais curtos de onda seguem as cores familiares do arco-íris por laranja, amarelo, verde, azul e violeta¹.

Na luz do dia, nossa visão é mais sensível aos comprimentos de onda verdes de cerca de 550 nm, enquanto que à noite nossa visão muda sua sensibilidade para os comprimentos de onda azul-esverdeados de cerca de 510 nm. Este chamado de Efeito Purkinje é devido às diferentes sensibilidades dos cones da retina receptores de luz “fotorreceptores” responsáveis pela visão diurna e as hastes fotorreceptoras responsáveis pela visão noturna^{2, 3}.

Embora a retina tenha três tipos de cones, ela também tem somente um tipo de haste. Os três cones nos dão a habilidade de ver padrões finamente detalhados e perceber muitas cores diferentes. Trabalhando juntos, os três tipos de cone compreendem “visão tricromática” da mesma maneira que funciona uma câmera de vídeo colorida. Como uma câmera colorida, os cones exigem muita luz para funcionar corretamente, então eles funcionam melhor à luz do dia. Em contraste, a visão noturna é livre de cor e, portanto, “monocromática” por causa do tipo de haste única. Hastes agem como uma câmera de vídeo em preto-e-branco, e são muito mais sensíveis em baixos níveis de luz. Ambas as classes de fotorreceptores estão ativas ao mesmo tempo. Por exemplo, podemos ver a cor à noite se um objeto é iluminado com luz suficiente, mesmo se os níveis de iluminação geral sejam bastante baixos.

As sensibilidades variáveis entre os tipos de fotorreceptores para diferentes comprimentos de onda de luz são mostradas no gráfico seguinte (Figura 1)⁵. A curva do receptor da haste é traçada como uma linha preta pontilhada, enquanto que as curvas do fotorreceptor de cone Curta (C), Média (M) e Comprimento (C) são exibidas em azul, verde e vermelho.

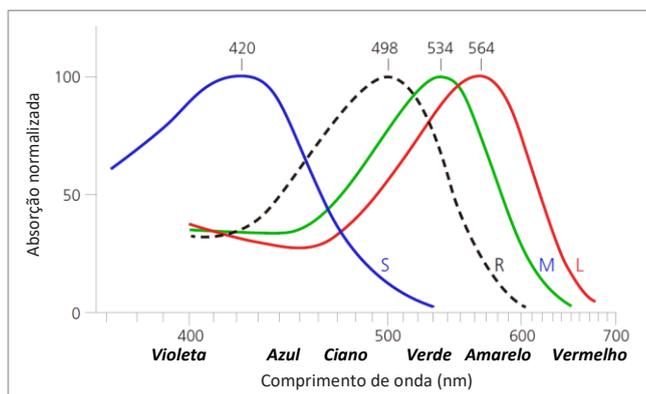


Figura 1. Resposta espectral de hastes e cones

A ampla separação das três respostas de cone mostra que toda a faixa de luz visível de comprimentos de onda contribui significativamente para a visão de cores. Em contraste, as hastes respondem melhor a uma gama muito mais estreita⁶.

Por muitas gerações os cientistas pensaram que a retina tinha somente esses quatro fotorreceptores. Um quinto tipo de receptor de luz foi descoberto na retina apenas na última década^{7,8}. Estas **células ganglionares das retinas intrinsecamente fotossensíveis (ipRGC)** são sensíveis à luz que cai sobre a retina, mas não contribuem diretamente para a sensação de visão. A sensibilidade máxima do ipRGC é em aproximadamente 470 a 480 nm, situando-se entre o pico do cone S a 420 nm e o pico da haste a 500 nm. Esta gama de comprimentos de onda está localizada na parte do espectro que vemos como azul (Figura 2).

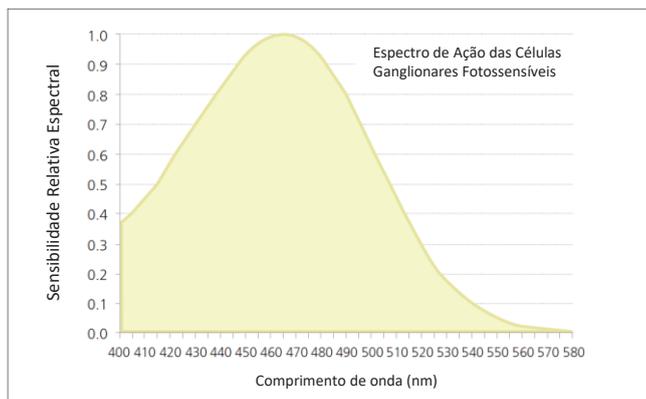


Figura 2. Dependência espectral relativa do espectro de ação ipRGC

Uma função do ipRGC parece ser o controle do tamanho da pupila. Trabalhando em conjunto com os cones C, eles agem como um controle mais fraco para regular a quantidade de luz que chega à retina^{9, 10}. O ipRGC também fornece um controle para o nosso relógio biológico. Conhecido como o "ritmo circadiano", este relógio regula a secreção do hormônio melatonina na corrente sanguínea. Quando muito ativas, as células ganglionares fotossensíveis contribuem para os níveis mais elevados de alerta e podem contribuir significativamente para uma aprendizagem visual mais eficaz.

Há uma pesquisa científica convincente mostrando que a exposição inadequada das células ganglionares das retinas fotorreceptoras à luz azul pode agravar muitos problemas comuns associados à idade, incluindo distúrbios do sono, depressão e função cognitiva prejudicada.

Devido a essas descobertas, tornou-se evidente que a luz azul desempenha um papel importante em vários elementos importantes da saúde e do bem-estar^{11,12}.

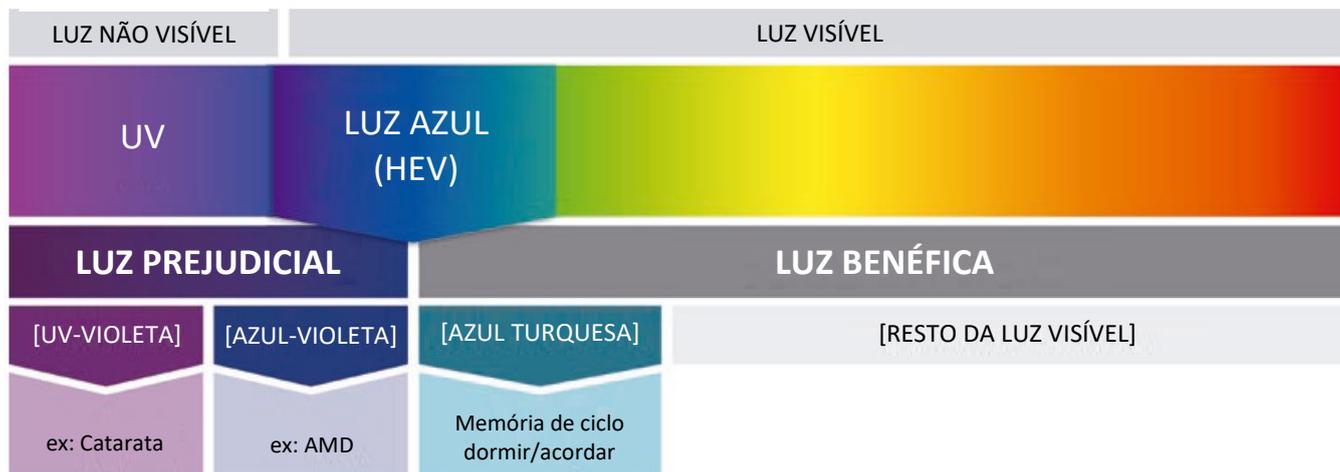


Figura 3. Espectro de luz e comprimento de onda – efeito relacionado ao metabolismo e olho humano

A Luz Azul Também Pode Danificar a Retina

Os médicos sabem há muito tempo que a visão pode sofrer danos permanentes devido à luz muito brilhante¹³⁻¹⁷. Por exemplo, "retinopatia solar" pode ocorrer ao olhar muito tempo ao sol. Este tipo de dano é causado quando a retina é superaquecida por luz intensa focada na retina através da ótica do olho, assim como uma lupa pode ser usado para concentrar a luz do sol para colocar fogo em um pedaço de papel. Conhecido como um "perigo térmico", o efeito pode ser causado por qualquer comprimento de onda da luz que é transmitida pelo olho¹⁸.

Há várias décadas, os cientistas descobriram que luz azul é potencialmente mais prejudicial para a retina do que outras cores¹⁹.

O espectro de luz azul da luz visível (aproximadamente 390 a 500 nm) é também conhecido como **luz visível de alta energia (HEV)** (Figura 3).

A energia de fótons da luz inerente a capacidade de iniciar processos fisiológicos no tecido absorvente e poderia, conseqüentemente, criar danos fotobiológicos. Quanto maior a energia do fóton, mais energia pode ser potencialmente depositada.

Entende-se agora que este efeito é um "perigo fotoquímico", causado por mudanças nas moléculas na retina que resultam em reações tóxicas. Foram desenvolvidas normas para garantir que as pessoas não sejam expostas a níveis excessivos de

luz azul. Essas normas referem-se à análise de segurança necessária como uma avaliação do Perigo da Luz Azul (Figura 4).

A função de Perigo da Luz Azul se estende aproximadamente de 390 a 510 nm. A largura total na metade do máximo (FWHM) é de cerca de 70 nm com um valor de pico em torno de 440 nm.

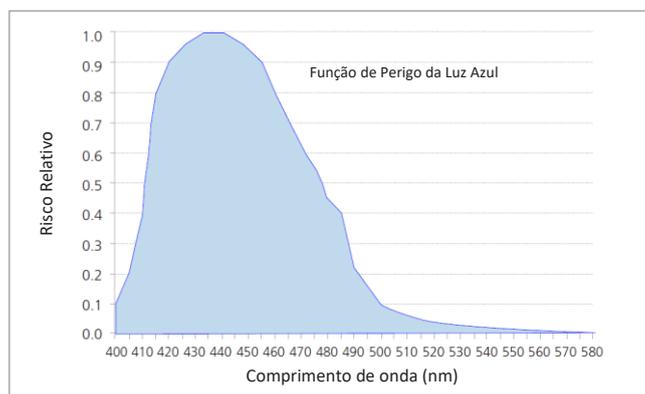


Figura 4. Dependência espectral relativa do Perigo da Luz Azul

A função de Perigo da Luz Azul se estende aproximadamente de 390 a 510 nm. A largura total na metade do máximo (FWHM) é de cerca de 70 nm com um valor de pico em torno de 440 nm.

Alguns cientistas pensam que o Perigo da Luz Azul pode ser um contribuinte significativo para o desenvolvimento de degeneração macular relacionada à idade (AMD), embora isso seja controverso. Parece que a retina de envelhecimento é menos capaz de reparar e proteger-se contra os produtos oxidativos tóxicos causados pela exposição à luz azul de onda de curto comprimento²⁰⁻²³.

Dualismo da Luz Azul

Devido ao envolvimento em efeitos benéficos e prejudiciais à vista, o espectro de luz azul não pode ser rotulado simplesmente como “bom” ou “ruim”. A ZEISS refere-se a isso como o "dualismo da luz azul". Se quisermos mitigar o risco de lesões oculares, devemos fazer isso com muito cuidado para que não causemos um tipo diferente de problema.

Por exemplo, no passado, algumas lentes continham absorvedores de luz para reduzir a maior parte ou toda a luz azul. Se esta abordagem é tomada sem pensar cuidadosamente, dois problemas podem ocorrer. A primeira é que as lentes de bloqueio da luz azul podem fazer o mundo parecer intensamente amarelo ou laranja. Geralmente, tais lentes não são toleradas muito bem. O segundo problema é que a remoção de toda a luz azul com lentes pode reduzir tanto a resposta ipRGC que a melatonina é secretada pela glândula pineal durante o dia, tornando o usuário da lente sonolento e desatento.

Assim, enfrentamos um ato de equilíbrio. Por um lado, queremos proteger a retina de níveis desnecessariamente altos de luz azul. Por outro lado, não queremos interferir com o ciclo diurno natural da atividade de alerta e sono reparador.

O corredor entre 440 e 460 nm mostra a sobreposição mais forte entre os dois efeitos descritos e, portanto, é considerado como a zona de demarcação (Figura 5).

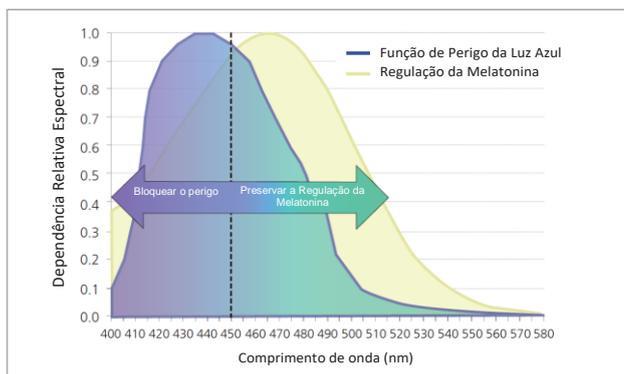


Figura 5. Gerenciando o dualismo da luz azul

Problemas causados pela iluminação artificial

À medida que o papel do ipRGC no ritmo circadiano se tornou mais claro, novas preocupações foram expressas sobre a iluminação artificial. As mais recentes fontes de luz artificial, como lâmpadas de diodo emissor de luz (LED), monitores visuais coloridos e até mesmo luzes fluorescentes emitem muito mais luz azul do que a iluminação tradicional e podem suprimir a secreção de melatonina durante a noite²⁴. Isso é o outro lado do problema de pouca luz azul durante o dia. À noite, não queremos muita luz azul ou não conseguimos dormir. Esta é uma consequência não intencional do movimento a procura de fontes de luz mais eficientes e visores coloridos de alta qualidade.

Quando os seres humanos dominaram o fogo, a luz do fogo forneceu luz para enxergar dentro de suas casas. O fogo tem uma temperatura de cerca de

1.200 K. Quando um objeto é aquecido sua cor progride de vermelho para amarelo e depois branco. A temperatura mais baixa do fogo (muito mais baixa do que a temperatura da superfície do sol de aproximadamente 6500 K) significa que ele emite mais energia para a luz vermelha de comprimento de onda mais longo e relativamente pouca luz azul.

À medida que a tecnologia avançada e as fontes de luz artificial foram criadas, as lâmpadas que foram usadas para iluminar nossas casas operavam a uma temperatura mais quente do que o fogo, cerca de 2650 K. A luz produzida era agradável e natural, mais branca do que o fogo, mas não tão branca quanto o sol. Lâmpadas incandescentes, portanto, também não produziam muito luz azul.

Novos avanços na tecnologia criaram lâmpadas fluorescentes. Estas luzes geram um plasma dentro de um tubo de vidro para produzir energia intensa nos comprimentos de onda ultravioleta, violeta e azul para estimular um revestimento no interior do tubo que fluoresce, convertendo a energia em luz visível. As luzes fluorescentes podem ser tão brancas quanto à luz do dia, produzindo muito mais luz azul do que lâmpadas incandescentes. Eles também emitem diretamente uma parte da luz ultravioleta e violeta-azul gerada pelo plasma.

Tanto as lâmpadas incandescentes como as fluorescentes estão sendo gradualmente eliminadas porque criam problemas para o nosso ambiente por serem ineficientes ou por conterem substâncias tóxicas. O tipo mais avançado de lâmpadas atuais contém fontes LED de três cores para produzir um amplo espectro de luz que aparece tão branco quanto à luz solar e que emite muita energia em comprimentos de onda azuis^{25,26}. Além de dispositivos de iluminação, nossa tecnologia desenvolveu visores de luz branca para exibir informações visuais. As últimas telas em smartphones, tablets, televisores e monitores de computador não são apenas de resolução superior à de seus predecessores, elas também são muito mais brilhantes e emitem muita luz azul (Figura 6).

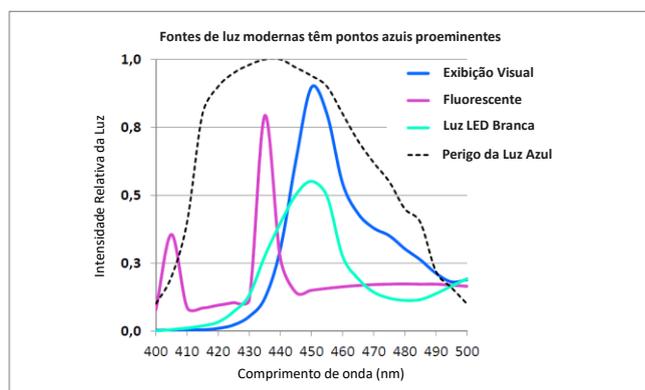


Figura 6. Espectro de potência relativa para várias fontes de luz

A mudança para fontes luminosas artificiais mais brilhantes e azuis combinou com mudanças no comportamento social fazendo com que muitas pessoas gastem mais tempo durante a noite usando tais dispositivos. Muitos especialistas têm certeza de que essa tendência é responsável pela crescente prevalência de distúrbios do sono²⁷.

Espectro da luz do dia

Muitas vezes as fontes de luz artificiais são dispostas de forma a simular o espectro da luz do dia. D65 Iluminante Padrão da CIE (abreviação: D65) é um iluminante padrão comumente usado definido pela Comissão Internacional de Iluminação (CIE). D65 representa condições de iluminação padrão ao ar livre e, portanto, também é referido como o "iluminante de luz diurna padrão". D65 tem uma temperatura de cor correlacionada de aproximadamente 6500 K e é tipicamente usado em todos os cálculos colorimétricos que requerem luz diurna representativa* (Figura 7)²⁸.

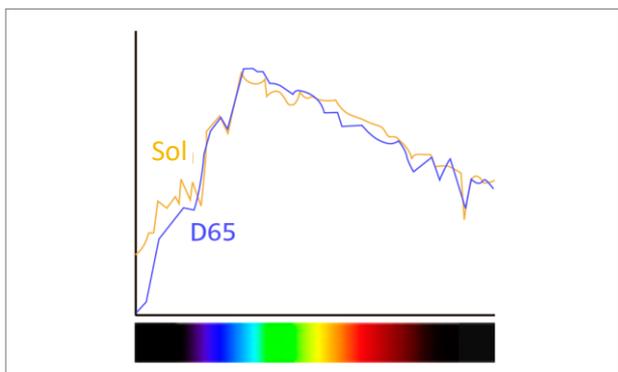


Figura 7. Comparação da distribuição de potência espectral D65 (SPD) com o espectro do sol

A curva Perigo da Luz Azul representa um fator de risco normalizado em função dos comprimentos de onda. Ao considerar o espectro de luz emitido a partir de um iluminante específico (por exemplo, D65), a curva de perigo da luz azul é modificada com o espectro de potência de iluminante relativo (Figuras 8 e 9).

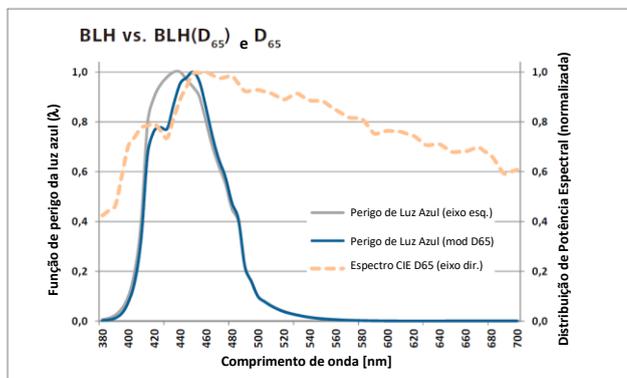


Figura 8. Perigo da Luz Azul para iluminante D65

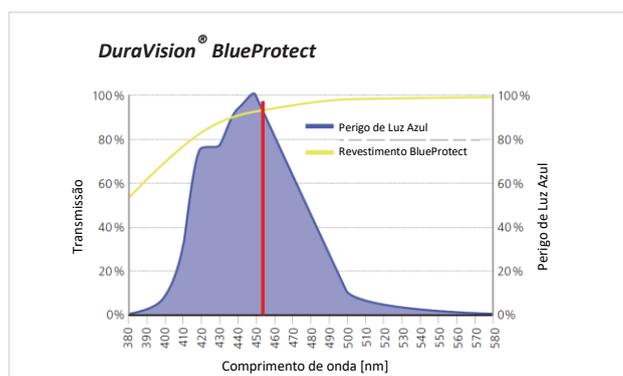


Figura 9. Redução da luz azul por reflexão seletiva

Conceito de Proteção Ocular do DuraVision® BlueProtect

Quando projetado e usado adequadamente, fontes de luz modernas para iluminação interna e telas visuais são seguras e não danificam diretamente a retina.

Ao mesmo tempo, os profissionais da visão se preocupam com o excesso de luz azul, que pode combinar com outros fatores de risco para doenças da retina e que o moderno uso frequente de fontes de luz artificiais à noite possa interromper o sono. Por conseguinte, pode ser desejável atenuar a luz azul.

Entretanto, o dualismo da luz azul nos diz para não eliminar seus efeitos benéficos. Felizmente, sabe-se que as ipRGC ativadas por melatonina são mais sensíveis à luz azul-verde, enquanto os comprimentos de onda mais tóxicos são mais curtos. A luz mais prejudicial pode ser descrita como azul-violeta. Além disso, as fontes de luz modernas também têm picos em comprimentos de onda mais curtos do que a resposta máxima das ipRGC, por isso é possível reduzir seletivamente os comprimentos de onda azul-violeta mais curtos para aliviar os piores efeitos de distúrbios do sono.

A ZEISS tem considerado cuidadosamente o equilíbrio de requisitos e tem sintonizado as características de filtragem de seu novo revestimento *DuraVision® BlueProtect* para refletir os comprimentos de onda mais prejudiciais, sem interferir com o ritmo circadiano.

A sua excelente transmissão de luz ao longo da gama de luzes visíveis significa que o *DuraVision® BlueProtect* é um revestimento antirreflexo excepcional, proporcionando grande transmitância luminosa. Todas as lentes que filtram seletivamente a luz azul devem, necessariamente, passar um pouco mais de luz amarela, mas o baixo índice de amarelamento do *DuraVision® BlueProtect* confirma que esse deslocamento de cores foi cuidadosamente gerenciado e não afetará a visão das cores.

***DuraVision® BlueProtect* passa quase toda a luz na faixa de luz visível de comprimentos de onda superiores a 460 nm, enquanto reduz significativamente a quantidade de luz azul-violeta perigosa abaixo de 440 nm. A Figura 10 ilustra a reflexão de alguma porção específica do espectro de luz sobre a superfície frontal da lente.**

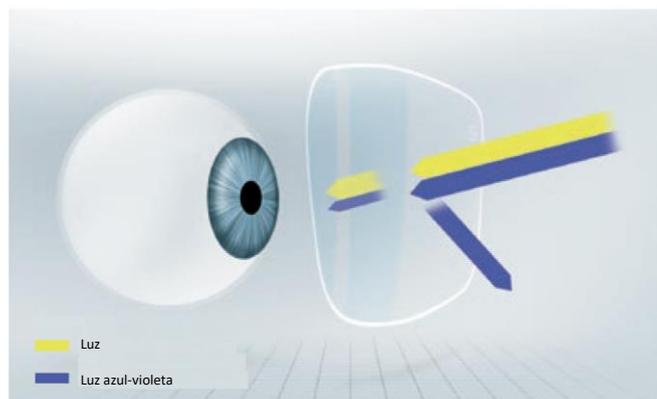


Figura 10. Redução da luz azul por reflexão seletiva

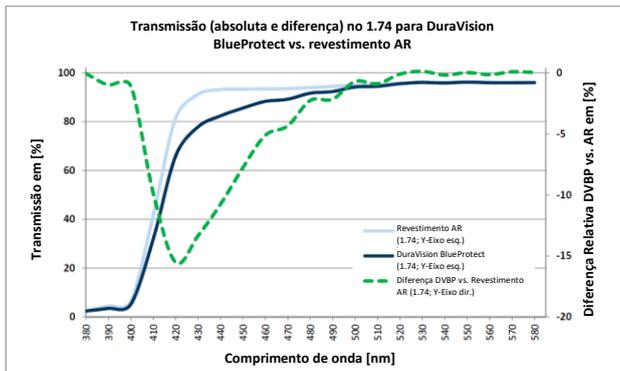


Figura 11a. Redução de transmissão de luz azul seletiva para 1,74

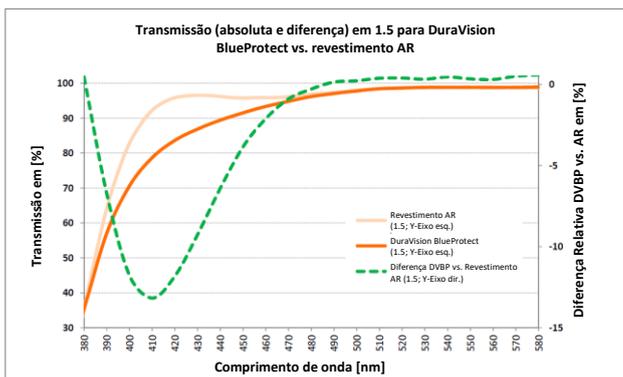


Figura 11b. Redução de transmissão de luz azul seletiva para 1,5

O eixo y à esquerda das Figuras 11a e b mostra curvas de transmissão (linhas contínuas) para AR Premium (cor clara) e *DuraVision® BlueProtect* (cor escura). As duas figuras representam medidas para índice baixo e índice alto respectivamente²⁹.

Por sua reflexão seletiva de parte da luz azul, o revestimento *DuraVision® BlueProtect* mostra uma transmissão reduzida de luz azul de alta energia em comparação com um revestimento AR premium regular. A diferença de transmissão entre as duas curvas de transmissão é mostrada pela linha tracejada verde no eixo y à direita.

A zona azulada entre 440 nm e 460 nm separa o espectro azul perigoso abaixo de 440 nm, e o espectro azul benéfico acima de 460 nm. A diferença de transmissão (curva tracejada a verde) mostra claramente o quão seletivamente o revestimento *DuraVision® BlueProtect* reduz a luz azul abaixo de 440 nm (diferença típica entre 13 a 15%, dependendo do material), mantendo a transmissão quase idêntica acima de 460 nm.

Abaixo de 400 nm o *DuraVision® BlueProtect* específico e um TA premium apresentam desempenho semelhante. E dependendo do material, a transmissão para luz abaixo de 400 nm ou abaixo de 380 nm é bloqueada em qualquer caso.

ZEISS acredita que sua abordagem representa uma gestão científica e racional da luz azul, fornecendo uma visão natural, sem cor, enquanto reduz a luz potencialmente prejudicial que não é necessário para boa visão ou saúde.

Revestimento *DuraVision® BlueProtect*

Os profissionais da visão enfatizam a necessidade de revestimento antirreflexo para oferecer mais do que apenas uma transmissão otimizada da luz³⁰. Eles também têm uma expectativa de uma excelente resistência a arranhões e limpeza. Os cientistas de filmes finos da ZEISS continuaram a explorar novos desenvolvimentos na deposição de vácuo e na ciência dos materiais.

Os revestimentos antirreflexo incorporam camadas finas e quebradiças de metal cerâmico e óxidos semi-metálicos para obter a variação necessária do índice de refração. Existem diferenças significativas entre as propriedades físicas destes revestimentos e o substrato de lentes de plástico relativamente macio, incluindo as diferenças na elasticidade, na dureza e nas taxas de expansão sob pressão ou durante mudanças de temperatura.

Os revestimentos ZEISS AR oferecem durabilidade excepcional e duradoura, utilizando um sistema de camadas de revestimento integradas que foram projetadas para máxima compatibilidade e robustez (Figura 12).

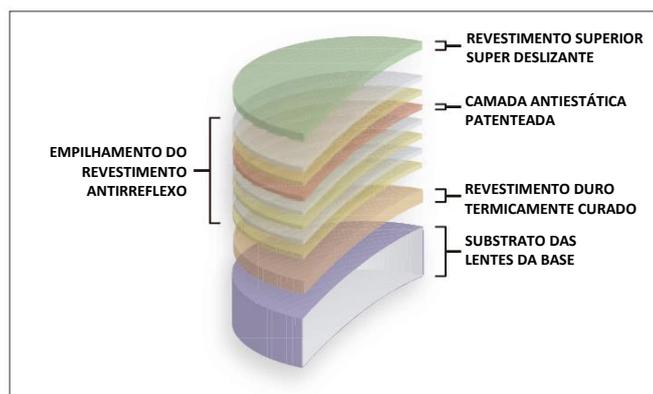


Figura 12. *DuraVision® BlueProtect* é um sistema integrado de camadas de revestimento aplicadas com precisão

A camada de base do revestimento *DuraVision® BlueProtect* é um revestimento duro termicamente curado que foi projetado a partir de uma resina de organosiloxano com partículas microscópicas de sílica coloidal - o ingrediente principal do vidro - dispersas em toda a sua matriz. A adição de sílica mineral à resina de revestimento sintética aumenta a resistência à abrasão, promovendo simultaneamente a adesão e a compatibilidade mecânica entre as camadas anti-reflexo relativamente frágeis e o substrato de lentes plásticas mais maleável.

A durabilidade do revestimento AR da *DuraVision® BlueProtect* foi maximizada através do uso de deposição ionizada. Durante a aplicação das camadas AR (antirreflexo), a lente é bombardeada com íons de alta energia por um gás inerte à medida que os materiais antirreflexo se condensam na superfície, transferindo o impulso dos íons para as moléculas de revestimento. Isto resulta em camadas de revestimento mais densamente comprimidas com maior aderência (Figura 13).

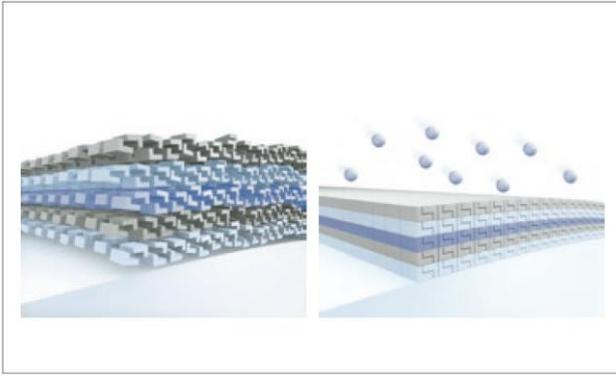


Figura 13. O revestimento DuraVision® BlueProtect (à direita) é mais densamente comprimido usando deposição ionizada

As camadas integradas do revestimento AR da DuraVision® BlueProtect são seladas com uma camada final de revestimento superior que fornece uma barreira protetora contra o ambiente, além de produzir uma superfície super lisa, fácil de limpar — e que se mantém limpa. Fluidos, portanto, formam gotas na superfície, em vez de grudarem nela. Esta ação de formação de gotas é descrita pelo ângulo de contato da lente ou superfície de revestimento, que é o ângulo que a borda de uma gota de água faz com a superfície. Como o revestimento AR da DuraVision® BlueProtect tem um maior ângulo de contato, o revestimento repele manchas, água e óleo melhor do que os revestimentos AR padrão (Figura 14)³¹.

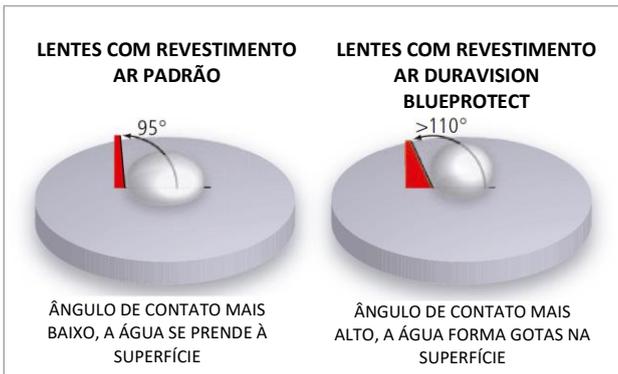


Figura 14. O DuraVision® BlueProtect (à direita) tem um ângulo de contato maior do que os revestimentos AR padrão (à esquerda)

O revestimento AR da DuraVision® BlueProtect incorpora tecnologia patenteada “anti-estática”³². Permanentemente encapsulado dentro do sistema de revestimento, há uma camada fina de um material de óxido de metal condutor elétrico com alta transparência. Esta camada antiestática única dissipa a eletricidade estática, impedindo a acumulação de carga eletrostática e a atração de partículas (Figura 15).

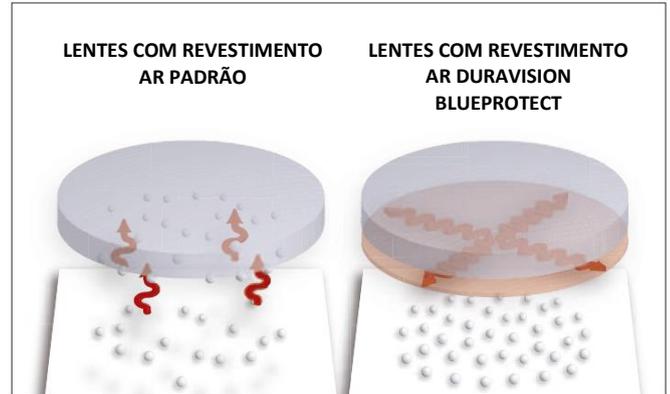


Figura 15. A camada antiestática DuraVision® BlueProtect (à direita) dissipa a carga estática que atrairia poeira e partículas de sujeira como os revestimentos AR padrão (à esquerda)

O DuraVision® BlueProtect oferece as melhores propriedades dos revestimentos AR da ZEISS para maior firmeza, propriedades antiestáticas e facilidade de limpeza.

Durabilidade ³³	Resistência a risco Bayer sempre >10 (resistência a risco semelhante à do vidro)
Fácil de limpar	Aderência de superfície reduzida, ângulo de contato >110 °
Resistente à sujeira	As propriedades antiestáticas facilitam a limpeza e não atraem partículas

Referências selecionadas

1. Eye, human." Encyclopædia Britannica 2006 Ultimate Reference Suite DVD, 2009
2. Curcio, C. A., K. R. Sloan, et al. (1990). "Human photoreceptor topography." *The Journal of Comparative Neurology* 292(4): 497-523.
3. Frisby JP (1980). *Seeing: Illusion, Brain and Mind*. Oxford University Press : Oxford
4. Svaetichin, G. (1956). Spectral response curves from single cones, *Actaphysiol. scand.* 39, Suppl. 134, 17-46
5. Schacter, Daniel L. (2011). *Psychology Second Edition*. 41 Madison Avenue, New York, NY 10010: Worth Publishers. pp. 136-137.
6. Wandell, Brian A. (1995). *Foundations of Vision*. Sunderland, MA
7. Foster, R.G.; Provencio, I.; Hudson, D.; Fiske, S.; Grip, W.; Menaker, M. (1991). "Circadian photoreception in the retinally degenerate mouse (rd/rd)". *Journal of Comparative Physiology A* 169 (1): 39-50.
8. Provencio I, Rodriguez IR, Jiang G, Hayes WP, Moreira EF, Rollag MD., A Novel Human Opsin in the Inner Retina, *Journal of Neuroscience*, 2000, 20 (2): 600-5.
9. Brainard GC, Hanifin JP, Greeson JM, Byrne B, Glickman G, Gerner E, Rollag MD (August 2001). "Action spectrum for melatonin regulation in humans: evidence for a novel circadian photoreceptor". *J. Neurosci.* 21 (16): 6405-12
10. al Enezi J., Revell V., Brown T., Wynne J., Schlangen, L., Lucas, R. A "Melanopic" Spectral Efficiency Function Predicts the Sensitivity of Melanopsin Photoreceptors to Polychromatic Lights. *J Biol Rhythms* 2011 26: 314.
11. Alverre P, Marshall J, Seregard S., Age-related maculopathy and the impact of blue light hazard. *Acta Ophthalmol Scan.* 2006; 84(1)
12. Holzman, D. What's in a Color? The Unique Human Health Effects of Blue Light. *Environmental Health Perspectives*, 2010 118:A23-27
13. Rózanowska, M., B. Rózanowski and M. Boulton *Photobiology of the retina: Light-Induced damage to the retina*. In *Photobiological Sciences*, (Edited by K. C. Smith). American Society for Photobiology; 2009
14. Li, F., Cao, W., Anderson, R.E., 2001. Protection of photoreceptor cells in adult rats from light-induced degeneration by adaptation to bright cyclic light. *Exp. Eye Res.* 73, 569e577.
15. Ham, W., and Sliney, D., Retinal sensitivity to damage from short wavelengths, *Nature* 260, 1976
16. Glickman, R., Phototoxicity to the Retina: Mechanisms of Damage, *International Journal of Toxicology*, 2002 21: 473
17. Cruickshanks KJ, Klein BE, Klein R. Ultraviolet light exposure and lens opacities: the Beaver Dam Eye Study. *Am J Public Health.* 1992;82(12):1658-1662
18. Taylor HR. Ultraviolet radiation and the eye: an epidemiologic study. *Trans Am Ophthalmol Soc.* 1989;87:802- 853.
19. Taylor HR, West S, Muñoz B, et al. The long-term effects of visible light on the eye. *Arch Ophthalmol.* 1992;110:99-104
20. Fletcher, A.E., Bentham, G.C., Agnew, M., Young, I.S., Augood, C., Chakravarthy, U., de Jong, P.T., Rahu, M., Seland, J., Soubrane, G., Tomazzoli, L., Topouzis, F., Vingerling, J.R., Vioque, J., 2008. Sunlight exposure, antioxidants, and age-related macular degeneration. *Arch. Ophthalmol.* 126, 1396e1403.
21. Wang JJ, Jakobsen K, Smith W, Mitchell P. Five-year incidence of age-related maculopathy in relation to iris, skin or hair colour, and skin sun sensitivity: the Blue Mountains Eye Study. *Clin Experiment Ophthalmol* 2003;31(4): 317-321
22. Mitchell P, Smith W, Wang JJ. Iris color, skin sun sensitivity, and age-related maculopathy. The Blue Mountains Eye Study. *Ophthalmology* 1998; 105(8): 1359-1363
23. Hirvela H, Luukinen H, Laara E, et al. Risk factors of age-related maculopathy in a population 70 years of age or older. *Ophthalmology* 1996;103:871-7
24. Herljevic, M., Middleton, B., Thapan, K., Skene, D., Light-induced melatonin suppression: age-related reduction in response to short wavelength light, Volume 40, Issue 3, March 2005, Pages 237-242, *Experimental Gerontology*
25. Okuno T, Saito H, Ojima J. Evaluation of blue-light hazards from various light sources. *Dev Ophthalmol.* 2002;35.
26. US Department of Energy. Optical Safety of LEDs. (Publication PNNL-SA-96340.) 2013
27. Turner P, Van Someren E, Mainster M. The role of environmental light in sleep and health: Effects of ocular aging and cataract surgery. *Sleep Med Rev.* 2010;14(4)
28. ISO 10526:1999/CIE S005/E-1998, CIE Standard Illuminants for Colorimetry
29. Data on file
30. Ross J. and Bradley A. (1997) "Visual performance and patient preference: a comparison of anti-reflection coated and uncoated spectacle lenses." *J. Am. Optom. Assoc.* 68(6), 361-365
31. Based on water contact angle measurements conducted on coated hard resin lenses.
32. Marechal N. and Blacker R. "Anti-Static, Anti-Reflection Coating." US Patent 6,852,406; 2005.
33. Based on Bayer test conducted in accordance with the COLTS standard operating procedure and COLTS-certified abrasive on coated hard resin lenses.

