

Nome do autor: Maria Eduarda da Silva Nascimento **Série em 2023:** (x) 3ª; () 2ª ou anterior

Título da redação: Lentes fotocromáticas: a química diante dos nossos olhos

O vidro, definido como um sólido não cristalino que apresenta o fenômeno da transição vítrea[1], é um material de extrema importância para a vida moderna. Apesar da sua suposta simplicidade, imaginar a sociedade atual sem esse material é quase impossível não só devido ao seu uso cotidiano em objetos domésticos - como copos, pratos, janelas e espelhos -, mas também em razão de suas aplicações tecnológicas, que vão desde telas e componentes de smartphones e computadores à filtros de radiação.

Embora a história desse material possua algumas versões distintas, a mais aceita associa sua descoberta aos fenícios e egípcios, que, em meados de 4.000 A.C., já o manuseavam. A sua produção em larga escala, porém, se deu apenas por volta do século XVIII, em Portugal, onde estabeleceu-se uma indústria vidreira na cidade de Marinha Grande[2].

O vidro comum tem como constituintes básicos o SiO_2 (sílica), o CaCO_3 (carbonato de cálcio) e o Na_2CO_3 (carbonato de sódio), os quais, em pó, são misturados e levados ao forno, no qual fundem-se a cerca de 1.500°C . A reação geral do processo é apresentada a seguir[3]:



As características do vidro responsáveis por torná-lo um material versátil e atrativo são, principalmente, a transparência, a dureza e a capacidade de não absorver fluidos. A partir disso, cria-se uma gama de possibilidades de aplicações desse material na ciência e na tecnologia, como as fibras ópticas, as vitrocerâmicas e os vidros fotocromáticos presentes, por exemplo, em óculos que tornam-se escuros na presença do sol.



Imagem 1. Óculos fotocromáticos.

Disponível em: <

<https://www.nikonlenswear.com/in/expert-advice/different-types-of-photochromic-glass-lenses/>

> Acesso em: 08/03/2023

Estes só existem em razão de uma propriedade presente em alguns vidros: a fotossensibilidade, que caracteriza materiais que apresentam alguma alteração quando em contato com a radiação eletromagnética, desde mudanças nas ligações químicas à mudanças no índice de refração, por exemplo[4].

A fim de realizar o estudo do fenômeno do escurecimento das lentes, analisou-se o vídeo “What Happens When Light Shines on Photochromic Glass?” (“O Que Acontece Quando a Luz Incide Em Um Óculos Fotocromático?”, em tradução livre) retirado do YouTube[5]. Nele, foi utilizado um óculos com lentes fotocromáticas, sobre as quais incidiu-se, em um primeiro momento, um laser violeta com

comprimento de onda de 405 nanômetros, o qual tornou a lente escura nas regiões para as quais a luz foi apontada (Imagem 2). Em seguida, também testou-se a reatividade das lentes quando em contato com a radiação ultravioleta, sob a ação da qual a lente escureceu-se como um todo (Imagens 3 e 4):



Imagem 2. Lente fotocromática em contato com a luz de 405 nanômetros de comprimento de onda. Disponível em: < <https://youtu.be/LsaNkL6it8> > Acesso em: 15/02/2023

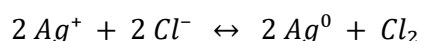


Imagem 3. Lente fotocromática em contato com a luz ultravioleta. Disponível em: < <https://youtu.be/LsaNkL6it8> > Acesso em: 15/02/2023

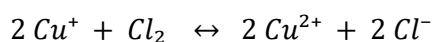


Imagem 4. Lente fotocromática após o contato com a luz ultravioleta. Disponível em: < <https://youtu.be/LsaNkL6it8> > Acesso em: 15/02/2023

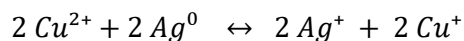
O mecanismo responsável pelo escurecimento das lentes - funcionalidade ativada apenas na presença de radiação violeta ou ultravioleta - é o fotocromismo, o qual engloba reações reversíveis de oxirredução. Esse fenômeno é explicado pela composição das lentes: sais de cloreto de prata e íons cobre I em pequena quantidade. Esses componentes, aprisionados entre a sílica, estabelecem um equilíbrio químico, o qual é responsável pela modificação da coloração do material vítreo[6]:



Na reação acima, o lado direito representa o estado claro da lente, ao passo que o lado esquerdo denota seu mecanismo escurecido. É importante frisar que, a fim de que a lente seja escurecida, é necessário que haja um deslocamento de equilíbrio químico para a direita, a partir do qual forma-se prata metálica, a responsável pela mudança da coloração. Quando exposta à radiação solar, outra reação acontece entre o Cl_2 e os íons Cu^+ :



Para que a lente volte ao normal quando o vidro fotocromático é afastado do contato com o sol, a Ag^0 - prata metálica - e os íons Cu^{2+} reagem entre si, o que é responsável pela formação dos cátions Ag^+ , os quais reagem com o cloreto e voltam a formar o equilíbrio estabelecido inicialmente:



Assim, a lente torna-se clara, aos poucos, novamente, tal que pode ser observado nas imagens retiradas do vídeo:



Imagem 5. Lente fotocromática um minuto após o contato com a luz de 405 nanômetros de comprimento de onda. Disponível em: < <https://youtu.be/ILsaNkL6it8> > Acesso em: 15/02/2023



Imagem 6. Lente fotocromática sete minutos após o contato com a luz de 405 nanômetros de comprimento de onda. Disponível em: < <https://youtu.be/ILsaNkL6it8> > Acesso em: 15/02/2023

A visualização do processo, a nível molecular, pode ser feita através da representação abaixo, que além de possibilitar a observação das mudanças que causam o escurecimento do vidro, permite melhor entendimento das equações apresentadas:

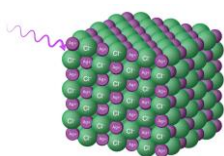


Imagem 7. Estrutura cristalina em contato com a radiação ultravioleta. Disponível em: < <https://youtu.be/ILsaNkL6it8> > Acesso em: 15/02/2023

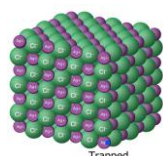


Imagem 8. O Cl^- perde um elétron, o qual é capturado pelo Ag^+ . Disponível em: < <https://youtu.be/ILsaNkL6it8> > Acesso em: 15/02/2023



Imagem 9. Os átomos de prata atraem-se, formando um aglomerado que escurece a lente. Disponível em: < <https://youtu.be/ILsaNkL6it8> > Acesso em: 15/02/2023

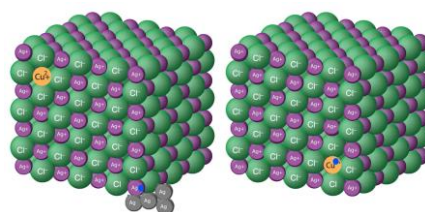


Imagem 10. Os íons Cu^+ doam um elétron para o Cl^- . Disponível em: < <https://youtu.be/ILsaNkL6it8> > Acesso em: 15/02/2023

Imagem 11. Os íons Cu^{2+} recebem um elétron do átomo Ag , as quais tornam-se Ag^+ novamente. Disponível em: < <https://youtu.be/ILsaNkL6it8> > Acesso em: 15/02/2023

Uma das desvantagens das lentes fotocromáticas se baseia no fato de que o tempo de escurecimento é inferior ao de clareamento, o que representa um problema às necessidades de transição rápida por parte do consumidor. Ademais, o tempo de reversibilidade das lentes - do estado escurecido para o claro - é afetado, também, pela temperatura do ambiente em que o óculos está inserido. Através da comparação entre o tempo de clareamento da lente exposta apenas a temperatura local e a lente em contato com um cubo de gelo evidencia-se maior lentidão no clareamento do segundo caso, embora o processo inverso não seja afetado pela temperatura.



Imagem 12.
Lente fotocromática à temperatura ambiente (esquerda) e em contato com o gelo (direita). Disponível em: < <https://youtu.be/ILsaNkL6it8> > Acesso em: 15/02/2023



Imagem 13.
Comparação do processo de clareamento das lentes expostas à diferentes temperaturas. Disponível em: < <https://youtu.be/ILsaNkL6it8> > Acesso em: 15/02/2023



Imagem 14. Cor final de cada lente a partir do experimento. Disponível em: < <https://youtu.be/ILsaNkL6it8> > Acesso em: 15/02/2023

Assim como pôde ser observado na imagem 9, em temperaturas mais baixas a transição para o estado no qual há o equilíbrio químico mais lento do que quando comparado à temperaturas superiores, fato explicado pela presença dos íons cobre na reação. Com a diminuição da temperatura, a mobilidade e a velocidade desses íons são restringidas, o que diminui a velocidade da reação responsável por tornar as lentes “normais” (reação 4).

Portanto, é evidente a intrínseca relação entre o vidro, a química e a tecnologia através da análise do óculos fotocromático, cujo funcionamento, apesar de parecer misterioso, pode ser entendido com clareza sob a óptica da química. Em síntese, as lentes fotocromáticas mostram-se de grande serventia às necessidades da população, embora seu funcionamento possa variar de acordo com a temperatura ambiente, o que pode tornar mais demorado o processo de clareamento devido à menor mobilidade dos íons cobre em temperaturas baixas. Cabe, então, à essas duas áreas da ciência o estudo e aprimoramento das técnicas relacionadas ao fenômeno fotocromático nos materiais vítreos, a fim de que seu potencial seja aproveitado ao máximo em prol do desenvolvimento pleno da sociedade.

Referências bibliográficas:

- [1] Site: < <https://lamav.ufba.br/pdf/throughglass.pdf> > acessado em 10/02/2023
- [2] Site: < <https://pt.wikipedia.org/wiki/Vidro> > acessado em 12/02/2023
- [3] Site: < <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/o-que-vidro.htm> > acessado em 15/02/2023
- [4] Site: < <https://www.infoescola.com/ecologia/reciclagem-de-lixo-eletronico/> > acessado em 20/02/2023
- [5] Vídeo: < <https://youtu.be/ILsaNkL6it8> > acessado em 21/02/2023
- [6] PDF: NALIN, Marcelo. et al. Materiais Vítreos e Luz: Parte 1. São Paulo: Química Nova, vol. 39, abr. 2016. Disponível em: < http://old.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422016000300328&lng=en&nrm=iso&tlng=pt > acessado em 28/02/2023