

Vidros: da química básica às aplicações tecnológicas

Acompanhando a humanidade desde a Idade da Pedra, sólidos com características vítreas, como pedaços de obsidiana e tektitas, eram extremamente úteis aos povos nômades, às civilizações da antiguidade – da Mesopotâmia, Antigo Egito e Síria – que descobriram como produzi-los artificialmente. Descoberto ao acaso, os materiais vítreos desempenham importantíssimos papéis na tecnologia atual, por mais que, nas palavras de P.W. Anderson (Nobel de Física em 1977), “o problema não resolvido mais profundo e interessante na teoria do estado sólido é provavelmente a teoria da natureza do vidro e da transição vítrea.”

Portadores de propriedades físicas peculiares, os vidros podem ser obtidos desde processos químicos relativamente simples até complexas estruturas de produção, abrindo uma vasta gama de composições e aplicações dos materiais produzidos, desde vidros comuns até fios capazes de transportar luz. O posterior estudo desses compostos pode ser realizado, em primeira instância, por um panorama genérico de produção, para então chegar em abordagens tecnológicas mais complexas e propostas inovadoras.

Em síntese, os materiais vítreos são produzidos a partir da mistura de substâncias, escolhidas conforme as propriedades desejadas para o produto final, com posterior calcinação, dando origem a um fluido de alta viscosidade que pode ser manipulado mecanicamente para adquirir o formato estipulado após o resfriamento. As substâncias utilizadas na mistura são divididas em 3 grupos: formadores, fluxos e estabilizantes, definidos na Tabela 1.

Tabela 1: exemplos e definição de formador, fluxo e estabilizante

	Definição	Exemplos
Formadores ^[2]	Em maior quantidade, composto principal que incorpora o vidro	B ₂ O ₃ , SiO ₂ , P ₂ O ₅ , In ₂ O ₃ , Sb ₂ S ₃ , As ₂ S ₃ , AlF ₃
Fluxos ^[3]	Diminuem a temperatura de fusão do formador	Li ₂ O, CaO, B ₂ O ₃ , ZnO
Estabilizantes ^[4]	Condicionam resistência mecânica e insolubilidade do vidro em água	ZnO, CaCO ₃ , Mg(OH) ₂ , MgCa(CO ₃) ₂

Para fins de exemplificação, pode-se citar a síntese do vidro comum, que consiste na mistura de carbonato de sódio (estabilizante), carbonato de cálcio (fluxo) e óxido de silício (formador), calcinada em torno de 1800K originando uma mistura homogênea de silicatos conforme a reação abaixo.



A vasta gama de aplicações tecnológicas dos vidros se sustem na possibilidade de manipular suas propriedades físicas, e.g. módulos de resistência mecânica, resistência elétrica, potencial químico, condutividade térmica, absorvância, índice de refração etc, apenas alterando os formadores, fluxos, estabilizantes e suas respectivas quantidades na mistura que será calcinada.

Na área das aplicações de alta tecnologia, os vidros se destacam ao disponibilizar o surpreendente transporte da luz por fios, a fibra óptica. Tal façanha é propiciada pelo fenômeno da reflexão interna total, onde a partir de um ângulo crítico um raio de luz não pode mais atravessar a interface entre dois meios. Sendo assim, com base nas leis da reflexão, é possível determinar o índice de refração em função do ângulo crítico e, então, estipular a composição química do vidro ideal para cada caso. Contudo, a produção dos fios de fibra óptica envolve processos complexos e extremamente minuciosos, exigindo um alto grau de pureza e perfeição estética no material produzido.

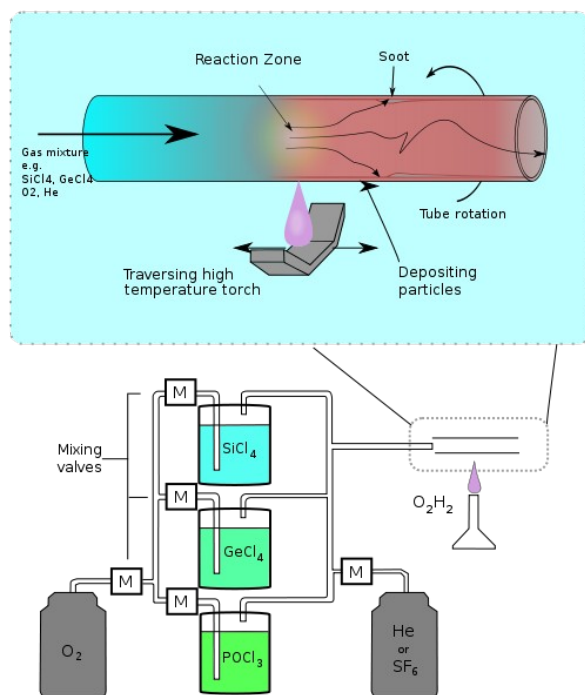
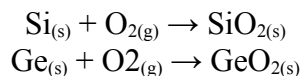


Figura 1: Representação esquemática da produção de fibra de vidro. [6]

Transportado por tubulações de plástico inerte, esses vapores são direcionados ao molde sintético, composto de sílica ou quartzo, aquecido constantemente enquanto rotaciona. A elevada temperatura na câmara, ocasiona reações de síntese de óxidos de silício e germânio.



Os óxidos formados depositam na superfície e, com o fornecimento contínuo de calor, se fundem formando um revestimento uniforme de vidro no molde, restando apenas os tratamentos finais de resfriamento do fio de fibra óptica.

Por outro lado, o manuseio de compostos radioativos em usinas termonucleares é realizado por intermédio de vestes e proteções faciais especiais. Com destaque à proteção ocular, é possível encontrar semelhanças entre os vidros usados nas *hot cells*, câmaras usadas em laboratórios de pesquisa para estudar materiais radioativos, e os vidros da proteção ocular. Como esperado, o vidro utilizado nesses casos apresentam chumbo em sua composição, sendo capazes de barrar radiação γ e β . Porém, a exposição contínua do vidro plúmbico a radiação tende a torná-lo paulatinamente opaco, devido a interações entre a radiação e os elétrons do vidro por meio de fenômenos como o efeito fotoelétrico, espalhamento Crompton e formação de par. Para solucionar esse problema, foi desenvolvido um vidro de borossilicato dopado com quantidades em torno de 1.8% de CeO_2 [5].

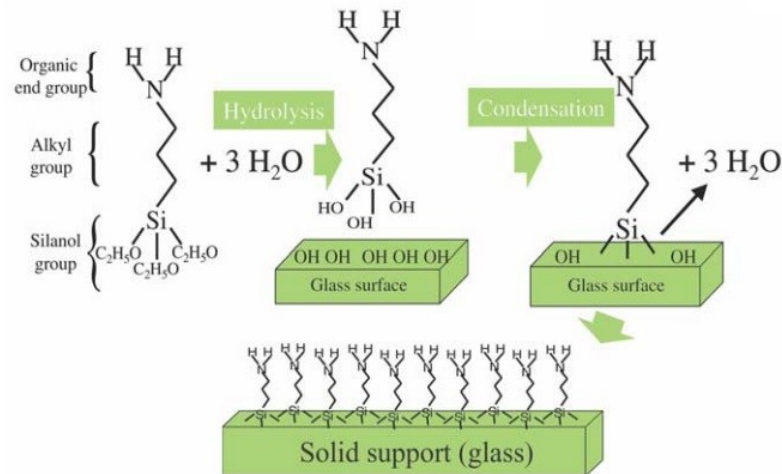
Não obstante, os vidros são praticamente onipresentes na bioquímica, onde se encontra o sofisticado microarranjo de DNA, estruturas vítreas usadas em manipulações e estudos do material genético. Para as aplicações mais abrangentes dos microarranjos de DNA, vidros de com baixa fluorescência no espectro visível, como o de borossilicato e o de silicato de cal sodada são utilizados, todavia, em algumas análises bioquímicas de impressão e hibridação, o vidro de borossilicato é priorizado, pois tem maior tendência de inercia química e baixa lixiviação alcalina, não alterando a força da iônica das soluções tampão usadas nos referidos processos.

Ademais, o vidro do microarranjo pode ser revestido com alcóxissilanos organofuncionais, abrindo portas para novas funcionalidades químicas do arranjo. A preparação desse envoltório pode ser feita mediante imersão ou deposição química de vapor, onde um grupo silanol reagirá covalentemente por hidrólise e condensação com a superfície do vidro, dando funcionalidade orgânica a ela, conforme ilustrado na figura 2.

Em uma câmara, ampliada na figura ao lado, um molde do fio é suspenso em velas de aquecimento por um rotor que rotaciona constantemente, distribuindo o fluido na superfície do molde. O processo de síntese desse vidro é baseado no método da deposição de vapor modificado, ilustrado no aparato ao lado, garantindo elevado grau de pureza e homogeneidade no material produzido.

Antes da transição para o estado vítreo, o material de trabalho é denominado pré-forma e é depositado no molde pelo vapor resultante da mistura dos vapores originados do borbulhamento de gás oxigênio em soluções de tetracloreto de silício (SiCl_4), tetracloreto de germânio (GeCl_4) e tricloreto de fosforilo (POCl_3).

Figura 2: Esquema das reações do revestimento do microarranjo de DNA. [7]



Além do exposto, é possível encontrar diversas outras aplicações dos vidros na indústria 4.0, onde ainda é possível encontrar lugar para o desenvolvimento de novas ideias. Dentre inúmeras propostas, a criação de placas de circuito impresso em materiais vítreos e vidros capazes de servir de fonte de alimentação para circuitos, podem ser desenvolvidas para as aplicações tecnológicas.

Já presente na literatura^[8], placas de circuito impresso em vidro apresentam elevada resistência mecânica, alta condutividade térmica e baixa impedância, tornando-a eficaz na dissipação de calor e diminuição de ruído, respectivamente. O desenvolvimento dessas placas é um promissor substituto das placas usadas atualmente, pois, além das vantagens mencionadas, seu processo de reciclagem seria relativamente mais simples que os diversos processos de separação dos metais nas PCB's comuns e envolveria poucas ou nenhuma substância tóxica.

Por outro lado, é possível pensar no desenvolvimento de um vidro capaz de responder fisicamente a presença de radiação ultravioleta gerando corrente elétrica. Em analogia ao problema dos vidros de chumbo, aqui será necessário desenvolver uma combinação de formadores, fluxos e estabilizadores que não fique opaca com o decorrer do tempo e seja sensível a luz solar. Conforme o esquema da figura 3, é possível pensar no desenvolvimento de um vidro composto pelo vidro especial (1) entre duas camadas de vidro isolante elétrico translúcido a radiação ultravioleta (2) e com um índice de refração que prenda os raios de luz refratados no meio do vidro 1, que irá absorvê-los, atuando como um tipo de fio.

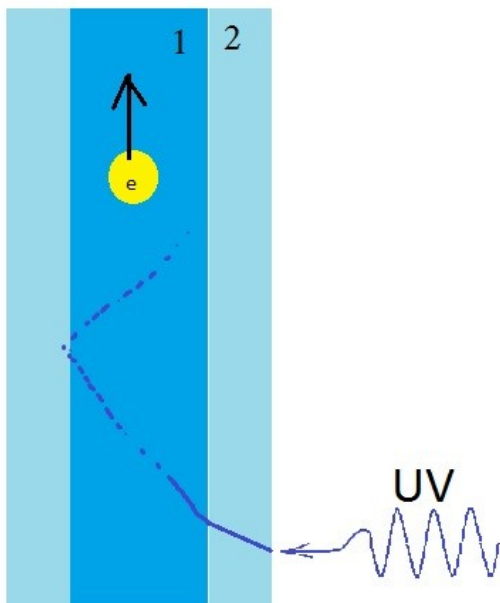


Figura 3: Representação esquemática do vidro proposto.

Com a crescente tendência ao emprego de vidros transparentes em grandes edifícios ou até em veículos elétricos, vemos que tal material seria extremamente útil como fonte secundária de energia, aplicável em quaisquer equipamentos que necessite de um revestimento e fique exposto à luz solar.

Embora sejam individualmente fascinantes, as aplicações atuais dos vidros não andam desacompanhadas, pois junto a crescente demanda por tecnologia novos materiais são teorizados e, conseqüentemente, novos métodos de produção tão geniais quanto os materiais propostos precisam ser desenvolvidos, como é possível observar no contraste entre a síntese do vidro comum e a fibra óptica, um verdadeiro salto da química básica às aplicações de alta tecnologia.

Referências Bibliográficas

- [1] **Chemistry of Glass** Disponível em: <https://www.cmog.org/article/chemistry-glass>
- [2] **Structural Chemistry of Glasses - William Bragg**, Capítulo 2 – The Glassy State
Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-008043958-7/50020-0>
- [3] **Elan Technology Glass Fluxes and Modifiers** Disponível em:
<https://www.elantechnology.com/wp-content/uploads/2018/03/Elan-Technology-Glass-Fluxes.pdf>
- [4] **EUROPEAN PATENT APPLICATION n°93114241.8** Disponível em:
<https://patentimages.storage.googleapis.com/23/ce/77/924b7e87a07429/EP0587083A1.pdf>
- [5] **Modernas Aplicações de Vidros** Disponível em:
https://lqes.iqm.unicamp.br/images/pontos_vista_artigo_revisao_oswaldo_aplicacoes_vidros.pdf
- [6] **How Fiber Optics Work** Disponível em: <https://computer.howstuffworks.com/fiber-optic.htm>
- [7] **Glass slides to DNA microarrays** Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S1369-7021\(04\)00122-1](https://doi.org/10.1016/S1369-7021(04)00122-1)
- [8] **Glass PCB – a new raw substrate for electronics** Disponível em:
<https://www.raypcb.com/glass-pcb/>