

Autor: Ana Luiza Pultrin Moretto

Série em 2023: 2º Série do Ensino Médio

Título: Vidro: Material necessário para a produção de conhecimento

Ao longo da história, diversas técnicas foram utilizadas pelas civilizações humanas, responsáveis pelos grandes avanços tecnológicos de cada período histórico, e muitas delas possuíam o vidro em seus instrumentos. Esse material permitiu que o homem explorasse dois extremos: o universo macroscópico e o microscópico. O vidro é utilizado pelos humanos desde a Idade da Pedra, uma vez que vidros naturais, formados através da fundição e do resfriamento de rochas, eram utilizados como ferramentas de corte para uso doméstico e de defesa. A fabricação se deu por volta de 7000 a.C, quando, segundo o naturalista Plínio, os fenícios improvisaram um fogão no deserto, utilizando blocos de salitre. Os egípcios foram responsáveis pela criação da arte vidreira, unindo esse material à cerâmica, que foi expandida pelos babilônios, por meio da técnica do sopro que gerava peças ocas. No entanto, os desenvolvimentos na fabricação e na aplicação mais importantes foram realizados nos séculos XVIII, XIX e XX, devido à Revolução Industrial, que tornou a produção do vidro intensiva e popularizou esse material [1]. Desse modo, o vidro está presente em diversos instrumentos utilizados no cotidiano e na produção de conhecimento, como nos celulares, computadores, óculos, janelas, lâmpadas, microscópios, telescópios e frascos de laboratório (Figura 1).



Figura 1: Exemplos de instrumentos que possuem vidro em sua composição [12], [13], [14], [15], [16], [17].

Nessa perspectiva, é utilizada a sílica, a barrilha e o calcário para a formação desse material essencial para os homens, como demonstrado na seguinte equação:



Com o tempo, várias definições de vidro foram propostas. Em 1830, Michael Faraday foi responsável pelos primeiros estudos do material e definiu que os vidros são mais aparentados a uma solução de diferentes substâncias do que um composto em si. Inicialmente, as pesquisas eram baseadas em vidros preparados pelo método de fusão e resfriamento, o que levava a definições relacionadas com a viscosidade de sólidos. Com a evolução do conhecimento, esse material foi definido como um sólido - formado a partir de qualquer material inorgânico, orgânico ou metálico - não cristalino que exhibe o fenômeno de transição vítrea [1].

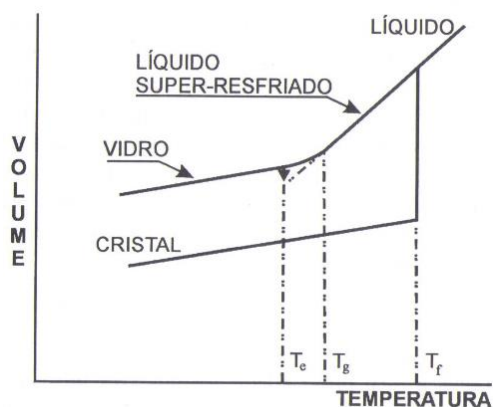


Figura 2: Transição vítrea e cristalização [5].

À medida que uma substância, no estado líquido, esfria até sua temperatura de fusão, a agitação das moléculas diminui, dessa forma, uma mesma massa passa a ocupar um espaço menor, o que faz com que a densidade do composto aumente, e, com isso, há uma formação de cristais. No entanto, quando há um resfriamento rápido, ocorre uma redução maior na agitação das moléculas, fazendo com que elas percam a mobilidade antes de se ordenarem para a formação de cristais [2]. Esse evento consiste na transição vítrea (Figura 2). Como exemplo de um composto orgânico que forma um sólido não cristalino e que exhibe o fenômeno de transição vítrea, pode-se citar o açúcar. Para isso é utilizado 120g de açúcar refinado, 60g de glucose e 20mL de água (Figura 3) e a mistura desses ingredientes é aquecida (Figura 4). Após a fervura, a mistura é colocada em uma chapa gelada untada com óleo (Figura 5), para facilitar a sua remoção, e é levada ao congelador. No final do processo, haverá a formação de vidro de açúcar (Figura 6) [3].

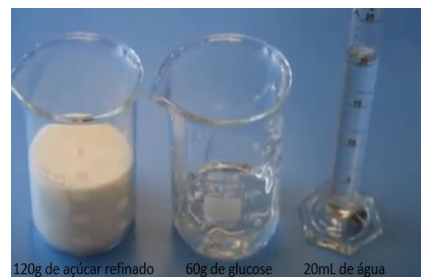


Figura 3: Ingredientes utilizados para a preparação do vidro de açúcar [3].



Figura 4: Aquecimento da mistura [3].



Figura 5: Mistura colocada na chapa fria [3].

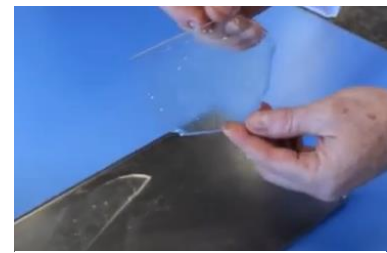


Figura 6: Vidro de Açúcar [3].

Em 1932, Zachariasen publicou o artigo *O Arranjo Atômico em Vidros*, nele dissertou sobre a base estrutural para a formação de vidros por fusão e resfriamento e sobre a sua Hipótese da Rede Aleatória, em que o fator de diferenciação entre um cristal e um vidro é, respectivamente, a presença ou a ausência de periodicidade e de simetria em uma rede tridimensional (Figura 7) [1].

Atualmente, os vidros de maior importância comercial são baseados em óxidos. Conforme os estudos sobre esse material foram avançando, surgiram diversas teorias de formação, sendo a mais antiga a de Goldschmidt, que discorria sobre os vidros com fórmula geral  $R_nO_m$ , em que a razão entre os raios iônicos do cátion R e do oxigênio é de 0,2 a 0,4, são mais facilmente formados, já que razões nessa faixa são mais propensas a produzir cátions circundados por quatro átomos de oxigênio em uma geometria tetraédrica. Zachariasen aprofundou as pesquisas, chegando à conclusão de que, para a existência de um vidro, a formação de cadeias é uma condição fundamental. Além disso, determinou que nenhum átomo de oxigênio deveria estar ligado a mais do que dois cátions da rede, dessa maneira, esses íons se encontram mais afastados uns dos outros. Já Stanworth, justificou o papel de diferentes tipos de cátions em um vidro misto. Os cátions considerados formadores de rede possuem a ligação com o oxigênio 50% iônica e 50% covalente. Os considerados deformadores de rede têm a ligação com caráter fortemente iônico e a eletronegatividade é muito baixa. Há, também, cátions que não formam vidros com facilidade, porém, ao serem misturados aos formadores, podem substituí-los na rede, estes são chamados de intermediário (Figura 8) [1].

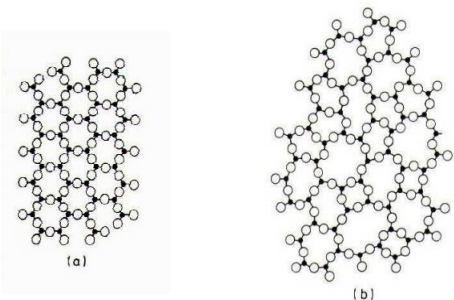


Figura 7: (a) Estrutura da sílica cristalizada; (b) Estrutura da sílica vítrea [2].

FORMADORES DE VIDRO	DEFORMADORES	INTERMEDIÁRIOS
$SiO_2$	$Li_2O$	$Al_2O_3$
$GeO_2$	$Na_2O$	$PbO$
$B_2O_3$	$K_2O$	$ZnO$
$P_2O_5$	$CaO$	$CdO$
$As_2O_3$	$BaO$	$TiO_2$
$V_2O_5$		

Figura 8: Óxidos formadores, deformadores e intermediários [6].

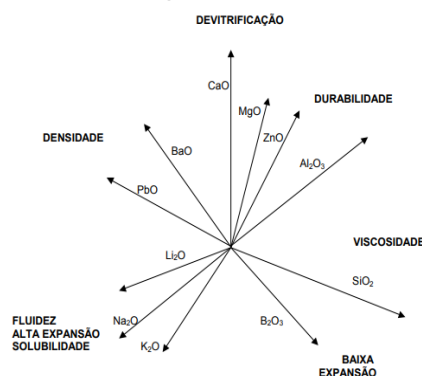


Figura 9: Mudanças nas propriedades, ocasionadas pelo aumento de óxidos na composição do vidro [2].

Dentre os óxidos utilizados na fabricação de vidro, a sílica é a mais utilizada e compõe, em média, 70% do material. O óxido de cálcio também é utilizado e tem como função dificultar a cristalização do dióxido de silício. Já o óxido de sódio, é responsável por remover as bolhas de ar formadas durante o processo de fabricação e contribuir para uma boa dureza e rigidez, além de facilitar a fusão da sílica. Os óxidos de alumínio e de magnésio conferem, respectivamente, uma maior resistência a choques mecânicos e capacidade de suportar mudanças bruscas na temperatura [4]. Ademais, as variações de concentrações de óxidos podem interferir nas propriedades do vidro, como a densidade, viscosidade, devitrificação e durabilidade (Figura 9).

Existem vários métodos para a formação do vidro, como deposição química do vapor, pirólise, irradiação de nêutrons e, principalmente, a fusão dos componentes. A técnica de fusão e resfriamento têm como procedimento a separação de matéria-prima, cálculo de proporções relativas de cada componente e passagem e mistura dos componentes, obtendo um composto homogêneo. Na fabricação, são utilizados materiais que são divididos em cinco categorias (formador, fundente, agente modificador, agente de refino e

agente de cor), que possuem como critério a função realizada no processo. Os principais formadores utilizados são  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{B}_2\text{O}_3$  e  $\text{P}_2\text{O}_5$  e são responsáveis pela formação da rede tridimensional estendida. Os fundentes reduzem a temperatura de processamento para valores menores que  $1600^\circ\text{C}$ , porém, os óxidos de metais alcalinos, em grandes quantidades degradam muitas propriedades do vidro, como a durabilidade química. Para controlar essa degradação, são adicionados agentes modificadores, como óxidos de metais de transição e de terras-raras. Os agentes de refinamento - como óxidos de antimônio e de arsênio,  $\text{NaNO}_3$  e alguns sulfatos - são encontrados em pequenas quantidades (<1%mol) e promovem a remoção de bolhas geradas no fundido. Já os agentes de cor (Figura 10), conferem tonalidade ao vidro, a partir da aplicação de compostos de metais de transição 3d ou de terras-raras 4f. Entretanto, a cor final depende do estado de oxidação do metal e da sua concentração, além da composição do vidro e do tratamento térmico ao qual foi submetido [1].

Após a obtenção do fundido, o vidro passa pela etapa de moldagem, que possui quatro métodos

para a sua realização, sendo estes a prensagem, fundição, sopro e estiramento, ou flutuação. A próxima etapa é o recozimento, feito em temperaturas inferiores à temperatura de transição vítrea. Esse procedimento é responsável por remover as tensões que podem ser criadas na moldagem. Depois o vidro é reaquecido até se tornar maleável e, sob condições controladas, o material é resfriado por rajadas de ar frio ou pela imersão em óleo, esse processo é chamado de têmpera e aumenta a resistência mecânica [1].

Os vidros podem ser encontrados em vitrocerâmicas e fibras ópticas. As vitrocerâmicas são constituídas por uma fase vítrea e outra cristalina. Em sua produção, a cristalização é estimulada, porém é controlada, a fim de obter materiais com propriedades bem definidas e que aumentem a resistência a choques térmicos. Já as fibras ópticas são utilizadas nos mais diferentes campos de conhecimento e, através de sistemas laser-fibras ópticas, são usadas na medicina, auxiliando em diagnósticos de lesões cerebrais e tratamentos de câncer. Ademais, estão presentes em sensores para controle de fármacos e alimentos, além de serem encontradas no campo ambiental, através da análise de emissões industriais. Há, também, vidros laminados, à prova de bala e temperados, que são classificados como de segurança. Os laminados são fabricados com camadas alternadas de vidro plano e material polimérico e quando quebrados não oferecem riscos de ferimentos. A fabricação do vidro à prova de balas é a mesma que os laminados, porém as camadas são mais espessas. Esse tipo de material tem como característica a absorção de energia de projéteis de grosso calibre. Já o temperado, ao ser quebrado, produz pequenos fragmentos não cortantes e é preparado por sucessivas têmperas [1].

Os vidros à base de sílica podem ser classificados de acordo com suas composições básicas, sendo essas determinantes para as diferentes propriedades ópticas, condutoras ou isolantes, de absorção de radiações de alta energia, resistência mecânica e ao ataque químico. Dentre essas composições, destacam-se soda-silicato, soda-lime silicato (janelas, isolantes elétricos e embalagens de alimentos), borossilicato (frascos de laboratório), aluminossilicato (fibras de vidro e fabricação de filtros), silicato de chumbo (fabricação de lentes e prismas, tubo de TV e anteparos para blindagem de radiação gama) e alta sílica (equipamentos especiais de laboratório) [1].

Nesse contexto, os vidros possuem diversas aplicações tecnológicas, corroborando com a execução de pesquisas e estudos. Um dos vidros mais importantes para a produção de conhecimento é o borossilicato. Esse material está presente nas vidrarias utilizadas em laboratórios, contribuindo para a análise de reações de compostos e, conseqüentemente, contribuindo para a evolução da química. Criado entre 1887 e 1893, pelo alemão Otto Schott, foi batizado como “Duran” e tinha como finalidade usos farmacêuticos. Porém, esse vidro começou a ser comercializado pela empresa American Corning Incorporated [7]. O borossilicato tem sua composição formada por 81% de dióxido de silício ( $\text{SiO}_2$ ), 13% de trióxido de boro ( $\text{B}_2\text{O}_3$ ), 4% de óxido de sódio ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) e 2% de óxido de alumínio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) [8]. Já sua estrutura é formada por uma geometria trigonal plana, que influencia na alta resistência a choques térmicos [2] e, quando adicionado ácido bórico ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ), o coeficiente de

Agente de Coloração	Estado de Oxidação	Coloração
Cobre	$\text{Cu}^{2+}$	Azul claro
Crômio	$\text{Cr}^{3+}$	Verde
	$\text{Cr}^{6+}$	Amarelo
Manganês	$\text{Mn}^{2+}$	Violeta
	$\text{Mn}^{4+}$	Preto
Ferro	$\text{Fe}^{3+}$	Marrom-amarelado
	$\text{Fe}^{2+}$	Verde-azulado
Cobalto	$\text{Co}^{2+}$	Azul intenso ou rosa
	$\text{Co}^{3+}$	Verde
Níquel	$\text{Ni}^{2+}$	Marrom, amarelo, verde, azul a violeta, dependendo da matriz vítrea
Titânio	$\text{Ti}^{3+}$	Violeta
Cádmio	$\text{CdS}$ , $\text{CdSe}$	Laranja

Figura 10: Agente de coloração dos vidros [1, adaptado].



expansão térmica diminui, o que evita que o vidro trinque quando há mudanças rápidas e extremas de temperatura [9]. Além disso, esse vidro possui alto isolamento elétrico e excelente clareza óptica e qualidade visual [10].

Para a utilização de instrumentos no laboratório, é necessário que eles sejam resistentes a variações de temperatura e ao ataque químico. Para demonstrar essas propriedades em diferentes materiais, foi utilizado ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ), dois béqueres e um plástico (Figura 11). O ácido foi colocado no béquer e no plástico, que foi apoiado na segunda vidraria (Figura 12). O vidro não sofreu nenhuma alteração, enquanto o plástico reagiu com o ácido (Figura 13) e foi corroído (Figura 14).



Figura 11: Materiais utilizados.

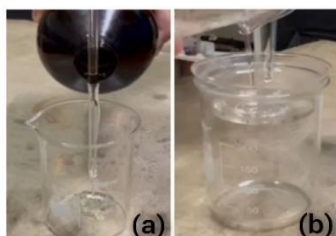


Figura 12: (a)  $H_2SO_4$  sendo jogado no béquer; (b)  $H_2SO_4$  sendo jogado no plástico.



Figura 13: Reação do ácido com o plástico.



Figura 14: corrosão do plástico pelo ácido.

Nesse cenário, é perceptível que o vidro é o material mais indicado para a utilização no laboratório, devido a sua alta durabilidade química, a qual consiste na resistência a soluções ácidas e levemente básicas, não havendo perdas significativas na quantidade de sílica em meios com o pH inferior a 9 (Figura 15) [2]. Por isso, esse material deve ser estocado em ambientes arejados e com pouca variação na temperatura, além de que alguns vidros são armazenados com papéis ácidos entre eles, para evitar a corrosão [11].

Constata-se, portanto, que o vidro é um material indispensável na vida do ser humano, estando presente na construção das casas, preparação e conservação de alimentos e na produção e aplicação de conhecimento, como em pesquisas científicas, diagnósticos médicos e na preservação ambiental.

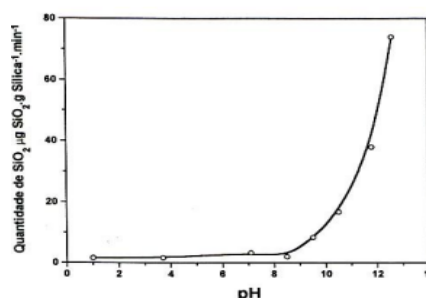


Figura 15: Quantidade de sílica removida de um vidro em função do pH da solução [2].

## Referências Bibliográficas

1. [https://lqes.iqm.unicamp.br/images/pontos\\_vista\\_artigo\\_divulgacao\\_vidros.pdf](https://lqes.iqm.unicamp.br/images/pontos_vista_artigo_divulgacao_vidros.pdf)
2. [https://www.unifal-mg.edu.br/ppqcem/wp-content/uploads/sites/116/2020/06/NaturezaEstrut\\_Prop\\_Vidro-Saint-Gobain-2000.pdf](https://www.unifal-mg.edu.br/ppqcem/wp-content/uploads/sites/116/2020/06/NaturezaEstrut_Prop_Vidro-Saint-Gobain-2000.pdf)
3. <https://www.youtube.com/watch?v=qlGCvAs-zs>
4. <https://escolakids.uol.com.br/ciencias/quimica-do-vidro.htm#:~:text=As%20subst%C3%A2ncias%20mais%20comuns%20na,mais%20%C3%A9%20do%20que%20areia>
5. [Conhecimento Vítreo - Brasil Escola \(uol.com.br\)](http://www.uol.com.br/conhecimento/vitreo-brasil-escola)
6. [http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v19\\_325.pdf](http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v19_325.pdf)
7. [O que é vidro borossilicato? O material da moda para merchandising. \(giftcampaign.pt\)](http://www.giftcampaign.pt)
8. [Vidro borossilicato, história e suas características - Vidrado](#)
9. [Vidro Borossilicato - Vidrak](#)
10. <https://www.schott.com/pt-br/especializacao/materiais/vidro-de-borossilicato>
11. <http://repositorio.ipen.br/bitstream/handle/123456789/10728/06528.pdf?sequence=1>
12. <https://images.app.goo.gl/1ov2tuKu3JQcgKPr9>
13. <https://images.app.goo.gl/gcfFpgiXiXKUnTneA>
14. <https://images.app.goo.gl/DF9bNERjTwZUpesd7>
15. <https://images.app.goo.gl/PEkcyZU72x7Q8Qaa8>
16. <https://images.app.goo.gl/hZwkC1jrVeYzjR6d9>
17. <https://images.app.goo.gl/wsDQgrByJevZyDZ2A>