

Nome do autor: Rodrigo Bachiega Buttignol **Série em 2023:** ()3ª; (x)2ª ou anterior

Título da redação: Vidros, sua produção e sua importância para a Química.

O vidro vem adquirindo uma crescente importância com o passar dos anos e é fundamental para a manutenção da vida como a conhecemos. Isso é evidenciado pela decisão da Organização das Nações Unidas de declarar 2022 o ano internacional do vidro. [1] Citando a ONU, um artigo publicado no *site* do CRQ São Paulo informa que essa decisão foi pautada em discussões contendo a participação de 1500 universidades, sociedades, centros de pesquisa, associações, museus, artistas, fabricantes, educadores e empresas de 78 países dos 5 continentes. O texto também realça que o vidro se relaciona com diversos dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da agenda 2030 da ONU. Com isso em mente, é interessante aprofundar-se no processo de produção dos vidros, assim como sua importância para algumas áreas da Ciência, em especial para a Química. [2]

As técnicas de fabricação do vidro surgiram milhares de anos atrás. Sabe-se que povos como assírios e fenícios já possuíam técnicas de produção de vidro em tempos pré-cristãos, ou seja, mais de 2 milênios atrás. Porém, essas técnicas foram perdidas com o tempo e, portanto, não são utilizadas. [2] Atualmente, os materiais mais importantes para a produção de vidro consistem em dióxido de silício (SiO_2), feldspato, calcário, carvão, sulfato de sódio (Na_2SO_4), hematita e sucata de vidro. Em função da alta temperatura de fusão de alguns materiais utilizados, as quais podem chegar aos $1700\text{ }^\circ\text{C}$, adiciona-se também o carbonato de sódio (Na_2CO_3), assim como óxidos metálicos, visando reduzir a temperatura de fusão da sílica, aproximando-a de $800\text{ }^\circ\text{C}$. Podem ser adicionados outros materiais dependendo do tipo de vidro que for produzido, como o vidro de borossilicato, o qual requer adição de óxido de boro à fórmula usual da produção de vidros. [2]

A produção do vidro está ilustrada na Figura 1 abaixo. Pode-se dividi-la em quatro etapas gerais: fusão, conformação, recozimento e acabamento. A primeira etapa, a fusão, consiste em aquecer as matérias-primas, promovendo a formação do vidro, porém em uma forma viscosa. Em seguida, ocorre a conformação, etapa em que o objeto é moldado, comumente por uma máquina, no final dessa etapa o vidro já se encontra no estado “sólido”. A terceira etapa, o recozimento, consiste em um tratamento térmico e a quarta e última etapa, o acabamento, é quando o vidro é ornado com formas e desenhos, caso necessário, além de ser inspecionado. [2]



Figura 1: Ilustração das etapas do processo de produção do vidro. [3]

Durante esses processos os materiais passam por reações químicas, formando o vidro. A Figura 2 representa uma reação simplificada da formação da estrutura do vidro. Verifica-se que o carbonato de sódio reage com o dióxido de silício (SiO_2) em uma temperatura de $1500\text{ }^\circ\text{C}$, produzindo silicato de sódio (Na_2SiO_3) e liberando CO_2 . Em seguida, o silicato de sódio (Na_2SiO_3) reage com moléculas de sílica (SiO_2), dando origem ao vidro.

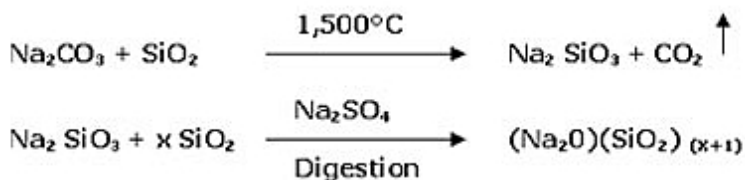


Figura 2: Reação de formação da estrutura do vidro. [4]

É necessário ressaltar que a classificação do vidro ainda é um tópico de intenso debate, porque apesar de se assemelhar com um sólido no final do processo de produção, o vidro não pode ser incluído totalmente nesse grupo, apesar de não ser um líquido. Isso se dá, porque o material não possui uma estrutura cristalina clássica, característica do estado sólido. A ausência de um retículo cristalino não permite classificá-lo como tal; essa diferença fica perceptível ao observar a Figura 3 abaixo. Por outro lado, a ausência de estrutura cristalina não é suficiente para classificar o vidro como líquido. Portanto, segundo um artigo publicado pela CETEV, a melhor definição para vidros seria: “*Vidro é um sólido, não cristalino, que apresenta fenômeno de transição vítrea*”. [5]

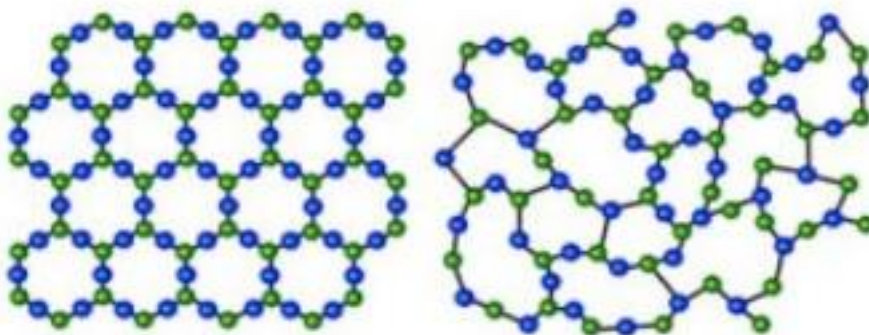
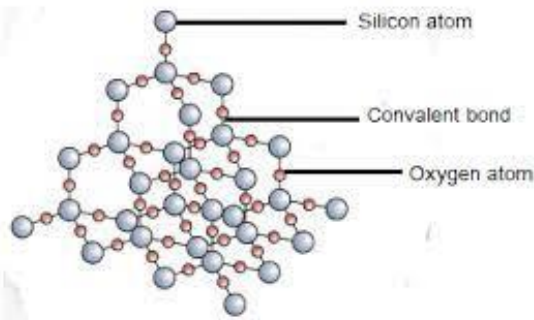


Figura 3: Estrutura cristalina de um sólido (*esquerda*); Estrutura não-cristalina do vidro (*direita*). [6]

Não somente a fabricação do vidro é uma importante fonte de discussão química, mas também seus usos proporcionam bons temas de estudo na área, em especial no âmbito tecno-científico. Da mesma forma, o estudo de suas propriedades nos leva a compreender o porquê desse material ser tão importante. Um fato que desperta curiosidade é a ampla difusão dos vidros na Química. O uso de vidros em experimentos foi um marco importante dessa Ciência, já que possibilitou a realização de experiências com a maioria das substâncias, além de garantir a qualidade e a precisão dos resultados.

O vidro possui uma estrutura atômica muito estável em função do dióxido de silício em sua composição, o qual se afigura como uma substância com fortes ligações químicas. É possível identificar a estrutura do dióxido de silício (SiO_2) na Figura 4, na qual verifica-se que uma unidade de sílica (SiO_2) é formada por um átomo de silício e dois átomos de oxigênio. Por tratar-se de um sólido covalente reticulado, as ligações dessa substância não podem ser quebradas facilmente, o que tende a impossibilitar reações químicas entre o vidro e outras substâncias. Em função disso, o vidro pode ser corroído por somente cinco substâncias, que podem ser identificadas na tabela da Figura 5. Nota-se que 4 delas são ácidos: o ácido fluorídrico (HF), o ácido fluorantimônico (H_2FSbF_6), o ácido fluorossulfúrico (HSO_3F) e o ácido fluorobórico (HBF_4), enquanto somente um sal, o pentafluoreto de antimônio (SbF_5), corrói o vidro. [7]



Acid Capable Of Dissolving Glass	Chemical Formula
Hydrofluoric Acid	HF
Fluoroantimonic Acid (superacid)	H ₂ FSbF ₆
Antimony Pentafluoride	SbF ₅
Fluorosulfuric Acid	HSO ₃ F
Fluoroboric Acid	HF ₄

Table of acids that can dissolve glass.

Figura 4: Ligações do dióxido de silício. [8]

Figura 5: Tabela com substâncias que corroem o vidro. [7]

As cinco substâncias citadas anteriormente possuem o potencial de corroer o vidro em função da presença de flúor em suas composições. O fato de o flúor ser o elemento mais eletronegativo, ou seja, com o maior poder de atração de elétrons, permite-lhe atrair os elétrons da estrutura da sílica, quebrando a ligação entre o dióxido de silício e o oxigênio, corroendo assim o vidro. Um exemplo desse processo está ilustrado na Figura 6, em que se observa uma reação entre o ácido fluorídrico e a sílica, a qual compõe grande parte da estrutura do vidro. Verifica-se que o flúor do ácido fluorídrico se liga com o silício da sílica, formando o tetrafluoreto de silício (SiF₄), enquanto os átomos de oxigênio (O) do dióxido de silício (SiO₂) ligam-se aos átomos de hidrogênio (H) do ácido fluorídrico (HF), formando água. Essa reação irá promover a quebra da estrutura da sílica (SiO₂), ocasionando assim a dissolução do vidro. [7]

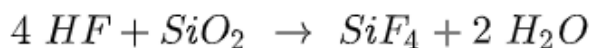


Figura 6: Reação entre o ácido fluorídrico (HF) e a sílica (SiO₂). [7]

É também importante apontar a invenção de um novo tipo de vidro no final do Século XIX, o vidro de borossilicato. Os vidros de borossilicato possuem a particularidade de possuírem óxido de boro (B₂O₃) em sua composição, o que lhes garante maior resistência à choques térmicos e aumenta sua resistência química. O fato de o boro manter-se estável quando submetido a altas temperaturas, conservando sua estrutura trigonal plana, e possibilitar uma redução na quantidade de óxidos modificadores, garante-lhe as características citadas anteriormente. [9]

A maior resistência a choque térmico do vidro de borossilicato, em comparação com outros tipos de vidro pode ser observada no experimento descrito a seguir, o qual foi apresentado no artigo "*Thermal and mechanical characterization of borosilicate glass*", escrito por BOURAS, N e colaboradores, publicado no jornal "*Physics Procedia*". Os principais materiais utilizados serão um pirex de vidro de borossilicato e um aparelho tipo NETSCHEDILL 402 C, para a análise dilatométrica. O pirex será submetido a temperaturas variando de 0 a aproximadamente 600 °C e terá seu coeficiente de dilatação medido ao longo do processo. [9]

Como resultado da análise, verifica-se que a curva dilatométrica do vidro de borossilicato, ilustrada pela Figura 7, possui um formato não-linear, subindo rapidamente até os 200 °C, a partir desse ponto ocorre uma redução da velocidade de aumento do coeficiente de dilatação, a qual retorna ao seu ritmo inicial a partir dos 450 °C. Ao comparar a curva dilatométrica do vidro de borossilicato obtida com a curva dilatométrica de um vidro comum sódico cálcico, observa-se que a curva dilatométrica do vidro sódico cálcico é linear, enquanto a curva dilatométrica do vidro de borossilicato não o é, possuindo um grande intervalo em que seu coeficiente de dilatação aumenta infimamente. Portanto, o coeficiente de dilatação do vidro de borossilicato tende a ser menor que o coeficiente de dilatação de um vidro sódico cálcico a uma mesma temperatura, o que indica melhor resistência à choques térmicos. [9]

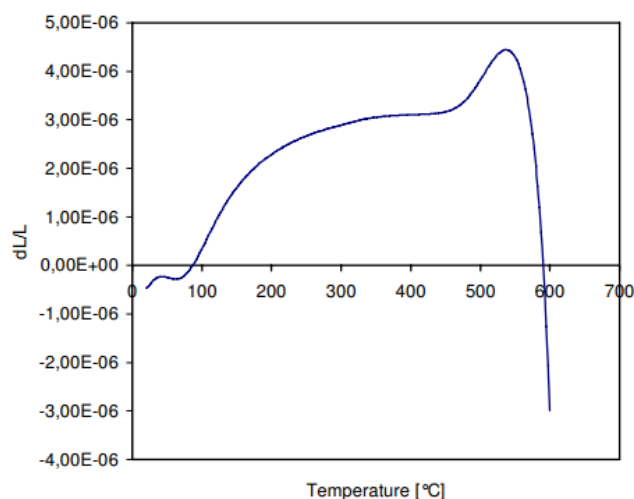


Figura 7: Curva dilatométrica do pirex formado por vidro de borossilicato. [9]

Concluimos que o vidro é de extrema importância para os campos do desenvolvimento humano, com destaque para a química. Com sua primeira aparição podendo ser datada em milênios antes de Cristo, esse material está presente em todos os aspectos da vida humana, desde vitrais de igrejas medievais até às telas dos celulares, e suas técnicas de fabricação continuam a ser adaptadas e aprimoradas. Porém, apesar de tão utilizado, observamos que a classificação desse material ainda é questão de debate, o fato de não apresentar estrutura cristalina, característica marcante dos sólidos, torna classificá-lo plenamente como tal tópico de controvérsias, em função disso, faz-se uso do termo “transição vítrea” para diferenciar o vidro de outros sólidos, ou seja, o vidro pode ser definido como “...um sólido, não cristalino, que apresenta fenômeno de transição vítrea.”.

Ademais, o vidro se apresenta especialmente importante para a química. O fato de esse material reagir com um número extremamente limitado de substâncias permitiu que uma ampla gama de experimentos fosse realizada, além de possibilitar uma maior precisão nos resultados uma vez que não haverá interferência externa. Também é possível identificar a importância da invenção do vidro de borossilicato, a qual permitiu a realização de procedimentos que necessitassem de um aumento ou redução bruscos da temperatura, possibilitando a descoberta e produção de novos objetos úteis à sociedade.

Bibliografia

- [1]: OPENING Ceremony - International Year of Glass 2022. **UN WEB TV**, [S. l.], 10 fev. 2022. Disponível em: <https://media.un.org/en/asset/k12/k12x103h7b>. Acesso em: 8 mar. 2023.
- [2]: VIDRO. **Conselho Regional de Química**, [S. l.], p. 1, 13 abr. 2011. Disponível em: <https://www.crq4.org.br/vidroquimicaviva>. Acesso em: 2 mar. 2023.
- [3]: Site: < <https://propeq.com/producao-de-vidro/> >, acesso em fevereiro de 2023
- [4]: Site: < <https://www.pilkington.com/en-gb/uk/architects/glass-information/about-glass/chemistry-of-glass> >, acesso em março de 2023.
- [5]: AKERMAN, M. Natureza, Estrutura e Propriedades do Vidro. **CETEV**, [S. l.], p. 7, 17-18, 14 nov. 2000.
- [6]: Site: < <https://engenheirodemateriais.com.br/2018/01/19/vidros-podem-deixar-de-ser-metaestaveis/> >, acesso em março de 2023.
- [7]: Site: < <https://profoundphysics.com/can-acid-dissolve-glass/> >, acesso em fevereiro de 2023.
- [8]: Site: < <https://revisionscience.com/gcse-revision/chemistry/chemical-bonding-and-properties-matter/ionic-and-covalent-structures> >, acesso em fevereiro de 2023.
- [9]: BOURAS, N.; MADJOUBI, M. A.; KOLLI, M.; BENTERKI, S.; HAMIDOUICHE, M. Thermal and mechanical characterization of borosilicate glass. **Physics Procedia**, [S. l.], p. 1135-1136, 2009.