

## MATERIAIS VÍTREOS

V. L. Arantes<sup>1</sup>, C. C. Lima<sup>2</sup>, G. Melo<sup>2</sup>, G. M. Candido<sup>2</sup>, L. Canaver<sup>2</sup>, M. Clemente<sup>2</sup>, A. P. F. Albers<sup>3</sup>,

<sup>1</sup>UNIVAP/IPD, Av. Shishima Hifumi, 2911, São José dos Campos –SP, varantes@univap.br

<sup>2</sup>UNIVAP/FEAU, Av. Shishima Hifumi, 2911 – São José dos Campos –SP

<sup>3</sup>UNIVAP/IPD, Av. Shishima Hifumi, 2911, São José dos Campos –SP, albers@univap.br

**Resumo** - Este trabalho apresenta a história do vidro desde a origem nos Tempos da Idade da Pedra à Renascença com a sua história mundial e brasileira, sua ocorrência e produção. Pretende-se abordar as composições das principais famílias de vidros a base de sílica, as propriedades físicas e constituições químicas. Expor o processo de fabricação através da fusão e resfriamento, conformação através dos métodos de prensagem, sopro e estiramento e possíveis tratamentos térmicos como o recozimento e a têmpera. Apresentar os principais fabricantes e o produto de vidro produzido pelos mesmos, mostrando dados estatísticos sobre a produção mundial e participação dos segmentos industriais. Abordar sobre o impacto ambiental e a reciclagem.

**Palavras-chave:** Vidros, sílica, processo de fabricação, propriedades.

**Área do Conhecimento:** Engenharias.

### Introdução

A história do vidro vem desde os tempos antigos, pois na Idade da Pedra o homem já utilizava materiais vítreos existentes na natureza para a fabricação de utensílios pessoais, principalmente pontas de lanças, por ser o vidro de fácil clivagem e de forma cortante. Os primeiros vidros incolores foram obtidos por volta de 100 d.C., em Alexandria, graças à introdução de óxido de manganês nas composições e de melhoramentos nos fornos, como a produção de altas temperaturas e o controle da atmosfera de combustão os quais tiveram marcada influência sobre a qualidade dos vidros e permitiram uma fusão mais eficiente dos materiais constituintes.

A indústria de vidro, baseada na produção em massa e com mercados nacionais e internacionais, nasceu da Revolução Industrial, em particular na indústria automotiva do século XX, e também da invenção de dois métodos chave de produção - o processo da folha estirada e o de flutuação (float).

A história da indústria do vidro no Brasil iniciou-se com as invasões holandesas (1624/35), em Olinda e Recife (PE), onde a primeira oficina de vidro foi montada por quatro artesões que acompanharam o príncipe Maurício de Nassau. A oficina fabricava vidros para janelas, copos e frascos. Até o século XX a produção de vidro era essencialmente artesanal, utilizando os processos de sopro e de prensagem, sendo as peças produzidas uma a uma.

Foi a partir do início do século XX que a indústria do vidro se desenvolveu com a introdução de fornos contínuos a recuperação de calor e equipados com máquinas semi ou totalmente automática para produções em massa.

A indústria do vidro transformou-se, diversificou-se e chegou, a uma fase de maturidade. Hoje, mais de 200 empresas produzem vidro no Brasil, 24 das quais integralmente automatizadas, atendendo aos mercados interno e externo, competindo em condições de igualdade com empresas do exterior. Como em outros setores da indústria, o crescimento das exportações também se faz sentir nas áreas do vidro, com o mesmo efeito de sustentação de atividade em período de dificuldades econômicas.

No Brasil, em 1895 foi fundada na cidade de São Paulo a Vidraria Santa Marina, hoje um dos grandes grupos industriais do país. Em 1900, a fábrica já produzia 20 mil garrafas de vidro verde por dia. Alta produtividade para uma fábrica que só em 1921 instalaria máquinas automáticas com capacidade diária de 460 mil garrafas. A partir de então, a Santa Marina procurou diversificar suas atividades, através da associação e expansão. Em 1941 associou-se à Companhia Vidreira Nacional (Covibra) e constituiu a Companhia Paulista de Vidro Plano. Esta nova empresa, com participação da Pittsburg Plate Glass introduziu no Brasil o processo Pittsburg de fabricação do vidro plano. Em 1944, a Santa Marina uniu-se à americana Corning Glass Works, cujo laboratório era considerado um dos mais avançados e começou a produzir, em 1951 os vidros Pyrex, sendo que hoje o Brasil é o segundo maior fabricante deste produto no mundo e exporta para vários países.

A expansão da Santa Marina prosseguira, na segunda metade do século XX em ritmo acelerado, que a transformou no maior conglomerado vidreiro da América do Sul. O acelerado processo de industrialização do país na década de 50 atraiu investimentos do exterior para

o setor vidreiro. Em 1960, o grupo Santa Marina se associou à indústria francesa, e o grupo Saint-Gobain passou a ser seu acionista majoritário.

A origem da Companhia Indústria São Paulo e Rio (Cisper) ocorreu a partir de uma pequena fábrica chamada Carmita, fundada em 1908 no Rio de Janeiro, com tecnologia americana e máquinas automáticas da empresa Owens que produzia garrafas de cervejas em série. Em 1916, a fábrica Carmita pediu falência e foi adquirida pelos engenheiros Olavo Egydio de Souza Aranha Jr e Alberto Monteiro de Carvalho e Silva, mantendo a antiga razão social: Companhia Industrial São Paulo e Rio - Cisper. Nos anos seguintes, a Cisper seria a única a produzir garrafas no Brasil, com máquinas automáticas. A Cisper tornou-se conhecida, em todo o mercado brasileiro, como a indústria mais avançada na produção de embalagens de vidro. Esta marca inovadora acentua-se em 1960, quando assina um contrato de assistência técnica com a Owens Illinois, com opção de compra, pela empresa americana. Em 1962, a Owens Illinois adquiriu o controle acionário da Cisper, operação que ofereceu à empresa acesso as mais avançadas tecnologias de produção do vidro e permitiu ao Grupo Monteiro Aranha realizar maior diversificação dos seus investimentos. A adoção das embalagens de vidro pela indústria de alimentos exigiu do produtor um alto teor de qualidade e confiança, só possível através da seleção automática. Ao produzir em larga escala, o controle visual da qualidade das embalagens interferia na rapidez, características básicas do processo moderno. Mais uma vez pioneira, a Cisper introduz o sistema de controle de qualidade automático.

A Nadir iniciou quando empreendedor Nadir Figueiredo passou de importador a produtor de vidro em 1935, ao adquirir duas fábricas em São Paulo e mais tarde, com a montagem de uma terceira. Atento aos progressos da tecnologia na área do vidro, após a Segunda Guerra Mundial, foi aos EUA estudar novos processos de produção, que adotou em sua nova fábrica, inteiramente automática. Nesta fábrica produzia-se 72 mil copos por dia, o que representou um notável avanço para a indústria brasileira da época. A passagem de importador para produtor tornou-se comum entre os empresários do vidro. É o caso da M. Agostini, criada em 1938, no Rio de Janeiro para importar lâmpadas da marca Aladdin, e que em 1953 passou a produzir. Em 1964, a M. Agostini começou a fabricar garrafas térmicas no Brasil, com assessoria técnica da Aladdin. Desde 1974 as garrafas térmicas da M. Agostini são produzidas em máquinas automáticas, mas o sistema de fabricação ainda é o mesmo: duas ampolas de vidro separadas por uma amarra de vácuo que fica em contato com superfícies espelhadas.

A Corning do Brasil estabeleceu-se em São Paulo em 1964, inicialmente fabricando bulbos para tubos de televisão em preto e branco e mais tarde lentes oftálmicas, que exportou com sucesso. Trata-se do único fabricante de lentes oftálmicas do Brasil, área que exige enorme precisão e sofisticação técnica.

Da Grã-Bretanha, veio o grupo Pilkington, que em 1978 adquiriu a Providro, fábrica de vidro laminado e a Blindex, que opera no mercado de vidros para veículos e automotores. Em 1952 foi fundada a Wheaton do Brasil se caracteriza pela fabricação em alta velocidade de embalagens para a indústria farmacêutica e de cosméticos. A Vidrofarma, associada ao grupo alemão Schott, fabrica tubos de vidros neutros para a produção, por outras indústrias, de frascos e aparelhos de laboratórios e fornece vidros alcalinos usados nas lâmpadas fluorescentes. Em 1979, o grupo Francês Ceraver instalou em São Gonçalo, no Rio de Janeiro, a Eletro Vidro, empresa que hoje pertence ao grupo francês Sediver S.A (Société Européenne d'Isolateurs en Ventre et Composite). A Eletro Vidro é a única fábrica de isoladores de corrente de toda a América Latina.

Os vidros podem ser classificados em:

- Vidro oco (para garrafas, frascos, etc): é utilizado em 50,0% na indústria de bebidas, 38,5% na indústria farmacêutica, 5,0% na indústria cosmética, 2,5% na indústria alimentícia, 4,0% em outros setores.
- Vidro plano (janelas, portas, divisões, automotivos): é utilizado em 54% na construção civil e decoração, 41% na indústria automobilística, 4% na indústria de eletrodomésticos, 1% na indústria moveleira.
- Vidros finos (lâmpadas, aparelhos eletrônicos, tubos de televisões).
- Vidros curvos: usado sobretudo na Indústria automobilística e de construção civil.

No Brasil o mercado consumidor de vidros pode ser assim esquematizado: 60% na construção civil; 39% na indústria automotiva; 1% na indústria do mobiliário. Metade da produção é consumida pela indústria de bebidas; 38,5% pela indústria farmacêutica; 5% por outros.

As propriedades dos vidros, as quais determinam sua aplicação, dependem diretamente de sua composição. Assim, é muito comum serem descritas na literatura as seis mais importantes composições básicas de vidros à base de sílica, as quais permitem que estes apresentem as mais diferentes propriedades: ópticas, condutoras ou isolantes, resistência mecânica e térmica, absorção de radiações de alta energia e ionizantes e resistência ao ataque químico, dentre outras. As composições são:

- Soda-silicato: agentes complexantes em detergentes sintéticos e em banhos de limpeza para metais;

- Soda-lime silicato: invólucros de lâmpadas incandescentes, garrafas, janelas, isolantes elétricos, blocos de vidro para construção, embalagens de alimentos e fármacos etc;
- Borossilicato: instrumentos de laboratório (béqueres, pipetas, buretas, kitassatos, dessecadores, tubos de ensaio).
- Aluminossilicato: fibras de vidro (reforço de plásticos e concreto), isolamento com fibras de vidro resistentes à hidrólise (decomposição pela água), lã de vidro (isolante térmico), fabricação de filtros, roupas e cortinas a prova de fogo, tampos de fogões, invólucros de lâmpadas de mercúrio de alta pressão, vidros do tipo opalina.
- Silicato de chumbo: comumente chamado "cristal", é utilizado em jogos de utensílios de mesa e em peças artísticas, devido à facilidade para gravação e polimento.
- Alta Sílica: vidros que apresentam um teor de SiO<sub>2</sub> superior a 96% e que, devido a sua elevada resistência química e térmica (fundem em torno de 2000 °C), são utilizados em equipamentos especiais de laboratório, cadinhos, recipientes para reações a altas temperaturas, invólucros para lâmpadas de altas temperaturas e pré-formas para fibras ópticas.

Os vidros convencionais são produzidos tradicionalmente através do método de fusão/resfriamento. Este método envolve a fusão de uma mistura dos materiais de partida, em geral a altas temperaturas, seguida do resfriamento rápido do fundido. Quando as matérias-primas de um vidro se encontram fundidas, suas estruturas guardam grandes semelhanças com aquelas de um líquido. Contudo, à medida que ocorre o resfriamento, o arranjo estrutural interno do material fundido pode trilhar diferentes caminhos, de acordo com a taxa de resfriamento utilizada. Ao ser resfriado abaixo de sua temperatura de líquido (TL), o fundido atravessa uma região de equilíbrio metaestável, ou seja, uma situação de equilíbrio termodinâmico incipiente, o qual pode ceder frente a pequenas perturbações podendo, por exemplo, cristalizar-se. Durante o processo de cristalização, faz-se necessário um certo tempo para que as pequenas unidades se orientem, até atingirem as posições adequadas para formar o cristal. É por isto que um resfriamento rápido faz com que as unidades percam a mobilidade antes de se ordenarem. Se a cristalização não ocorrer, o líquido permanecerá no estado de equilíbrio metaestável, abaixo de TL. Como já mencionado, conforme a temperatura diminui, aproxima-se de uma condição em que a mobilidade, em nível atômico, dentro do líquido, torna-se bastante reduzida e os átomos fixam-se em suas posições. Tal fenômeno ocorre em uma faixa de temperaturas denominada transição vítrea. Por definição, o ponto de interseção das linhas extrapoladas, que definem região metaestável e a

região de vidro, é o parâmetro conhecido como T<sub>g</sub> (temperatura de transição vítrea). A T<sub>g</sub> é o intervalo de temperaturas em que tem início a chamada relaxação estrutural, quando algumas propriedades como viscosidade, capacidade calorífica e expansão térmica começam a manifestar um comportamento diferente do padrão verificado até então.

Reiterando, quando um vidro é formado a partir de um fundido, o processo envolve a homogeneização dos componentes acima de TL, e o resfriamento abaixo de T<sub>g</sub>. A velocidade de resfriamento deve ser suficientemente elevada para que não se forme uma quantidade significativa de cristais, uma vez que o vidro completamente não-cristalino é uma situação ideal. Os métodos de conformação dos vidros são:

- Prensagem: usada na fabricação de peças com paredes relativamente espessas, tais como pratos e louças. A peça de vidro depois de elaborado e condicionado termicamente, é cortado em gotas, que têm exatamente a quantidade de vidro necessária para a obtenção da peça final.
- Sopros: embora algumas insuflações de vidros sejam feitas manualmente, especialmente no caso de objetos de arte, o processo foi completamente automatizado para produção de jarras, garrafas e lâmpadas de vidro. Quando o vidro já está pronto para a conformação, ele é conduzido do forno até as máquinas de conformação, chamadas IS, através de canais conhecidos como feeders, o que significa "alimentadores" em inglês. A finalidade dos feeders, além de conduzir o vidro, do forno até o local onde estão as máquinas, é de condicionar a sua temperatura, aquecendo-o ou esfriando-o, de acordo com a necessidade.
- Estiramento ou flutuação: é a moldagem através de estiramento de uma larga lâmina de vidro derretido em um tanque de estanho, também derretido, pois este é bem mais denso que o vidro e continua líquido, não se misturando com ele, nas temperaturas em que se dá o enrijecimento do vidro (de 1100°C a 600°C).

Após conformados, os produtos vítreos são submetidos a um tratamento térmico, conhecido por recozimento, que tem por finalidade remover as tensões que podem ser criadas na moldagem. Um vidro não recozido pode estilhaçar-se devido à tensão resultante do resfriamento desigual. O recozimento é feito em temperaturas inferiores à temperatura de transição vítrea. Para aplicações específicas, os produtos vítreos pode, ser submetidos ao tratamento térmico de têmpera, que é um processo pelo qual um vidro já pronto é reaquecido até tornar-se quase maleável. Sob condições cuidadosamente controladas, o vidro é subitamente resfriado por rajadas de ar frio ou pela imersão em óleo. Tal processo aumenta enormemente sua resistência mecânica.

Todo o processo de fabricação dos vidros, que envolve desde a extração de areia, fusão, conformação e tratamentos térmicos, têm merecido atenção em relação às questões ambientais, dado o fato da indústria vidreira ser potencialmente poluidora do ambiente, pois emite partículas sólidas e gases, além de subprodutos descartados na forma de lixo industrial. Porém, o vidro é uma classe de materiais que pode ser reciclado inúmeras vezes, preservando suas propriedades e qualidade. Desta forma, através de programas de reciclagem de resíduos, é possível amenizar o impacto ambiental causado por este tipo de produto.

### **Referências bibliográficas**

-SHELBY, J.E. ED. Introduction to glass science The Royal Society of Chemistry, Reino Unido. UK. 1997.

-UHLMANN. D. R; KREIDL, N. J. Glass: Science and Technology, Ed. Academic Press, Inc, Orlando, Florida, 1984.

-CALLISTER, W, D, Ciências e Engenharia dos Materiais, Quinta Edição, Editora LTC, Rio de Janeiro, 2002.

Manual do Vidro, Saint-Gobain-Glass, Edição 2000.

Apostila "O VIDRO" – CEBRACE – Cristal Plano Ltda / Eng. Mauro Akerman / mar -1981

Apostila "FORMAÇÃO TÉCNICA VIDREIRA 2004 (CEBRACE) /Módulo 1 -" O que é o vidro" /Eng. Mauro Lúcio N. Luiz / mar – 2004

Apostila "FORMAÇÃO TÉCNICA VIDREIRA -2004