

III-586 - AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO IMPACTO DO VIDRO RECICLADO ANTES E APÓS O RECOZIMENTO

Vanucia Santos Dias⁽¹⁾

Graduada em Design e Mestre em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande, PB.

Crislene Rodrigues da Silva Moraes⁽²⁾

Professora da Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais; Professora, Pesquisadora, Extensionista e Coordenadora da Incubadora Universitária de Empreendimentos Econômicos Solidários, Universidade Federal de Campina Grande, PB.

Endereço⁽¹⁾: Rua Frei Dagoberto, 146 - Bodocongó – Campina Grande - PB - CEP: 58433-284 - Brasil - Tel: (83) 8812.9510 - e-mail: vanuciadias@yanhoo.com.br

RESUMO

A preservação do meio ambiente é uma preocupação constante, por essa razão, estudos cada vez mais crescentes vêm sendo desenvolvidos a cerca da reciclagem de materiais. O vidro, por exemplo, não é um material biodegradável e sua reciclagem é de extrema importância, uma vez que seu descarte é feito em aterros sanitários ou mesmo na própria natureza. Também é importante ressaltar que a reciclagem do vidro é fonte de renda para milhares de pessoas no Brasil, que atuam, principalmente, em cooperativas de catadores e recicladores de vidro, como também outros materiais reciclados.

Em resposta a essa concepção, este trabalho objetiva estudar a resistência ao impacto do vidro reciclado antes e após o recozimento, visando contribuir para o desenvolvimento de uma tecnologia social de reciclagem de vidros para as trabalhadoras do CAVI - Associação de Catadores e Recicladores de Vidros e outros Materiais. Para isso, foram utilizados resíduos de vidro oco submetido a cinco processos de fusão e recozimento com diferentes níveis de temperatura, empregando técnicas de reciclagem de vidro a quente (vitrofusão e termoformado). A resistência após o recozimento foi analisada por meio de ensaios de impacto, em que pode ser constatado que as amostras submetidas ao tratamento térmico estudado apresentaram maior resistência ao impacto quando comparadas às amostras que não receberam tratamento térmico durante o processo de fusão.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos vítreos, tratamento térmico, tecnologia social.

INTRODUÇÃO

A reciclagem dos resíduos sólidos gerados pelas indústrias para uso como matérias-primas alternativas não é nova, e tem sido efetuada com sucesso em vários países. As razões que motivam esses países, em geral, são: o esgotamento das reservas confiáveis; a conservação de fontes não renováveis; melhoria da saúde e segurança da população; a preocupação com o meio ambiente e a necessidade de compensar o desequilíbrio econômico provocado pela alta do petróleo, notadamente nos países onde há marcante escassez de matérias-primas (ENBRI, 1994).

A cadeia produtiva da reciclagem gera milhares de postos de trabalho, melhorando a distribuição de renda e promovendo o desenvolvimento local, o que justifica a necessidade de investimentos dos setores públicos e privados na infraestrutura de sistemas de coleta seletiva de resíduos, geridos por grupos de catadores organizados de forma autogestionária.

Neste contexto, os materiais vítreos têm recebido atenção especial por originarem várias questões que devem ser focalizadas, principalmente o fato de não serem biodegradáveis, o que acaba por gerar um grande acúmulo deste tipo de material em depósitos, lixões e na própria natureza.

As substâncias vítreas em estado fundido são líquidos relativamente viscosos que, ao serem resfriados, aumentam notavelmente (ou rapidamente) esta viscosidade até que suas moléculas constitutivas percam toda mobilidade, conservando, entretanto, a mesma disposição caótica que possuíam no estado líquido (LORENZI,

2008). Sua habilidade de passar progressiva e reversivelmente a um estado cada vez mais fluido, à medida que a temperatura aumenta é, também, uma característica muito importante.

Na reciclagem do vidro há economia de matérias-primas naturais, de energia, sendo a temperatura necessária para fusão do vidro reciclado mais baixa, com menor geração de poluentes. Sabe-se hoje que um quilo de vidro (resíduo) usado pode produzir um quilo de vidro novo, tantas vezes quantas forem necessárias. Assim, a fabricação de novos vidros a partir dos cacos economiza a energia gasta na extração, no beneficiamento, no transporte dos minérios não utilizados e na própria transformação. A economia de energia é a principal vantagem do processo de reciclagem do vidro (MANO et al., 2009).

Em resposta a essa concepção, o presente trabalho torna-se importante por incorporar o desenvolvimento de uma tecnologia social por meio do estudo da técnica de recozimento de resíduos de vidro aplicada à fabricação de produtos utilitários feitos com vidro reciclado. O trabalho contribui ainda com o desenvolvimento do CAVI – Associação de Catadores e Recicladores de Vidros e outros Materiais – situado na cidade de Campina Grande na Paraíba, sendo um meio de fonte de renda e trabalho para as catadoras de resíduos que compõem a associação, as quais possuem papel fundamental no processo de reciclagem e limpeza pública do país.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização da pesquisa, foram utilizados resíduos de vidro oco (garrafas) provenientes da Associação de Catadores e Recicladores de Vidros e outros Materiais – CAVI; moldes de gesso preparados manualmente no Laboratório de Sínteses e Materiais Vítreos – LASMAV, situado na Universidade Federal de Campina Grande – UFCG; ferramentas e alguns utensílios utilizados no beneficiamento dos vidros; forno elétrico da marca Linn, modelo Elektro Therm situado no LASMAV, para realização da fusão do vidro; balança da marca Bel Engineering, encontrada no LASMAV, para pesagem dos corpos de prova e o equipamento CEAST Resil 5,5J encontrado no Laboratório de Caracterização dos Materiais da UFCG, para realização do ensaio de resistência ao impacto.

Para descrever o método utilizado, será exposto o processo de reciclagem do vidro a quente, passando pela etapa de tratamento térmico. Feito isso, serão explicados os procedimentos do ensaio mecânico realizado.

O processo iniciou-se no beneficiamento dos resíduos, seguindo para trituração dos mesmos; em seguida foi realizada a preparação dos moldes e a montagem das amostras para serem encaminhadas ao processo de fusão e recozimento, finalizando no resfriamento e retirada destas amostras do forno (Figura 1).

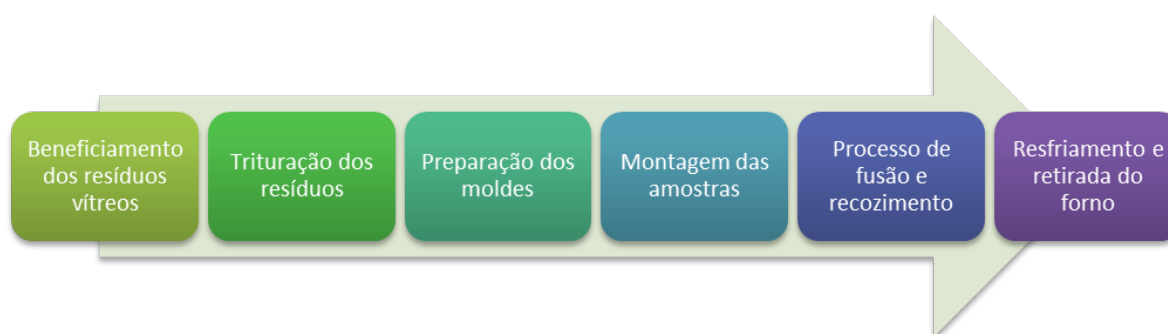


Figura 1: Etapas do processo de reciclagem e recozimento dos vidros.

Para a reciclagem do vidro foram utilizadas as técnicas da vitrofusão (*fusing*) e termoformado (*slumping*). Ambas são técnicas de vidro quente, nas quais ocorrem o amolecimento ou fusão do vidro com o uso de forno elétrico.

Para o processo de fusão das peças foram estabelecidos cinco ciclos, com base em dados obtidos por Beveridge et al. (2004). Nos cinco ciclos o recozimento ocorreu durante o processo de fusão quando foram atingidas as temperaturas de 530°C e 540°C. Em seguida as peças foram resfriadas lentamente até atingir a temperatura ambiente ainda dentro do forno.

Durante o processo de recozimento, o vidro é aquecido de maneira uniforme até uma determinada temperatura abaixo do seu ponto de fusão. Esta temperatura é mantida até que todas as tensões (causadas pelo processo de conformação) sejam removidas. Após o aquecimento, a peça é resfriada lentamente, até a temperatura ambiente, para que novas tensões não sejam criadas. O recozimento alivia as tensões geradas durante a conformação e o resfriamento que possivelmente quebrariam ou pelo menos fragilizariam a peça.

Para avaliação da resistência ao impacto no vidro reciclado, foram produzidos quatro corpos de prova com recozimento e sem recozimento. Correspondendo às dimensões da amostra (20x60x5mm), referência padrão segundo ABNT para materiais cerâmicos, foram usados 10g de vidro oco triturado para cada uma individualmente (Figura 2a), com granulometria do tipo B e C representadas na Figura 2b.

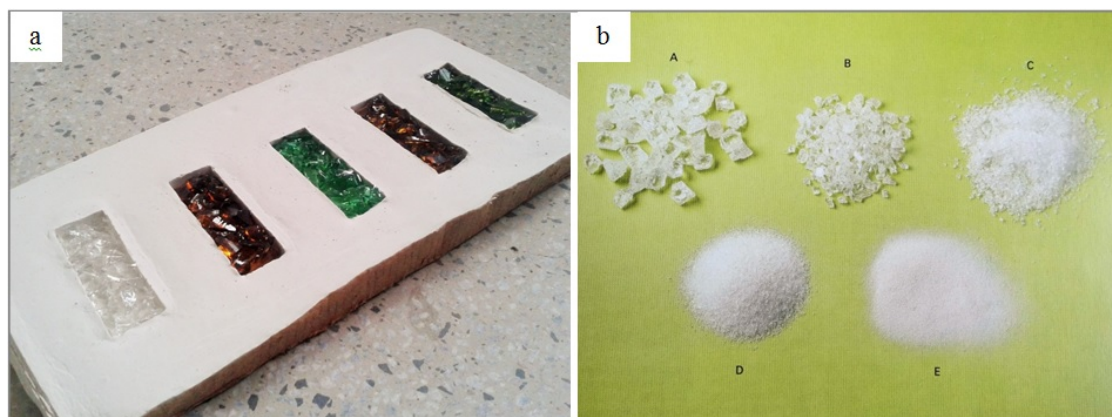


Figura 2 - Molde de gesso com os corpos de prova (a); Diferentes granulometrias de vidro triturado (b).
Fonte: DIAS(2014); BEVERIDGE (2004).

O ensaio de impacto realizado foi o Izod (ASTM D 256), em que o corpo de prova é fixado por um par de garras na posição vertical (Figura 3a). O pêndulo da máquina de teste Izod é liberado e oscila na direção descendente, atingindo o corpo de prova na posição vertical do braço (Figura 3b).

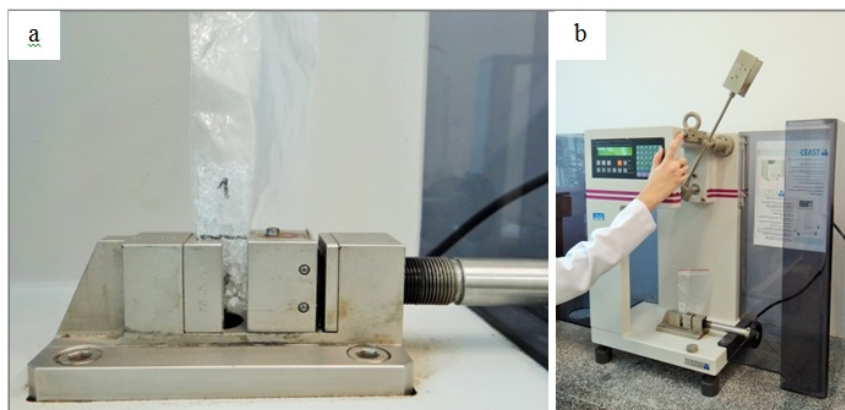


Figura 3 - Corpo de prova fixado no equipamento (a); Pêndulo sendo liberado no equipamento de ensaio ao impacto (b).
Fonte: DIAS (2014).

Ensaio de impacto são realizados em vidros para classificar o seu nível de segurança, por isso não reprovam o vidro (ABRAVIDRO, 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram realizados diversos estudos para determinação do tratamento térmico (temperatura e tempo de fusão) adequada aos resíduos vítreos, analisando-se aspectos como o comportamento do vidro quando submetido a diferentes temperaturas, as características visuais dos vidros após fusão e vitrificação.

O primeiro ciclo de recozimento durou, aproximadamente, nove horas. Observou-se que os cacos do vidro triturado não fundiram ao ponto de se unirem e seus rebordos e vértices permaneceram cortantes (Figura 3). O segundo ciclo de recozimento foi realizado com a mesma duração do primeiro com alterações de temperatura. Os cacos de vidro oco se amalgamaram e apresentaram as extremidades abauladas, porém com pouca alteração na forma e contorno (Figura 4).



Figura 4 - Resultado do vidro triturado após o primeiro ciclo de fusão.



Figura 5 - Resultado do vidro triturado após o segundo ciclo de fusão.

O terceiro ciclo de recozimento foi realizado com a mesma duração dos anteriores, com alterações de temperatura. Os rebordos e vértices dos cacos adquiriram uma forma arredondada, além de ocorrer a conformação total do material ao molde. Também foram mantidos o brilho e a transparência do material vítreo (Figura 6). No quarto ciclo foi observado o comportamento do vidro oco sob condição de temperatura de fusão mais elevada. O que pode ser observado é que os cacos de vidro não conservaram seu volume original e expandiram-se, tornando os contornos camuflados. (Figura 7).



Figura 6 - Resultado do vidro triturado após o terceiro ciclo de fusão.



Figura 7 - Resultado do vidro triturado após o quarto ciclo de fusão.

No quinto ciclo utilizou-se uma temperatura de fusão ainda mais elevada, resultando em uma massa vítrea mais homogênea, com pouca distinção de relevos, pois o vidro atingiu um estado maior de viscosidade, aplanando-se e perdendo totalmente a definição dos contornos (Figura 8). No entanto, o vidro branco cristalizou ao passar por esse ciclo, sem atingir o estado de total fusão.



Figura 8 - Resultado do vidro triturado após o terceiro ciclo de fusão.

Após a execução dos cinco ciclos de recozimento para o vidro reciclado, foi possível selecionar o quarto ciclo para realização do ensaio de impacto, sendo este escolhido pelas características obtidas no vidro: massa vítrea mais homogênea, com pouca distinção de relevos e contornos dos cacos. As rampas de aquecimento e resfriamento do quarto ciclo estão representadas na Figura 9.

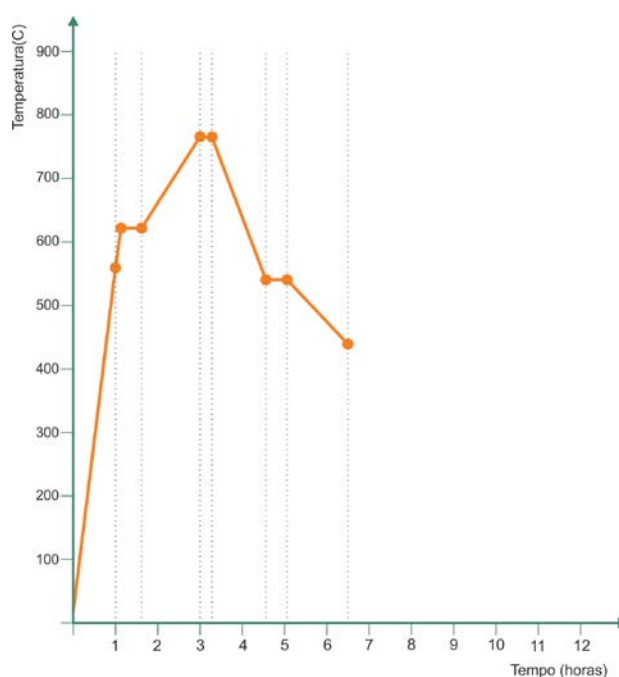


Figura 9 - Gráfico representativo com as rampas de aquecimento e resfriamento.

O quarto ciclo pode ser concluído no tempo de seis horas e meia. A fusão acontece quando o forno atinge a temperatura de 800°C e a fase de recozimento ocorre quando a temperatura permanece a 540°C.

Na análise dos resultados dos ensaios de impacto do tipo Izod, a resistência ao impacto foi quantificada em termos da energia de impacto absorvida por unidade de espessura do corpo de prova na região de ruptura.

A Figura 10 ilustra os níveis de resistência obtidos para as amostras com recozimento e sem recozimento, que passaram pelo quarto ciclo.

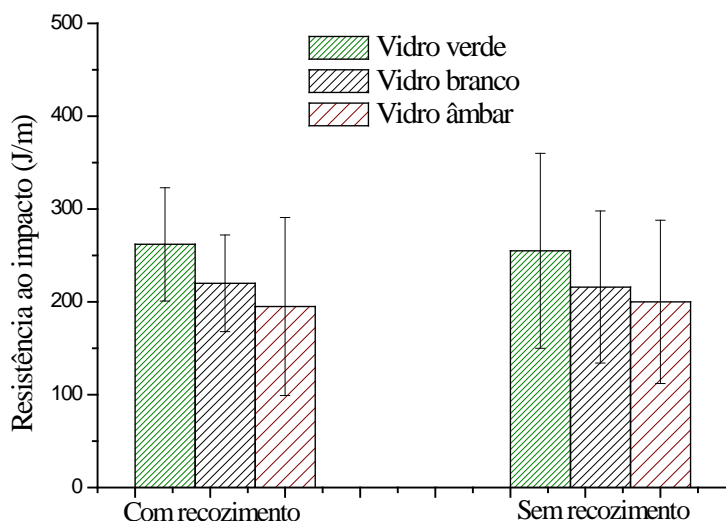


Figura 10 - Resistência ao impacto de amostras com recozimento do quarto ciclo.

Das amostras com recozimento foi observado que o vidro verde apresentou maior resistência ao impacto segundo uma média obtida de 262 J/m. O vidro branco apresentou resistência de 220 J/m, ficando com o valor intermediário e o vidro âmbar foi o que exibiu menor resistência ao impacto (195 J/m).

Das amostras sem recozimento, foi observada a seguinte sequência em ordem de resistência: vidro verde: 255J/m; vidro branco: 216 J/m e vidro âmbar: 195 J/m.

Comparando os ensaios realizados com os corpos de prova com recozimento e os efetivados sem recozimento, constatou-se que as amostras que passaram por tratamento térmico se mostraram mais resistentes ao impacto do que as amostras que não receberam tratamento térmico, com exceção do vidro âmbar que apresentou o mesmo valor de resistência nas duas situações.

CONCLUSÕES

O ensaio de resistência ao impacto possibilitou a verificação da eficiência do recozimento em vidros reciclados do tipo oco. Avalia-se que os diferentes índices de resistência apresentados nos três vidros ocos testados (verde, branco e âmbar), mesmo se tratando de vidros com mesma classificação, tenham sido ocasionados pela composição química de cada um.

A opção de adicionar ao vidro reciclado maior resistência após a fusão, contribui para a otimização e crescimento do trabalho desenvolvido no CAVI. Este grupo é assessorado pela Incubadora Universitária de Empreendimentos Econômicos Solidários da Universidade Federal de Campina Grande – IUEES/UFCG e se diferencia dos demais empreendimentos do município no seguimento de resíduos sólidos, por desenvolverem não apenas a atividade de coleta e comercialização de materiais recicláveis, mas, principalmente, pela transformação do vidro em artefatos decorativos, através da reciclagem, contribuindo, portanto, para minimizar o impacto ambiental e melhorar a renda mensal da associação.

A alternativa de tecnologia social apresentada nesse trabalho pode ser facilmente reproduzida pelas catadoras da associação, agregando valor às peças produzidas pela mesma por meio da reciclagem de vidros. Outro fator relevante é que o processo pode ser considerado “limpo”, não produzindo rejeitos para o meio ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABIVIDRO – Associação Brasileira das Indústrias Automáticas de Vidro. Anuário ABIVIDRO 2009. ABIVIDRO, São Paulo, 2009.
2. ABRAVIDRO – Associação Brasileira de Distribuidores e processadores de vidros planos. Disponível em: <<http://www.andiv.com.br/index.asp>>. Acesso em: 04 de agosto de 2014.
3. BEVERIDGE, P.; DOMÉNECH, I.; PASCUAL, E. O Vidro. Técnicas de Trabalho de Forno. 1 ed. Lisboa: Editorial Estampa, p. 160, 2004.
4. ENBRI. "Development of a framework for environmental assessment of building materials and components", 1994.
5. DIAS, V. S. Estudo do Processo de Recozimento na Reciclagem de Vidros para Fabricação de Produtos Utilitários. Dissertação de Mestrado. Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2014.
6. LORENZI, E. S. Vidros bactericidas no tratamento microbiológico de água. Disponível em: <<http://www2.enq.ufsc.br/teses/m118.pdf>>. Acesso em 25 jul 2014.
7. MAIA, S. B. O Vidro e sua Fabricação. 1 ed. Rio de Janeiro: Interciência, p. 211, 2003.
8. MANO, E. B.; PACHECO, E. B. A. V.; BONELLI, C. M. C. Meio ambiente, poluição e reciclagem, 1 ed. Rio de Janeiro: EDGARD BLÜCHER, 2009.
9. NETO, A. A. M. Incorporação de Resíduos Sólidos Galvânicos em Matrizes Vítreas. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciências na área de Tecnologia Nuclear – Materiais). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - Autarquia Associada à Universidade de São Paulo, p. 85, 2003.
10. QUIRINO, L. B. Caracterização e Processamento de Resíduos Vítreos Visando a Reciclagem no Município de Campina Grande – PB. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciências e Engenharia de Materiais) Universidade Federal de Campina Grande - PB, p. 75, 2008.
11. SCHUARTZ, E. M. Manual de Vidraria Artesanal. 1 ed. São Paulo: Espaço Zero Galeria de Arte, p. 34, 2002.
12. VILLELA, A. DOSSIÊ TÉCNICO – Fusing de Vidro: Técnicas de trabalho em forno elétrico, novembro, 2007.