



## 2º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 28 a 30 de Abril de 2010

### Uso de vidro moído como agregado em argamassa

**Daniel Bohrer Maciel<sup>1</sup>, Cesar Augusto Jarutais Fensterseifer<sup>2</sup>, Maria Isabel Pimenta Lopes<sup>3</sup> e Lidiane Bittencourt Barroso<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Centro Universitário Franciscano (xipixamamy@hotmail.com)

<sup>2</sup>Centro Universitário Franciscano (eng.cesar-augusto@hotmail.com)

<sup>3</sup>Centro Universitário Franciscano (miplopes@unifra.br)

<sup>4</sup>Universidade Federal do Pampa (lidianebaroso@unipampa.edu.br)

#### Resumo

Com o crescente aumento da demanda por areia no mercado nacional e a exaustão das reservas de areia natural, a utilização deste insumo tem impactado de maneira crescente os custos de execução da argamassa e do concreto. O uso do vidro moído em substituição parcial da areia é uma alternativa pouco conhecida na literatura. A sucata de vidro é um material que apresenta um baixo índice de reciclagem. Anualmente, das 800 mil toneladas de embalagens de vidro produzidas no Brasil cerca de 70% tem como principal destino o descarte em aterros. Este trabalho apresenta um estudo de moldagem de corpos-de-prova de argamassa, onde parte da areia normal foi substituída por vidro moído. As argamassas foram produzidas para os traços com substituição parcial de 15%, 20%, 30% e 35% da quantidade de areia por vidro moído peneirado de igual granulometria. Foi determinada a propriedade da argamassa no estado endurecido (resistência à compressão) para os quatro traços. Baseado nos resultados da pesquisa conclui-se que é viável produzir argamassas com substituição de 20% da areia pelo vidro moído, alcançando uma melhora de até 11,5% na resistência a compressão aos 7 dias.

Palavras-chave: Reciclagem. Resistência à compressão. Sucata de vidro.

Área Temática: Tema 1 – Resíduos Sólidos

#### Abstract

*With an increasing demand by sand in the national market and the exhaustion of the reservations of natural sand, the use of this input has impacted in an increasing manner relating to the costs of execution of mortar and concrete. The use of crushed glass in partial substitution of sand is an alternative little known to literature. The glass waste is a material that represents a small in index of recycling. Annually, from the 800 thousand tons of glass packages produced in Brazil about 70% has as its main destination on land fields. This present work shows a study on shaping of mortar samples, where part of the normal sand was replaced by crushed glass. The mortars were produced for the traces with partial substitution of 15%, 20%, 30% and 35% of the quantity of sand by crushed glass sifted with equal size. It was determined the property of mortar in its hardened state (compressive strength) for four traces. Based on research results it was concluded that it is viable to produce mortar with substitution of 20% of sand for crushed glass, reaching a improvement up to 11,5% in compressive strength on the 7th day.*

Keywords: Recycling. Compressive strength. Glass waste.

Theme Area: Theme 1 - Solid Residues



## 1 Introdução

A expansão da população e sua concentração em áreas urbanas, além da complexidade do suprimento de recursos minerais não renováveis, têm gerado conflitos desta atividade mineral com os processos de uso e ocupação do solo (CALAES, 2010).

O mesmo autor enfatiza que isso é mais agravado na produção de materiais de emprego imediato na construção civil, junto às grandes áreas metropolitanas, tendo em vista o grande volume de demanda, como também devido ao fato de se tratarem de materiais de baixo valor agregado, que não suportam deslocamentos a grandes distâncias.

Com o crescente aumento da demanda por areia no mercado nacional e a exaustão das reservas de areia natural, a utilização deste insumo tem impactado de maneira crescente os custos de execução da argamassa e do concreto.

As argamassas são materiais muito empregados na construção civil, com propriedades de aderência e endurecimento, obtidos a partir da mistura homogênea de um ou mais aglomerantes, agregado miúdo (areia) e água, podendo conter aditivos e adições minerais. Sendo os seus principais usos no assentamento de alvenarias e nas etapas de revestimento, como emboço, reboco ou revestimento de camada única de paredes e tetos, além de contrapisos para regularização de pisos e ainda assentamento e rejuntamento de revestimentos de cerâmica e pedra (ISAIA, 2007).

O uso do vidro moído em substituição parcial da areia é uma alternativa pouco conhecida na literatura, uma vez que o vidro tem uma relação incomum no que diz respeito à composição química, ambos apresentam quartzo. As composições individuais dos vidros são muito variadas, pois pequenas alterações são feitas para proporcionar propriedades específicas, tais como índice de refração, cor, viscosidade.

Os componentes de vidro decorrentes de resíduo municipal (resíduo doméstico e comercial) são geralmente: garrafas, artigos de vidro quebrados, lâmpada incandescente, potes de alimentos e outros tipos de materiais de vidro. A sucata de vidro é um material que apresenta um baixo índice de reciclagem. Anualmente, das 800 mil toneladas de embalagens de vidro produzidas no Brasil cerca de 70% tem como principal destino o descarte em aterros (CEMPRE, 2007).

Do lixo gerado e depositado nos lixões e aterros do país, 2% é composto por vidro. Estima-se que aproximadamente 70% dos aterros estarão com sua capacidade muito reduzida no próximo milênio, pois o tempo estimado de decomposição do vidro é aproximadamente um milhão de anos (SANTOS, 1998).

O principal mercado para a sucata de vidro é formado pelas vidrarias, que compram o material de sucateiros na forma de cacos ou recebem o material diretamente em suas campanhas de reciclagem. Porém, a reciclagem de vidro tem vários fatores limitantes como impurezas, custos de transporte proibitivos e mistura de sucatas de cores diferentes que são difíceis de serem separadas.

O vidro destinado à reciclagem apresenta-se na forma de cacos, utensílios como garrafas, embalagens, etc. com cores e dimensões variadas. Segundo a Resolução nº 307 do CONAMA (2002) é classificado como resíduo reciclável para outras destinações. Estes deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.

A reciclagem de vidro implica em um gasto de energia consideravelmente menor do que a sua manufatura através de areia, calcário e carbonato de sódio. O vidro pronto para ser novamente derretido é chamado de cullet (SANTOS, 2010).

Arruda, Pamplona & Pamplona (2001) verificaram a possibilidade da reutilização de resíduo vítreo na fabricação de concreto, de acordo com os resultados da pesquisa feita o pós de vidro tipo soda-cal não se classifica como pozolânico.

Em outro trabalho López, Barbosa & Azevedo Neto (2005) estudaram a viabilidade



## 2º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 28 a 30 de Abril de 2010

técnica da utilização de vidro não reciclado como material agregado ao concreto, especificamente pela comparação das propriedades mecânicas de concretos fabricados com o novo componente, visando a sua utilização para fins estruturais. A comparação foi realizada por meio do estudo das propriedades mecânicas de concretos produzidos primeiramente com a substituição da areia por vidro moído e, numa segunda parte, pela adição do vidro moído sobre a massa de areia. Os resultados mostraram que com a substituição de 5% em peso do agregado fino (areia) por vidro numa granulometria variando entre 150-300 µm houve um aumento de cerca de 60% na resistência à compressão do concreto fabricado, o que seria causado pela diminuição da porosidade do concreto por causa da penetração de vidro fino nos vazios. A utilização de outras faixas granulométricas acarretou aumentos menores, porém todos superiores aos valores apresentados pelo corpo de referência.

Bardini & Marchioro (2007) estudaram a viabilidade técnica do uso do vidro moído como material agregado em concreto e compararam às propriedades mecânicas do material (resistência à compressão). A comparação foi feita a partir de um concreto convencional, variando-se o percentual de agregado fino (areia) substituído por vidro moído, cuja granulometria apresentou um material 100% passante na peneira com abertura de 0,2 mm. A substituição de areia por vidro moído foi realizada nas seguintes proporções: 5, 10, 15 e 20%, em relação a um traço de referência sem adição de vidro, devidamente calculado seguindo as recomendações normativas. Os resultados obtidos com os ensaios de compressão axial são bastante satisfatórios, chegando a um acréscimo de mais de 40% em comparação ao traço de referência.

As conclusões de Grande, Formagini & Riva (2009) indicam que é viável dosar concretos com substituição de 20% da areia pelo vidro triturado, com granulometria entre 0,6mm e 1,2mm pode ser utilizado em substituição parcial de 20% da areia sem comprometer a resistência do concreto aos 28 dias, pois melhorou a distribuição granulométrica, diminuindo os vazios da mistura granular, fato comprovado pelo ensaio de absorção de água. Com este teor de substituição da areia pelo vidro triturado, a resistência do concreto aumentou cerca de 15%.

Este trabalho apresenta um estudo de moldagem de corpos-de-prova de argamassa , onde parte da areia normal foi substituída por vidro moído.

## 2 Material e Métodos

Este trabalho desenvolveu-se no município de Santa Maria, como parte integrante do Programa de Bolsas de Iniciação Científica – PROBIC 2009. Os ensaios foram realizados no Laboratório de Argamassa e Concreto, junto ao Conjunto II, do Centro Universitário Franciscano-UNIFRA.

Os materiais utilizados para o desenvolvimento do trabalho foram: Cimento Portland CP IV 32; areia normal conforme a NBR 7214 (ABNT, 1982); vidro moído com coloração marrom e água potável.

O vidro utilizado nos ensaios foi proveniente da coleta seletiva de garrafas do tipo long-neck de bares e boates do município, escolheu-se este material por ser abundante e descartável na região central do estado do Rio Grande do Sul.

Para o uso da sucata de vidro nos traços de argamassa, foi necessário proceder à lavagem e remoção dos rótulos destas garrafas, que foram imersas em água morna para facilitar esta tarefa. Logo após, o material foi moído artesanalmente pela falta de um britador, adquirindo diferentes tamanhos de grãos, que foram separados por meio de peneiramento (figura 1), nas peneiras nº 16, 30, 50, 100 e fundo.



## 2º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 28 a 30 de Abril de 2010



Figura 1 – Peneirador mecanizado.

Nesta pesquisa foram produzidos quatro traços de argamassas, com substituição parcial de 15%, 20%, 30% e 35% da quantidade de areia normal por vidro moído peneirado de igual granulometria. O traço de referência (cimento; areia; água) e o com substituição parcial de 25% foi moldado por Koller et al (2007).

A argamassa foi misturada em uma argamassadeira (figura 2), no Laboratório de Argamassa e Concreto da UNIFRA com o auxílio do laboratorista Anderson Veras Maciel. Os materiais foram introduzidos na argamassadeira obedecendo às quantidades expressas no quadro 1, a ordem e os tempos de mistura estabelecidos pela NBR 7215 (ABNT, 1996).

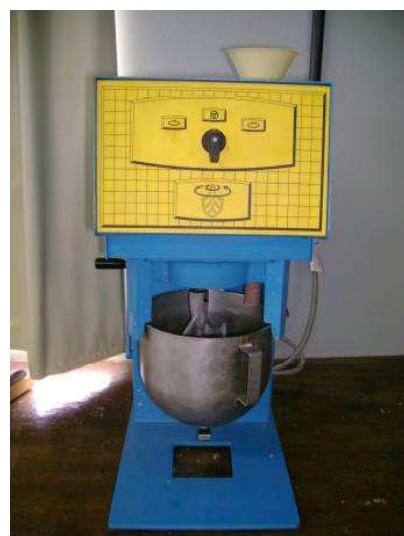


Figura 2 – Argamassadeira mecanizada.

Os corpos-de-prova (CP) foram confeccionados em moldes metálicos com formato cilíndrico de 5 cm de diâmetro e 10 cm de altura. Estas relações foram mantidas para todos os ensaios realizados neste trabalho e seguem as orientações da NBR 7215 (ABNT, 1996).

Após a moldagem os corpos-de-prova permaneceram 24 horas no molde (figura 3), sendo depois desmoldados e submetidos ao processo de cura em câmara úmida, onde os CP ficaram até a data do rompimento.



## 2º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 28 a 30 de Abril de 2010

Material	Quantidade (g)
Cimento CP IV-32	$624 \pm 0,4$
Água	$300 \pm 0,2$
Areia normal nº 16 fração grossa	$468 \pm 0,3$
Areia normal nº 30 fração média grossa	$468 \pm 0,3$
Areia normal nº 50 fração média fina	$468 \pm 0,3$
Areia normal nº 100 fração fina	$468 \pm 0,3$

Quadro 1 – Quantidade dos materiais para o traço de referência.



Figura 3 – Corpos-de-prova.

Para a realização do rompimento dos corpos de provas, faz-se o capeamento das duas faces do mesmo, para regularizar qualquer deformidade das superfícies, e para que a força aplicada pela prensa hidráulica (figura 4) seja uniformemente distribuída em toda a superfície do CP.



Figura 4 - Presa hidráulica.



## 2º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 28 a 30 de Abril de 2010

No sétimo dia, metade da amostra, o que corresponde a seis corpos-de-prova de cada traço, foi submetida ao ensaio de compressão, o restante da amostra foi rompido aos 28 dias após a moldagem.

A nomenclatura utilizada neste trabalho apresenta-se no quadro 2, para identificar os seis traços, com as respectivas substituições parciais expressas em porcentagens e em massa. A quantidade de água foi mantida constante e igual em todos os traços (300 mL).

Sigla	Descrição
V0	traço de referência c/ areia normal, 0% de substituição (0 g/fração) de Koller et al (2007)
V15	15% de subst. da areia normal por sucata de vidro (70,2g/fração)
V20	20% de subst. da areia normal por sucata de vidro (93,6g/fração)
V25	25% de subst. da areia normal por sucata de vidro (117 g/fração) de Koller et al (2007)
V30	30% de subst. da areia normal por sucata de vidro (140,4 g/fração)
V35	35% de subst. da areia normal por sucata de vidro (163,8 g/fração)

Quadro 2 – Nomenclatura dos traços.

### 3 Resultados e Discussão

Os resultados obtidos do ensaio de resistência à compressão estão apresentados na tabela 1.

Segundo Koller et al (2007) o traço de referência V0 alcançou aos 28 dias a resistência à compressão média de 31,96 MPa e o traço V25 apresentou 30,19 MPa, ou seja decréscimo desprezível estatisticamente.

O traço V20 obteve o melhor desempenho aos 7 dias, acréscimo de 11,5%, atingindo o valor médio de 25,47 MPa. Não houve tempo para realização do ensaio aos 28 dias.

Enquanto, o traço V35 apresentou o pior resultado aos 28 dias, decréscimo de 58,9% atingindo o valor médio de 18,83 MPa. Não houve tempo para repetição do ensaio deste traço.

Bardini e Marchioro (2007) concluíram que o aumento da resistência à compressão pode ser atribuído ao preenchimento dos vazios do concreto pelo vidro moído, ou seja, a composição granulométrica resultante (areia + vidro) estaria próxima da granulometria ideal do material para execução de concretos. Tal premissa pode ser utilizada para explicar o fato de que a resistência da argamassa V20 seja maior que a da argamassa V0.

Tabela 1 – Resistência à compressão média.

Traço	7 dias (MPa)	28 dias (MPa)
V0 <sup>1</sup>	22,84 ( $\pm$ 1,54)	<b>31,96 (<math>\pm</math> 1,77)</b>
V15	24,64 ( $\pm$ 1,23)	-
V20	<b>25,47 (<math>\pm</math> 1,98)</b>	-
V25 <sup>1</sup>	20,42 ( $\pm$ 1,99)	<b>30,19 (<math>\pm</math> 1,64)</b>
V30	18,07 ( $\pm$ 1,77)	21,75 ( $\pm$ 1,87)
V35	18,89 ( $\pm$ 1,40)	<b>18,83 (<math>\pm</math> 1,03)</b>

<sup>1</sup>Fonte: Koller et al (2007)

Na figura 1 está o comportamento dos traços aos 7 e 28 dias, que se realizou a substituição da areia normal pela sucata de vidro de igual granulometria, ou seja, peneiras nº 16, 30, 50 e 100; nas porcentagens de 0, 15, 20, 25, 30 e 35%.

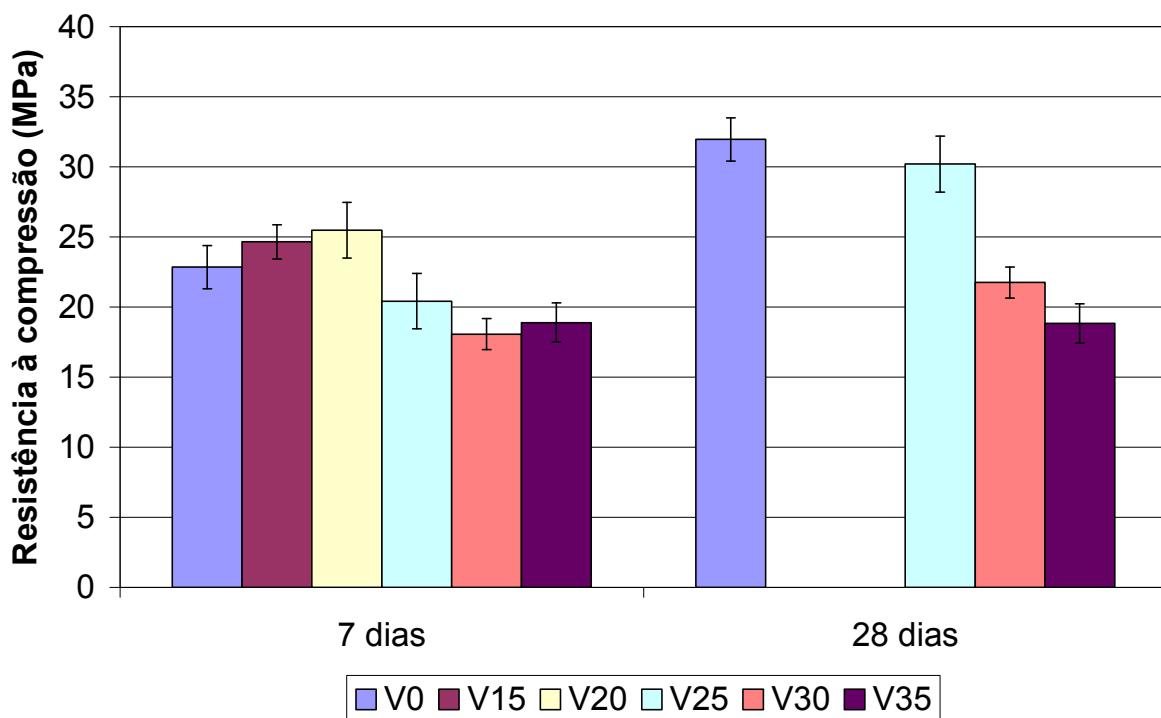


Figura 1 – Resistência à compressão dos corpos-de-prova com substituição da areia normal.

O tempo disponível para realização do estudo não foi suficiente para avaliar o potencial de atividade pozolânica do vidro moído. Da mesma forma que não houve tempo hábil para avaliar a reatividade do vidro moído em relação aos álcalis presentes no cimento.

Não houve a intenção de realizar juntamente com este estudo um levantamento de dados alusivos à viabilidade econômica relativa ao desenvolvimento da pesquisa.

#### 4 Conclusões

Concluiu-se pelos resultados experimentais que é viável produzir argamassas com substituição de 20% da areia normal pelo vidro moído, alcançando uma melhora de até 11,5% na resistência a compressão aos 7 dias.

A reciclagem do vidro pode trazer inúmeros benefícios à sociedade, como a economia de energia e de recursos minerais e o aumento de vida útil dos aterros sanitários.

Fica como sugestão para trabalhos futuros a realização de novas repetições dos ensaios. E também de pesquisar sobre a viabilidade econômica da aquisição do vidro no mercado, para ver se o uso do vidro possa custar menos do que a produção normal de concreto.

#### Referências

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7215 – Resistência a Compressão do Cimento Portland**. Rio de Janeiro, ABNT, 1996.

\_\_\_\_\_. **NBR 7214 – Areia normal para ensaio de cimento - Especificação**. Rio de Janeiro, ABNT, 1982.



## 2º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 28 a 30 de Abril de 2010

ARRUDA, M. F. O.; PAMPLONA, H. C. & PAMPLONA, A. D. G. **Reutilização de resíduo vítreo (pó de vidro tipo soda-cal) na fabricação de concreto: um estudo experimental.** In: 43º Congresso Brasileiro do Concreto, 43º CBC – 2001, Foz do Iguaçu-PR.

CALAES, G. D. **Programa de capacitação de gestores de empresas Mineradoras de agregados para a construção civil: Gestão de negócios bases para a conciliação da produção de agregados com o desenvolvimento urbano sustentável.** Disponível em: <http://www.cetec.br/agregados/conteudo/Contribuição%20Gilberto%20Dias%20Calaes.pdf> Acesso em: 20/01/2010.

CEMPRE - **Consórcio Empresarial para a Reciclagem.** Disponível em: <http://www.cempre.org.br/>. Acesso em: 10/10/2007

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002.** Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30702.html> Acesso em: 10/10/2007.

GRANDE, L. R. V.; FORMAGINI S. & RIVA, G. S. **Dosagem e caracterização de concretos com incorporação de vidro triturado.** In: 51º Congresso Brasileiro do Concreto, 51º CBC – 2009, Curitiba – PR.

ISAIA, G. C., **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais.** 1. ed. São Paulo: Instituto Brasileiro do Concreto, 2007. v. 2. 1710 p.

KOLLER, D. R. P. et al. **Avaliação da resistência à compressão de argamassas produzidas com vidro moído.** Disciplinarum Scientia. Série: Ciências Naturais e Tecnológicas, S. Maria, v. 8, n. 1, p. 17-23, 2007.

LÓPEZ, D. A. R., AZEVEDO, C. A. P. de, BARBOSA NETO, E. **Avaliação das propriedades físicas e mecânicas de concretos produzidos com vidro cominuído como agregado fino.** Cerâmica 51 (2005) 318-324. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ce/v51n320/29526.pdf> Acesso em: 20/01/2010.

BARDINI, I. S. & MARCHIORO, T. B. **Um estudo exploratório do uso de vidro reciclado como agregado de concretos.** Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2007.

SANTOS, A R. **Reciclagem de vidro na construção civil.** Pesquisa de iniciação científica, Escola Politécnica da USP – Departamento de Construção Civil, São Paulo: dezembro, 1998.

SANTOS, A. R. **Vidro – Tecnologias para reciclagem.** Disponível em: <http://www.reciclagem.pcc.usp.br/vidro.htm> Acesso em: 20/01/2010.