



## APLICAÇÃO DE RESÍDUOS VÍTREOS NA CONFECÇÃO DE ARGAMASSAS PARA REBOCO

Núbia Almeida Marinho<sup>1</sup>, Mario Thaislan O. Soares<sup>1</sup>, Jozilene de Souza<sup>2</sup>, Hermes Barbosa de Melo Filho<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Graduandos de Tecnologia em Saneamento Ambiental – IFRR. e-mail: nubya\_marinho@hotmail.com; mario\_thaislan@hotmail.com.

<sup>2</sup> Profª Efetiva do IFRR – Doutora em Engenharia de Processos, com ênfase em Reciclagem e Materiais Alternativos. e-mail: jozilene@ifrr.edu.br

<sup>3</sup> Prof. Efetivo do IFRR – Mestre em Engenharia Civil e Ambiental. e-mail: hermescafe@yahoo.com.br

**Resumo:** O vidro é um material abundante no meio em que vivemos, apresentando grande durabilidade, é um produto não biodegradável e 100% reciclável, sem perder suas qualidades. Este trabalho tem por finalidade verificar a possibilidade da substituição parcial do agregado miúdo por percentuais de resíduos vítreos nos traços de argamassa para reboco, no Município de Boa Vista/RR. Os materiais foram caracterizados quanto às propriedades físicas e químicas. As argamassas foram confeccionadas nos traços 1:1:5, 1:2:5 e 1:1:6, cimento:cal:agregado miúdo (areia e/ou vidro) com cura de 28 dias. As argamassas foram classificadas de acordo com a NBR 13279 (2005). Conclui-se, a partir dos resultados obtidos, na possibilidade de utilização do resíduo vítreo em substituição parcial ao agregado miúdo nas argamassas para reboco, tendo em vista apresentar elevada RCS, com resultado superior a argamassa convencional (areia) enquadrando-se nos padrões II e III:  $RCS \geq 8,0$  MPa, em todos os traços estudados.

**Palavras-chave:** argamassa, meio ambiente e resíduos vítreos

### 1. INTRODUÇÃO

O vidro foi descoberto por acaso, quando navegadores ao acenderem uma fogueira na praia, descobriram que areia em contato com o cálcio das conchas em alta temperatura produzia a substância do vidro. Estima-se que por volta de 7.000 a.C os povos da Síria e da Babilônia já o utilizavam (REBOUÇAS, 2011).

Industrialmente pode-se restringir o conceito de vidro aos produtos resultantes da fusão, pelo calor, de óxidos ou de seus derivados e misturas, tendo em geral como constituinte principal a sílica ou o óxido de silício ( $SiO_2$ ), que, pelo resfriamento, endurecem sem cristalizar (SANTOS, 2011).

Segundo a CEMPRE (2011), no Brasil, todos os produtos feitos com vidros correspondem, em média, a 3% dos resíduos urbanos, e somente as embalagens de vidro correspondem a 1%.

O despejo do vidro nos lixões, aterros sanitários e na natureza, causa danos ao meio ambiente, tendo em vista que ele é um material não biodegradável.

A exploração de agregados da natureza tem se tornado cada dia mais preocupante, pois a degradação ambiental quando da retirada desse material é muito grande, fazendo com que haja uma destruição desordenada da natureza. Portanto é necessária a busca de agregados alternativos para a construção civil, sem causar impacto ambiental, e uma solução é a reciclagem dos resíduos vítreos em substituição parcial ao agregado miúdo.

Os materiais reincorporados devem agregar aos produtos propriedades similares àquelas obtidas quando utilizados os materiais convencionais, pelo fato do vidro não ser um produto biodegradável, o seu crescente volume passa a incomodar, o que leva ao desenvolvimento deste trabalho.

Segundo Pereira (2008), a iminente necessidade do desenvolvimento sustentável em prol da preservação dos recursos naturais tem levado a pesquisa da reutilização de materiais, outrora descartados no meio ambiente, em diversas cadeias produtivas.

A Construção Civil requer da exploração de muitos tipos de recursos naturais o que leva a necessidade de se buscar novas alternativas para minimizar o impacto causado decorrente desta exploração.

Os agregados para a indústria da construção civil são os insumos minerais mais consumidos mundialmente. As atividades de extração mineral são de grande importância para o desenvolvimento



social, mas também são responsáveis por impactos ambientais negativos muitas vezes irreversíveis (AZEVEDO, 2009).

Segundo a CEMPRE (2011) o Brasil produz em média 980 mil toneladas de embalagens de vidro por ano. Deste total,  $\frac{1}{4}$  da matéria prima é proveniente de matéria reciclada em forma de caco, gerada a partir de refugos das fábricas e de coleta seletiva. A reciclagem do vidro é de extrema importância para o meio ambiente. Como sabemos esse material é feito a partir da combinação de areia, calcário, barrilha e feldspato. Quando reciclamos o vidro ou compramos vidro reciclado estamos contribuindo com o meio ambiente, pois esse material deixa de ir para os aterros sanitários ou para a natureza (SÓ BIOLOGIA, 2012).

Reciclar é reaproveitar os materiais como matéria-prima para um novo produto, com o objetivo de minimizar a utilização de fontes naturais, diminuindo o acúmulo de lixo nas áreas urbanas (PORTAL SÃO FRANCISCO, 2011).

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### Materiais

Para confecção das argamassas foram utilizados os materiais descritos na Tabela 1.

Tabela 1 – Material usado na composição dos traços de argamassa.

MATERIAIS
Cimento Portland Composto Tipo CP II-F-32
Areia
Vidro
Cal
Água

### Metodologia

- 1) Diagnóstico da quantidade de resíduo vítreo gerado nas vidraçarias, de acordo com dados de um questionário (Apêndice 1) aplicado aos proprietários.
- 2) Coleta do resíduo vítreo: coletou-se o material vítreo, nas vidraçarias locais, os quais seriam descartados no meio ambiente.
- 3) Processamento dos resíduos: os materiais vítreos passaram por um processo de trituração, sendo quebrados na máquina de abrasão Los Angeles e separados por granulometria através das peneiras de nº 04; 07; 16; 30; 40; 50, definindo o diâmetro dos grãos para, posteriormente, aplicá-los em traços de argamassas para reboco a fim de verificar a trabalhabilidade, resistência e teor de absorção de água das argamassas, em conformidade com as normas da ABNT.
- 4) Índice de consistência: o ensaio de consistência foi realizado na mesa de flow table (Figura 1), com diferentes quantidades de água, tendo como finalidade determinar o fator água/cimento ideal.



Figura 1 – Índice de consistência

5) Caracterização dos materiais: aglomerante e agregados.

6) Determinação do traço: as argamassas foram moldadas em três traços distintos, em peso: 1:1:5; 1:2:5 e 1:1:6 com o fator água/cimento (fa/c) de 0,6 e período de cura de 28 dias, conforme Tabela 2.

Tabela 2 – Definição dos traços

N. DOS TRAÇOS	TRAÇOS	COMPOSIÇÃO 1	COMPOSIÇÃO 2
Traço 01	1:1:5	C: Cal:AM	C: Cal:R
Traço 02	1:2:5	C: Cal:AM	C: Cal:R
Traço 03	1:1:6	C: Cal:AM	C: Cal:R

C = cimento; Cal; AM = Agregado Miúdo e R = Resíduo

7) Ensaio de Resistência à Compressão Simples: realizou-se de acordo com a NBR 7215 (1996) e a análise dos resultados conforme NBR 13279 (2005) a qual estabelece as características de RCS aos 28 dias de cura para argamassas:

- padrão I:  $0,1 \leq RCS \leq 4,0$  MPa;
- padrão II:  $4,0 \leq RCS \leq 8,0$  MPa e
- padrão III:  $RCS \geq 8,0$  MPa.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### Análise do questionário/diagnóstico

Aplicou-se um questionário em 8 (oito) vidraçarias do município de Boa Vista-RR, distribuídas de acordo com a Tabela 3, verificando-se que a maioria desses estabelecimentos estão localizados em bairros da periferia da cidade. Para cada vidraçaria utilizou-se a simbologia VPn (VP: vidraçaria pesquisada e n: número da vidraçaria).

Tabela 3 – Quantidade e localização das vidraçarias do município de Boa Vista/RR

VIDRAÇARIAS	LOCALIZAÇÃO/BAIRRO
VP1 (P)	Jardim Floresta
VP2 (G)	Asa Branca
VP3 (G)	Liberdade
VP4 (P)	Nova Canaã

VP5 (P)	Jardim Floresta
VP6 (P)	Buritis
VP7 (P)	Cambará
VP8 (P)	Liberdade

A análise do questionário gerou o diagnóstico exposto na Tabela 4.

Tabela 4 – Diagnóstica dos resíduos vítreos das vidraçarias pesquisadas

VIDRAÇARIA	QUANTIDADE DE VIDRO COMERCIALIZADO POR MÊS (m <sup>2</sup> )	PERCENTUAL DE RESÍDUOS VÍTREOS PERDIDOS POR MÊS	DESTINO DOS RESÍDUOS VÍTREOS
VP1	250	50%	LIXÃO
VP2	500	20%	LIXÃO
VP3	125	15%	LIXÃO
VP4	50	10%	LIXÃO
VP5	100	45%	LIXÃO
VP6	Não informaram	-	-
VP7	Não informaram	-	-
VP8	Não informaram	-	-

Durante a realização das visitas e de acordo com as respostas apresentadas no questionário aplicado às empresas, pôde-se constatar que os proprietários de vidraçarias maiores comercializam uma grande quantidade de vidro plano (Figura 2) e que as vidraçarias de menor porte compram destas, boa parte de material para sua produção. Observou-se ainda que as empresas de grande porte do ramo de vidraçarias são responsáveis pela compra de todo o material vítreo comercializado no município de Boa Vista-RR, com desperdício médio de 17,50% enquanto as vidraçarias de pequeno porte, que são abastecidas por empresas de poder aquisitivo maior, têm um desperdício médio de 45,00%, tendo em vista que as empresas de grande porte vendem as lâminas para as empresas menores bem como repassam para estas a perda que seria de sua empresa, ou lançam estes resíduos diretamente no aterro sanitário.



Figura 2 – Resíduos vítreos coletado



### Índice de consistência

O índice de consistência: foi realizado com a mesa de flow table, onde foram analisadas diferentes quantidades de água, com o objetivo de definir o fator água/cimento que conferisse melhor trabalhabilidade e, conseqüentemente, melhor resistência.

### Ensaio de caracterização

A caracterização do aglomerante (cimento Portland), quanto às propriedades físicas e mecânicas estão relacionados na Tabela 5.

Tabela 5 – Caracterização do aglomerante

Ensaio Físicos	Normas da ABNT	Limites	Resultados
Finura na malha 200 (%)	NBR 11579 (1991)	≤ 12	4,18
Massa Específica Real (g/cm <sup>3</sup> )	NM 23 (2001)	-	3,15
Massa Unitária (g/cm <sup>3</sup> )	NBR 7251 (1982)	-	1,15
Tempo de Pega (h:min)	NBR NM 65 (2003)	≥ 1:00 ≤ 10:00	2:13 3:52
<b>Ensaio Mecânicos</b>			
Resistência – 3 dias (MPa)	NBR 7215 (1996)	≥ 10	22,00
Resistência – 7 dias (MPa)		≥ 20	31,50
Resistência – 28 dias (MPa)		≥ 32	37,9

A caracterização dos agregados (areia e resíduo vítreo), quanto à massa específica real, massa unitária e granulometria estão relacionados na Tabela 6.

Tabela 6 - Resultados obtidos para os agregados

Ensaio		Normas	Resultados (Areia)	Resultados (RV)
Massa Específica Real (g/cm <sup>3</sup> )		NBR 9776 (1987)	2,65	X
Massa Unitária (g/cm <sup>3</sup> )		NBR 7251 (1982)	1,52	1,30
Granulometria	Diâmetro máximo	NBR 7211 (2005)	2,40	
	Módulo de Finura	NBR 7211 (2005)	2,22	

Analisando os resultados para a massa unitária, verificou-se que o resíduo vítreo é mais leve que a areia, apresentando massa unitária de 1,30g/cm<sup>3</sup>, podendo estar relacionado ao maior número de vazios, tendo em vista que a granulometria do vidro não é tão uniforme quanto à da areia. Já a areia apresentou diâmetro máximo dos grãos de 2,40 e módulo de finura de 2,22, classificando-se como uma areia média.

O resultado da granulometria a laser realizado para o resíduo vítreo está apresentado na Figura 4 e na Figura 5 a Difração de Raios X.

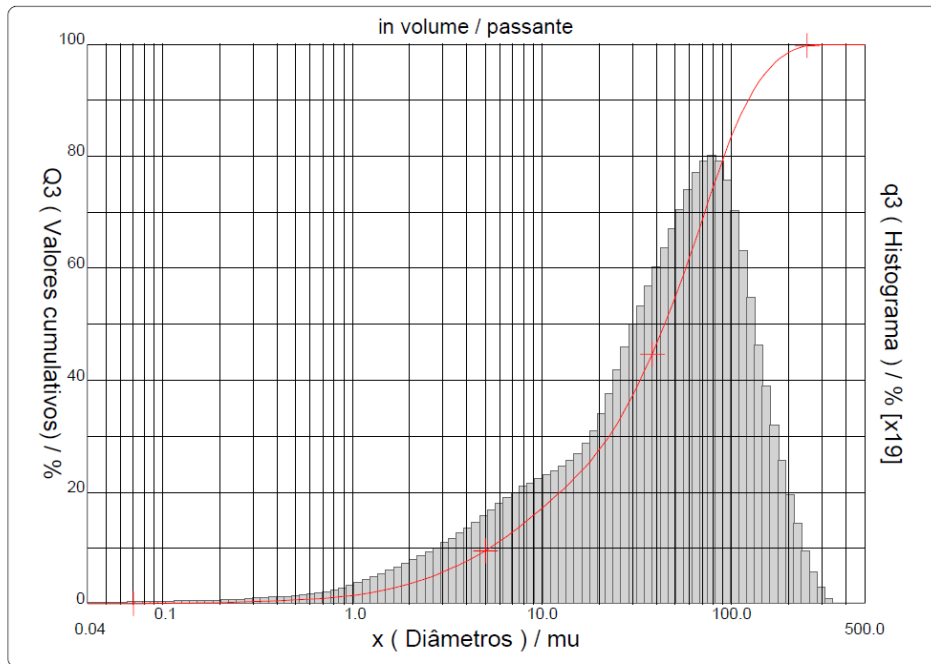


Figura 4 – Granulometria a laser do resíduo vítreo

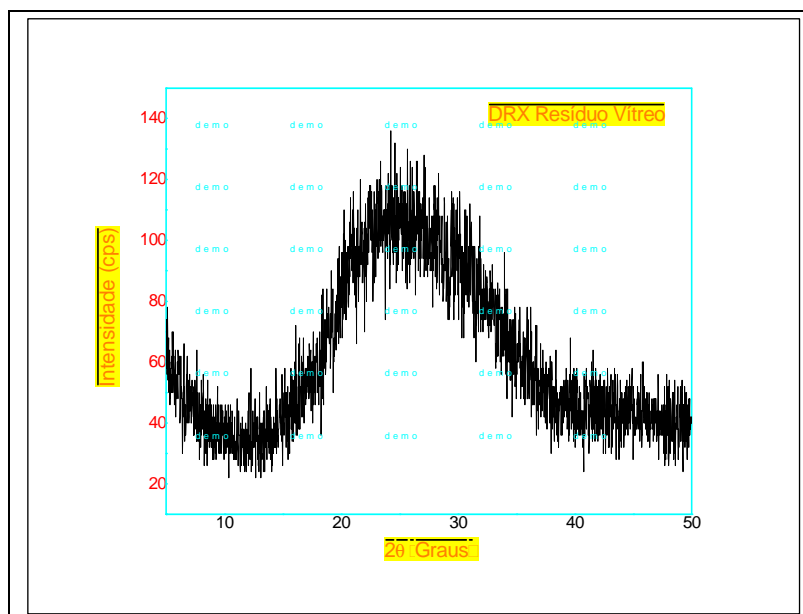


Figura 5 – Granulometria a laser do resíduo vítreo

### **Resultados dos ensaios da Resistência à Compressão Simples (RCS)**

A Tabela 7 apresenta os resultados para a resistência à compressão simples dos corpos de prova 5cm x 10cm de argamassa nos traços convencionais e alternativos, para o período de 28 dias de cura.

Tabela 7 – Resultados da RCS das argamassas aos 28 dias de cura

N. DO TRAÇO	TRAÇO	RCS (MPa) TRAÇO COM AREIA	RCS (MPa) TRAÇO COM RESÍDUO VÍTREO
Traço 01	1:1:5	5,10	6,10
Traço 02	1:2:5	4,58	5,60
Traço 03	1:1:6	6,10	8,15

Analisando os resultados para a RCS observou-se que os corpos de prova das argamassas com resíduos vítreos apresentaram melhor desempenho mecânico em todos os traços com valores de 6,10 MPa para o traço 1:1:5; 5,60 MPa para o traço 1:2:5, e 8,15 MPa para o traço 1:1:6, sendo este o traço com maior quantidade de resíduo vítreo. As argamassas alternativas foram classificadas como Padrão II e III, de acordo com a NBR 13.279 (2005). Já as argamassas convencionais apresentaram Padrão II, com valores de RCS inferiores a 8,00MPa.

Diante dos resultados apresentados para as argamassas alternativas, ou seja, com resíduo vítreo em substituição ao agregado miúdo, conclui-se a viabilidade técnica e econômica da utilização dos resíduos vítreos em substituição ao agregado miúdo em argamassas para reboco, tendo como vantagens, além do bom desempenho mecânico, a contribuição ao meio ambiente, uma vez que este resíduo não será mais disposto no aterro sanitário ou em lixões.

Verificou-se ainda que a utilização dos resíduos vítreos pode ser sim empregada na construção civil como agregado nas argamassas para reboco (Figura 5), tendo em vista que é um material com pouca ou nenhuma absorção de água e apresentando como resultado uma resistência superior ao material convencional (areia) enquadrando-se como argamassas Padrão II e III (NBR 13279, 2005).



Figura 5 – Reboco assentado

## 6. CONCLUSÕES

A partir desse diagnóstico levantado junto às oito vidraçarias, conclui-se que o descarte de resíduos vítreos é muito grande e vem crescendo constantemente, necessitando de adequada destinação final ou reaproveitamento em qualquer segmento, propiciando melhorias ao meio ambiente. Neste contexto, buscou-se nesta pesquisa uma alternativa viável tecnicamente e economicamente, para que este resíduo fosse incorporado em produtos com uso na construção civil.

Pode-se concluir após análise dos resultados de resistência à compressão simples que as argamassas alternativas, contendo resíduos vítreos na composição do traço apresentaram desempenho mecânico superior às argamassas com o agregado miúdo tradicional, a areia, indicando a possibilidade de sua aplicação em traços para reboco.



A execução deste projeto leva também aprendizado, como educação ambiental, demonstrando de forma séria o profissionalismo e a preocupação com o bem estar da sociedade e do meio ambiente contribuindo para a redução da exploração de recursos naturais.

Vale salientar que este trabalho é apenas um estudo inicial sobre o reaproveitamento do resíduo vítreo em argamassas para uso na construção civil, tendo em vista a pequena quantidade de parâmetros estudados, todavia os resultados apresentados já sinalizam para a possibilidade de substituição do agregado miúdo por resíduo vítreo.

## REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 7215 - Argamassa — Determinação da resistência à compressão simples de corpos de prova cilíndricos. **NBR 7215**. Rio de Janeiro, 1996.

\_\_\_\_. Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. **NBR 13279**. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_. Cimento Portland - Determinação do módulo de finura por meio da peneira de 75 micrômetros. **NBR 11579**. Rio de Janeiro, 1991.

\_\_\_\_. Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica. **NBR NM 23**. Rio de Janeiro, 2001.

\_\_\_\_. Agregado em estado solto - Determinação da massa unitária. **NBR 7251**. Rio de Janeiro, 1982.

\_\_\_\_. Cimento Portland - Determinação do tempo de pega. **NBR NM 65**. Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_. Agregados - Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman. **NBR 9976**. Rio de Janeiro. 1987.

\_\_\_\_. Agregados para concreto – Especificação. **NBR 7211**. Rio de Janeiro, 2005.

AZEVEDO, L. G. ET, AL. **Avaliação Econômica de Areia Extraída em Cursos D'água: O Caso do Rio Paraíba**. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, v.11, n.2, p.199-211, 2009 ISSN 1517-8595.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA A RECICLAGEM (CEMPRE). **Vidros: o mercado para reciclagem**. Disponível em: [http://www.cempre.org.br/fichas\\_tecnicas.php?lnk=ft\\_vidro.php](http://www.cempre.org.br/fichas_tecnicas.php?lnk=ft_vidro.php). Acesso em: 13 de set. 2011.

PEREIRA, V. S. **Utilização de Resíduos de Vidros Planos como Filler em Misturas Asfálticas – Avaliação das Propriedades Físico – Químicas e Mecânicas**, 2008.

PORTAL SÃO FRANCISCO, **Reciclagem**. Disponível em: [//www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/meio-ambiente\\_reciclagem/reciclagem.php](http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/meio-ambiente_reciclagem/reciclagem.php)>. Acesso em 19 de agosto de 2011.

REBOUÇAS, F. **Reciclagem de vidro**. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/ecologia/reciclagem-de-vidro>>. Acesso em 19 de fev. de 2011.

SANTOS, A. R. **Vidro. Iniciação Científica/bolsista. Escola Politécnica da USP (FUSP). Departamento de Construção Civil (PCC)**. Disponível em: <[HTTP://www.reciclagem.pcc.usp.br/vidro.htm](http://www.reciclagem.pcc.usp.br/vidro.htm)>. Acesso em 21 de fev. de 2011.

Site: Só Biologia. Disponível em <http://www.sobiologia.com.br/conteudos/reciclagem/reciclagem5.php>. Acesso em maio de 2012.