



Avaliação da densidade de massa no estado endurecido de argamassas produzidas com vidro moído

Lidiane Bittencourt Barroso¹, Delmira Beatriz Wolff², Cesar Augusto Jarutais Fensterseifer³, Anderson Veras Maciel⁴, Maria Isabel Pimenta Lopes⁵

¹ Universidade Federal de Santa Maria (lidianebarroso@ctism.ufsm.br)

² Universidade Federal de Santa Maria (delmirawolff@hotmail.com)

³ Universidade Federal de Santa Maria (eng.cesar-augusto@hotmail.com)

⁴ Centro Universitário Franciscano (anderson@unifra.br)

⁵ Centro Universitário Franciscano (miplopes@hotmail.com)

Resumo

No presente trabalho, objetiva-se avaliar a variação da densidade de massa no estado endurecido de argamassas produzidas com vidro moído. A massa específica dos materiais constituintes da argamassa determina a esforço em sua aplicação. A densidade de massa foi calculada dividindo a massa em gramas pelo volume expresso em centímetros cúbicos, do corpo de prova cilíndrico. As argamassas produzidas com percentuais de areia normal e sucata de vidro moída como agregado, que possuem mesma relação agregado/cimento, à medida que aumenta o teor de vidro moído, diminui a densidade de massa, chegando à redução de 11,3%. O mesmo ocorreu nos traços em que houve a substituição do cimento pelo vidro moído chegando à redução de 8,6%. O vidro moído comportou-se como um agregado mais leve que a areia normal. Esta propriedade pode ser utilizada para caracterização das argamassas relacionadas à presença de vazios e às resistências mecânicas.

Palavras-chave: Massa Específica. Sucata de Vidro. Resíduo Reciclável.

Área Temática: Resíduos Sólidos.

Abstract

The present study aims to evaluate the variation of mass density in the hardened mortar made with crushed glass. The specific gravity of the material composition of the mortar determines the stress in your application. The mass density was calculated by dividing the weight in grams by the volume in cubic centimeters, of the cylindrical test body. The mortars produced with normal percentages of sand and crushed scrap glass as aggregate, which have the same relationship aggregate / cement, as it increases the level of ground glass, the mass density decreases, reaching a reduction of 11.3%. The same occurred for the traits in which the cement was replaced by ground glass coming to a reduction of 8.6%. The ground glass behaved as an added lighter than normal sand. This property can be used for characterization of mortars related to the presence of voids and mechanical strength.

Key words: Specific Gravity. Scrap Glass. Recyclable Waste.

Theme Area: Solids Wastes



1 Introdução

A sucata de vidro é classificada como resíduo reciclável para outras destinações, de acordo com a resolução nº 307 do CONAMA (Brasil, 2002). Portanto, estes devem ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.

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. Este resíduo reciclável, porém, apresentam vários fatores limitantes como impurezas, custos de transporte proibitivos e mistura de sucatas de cores diferentes que são difíceis de serem separadas (BARROSO et al., 2009)

Conforme notícia veiculada em Reviverde (2011), 42% das embalagens de vidro são recicladas no Brasil, somando 378 mil toneladas por ano, que são geradas por engarrafadores de bebidas, sucateiros, vidrarias e refugos de fábricas.

O uso de resíduos recicláveis em concretos, nas formas de agregado graúdo e/ou miúdo vem sendo estudado por Dantas (2003), com finalidades de encapsular os resíduos e às vezes melhora as características mecânicas dos concretos. A argamassa é uma mistura feita com pelo menos um aglomerante, agregados miúdos e água. Quando se adiciona o agregado graúdo tem-se o concreto.

No presente trabalho, objetiva-se avaliar a variação da densidade de massa no estado endurecido de argamassas produzidas com vidro moído.

A massa específica dos materiais constituintes da argamassa determina a esforço em sua aplicação, quanto mais leve for a argamassa, mais trabalhável será em longo prazo, o que resulta em maior produtividade, segundo Santos (2008).

2 Metodologia

Este trabalho desenvolveu-se no município de Santa Maria - RS, como parte integrante de projetos de pesquisa realizados junto ao Centro Universitário Franciscano - UNIFRA. Para a análise da densidade de massa no estado endurecido de argamassas, fez-se a caracterização dos materiais e os ensaios nos corpos de provas no Laboratório de Argamassa e Concreto desta Instituição de Ensino.

O aglomerante utilizado na pesquisa foi o Cimento Portland CP IV-32, com massa específica de 2,37 g/cm³. Os agregados miúdos foram frações de areia normal das peneiras de nº 16, 30, 50 e 100. Em todos os traços foi utilizada água potável.

Nos ensaios foram utilizadas garrafas provenientes da coleta seletiva em bares e boates do município. As garrafas do tipo *long-neck* foram escolhidas por serem não retornáveis aos respectivos distribuidores. Este tipo de garrafa é um material descartável e possui baixo valor comercial, não atrativo aos catadores de resíduos recicláveis. Para o uso deste material, foi necessária a limpeza e remoção dos rótulos. Logo após, a sucata de vidro foi quebrada e moída, de maneira bastante artesanal pela falta de um britador mecanizado neste Laboratório, resultando em diferentes tamanhos de grãos.

Para incorporar o vidro moído nos 8 (oito) traços em estudo, nominados no quadro 1, os materiais foram separados individualmente por meio de peneirador mecanizado, nas peneiras de nº 16, 30, 50, 100 e fundo (entende-se por fundo o material passante na peneira nº 200), para a composição das argamassas.



Quadro 1 – Nomenclatura dos traços.

Sigla	Descrição
V0	traço de referência, 0% de substituição
V25	25% da areia normal por sucata de vidro
V50	50% da areia normal por sucata de vidro
V75	75% da areia normal por sucata de vidro
V100	100% da areia normal por sucata de vidro
C75	25% do cimento por sucata de vidro (passante #200)
C50	50% do cimento por sucata de vidro (passante #200)
C25	75% do cimento por sucata de vidro (passante #200)

Fonte: Adaptado de Koller et al. (2007).

A massa específica do agregado miúdo foi calculada pela expressão do Método de Ensaio (ME) 194 (DNER, 1998):

$$\gamma = \frac{500}{L - 200} \quad \text{equação (1)}$$

em que: γ é a massa específica do agregado miúdo, expressa em g/cm^3 ; e L é a leitura no frasco de Chapman, isto é, o volume ocupado pelo conjunto água-agregado miúdo.

A densidade de massa, no estado endurecido da argamassa, foi calculada dividindo a massa em gramas pelo volume expresso em centímetros cúbicos, do corpo de prova cilíndrico.

No quadro 2 são dadas as quantidades em massa dos materiais constituintes do traço de referência, sem qualquer adição de resíduos recicláveis, sendo moldado com as matérias-primas virgens especificadas na NBR 7215 (ABNT, 1996), para efeito de comparação com os demais traços.

Quadro 2 – Quantidade dos materiais para o traço de referência.

Material	Quantidade (g)
Cimento CP IV-32	$624 \pm 0,4$
Água (mL)	$300 \pm 0,2$
Areia normal #16 fração grossa	$468 \pm 0,3$
Areia normal #30 fração média grossa	$468 \pm 0,3$
Areia normal #50 fração média fina	$468 \pm 0,3$
Areia normal #100 fração fina	$468 \pm 0,3$

Fonte: Adaptado de Koller et al. (2007).

O procedimento de ensaio está descrito em Ucker et al. (2011), que consiste basicamente em homogeneizar os materiais constituintes de cada argamassa em tempos adequados, em misturar mecanizado. Após esta mistura, são moldados os 6 corpos de prova, em formas cilíndricas previamente untadas com óleo, isto é realizado para cada traço, os quais são mantidos em câmara úmida até a idade de ruptura, neste estudo os 3 primeiros corpos de prova até 7 dias e o restante até 28 dias.

Uma vez desmoldados os corpos de prova de argamassa identificasse-os pela sigla correspondente ao percentual de substituição indicada no quadro 1. Prosseguindo a pesagem em balança de precisão e medição com o paquímetro das dimensões: diâmetros e alturas, pelo menos duas medidas paralelas de cada, para obter as médias respectivas.



3 Resultados

Na caracterização dos agregados miúdos, obteve-se para a massa específica da areia normal, segundo a equação (1) valor de $2,63 \text{ g/cm}^3$, em que a leitura no frasco de Chapman foi 390, enquanto para o vidro de igual granulometria obteve valor 10,3% menor, igual a $2,36 \text{ g/cm}^3$, com $L = 412$, resultando em um agregado mais leve.

Na tabela 1 estão os resultados médios da densidade de massa no estado endurecido realizado nos 48 corpos de prova, sendo 6 exemplares por traço. A variação observada na altura dos corpos-de-prova deve-se ao acabamento da superfície superior da forma cilíndrica.

Tabela 1 – Dimensões médias dos corpos de prova conforme os traços.

Traço	massa (g)	redução (%)	diâmetro (mm)	altura (mm)	densidade (g/cm^3)	redução (%)
V0	439,72	0,0%	50,2	100,3	2,22	0,0%
V25	425,53	-3,2%	50,2	99,4	2,16	-2,7%
V50	416,09	-5,4%	50,3	100,6	2,08	-6,3%
V75	404,46	-8,0%	50,3	100,4	2,03	-8,6%
V100	392,30	-10,8%	50,3	100,2	1,97	-11,3%
C75	428,77	-2,5%	50,2	99,4	2,18	-1,8%
C50	411,88	-6,3%	50,0	99,8	2,10	-5,4%
C25	403,72	-8,2%	50,2	100,6	2,03	-8,6%

As argamassas produzidas com percentuais de areia normal e sucata de vidro moída como agregado, que possuem mesma relação agregado/aglomerante igual a 3:1, à medida que aumenta o teor de vidro moído, de 0% a 100%, diminui a densidade de massa, chegando à redução de 11,3%.

O mesmo ocorreu nos traços em que houve a substituição de 25%, 50% e 75% do cimento pelo vidro moído, material passante na peneira nº 200, porém a redução foi menor e igual a 8,6%. Isto porque a quantidade de material envolvida também é menor, ou seja, percentuais sobre 624g ao invés de 1872g, este último se refere à soma das frações de areia normal, de acordo com quadro 2.

O consumo de água foi mantido igual a 300 mL, em todos os traços. A relação água/cimento está intimamente relacionada à resistência a compressão da argamassa.

Sobre as resistências nas idades de ruptura de 7 dias e 28 dias, Koller et al. (2007) apresentaram-se os respectivos valores, tendo identificado viabilidade técnica apenas na substituição de 25% da areia normal por sucata de vidro moída, conforme mostrado nas figuras 1 e 2. Enquanto, para as demais substituições, as resistências ficaram abaixo das especificações de Gomes e Silva (2006), ou seja, menores do que 32 MPa aos 28 dias.

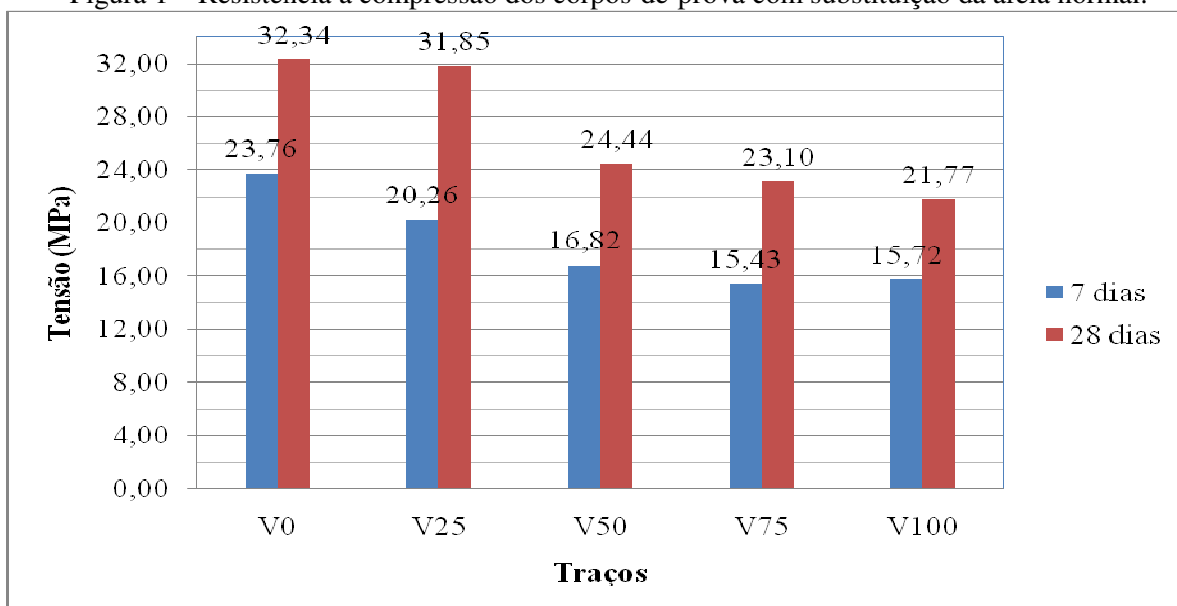
Analisando os resultados constata-se que à medida que aumentam as relações vidro moído/areia normal e vidro moído/cimento, diminui a resistência à compressão para as argamassas produzidas tanto com vidro moído como agregado (figura 1) quanto com vidro moído como aglomerante (figura 2). Após a idade de 28 dias, não foram avaliadas as resistências a compressão.

Embora a massa específica do vidro tenha ficado próxima da massa do cimento, este não apresentou propriedades aglomerantes da forma como foi moído artesanalmente, comprova-se isto nas resistências da figura 2, bem inferiores ao traço V0.

Contudo, a redução na densidade de massa obtida nos traços pode favorecer a aplicabilidade das argamassas, especialmente da V25 por se tratar de um traço dentro das especificações exigidas para a resistência a compressão.

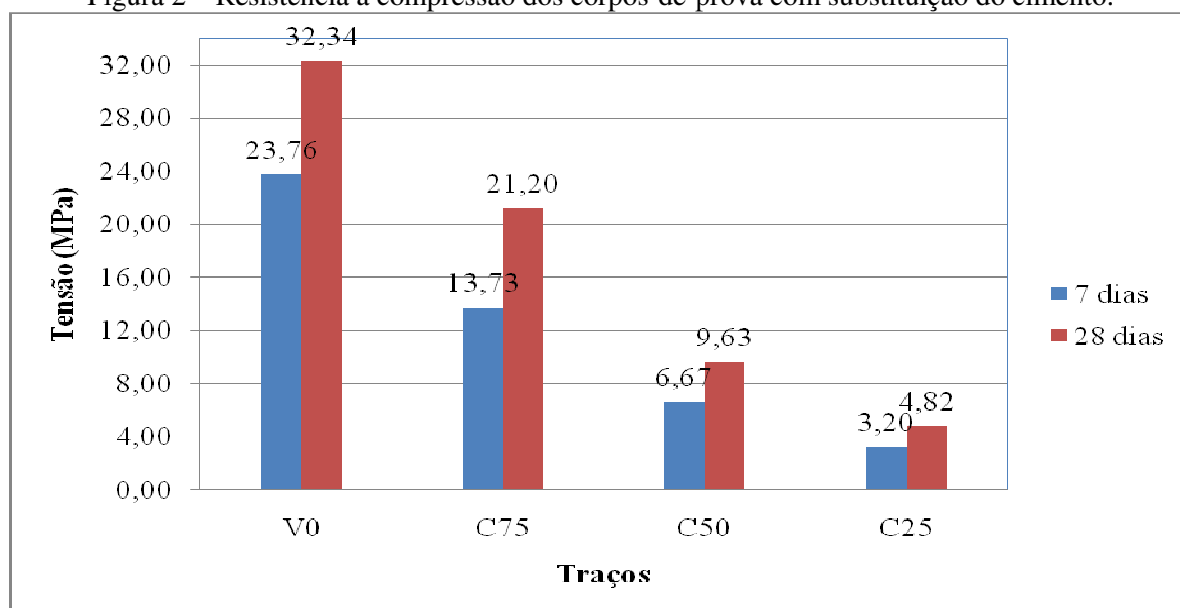


Figura 1 – Resistência à compressão dos corpos-de-prova com substituição da areia normal.



Fonte: Adaptado de Koller et al. (2007).

Figura 2 – Resistência à compressão dos corpos-de-prova com substituição do cimento.



Fonte: Adaptado de Koller et al. (2007).

4 Considerações finais

Conclui-se que à medida que se aumenta a relação vidro moído/areia normal e vidro moído/cimento, diminui a densidade de massa no estado endurecido. Portanto, o vidro moído comportou-se como um agregado mais leve que a areia normal.

Comparativamente, a densidade de massa no estado endurecido das argamassas com vidro moído como agregado foi maior do que das argamassas com vidro moído como aglomerante, utilizando-se o mesmo traço de materiais.

Esta propriedade pode ser utilizada para caracterização das argamassas relacionadas à presença de vazios e às resistências mecânicas.

Recomenda-se o estudo de dosagem e da relação custo-benefício desta argamassa



alternativa, sempre procurando viabilizar o controle de qualidade da maneira mais racional possível.

Referências

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

BARROSO, L. B.; et al. Utilização de sucata de vidro na fabricação de argamassa. In: 25º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2009, Recife-PE. **Anais... 25º CBESA**, 2009.

BRASIL. 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: 19 de dezembro de 2011.

DANTAS, F. de A. S. Agregados leves e concretos alternativos. In: Freire, W. J.; Beraldo, A. L. (coord). **Tecnologias e materiais alternativos de construção**. Campinas: Editora da UNICAMP, p. 191-211, 2003.

DNER. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **ME 194** - Agregados – determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/normas/DNER-ME194-98.pdf> Acesso em: 19 de dezembro de 2011.

GOMES, A. O.; SILVA, V. S. **Caderno de aulas práticas** (ENG-101 Materiais de Construção II). Universidade Federal da Bahia. Escola Politécnica. DCTM. Salvador, 2006.

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

REVIVERDE. Materiais recicláveis – **vidro**. Disponível em: <http://www.reviverde.org.br/> Acesso em: 19 de dezembro de 2011.

SANTOS, H. B. de. **Ensaio de aderência das argamassas de revestimento**. 2008. 50 f. Monografia de Especialização em Construção Civil. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

UCKER, F. E.; et al. Incorporação do lodo gerado em uma indústria na fabricação do concreto. In: 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2011, Porto Alegre-RS. **Anais... 26º CBESA**, 2011.