

**PRODUÇÃO DE ARGAMASSAS COM SUBSTITUIÇÃO DO AGREGADO MIÚDO
POR RESÍDUO DE VIDRO**
**PARTIAL REPLACEMENT OF NATURAL AGGREGATES TO GLASS RESIDUE
ON BINDING MORTARS**

Guilherme Miguel Amantino*

Francieli Tiecher Bonsembiante**

RESUMO

Sendo o conceito de sustentabilidade e reuso cada vez mais presente e necessário nas obras, busca-se novas tecnologias e materiais para suprir essa demanda de forma sustentável. Como alternativa, estudos sugerem a incorporação de resíduo de vidro em substituição aos agregados naturais. Desta forma, este estudo analisou a substituição de agregado miúdo para argamassas de assentamento, verificando suas propriedades em estado fresco e endurecido. Através das análises feitas concluiu-se que houve aumento de resistência à compressão no traço com resíduo de vidro, redução da resistência à tração aos 90 dias e uma argamassa menos permeável, concluindo ser uma substituição tecnicamente viável, fazendo-se necessário maior atenção e estudos para utilização em grandes escalas.

Palavras-chave: Argamassas de assentamento, resíduo de vidro, propriedades mecânicas.

ABSTRACT

The sustainability concept and reuse as well is been increasing as an important way to work in constructions, seeks out new technologies and materials to supply it in a sustainable way. Therefore, studies suggest the incorporation of glass rubble as an alternative replacement of natural aggregates. So following it, this study analyzed the replacement of small aggregate for binding mortars, verifying its properties in fresh and hardened state. Through the analysis done it was concluded an increase in compressive strength on glass rubble mortars, reduction of traction strength at 90 days and a less permeable mortar, thus technically feasible, requiring greater attention and studies for its use in high scales.

Palavras-chave: Binding mortars, glass rubble, mechanical properties.

1 INTRODUÇÃO

A preocupação com a destinação e a reutilização dos resíduos provenientes da construção civil e da indústria é relativamente recente, isso em razão da agressão ambiental no processo de extração de matérias primas para fabricação de componentes e insumos para a construção civil, como a argamassa e seus constituintes.

* Engenheiro Civil. (54) 99158-3461 Email: amantino.eng@gmail.com.

** Professora do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu - IMED. Email: francieli.bonsembiante@imed.edu.br.

Neste sentido, o emprego de resíduos como materiais substitutivos aos agregados miúdos vem sendo fortemente estudado no meio acadêmico, estando os resíduos de vidro dentro desse contexto.

Um dos resíduos gerados pela construção civil é o de vidro. Em um total de 800 mil toneladas fabricados por ano, atualmente 47% são reciclados, resultando em 470 ton/ano (ANTÔNIO, 2012).

Trata-se de um resíduo que necessita um descarte especial, devido às características peculiares de periculosidade, por exemplo. Devido ao grande volume gerado e a sua composição química, os resíduos de vidro mostram-se promissores para emprego em insumos da construção civil, podendo ser utilizado como agregados, ainda, desenvolver reações pozolânicas (MATOS, 2010).

A partir dessas constatações o presente estudo avaliou um teor ideal de incorporação de resíduos de vidro como substitutivo da areia natural em misturas de argamassas para assentamento, analisando suas características no estado fresco e endurecido.

2 PROGRAMA EXPERIMENTAL

2.1 MATERIAIS

Os materiais utilizados neste trabalho foram cimento, cal areia natural e areia obtida de resíduos de vidro. A Tabela 1 apresenta as características da areia natural e do agregado de vidro.

Tabela 1 – Características dos agregados natural e de vidro.

Propriedade	Norma	Vidro	Areia
Módulo de finura	NBR 7211:2005	2,85	1,90
Ø máx	NBR 7211:2005	4,75 mm	2,36 mm
Massa Unitária	NBR NM 45:2006	1,73 g/cm ³	1,86 g/cm ³
Massa Específica	NBR 9776:1987	2,50 g/cm ³	2,63 g/cm ³

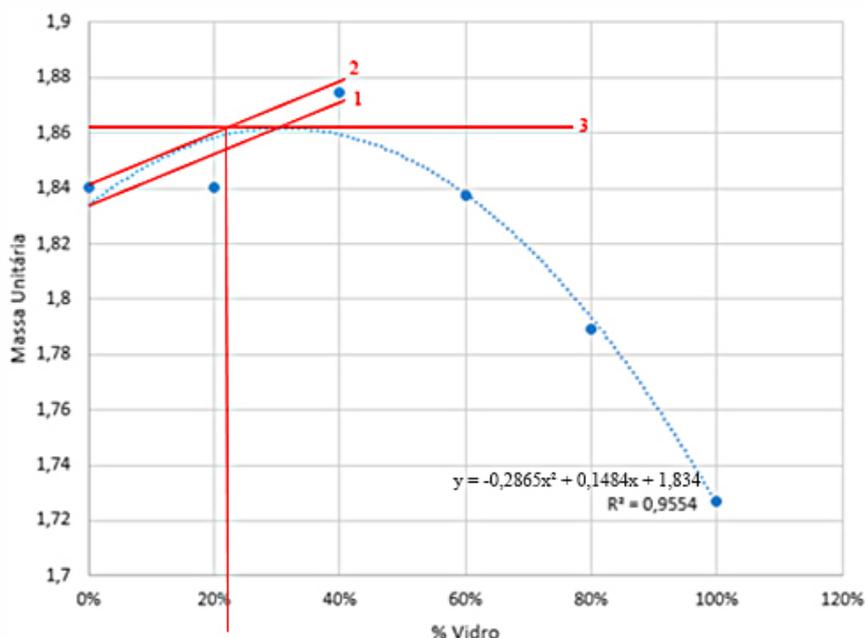
Fonte: O autor (2018).

Os aglomerantes nesta pesquisa foram o cimento CP-II-Z, da marca Votorantin e cal hidratada CH – III, da marca Itabranca.

2.1 MÉTODOS

Definidas as caracterizações iniciais, deu-se início à etapa seguinte do presente trabalho, a qual consiste na definição do teor ideal de agregado reciclado de vidro na composição da argamassa. Para isso empregou-se o método de dosagem utilizado por Arnold (2011), que consiste em efetuar misturas de diversos percentuais de agregado de vidro em substituição à areia natural e, para cada mistura, realizar o ensaio de massa unitária. Em seguida, de posse dos resultados de massa unitária, traça-se uma curva interpolando os diferentes percentuais avaliados e as respectivas massas unitárias, conforme visualizado na Figura 1.

Figura 1 – Gráfico de dosagem teor ótimo de agregado.



Fonte: O autor (2018).

O método baseia-se no princípio do empacotamento granulométrico, ou seja, a mistura que resultar em uma maior massa unitária determinará o melhor empacotamento dos grãos, permitindo que o produto final (argamassa) tenha a melhor trabalhabilidade no estado fresco e, também, menor consumo de aglomerante.

Neste trabalho, os intervalos de dosagem de resíduo de vidro para plotagem da curva de avaliação do empacotamento granulométrico foram definidos em 20%. A Figura 2 mostra as amostras empregadas durante a análise para determinação do teor ideal de vidro.

Figura 2 – Misturas avaliadas.



Fonte: O autor (2018).

Para a fabricação das argamassas de assentamento foi escolhido o traço, em massa, comumente empregado nas obras de construção civil para este fim, que é de 1:2:8 (cimento:cal:agregado miúdo) (ISHIKAWA *et al*, 2012).

Em seu estado fresco executou-se medições de consistência conforme a ABNT NBR 13276:2016, na mesa de consistência (flow table), sendo a quantidade de água adicionada às misturas a necessária para obtenção da consistência de (260 ± 10) mm conforme a Figura 3.

Figura 3 – Ensaio de consistência da argamassa.



Fonte: O autor (2018).

Para avaliar as características mecânicas das argamassas foram realizados ensaios de resistência à compressão e à tração na flexão. Para tanto, as argamassas foram moldadas em prismas com dimensões de $(4 \times 4 \times 16)$ cm, conforme o anexo A da ABNT NBR 13279:2005. Os corpos de prova foram moldados em 2 camadas, com 30 golpes por camada. Após 48 horas foram desmoldados e armazenados em local com temperatura ambiente e cura a seco até as idades de ruptura (28, 56 e 90 dias).

Para o ensaio de resistência à tração na flexão foram empregados 5 corpos de prova por tipo de argamassa, por idade de ruptura. Este ensaio foi realizado seguindo-se a norma

13279:2005, empregando prensa com capacidade de carga de 2000 kN, com velocidade constante de 50 N/s.

No ensaio de resistência à compressão foram empregadas as extremidades dos prismas ensaiados à flexão (conforme previsto na referida norma), em cubos com 4 cm de lado. Foram ensaiados 10 corpos de prova por traço, por idade de ruptura, ou seja, ao todo foi medida a resistência à compressão de 60 corpos de prova.

Além disso, no estado endurecido, foi avaliada a capacidade de absorção de água por capilaridade das argamassas, a fim de correlacionar essa característica com a durabilidade do produto e seu desempenho térmico e de impermeabilidade quando aplicada. Esta análise foi feita segundo a ABNT NBR 9779:1995. A Figura 4 mostra o ensaio sendo realizado.

Figura 4 – Ensaio de consistência da argamassa.



Fonte: O autor (2018).

3 RESULTADOS

3.1 CARACTERÍSTICAS DAS ARGAMASSAS NO ESTADO FRESCO

As medições de consistência feitas nas argamassas respeitaram um abatimento estabelecido de 260 ± 10 mm e constam na Tabela 2, onde é possível observar a relação água/aglomerante (a/agl) necessária para cada argamassa atingir a consistência requerida.

Tabela 2 – Consistência e relação água/aglomerante das argamassas.

Tipo de argamassa	Consistência média (mm)	a/agl
Argamassa com vidro e areia natural	260	0,76
Argamassa com areia natural	259	0,74

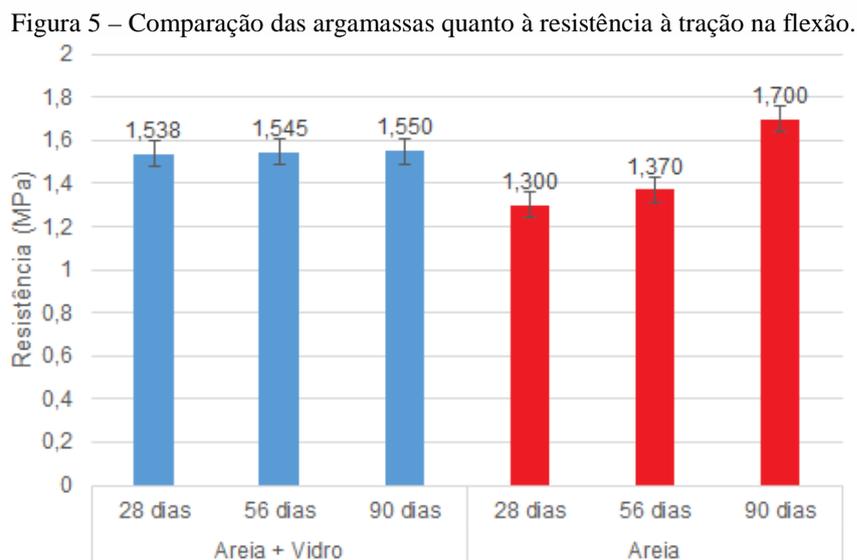
Fonte: O autor (2018).

Percebe-se que os resultados obtidos na análise de consistência das argamassas são praticamente idênticos, pois, para uma mesma consistência a relação a/agl alterou-se muito pouco. O ensaio de consistência das argamassas está intimamente relacionado à facilidade de manuseio do material durante a aplicação. Sendo assim, a partir do que foi observado, o vidro não interferiu na trabalhabilidade da argamassa.

3.2 CARACTERÍSTICAS DAS ARGAMASSAS NO ESTADO ENDURECIDO

3.2.1 Resistência à tração na flexão

As resistências médias obtidas através do ensaio de resistência à tração na flexão, para ambas as argamassas, estão demonstradas na Figura 5.



Fonte: O autor (2018).

Nota-se que na argamassa contendo vidro não houve crescimento na resistência à tração na flexão. Considerando-se apenas as resistências médias, dos 28 aos 90 dias o crescimento foi de apenas 1%, entretanto, considerando-se o desvio padrão dos dados e o coeficiente de variação encontrado, pode-se dizer que não houve ganho de resistência à tração na flexão.

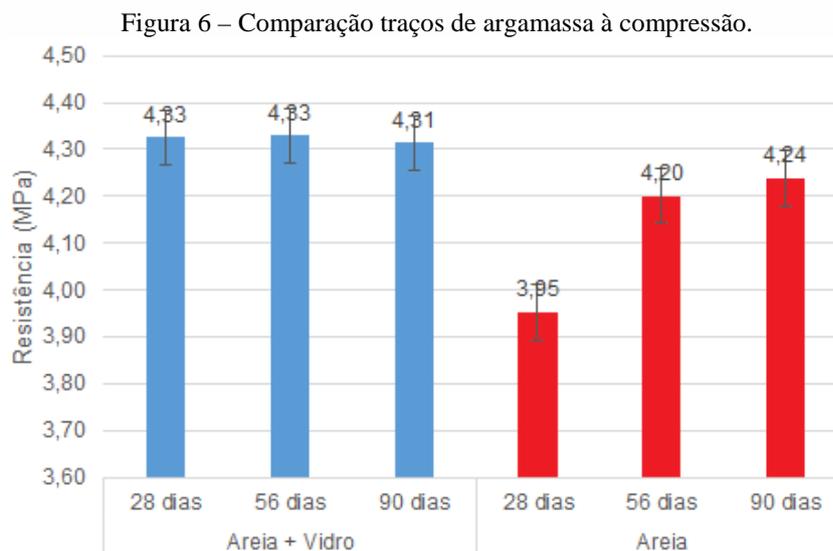
Para a argamassa de referência, confeccionada com areia natural, houve um pequeno aumento de resistência nas idades iniciais, porém o mesmo não deve ser considerado se analisada a variação estatística. Resultando, aos 90 dias, em uma maior resistência, sendo superior ao traço de argamassa com resíduo de vidro.

No estudo proposto, a argamassa destina-se ao assentamento em alvenarias. Entretanto, o ensaio de resistência à tração na flexão relaciona-se à resistência de aderência das argamassas, que, nesse caso, mostrou que o resíduo de vidro também pode ser promissor, uma vez que a resistência à tração na flexão das argamassas representa o máximo valor que a resistência de aderência pode atingir.

Observando-se os resultados obtidos em outros trabalhos que estudaram o emprego de resíduos de vidro verificou-se que a resistência à tração na flexão com resíduo de vidro obteve valores semelhantes aos aqui analisados (SILVA *et al*, 2018).

3.2.2 Resistência à compressão

Para o ensaio de resistência à compressão, os resultados médios estão apresentados na Figura 6.



Fonte: O autor (2018).

Percebe-se que as resistências à compressão obtidas para a argamassa confeccionada com resíduo de vidro foram superiores às da argamassa de referência nas idades iniciais (28 e 56 dias), e praticamente iguais considerando-se a variação estatística. Entretanto, salienta-se que ambas as argamassas superaram as resistências mínimas requeridas pela normalização. Inclusive podendo ser consideradas para o assentamento de alvenarias autoportantes.

Freitas (2016) e Pereira de Oliveira (2010), em trabalhos semelhantes constataram um crescimento de 17% e 23% respectivamente na resistência à compressão ao longo do tempo (entre 28 e 90 dias), entretanto, nestes estudos foram empregados resíduos de vidro com

granulometria inferior (150 μ m), o que pode ter potencializado o efeito pozolânico do material.

3.2.3 Absorção de água

Os resultados médios de absorção de água por capilaridade e imersão obtidos neste estudo são demonstrados na Tabela 3.

Tabela 3 – Absorção por imersão e capilaridade.

Material	Absorção por imersão (%)	Coefficiente de variação (%)	Absorção capilar g/cm ²	Coefficiente de variação (%)
Areia + Vidro	14,76	2,24	4,222	1,81
Areia	15,07	1,77	4,369	1,34

Fonte: O autor (2018).

Observando-se os resultados de absorção obtidos, nota-se que a argamassa produzida com areia natural absorveu mais água, tanto no ensaio de absorção por imersão, quanto na absorção por capilaridade. Estes resultados indicam que o emprego do resíduo de vidro promove um melhor empacotamento granulométrico na argamassa, possibilitando a redução da absorção.

Em alguns estudos realizados por Salomão *et al.* (2010), Ling e Poon (2012) e Du e Tan (2013), confirmou-se a diminuição da absorção de água em argamassas com substituição parcial do agregado miúdo por resíduo de vidro, ou seja, argamassas com este resíduo apresentaram-se menos permeáveis.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos no presente estudo foi possível concluir que:

- Em seu estado fresco a argamassa não teve sua trabalhabilidade afetada pela incorporação do resíduo de vidro, uma vez que para uma mesma consistência não foi necessário maior emprego de água.
- Analisando suas características no estado endurecido houve uma tendência a estabilização de resistência à compressão da argamassa com vidro, assim como foi observado para a resistência à tração na flexão, apontando que este material não desenvolveu nenhum tipo de efeito pozolânico.

- Sabe-se que a resistência à compressão está diretamente relacionada à relação a/agl nos materiais cimentícios, sendo assim, considerando-se que para obtenção da mesma consistência de ambas as argamassas não foi necessária uma quantidade de água superior na que continha resíduo de vidro, o aumento na resistência à compressão nas idades iniciais foi decorrente do próprio vidro.

Por fim, a partir do que foi exposto, é possível concluir que é viável o emprego de resíduos de vidro como substitutivo da areia natural na produção de argamassas de assentamento.

REFERÊNCIAS

ANTÔNIO, A. P. **Potencialidades do Aproveitamento do Resíduo de Estação de Tratamento de Efluentes do Processo de Lapidação do Vidro Sodo Cálcico na Produção de Concretos**. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil) – UFES, Vitória, p. 163, 2012.

ARNOLD, D. C. M. **Análise da influência da forma dos grãos nas propriedades das argamassas**. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil) – UNISINOS, São Leopoldo, p. 187, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211: Agregados para concreto - Especificação**. Rio de Janeiro, 2005. 11p.

_____. **NBR 9776: Agregados – Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco**. Rio de Janeiro, 1987. 3p.

_____. **NBR 9779: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por capilaridade**. Rio de Janeiro, 1995. 2p.

_____. **NBR 13276: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência segunda edição**. Rio de Janeiro, 2005. 3p.

_____. **NBR 13279: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão**. Rio de Janeiro, 2005. 13p.

_____. **NBR NM 45: Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios**. Rio de Janeiro, 2003. 6p.

DU, H.; TAN, K.H. Use of waste glass as sand in mortar: Part II – Alkali-silica reaction and mitigation methods. **Cement and Concrete Composites**, v.35, p. 118-126, 2013

FREITAS, D. R; PAIVA, A. E. “Propriedades físico-mecânicas de concretos produzidos com substituição do cimento pelo pó de vidro”. [Anais do] **60º Congresso Brasileiro de Cerâmica**, p. 39–50, Águas de Lindóia, 2016.

ISAIA, G. C. **Concreto: Ciência e tecnologia**. 2. ed. São Paulo: Ibracon, 2011.

Ishikawa P. H., DE OLIVEIRA P. L. “Propriedades da argamassa com areia artificial para revestimento de alvenaria”. [Anais do] **4º Congresso Português de Argamassas e Étics**, p. 15, Coimbra, 2012.

LING, T; POON, C. A comparative study on the feasible use of recycled beverage and CRT funnel glass as fine aggregate in cement mortar. **Journal of Cleaner Production**, v.29-30, p. 46-52, 2012.

MATOS, A. M. **Estudo de argamassas com substituição parcial de cimento por resíduos de vidro moídos**. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil) – FEUP, Porto, p. 157, 2010.

PEREIRA DE OLIVEIRA, L. A.; CASTRO GOMES, J. P.; FAZENDA, L. M. O. “Análise da Influência de Resíduos Potencialmente Reativos nas Propriedades de Argamassas de Construção”. [Anais do] **3º Congresso português de argamassas de construção**, Lisboa, 2010.

SALOMÃO, M. C. F; DIAS, J. F; MARTINS, J. A. L. G; SILVA, T. J. “Estudo sobre a utilização de resíduo de vidro em argamassas cimentícias”. [Anais do] **52º Congresso Brasileiro do Concreto**, p. 43-49, Fortaleza, 2010.