

Análise da utilização de cacos de vidro temperado em substituição ao agregado graúdo do concreto

Analysis of the use of tempered glass shards to replace coarse aggregate Concrete

Análisis dell uso de fragmentos de vidrio templado para reemplazar agregado grueso de hormigón

Pedro Henrique da Silva Cazella

Engenheiro Civil, Fernandópolis, Brasil.
pedro.cazella@gmail.com

Paloma Gazolla de Oliveira Albertini

Professora Mestra, Universidade Brasil, Brasil.
palomageofisica@yahoo.com.br

RESUMO

Voltado à prática da sustentabilidade na construção civil e incentivo ao estudo de materiais inovadores na construção civil, propõe-se o uso de cacos de vidro temperado em substituição à brita 0 em concretos. O presente artigo teve como objetivo a análise da granulometria dos cacos de vidro temperado em relação ao agregado graúdo para as devidas condições de empacotamento, análise da trabalhabilidade e também de resistência à compressão de concretos, utilizando-se do traço 1:0,65:1,83:1,44 e percentuais de substituição de 0%, 25%, 50% e 75%, submetidos à cura em câmara úmida, pelo período de 28 dias. Após ensaio de resistência à compressão, foram caracterizados: concreto referência (0% substituição) classe C35, 25% de substituição C30, 50% e 75% de substituição C25. O desempenho do concreto com substituições foi satisfatório tendo em vista que as propriedades mecânicas foram adequadas em aplicações não estruturais, como pisos de calçadas, guias, entre outras aplicações sustentáveis.

PALAVRAS-CHAVE: Concreto, Vidro, Substituição.

ABSTRACT

To practice sustainability in construction and encourage the study of innovative materials in construction, it is proposed to use tempered glass fragments instead of gravel or concrete. This document aimed to analyze the grain size of the tempered glass fragments in relation to the coarse aggregate for the proper packing conditions, the workability analysis and also the compressive strength of the concrete using 1: 0, 65: 1.83: 1.44, with replacement percentages of 0%, 25%, 50% and 75%, subject to wet chamber cure for 28 days. After the compressive strength test, the following were characterized: reference concrete (0% substitution) class C35, 25% C30 replacement, 50% and 75% C25 replacement. The performance of concrete with substitutions was satisfactory considering that the mechanical properties were suitable for non-structural applications such as sidewalks, guides and other sustainable applications.

KEY WORDS: Concrete, Glass, Replacement.

RESUMEN

Para practicar la sostenibilidad en la construcción y alentar el estudio de materiales innovadores en la construcción, se propone utilizar fragmentos de vidrio templado en lugar de grava u hormigón. Este documento tuvo como objetivo analizar el tamaño de grano de los fragmentos de vidrio templado en relación con el agregado grueso para las condiciones de empaque apropiadas, el análisis de trabajabilidad y también la resistencia a la compresión del concreto usando 1: 0, 65: 1.83: 1.44 y porcentajes de reemplazo de 0%, 25%, 50% y 75%, sujeto a cura en una cámara húmeda durante 28 días. Después de la prueba de resistencia a la compresión, se caracterizaron los siguientes: concreto de referencia (0% de reemplazo) clase C35, 25% de reemplazo para C30, 50% y 75% de reemplazo para C25. El desempeño del concreto con sustituciones fue satisfactorio considerando que las propiedades mecánicas eran adecuadas para aplicaciones no estructurales tales como aceras, guías y otras aplicaciones sostenibles.

PALABRAS CLAVE: Hormigón, Vidrio, Reemplazo.

1. INTRODUÇÃO

A construção civil é uma das atividades que mais consomem recursos, tendo como principal componente, o concreto, material de construção mais consumido no mundo e que requer elevada quantidade de recursos naturais em sua produção (GASTALDINI e ISAIA, 2004).

O aumento em seu consumo cresce anualmente pela demanda da população, gerando assim certa preocupação em âmbito mundial. Neste contexto, o reaproveitamento de resíduos pela indústria da construção civil vem se tornando uma prática fundamental, ao lado da cultura emergente da sustentabilidade. Esta ação reduz o impacto ambiental quanto ao consumo de recursos naturais gerado pelo setor e conseqüentemente diminui seus custos. Assim, o uso de resíduos industriais, tais como materiais não convencionais aplicados na construção civil, cresce gradativamente.

A alta produção de resíduos sólidos hoje é um problema global. No caso do vidro temperado, foram processados cerca de 28.862.700 m² no ano de 2017 no Brasil (O MERCADO VIDREIRO EM NÚMEROS, 2018). Encontrar soluções adequadas para a disposição final dos resíduos provenientes das diversas indústrias simboliza um grande desafio para o meio científico e tecnológico, tendo em vista os sérios problemas ambientais que podem ser gerados por uma disposição inadequada desses resíduos (SILVA e MORAIS, 2014).

Apesar da possibilidade de reciclagem do vidro, há vários fatores limitantes para execução desse processo, como impurezas, mescla de sucatas de cores diferentes, adições em proporções diferentes ao vidro, exigência de maior tecnologia, que se tornam um grande problema na sua separação, uma vez que misturados seus fragmentos.

O vidro comum triturado é frequentemente estudado para utilização no concreto em substituição ao agregado miúdo (areia) e pó de vidro (CASTRO e BRITO, 2013). Já o vidro temperado, devido a sua distinta forma de ser produzido possui propriedades mecânicas superiores às do vidro comum, possibilitando o cargo de enchimento em concreto como substituição ao agregado graúdo, podendo proporcionar boas condições de empacotamento e granulometria similar ao da brita 0, pelo tamanho e forma de seus fragmentos.

2. OBJETIVO

Este trabalho teve como finalidade analisar a granulometria do novo agregado proposto e estudar o desempenho do concreto com a substituição do agregado graúdo conhecido como pedrisco em 25%, 50% e 75%, fazendo-se testes de resistência a compressão axial com tempo de cura de 28 dias, embasado nas normas brasileiras, com o intuito analisar a viabilidade do uso deste material tecnicamente e economicamente.

3. METODOLOGIA

As pesquisas e o desenvolvimento do trabalho foram realizados no Laboratório de Engenharia Civil da Universidade Brasil campus Fernandópolis e os materiais utilizados nos ensaios foram obtidos através do comércio da cidade.

3.1. MATERIAIS

Os materiais utilizados nas misturas foram: areia, brita 0, cacos de vidro temperado, plastificante e cimento. Segue abaixo características dos materiais:

- Areia: obtida no depósito do laboratório da Universidade Brasil;
- Brita 0: obtida no depósito do laboratório da Universidade Brasil;
- Cimento: CP II F-32, mais utilizado em Fernandópolis-SP;
- Sucata de vidro temperado: proveniente de vidraças por doação de vidraçarias do comércio de Fernandópolis-SP;
- Plastificante: Mc-Bauchemie Centrament N 2, obtido no laboratório da Universidade Brasil;
- Água: proveniente do poço de abastecimento da Universidade Brasil, água potável.

3.2. MÉTODOS

Inicialmente foi feita determinação da composição granulométrica da brita 0, cacos de vidro plano temperado e areia, com base nas Normas ABNT NBR NM 248 e Norma ABNT NBR 7211, utilizando mesa vibratória, localizada no laboratório Engenharia Civil da Universidade Brasil campus Fernandópolis, consta na figura 1.



Fonte: AUTORES, 2018.

Logo após o procedimento, foi calculado o traço do concreto sujeito a substituição e a separação das quantidades de material que formaram a mistura, envolvendo substituição em massa de 0%, 25%, 50% e 75% do agregado graúdo (brita 0) pela sucata de vidro temperado.

Os materiais foram acrescentados à betoneira. Primeramente foram adicionados brita, areia e 1/2 da água, misturado por 3 minutos. Finalizando a mistura, foram acrescentados o cimento e 1/2 restante da água já com a dosagem de plastificante acrescentada à ela, misturado por mais 3 minutos.

O processo de mistura procedeu da mesma forma para os traços com substituição, porém com os cacos de vidro aumentando gradativamente na mistura, como dispõe nas figura 2.

Figura 2: Mistura dos materiais na betoneira



Fonte: AUTORES, 2018.

Concluído o processo de mistura, foram realizados ensaios de abatimento por tronco de cone, para classificar a trabalhabilidade e consistência do concreto no estado fresco em todos os traços de acordo com a norma ABNT NBR NM 67/1998, como consta na figura 3.

Figura 3: Slump test



Fonte: AUTORES, 2018.

Foram produzidos 48 corpos de prova, correspondendo à 12 unidades para cada percentual de substituição seguindo as recomendações das normas da ABNT pertinentes (NBR NM 33, NM 67, 5738, 7211, 12655).

Após desmoldagem foram levados para câmara úmida, onde foi realizada a cura durante 28 dias. Nesta idade os ensaios de resistência à compressão axial foram realizados nos 48 corpos de prova embasado pela ABNT NBR 12655/2015 na prensa da marca EMIC, localizada no laboratório de Engenharia Civil da Universidade Brasil campus Fernandópolis, que constam nas figuras 4 e 5.

Figura 4: Prensa EMIC e teste realizado



Fonte: AUTORES, 2018.

Figura 5: Corpos de prova rompidos 0%, 25%, 50% e 75% , respectivamente



Fonte: AUTORES, 2018.

4. RESULTADOS

Através da quadro 1, pode-se observar que o módulo de finura do vidro temperado plano demonstrou compatibilidade com a brita 0. Isso possibilitou praticamente as mesmas condições de empacotamento do concreto referência (0% de vidro) em relação aos concretos produzidos com agregado de vidro plano temperado.

Quadro 1: Caracterização granulométrica dos agregados

	Brita 0	Cacos de vidro temperado	Areia média	Norma (ABNT)
Dimensão máxima (mm)	12,5	12,5	2,38	NM 248
Módulo de finura	4,55	4,25	3,4	NM 248

Fonte: AUTORES, 2018.

Os concretos caracterizados no estado fresco por meio de abatimento em tronco de cone com traços utilizando 0%, 25%, 50% e 75% de vidro obtiveram consistência fluida, devido ao uso do aditivo plastificante e o vidro possuir baixo índice de higroscopicidade (capacidade de absorção de água), proporcionando misturas altamente plásticas. Entretanto, pode-se observar uma pequena redução no abatimento para a mistura com 25% de substituição, onde houve uma mudança na categoria de fluidez, como consta no quadro 2.

Quadro 2: Valores de Slump test e classificação de consistência

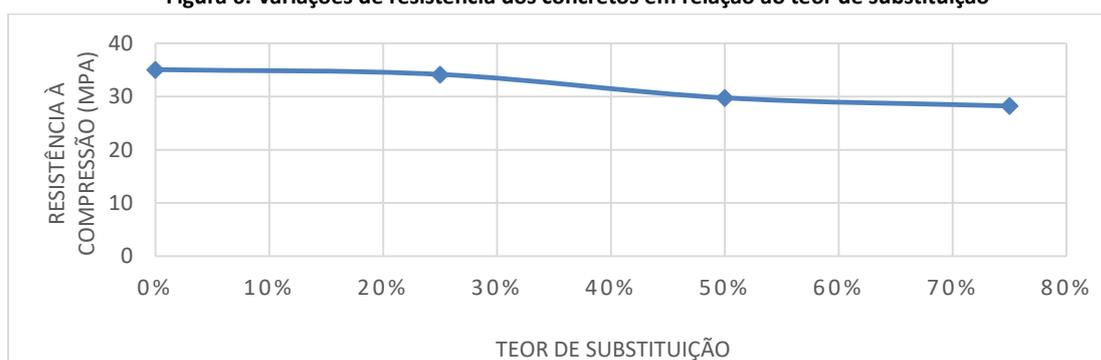
Concreto 1:0,65:1,83:1,44	Abatimento (mm)	Classificação	Norma (ABNT)
Substituição 0% de vidro	230	S220	8953 - 2015
Substituição 25% de vidro	210	S160	8953 - 2015
Substituição 50% de vidro	230	S220	8953 - 2015
Substituição 75% de vidro	240	S220	8953 - 2015

Fonte: AUTORES, 2018.

A caracterização dos exemplares por Amostragem Total foi feita com base na ABNT NBR 12655/2015, separando os 6 corpos de prova de maior resistência dos 12 confeccionados para cada substituição e selecionando o de menor resistência entre eles.

Os resultados obtidos na caracterização constam na figura 6.

Figura 6: Variações de resistência dos concretos em relação ao teor de substituição



Fonte: AUTORES, 2018.

De acordo com a figura 6, o aumento gradativo da substituição da brita pela sucata de vidro temperado resultou na diminuição da resistência do concreto ao esforço de compressão, que é um dos principais ensaios utilizados na engenharia civil, pois a partir de seu resultado é possível associar valores aproximados de outros tipos de resistência e possíveis propriedades de durabilidade deste concreto por meios empíricos.

Ao teor de 0% de substituição (concreto referência) a mistura obteve a resistência maior. Com a substituição inicial de 25% obteve uma resistência menor em relação à referência, cerca de 3%.

Já as misturas com substituição de 50% e 75% com cacos de vidro demonstraram uma menor qualidade na interação com a matriz da pasta cimentícia, resultando em resistências 15% e 19% respectivamente, menores em relação à mistura referência, de acordo com a quadro 3.

Quadro 3: Variação de resistência dos concretos e Desvio padrão

Teores de substituição	Resistência (MPa)	Perda de resistência	Desvio padrão
0% vidro	35,03	0%	2,42
25% vidro	34,14	3%	2,35
50% vidro	29,77	15%	1,62
75% vidro	28,25	19%	1,36

Fonte: AUTORES, 2018.

Pelo quadro 2, pode-se observar que o Desvio padrão variou inversamente em relação ao aumento na substituição da brita pelo caco de vidro temperado.

As maiores perdas de resistência podem estar relacionadas ao baixo grau de higroscopicidade dos cacos de vidro, ou seja, baixa capacidade de absorção de água em relação à brita, que pode ter ocasionado a formação de maiores filmes de água na zona de interface da pasta com o agregado, comumente conhecida como Zona de transição e, conseqüentemente aumentando a porosidade e microfissuração nesta área.

Figura 5: Corpos de prova rompidos 0%, 25%, 50% e 75%



Fonte: AUTORES, 2018.

5. CONCLUSÃO

O desempenho do concreto com emprego de cacos de vidro plano temperado como agregado graúdo foi satisfatório, visto que as propriedades mecânicas foram adequadas para aplicações em concreto não estrutural, como contrapisos, calçadas ou até mesmo em mistura estética ao concreto branco. Observou-se perda de resistência para todos os percentuais, porém o de substituição 25% de vidro com resistência 34,14MPa demonstrou perda relativamente baixa, comparado aos outros percentuais, tornando-o mais aceitável.

Posteriormente à análise dos resultados pode-se concluir que a mistura de concreto envolvendo agregado de vidro temperado em substituição à brita necessita de uma certa correção na relação água/cimento pela sua distinta capacidade higroscópica, com objetivo de possivelmente evitar maior exudação interna e grandes quantidades de água livre, fator que pode ter influenciado negativamente em sua resistência.

Para melhor análise de resultados, sugere-se a utilização de Microscopia Eletrônica de Varredura nas próximas pesquisas.

6. AGRADECIMENTOS

À Universidade Brasil e aos professores do curso de Engenharia Civil por todo o incentivo e apoio profissional para a elaboração deste trabalho.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **ABNT. NBR 7211**: Agregado para concreto. Rio de Janeiro, 2005. p. 12.

_____ **NBR NM 248**: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro. 2003. p. 6.

_____ **NBR NM 33**: Concreto - Amostragem de concreto fresco. Rio de Janeiro. 1998. p. 5.

_____ **NBR NM 67**: Concreto - Determinação da resistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998. p. 8.

_____ **NBR 8953**: Concreto para fins estruturais — Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência. Rio de Janeiro. 2015. p. 3.

_____ **NBR 12655**: Concreto de Cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento. Rio de Janeiro. 2015. p. 23.

_____ **NBR 5738**: Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto. Rio de Janeiro. 2015. p. 6.

CASTRO, Sara; BRITO, Jorge. Evaluation of the durability of concrete made with crushed glass aggregates. **Journal of Cleaner Production**, Lisboa, Portugal, v. 41, p. 7-14, 2013. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.09.021>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652612004866?via%3Dihub>. Acesso em: 13 set. 2019.

ISAIA, G. C., GASTALDINI, A. L. G. : Perspectivas ambientais e econômicas do concreto com altos teores de adições minerais : **Um estudo de caso**. Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria- RS. p 19. Jun. 2004. Disponível em: <http://www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/viewFile/3537/1937>. Acesso em: 09 de abr. de 2019.

O MERCADO VIDREIRO EM NÚMEROS: O Vidro plano. Brasília-DF: [s. n.], 2018- . Anual. Disponível em: <https://abravidro.org.br/punoticias/panorama-abravidro-2019-dados-do-ano-passado-indicam-inicio-de-retomada/>. Acesso em: 11 out. 2019.

Revista Científica ANAP Brasil

ISSN 1984-3240 - Volume 13, número 29, 2020

SILVA, J. G. C. R. S. , MORAIS, C. R. S., Análise microestrutural por microscopia óptica digital de concretos com vidro plano temperado. **21º CBECIMAT - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais**. Fortaleza-Ce. p 3881-3887. Nov.2014. Disponível em: <http://www.metallum.com.br/21cbecimat/cd/PDF/216-022.pdf>. Acesso em 11 de abr. de 2019.