

## **ADIÇÃO DE VIDRO BOROSSILICATO A COMPOSTOS CIMENTÍCIOS**

**RONI ALISSON SILVA**<sup>1\*</sup>, DOUGLAS RIBEIRO OLIVEIRA<sup>2</sup>; SHEILA PEREIRA VIEIRA<sup>3</sup>; ROGÉRIO BORGES VIEIRA<sup>4</sup>; CELIO ADRIANO LOPES<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Discente em engenharia civil, UNIPAM, Patos de Minas-MG, ronealisson01@gmail.com;

<sup>2</sup>Engenheiro civil, Professor, UNIPAM, Patos de Minas-MG, douglasribeirooliveira@yahoo.com.br;

<sup>3</sup>Engenheira civil, Professora Especialista, UNIPAM, Patos de Minas-MG, sheilapv@unipam.edu.br;

<sup>4</sup>Engenheiro civil, Professor Esp. em Física, UNIPAM, Patos de Minas-MG, rogeriobv@unipam.edu.br;

<sup>5</sup>Administrador, Professor Mestre, UNIPAM, Patos de Minas-MG, celio@unipam.edu.br.

Apresentado no

Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2017

8 a 11 de agosto de 2017 – Belém-PA, Brasil

**RESUMO:** Este trabalho tem como objetivo definir a viabilidade técnica da incorporação do pó de vidro borossilicato aos compostos de origem cimentícia, através da redução do consumo do cimento. A definição das propriedades com a incorporação do pó de vidro nos diâmetros de 0,150 mm e 0,075 mm a compostos cimentícios, foi determinada através da medição da resistência mecânica padrão de uma argamassa, e, por conseguinte a dois modelos de argamassas diferenciados pelo diâmetro da adição no caso o vidro com substituição de 25% do cimento Portland CPV-ARI pelo vidro cominuído nas dimensões supracitadas como uma forma de oferecer uma destinação ao vidro, uma vez que para este tipo de vidro a reciclagem é dificultada por necessitar de elevadas temperaturas para a sua fusão.

**PALAVRAS-CHAVE:** Pó de vidro, compostos cimentícios, fíler, pozolana.

## **ADDITION OF BOROSILICATE GLASS TO CEMENT COMPOUNDS**

**ABSTRACT:** This work aims to define the technical feasibility of the incorporation of borosilicate glass powder to cement compounds by reducing the consumption of cement. The determination of the properties with the incorporation of glass powder in the diameters of 0.150 mm and 0.075 mm to cementitious compounds was determined by measuring the standard mechanical strength of the mortar, and therefore to two models of mortar differentiated by the diameter of the addition. In the case of glass with 25% substitution of the Portland cement CPV-ARI by the glass comminuted in the aforementioned dimensions as a way to offer a destination to the glass, since this type of glass the recycling is difficult because it requires high temperatures for its fusion.

**KEYWORDS:** Powder of glass, cementitious compounds, filler, pozzolan.

## **INTRODUÇÃO**

A construção civil é um dos segmentos da economia que mais consome recursos do planeta, e segundo Kerougan (2005) ela é responsável por 40% de toda emissão mundial de CO<sub>2</sub>, pela extração de 40% de todos os recursos naturais e pela produção de 40% de todos os rejeitos produzidos no planeta. A produção em grande escala do cimento, um dos suprimentos mais importantes representa uma fatia considerável da geração de poluentes além do consumo de altas quantidades de energia para a sua fabricação. Segundo o Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (2017) a produção deste material no ano de 2016 no Brasil foi estimada em 38,7 milhões de toneladas, o que evidencia o alto potencial de consumo de recursos naturais. De acordo com o Ministério de Minas e Energia (2003) obteve-se como média para a produção de uma tonelada de cimento o consumo de 93 kWh.

Devido ao alto potencial de consumo de energia recursos ambientais para a produção do cimento adicionou-se o pó de vidro aos compostos cimentícios, sendo o tipo de vidro adotado pertencente à classe do borossilicato nos diâmetros de 0,150mm e 0,075mm que em acordo com Callister Junior (2000) é composto por 81% de dióxido de silício(SiO<sub>2</sub>), 3,5% de óxido de sódio(Na<sub>2</sub>O), 2,5% de óxido de alumínio(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) e 13% de trióxido de boro(B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) sendo uma forma de reinserção do vidro a cadeia produtiva. O vidro borossilicato é conhecido por sua resistência térmica

elevada, garantida pela adição de Boro, que permite seu uso em vidrarias especiais e artigos de laboratório. O potencial de utilização deste material nos compostos cimentícios demonstra a capacidade de destinação eficaz a este material que em sua maioria é descartado de forma indiscriminada sem qualquer controle.

Este trabalho tem como objetivo o estudo da incorporação do pó de vidro borossilicato a compostos cimentícios nos diâmetros de 0,150mm e 0,075 mm, como também, definir se o mesmo é um material pozolânico ou filler.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento dos experimentos utilizou o pó de vidro borossilicato, areia normal N° 100 proveniente do Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT, Cimento do tipo CP V-ARI e aditivo superplastificante.

Para a realização dos experimentos o pó de vidro foi cominuído previamente, peneirado nas peneiras de n° 100 (0,150 mm) e n° 200 (0,075mm). A dosagem das argamassas foi adotada com base nas especificações da ABNT NBR-5752:2014 (Tabela1) com a ressalva da utilização de CP V-ARI em detrimento do CP II-F-32. Ambos os cimentos contém adição de fíler calcário, porém o CP V ARI tem menor percentual de adição, e sua granulometria é mais fina oferecendo uma maior resistência inicial o que não ocorre com o CP II-F-32.

Tabela 1. Quantidade de material, em massa, para moldagem de seis corpos de prova cilíndricos.

Materiais	Massa (g)		
	Argamassa sem pó de vidro	Argamassa com pó de vidro n° 100	Argamassa com pó de vidro n° 200
Cimento CP V-ARI	624,06	468,00	468,00
Material pozolânico	0,00	156,01	156,01
Areia Normal	1872,00	1872,00	1872,68
Água	301,00	300,05	300,00
Aditivo superplastificante	7,68	7,84	7,84

Com a determinação dos traços das argamassas inserimos os materiais no misturador mecânico por três minutos na opção de velocidade alta, sendo que são três traços distintos. O primeiro sem o pó de vidro (traço padrão) e os outros dois com a adição do pó em granulometrias distintas (0,150 mm e 0,075mm). Após mistura dos materiais confeccionou-se seis corpos de prova cilíndricos conforme ABNT NBR-7215:1996 que foram curados por 28 dias em câmara úmida. Depois de decorridos 28 dias os corpos de prova foram rompidos em prensa universal classe I, com sensibilidade de 1 N.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o tempo de cura de 28 dias, os corpos de prova foram submetidos ao ensaio de compressão na prensa universal, sendo possível analisar a resistência, influência da granulometria do vidro e se houve alguma reação química entre o cimento e o pó de vidro. Na tabela 2, estão dispostos os resultados atingidos pela argamassa sem adição, sendo o traço padrão para comparação.

Tabela 2. Resultado dos ensaios de Resistência à Compressão sem adição de pó de vidro.

Corpo de prova	Área (mm <sup>2</sup> )	Força (N)	Tensão (MPa)
CP1	1.963,50	64.401,30	32,80
CP2	1.963,50	56.137,70	28,59
CP3	1.963,50	64.387,60	32,79
CP4	1.963,50	61.997,30	31,57
CP5	1.963,50	60.303,60	30,71
CP6	1.963,50	50.537,60	25,74

Na tabela 3 estão dispostos os resultados atingidos pela argamassa com material no caso o vidro retido na peneira 100, sendo uma adição de granulometria mais grossa que possui diâmetro de 0,150mm. Esses exemplares foram os que atingiram as menores resistências aos 28 dias.

Tabela 3. Resultado dos ensaios de resistência à compressão com a adição de pó de vidro da peneira 100.

<b>Corpo de prova</b>	<b>Área (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Força (N)</b>	<b>Tensão (MPa)</b>
CP1	1.963,50	41.106,20	20,94
CP2	1.963,50	37.138,30	18,91
CP3	1.963,50	25.651,20	13,06
CP4	1.963,50	34.509,00	17,58
CP5	1.963,50	30.267,90	15,42
CP6	1.963,50	37.008,50	18,85

Na tabela 4 são apresentados os dados da resistência à compressão da adição com o material retido na peneira 200, sendo que neste caso se trata de um material com granulometria mais fina de 0,075mm de diâmetro.

Tabela 4. Resultado dos ensaios de resistência à compressão com a adição de pó de vidro da peneira 200.

<b>Corpo de prova</b>	<b>Área (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Força (N)</b>	<b>Tensão (MPa)</b>
CP1	1.963,50	54.566,90	27,79
CP2	1.963,50	42.376,40	21,58
CP3	1.963,50	37.500,30	19,10
CP4	1.963,50	60.044,10	30,58
CP5	1.963,50	47.034,10	23,95
CP6	1.963,50	50.018,50	25,47

Em acordo com os dados, o material em estudo, o pó de vidro se trata de um fíler, que segundo Bardini, Klinsky e Fernandes Junior (2011) é caracterizado por preencher os vazios entre os agregados graúdos nas misturas, não oferecendo nenhuma reação química aos compostos cimentícios. Esse efeito de preencher os vazios foi observado por a adição de pó de vidro proveniente da peneira de maior diâmetro (0,150) ter apresentado menor resistência em comparação à peneira com menor diâmetro (0,075).

A ABNT NBR 5752:2014 admite como adições pozolânicas, aquelas que conseguem substituir 25% do cimento Portland mantendo o desempenho mecânico da argamassa padrão, o que evidenciaria que ocorreu interação ou reações químicas do pó de vidro com a pasta de cimento. Os resultados permitiram inferir que não houve reação pozolânica devido à perda de resistência mecânica, mas sim que quanto maior a finura do material em estudo adicionado aos os compostos cimentícios maior foi a resistência dos mesmos. É possível, portanto que o vidro com diâmetros ainda menores tenha capacidade de reagir pozolanicamente.

Ficou comprovada a eficácia do pó de vidro borossilicato como adição na forma de fíler na argamassa, apesar de ter ocorrido uma diminuição da resistência em ambos as adições na peneira 100 de 36,15% e na de 200 de 6,77% ainda assim é vantagem a utilização do pó de vidro uma vez que reduz em 25% o consumo de cimento isso em relação aos traços utilizados neste estudo além de reduzir a retração e o desprendimento de calor causado por traços ricos em cimento.

A adição do pó de vidro borossilicato na forma de fíler segundo Reis e Silva (2015) na proporção de 5% em relação à massa de cimento se mostrou a forma mais eficiente com um aumento de 1,89% na resistência do concreto. Apesar da perda de resistência mecânica, foi possível perceber que quanto maior a finura do vidro cominuído, mais eficiente será a substituição. Tanto a substituição do cimento quanto a adição do pó de vidro para diminuição do consumo do cimento dos compostos cimentícios é uma opção sustentável por reduzir o consumo de energia total para produção de concretos e argamassas, além de oferecer um melhor empacotamento com redução do índice de vazios e conferir uma destinação adequada ao vidro borossilicato.

## CONCLUSÕES

Por serem os meios naturais finitos e segundo Wackernagel e Galli (2009) o uso dos recursos naturais ultrapassa significativamente o que a natureza pode renovar se continuarmos a trajetória atual, para atender às nossas demandas será necessária a utilização de recursos equivalentes a dois planetas Terra já no início de 2030. Devido à escassez de recursos naturais foi desenvolvida uma metodologia de destinação eficiente ao vidro que majoritariamente é descartado sem nenhum controle, o utilizando como adição na produção de compostos cimentícios.

A incorporação de pó de vidro aos compostos cimentícios, demonstrou a sua capacidade como adição na forma de fíler, sendo que quanto menor o seu diâmetro maior será a resistência atingida. É necessário ressaltar que com a adição do mesmo se reduz a quantidade de cimento nas misturas sem causar perdas à qualidade do concreto ou da argamassa além de diminuir a poluição causada pela indústria cimentícia e se oferece uma destinação eficaz e sustentável ao vidro. A utilização do pó de vidro borossilicato em larga escala em compostos cimentícios se mostrou viável como uma forma segura e eficiente para ser incorporado ao cimento na forma de adição.

Não foram levados em consideração os custos de coleta, transporte e moagem, por não ser o foco deste estudo, tornando-se um tema relevante para futuras pesquisas. Sugere-se ainda a avaliação da influência do tamanho das partículas em relação à pozolanicidade, a verificação de ocorrência de reação álcalis-sílica, e o estudo de demais porcentagens de substituição da massa de cimento de modo a construir uma curva de desempenho do cimento frente a adição gradual de resíduos de vidro borossilicato.

## REFERÊNCIAS

- MONTANO, Paulo Fernandes; BASTOS, Hugo Bertha. A indústria de vidros planos: conjuntura atual e perspectivas. São Paulo: BNDES, 2012.  
< <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=17&Cod=1339>>. Acesso em: 27 set. 2016.
- ROSA, Sergio Eduardo da Silveira; CONSEZA, José Paulo; BARROSO, Deise Vilela. Considerações sobre a Indústria do vidro no Brasil. Rio de Janeiro: Bnds, 2007
- REIS, Alan Gonçalves; SILVA, Amarildo Braz da. Análise do concreto com adição de Pó de Vidro:: Comparação de resistência. 2015. 51 f. TCC - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário de Patos de Minas, Patos de Minas, 2015.
- NEVILLE, A.m.; J.J.BROOKS. Tecnologia do Concreto. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. Guia básico de utilização do cimento portland. 7.ed. São Paulo, 2002. 28p. (BT-106)
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7215: Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão. São Paulo: Abnt, 1996.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7214: Areia normal para ensaio de cimento - Especificação. São Paulo: Abnt, 2015
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5752: Materiais pozolânicos — Determinação do índice de desempenho com cimento Portland aos 28 dias. São Paulo: Abnt, 2014.
- WACKERNAGEL, Mathis; GALLI, Alessandro. Recursos de um planeta finito. 50. ed. Brasília: Ipea, 2009.
- FIORITO, Antonio J.s.i.. Manual de Argamassas e Revestimentos: Estudos e Procedimentos de Execução. São Paulo: Pini, 1994.
- BARDINI, Vivian Silveira dos Santos; KLINSKY, Luis Miguel Gutiérrez; FERNANDES JUNIOR, José Leomar. A IMPORTÂNCIA DO FÍLER PARA O BOM DESEMPENHO DE MISTURAS ASFÁLTICAS. São Carlos: Usp, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13281: Argamassa para assentamento e Revestimentos de Paredes e Teto- Requisitos. São Paulo: Abnt, 2005.
- AFFONSO, Sylvania Maria (Org.). Tempo de Decomposição de alguns resíduos. São Paulo: Unifesp, 2015.
- Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (Org.). Produção Regional 2016. Disponível em: <<http://www.snic.org.br/numeros/numeros.asp?path=ProducaoRegional2016.gif>>. Acesso em: 08 abr. 2017.
- Ministério de Minas e Energia et al (Org.). PROJETO DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA AO SETOR DE ENERGIA. São Paulo: MME, 2009.

CALLISTER JUNIOR, William D. Ciência e Engenharia de materiais uma introdução. 5. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2000.

KERORGUEN, Y. La construction durable devient um enjeu stratégique pour les entreprises. Paris; La Tribune, 2005.