

## **Síntese e Análise da Resistência Mecânica da Incorporação de Vidro Moído em Argamassa**

*Synthesis and Analysis of Mechanical resistance Glass of Incorporation Ground Glass in Grout*

*Síntesis y Análisis de Fusión de vidrio de tierra Resistencia mecánica en el mortero*

### **Fabrcia Roberta Lunas**

Professora Mestre, Unesp, Brasil  
fabrcialunas@gmail.com

### **José Carlos Gonçalves Silva**

Graduando, FAMA, Brasil.  
Fama.josecarlos@live.com

### **Thatiane Laís de Melo Queiroz**

Graduando, FAMA, Brasil.  
Thatiane\_engenharia@outlook.com

## INTRODUÇÃO

A indústria vidreira é responsável por uma enorme quantidade de resíduos de vidro, constituído essencialmente por sílica amorfa e em menores percentagens sódio e cálcio. Nos últimos 20 anos, o desenvolvimento da área de vidros tem sido especialmente marcado por sua aplicação nos mais diferentes campos da atividade humana. O vidro continua sendo um material que a cada necessidade tecnológica comparece apontando sempre uma alternativa importante a ser considerada. Dentre as aplicações, podem-se citar as vitrocerâmicas apresentam propriedades sobremodo superiores às dos vidros que lhe deram origem: resistência ao impacto, baixa reatividade química, baixos coeficientes de expansão térmica, além de uma gama de propriedades ópticas, que vão desde a transparência passando pelo opaco e indo até o branco, como resultado do espalhamento de luz pelos cristais [1]. O vidro contém uma composição favorável ao desenvolvimento da reação pozolânica.

Um material pozolânico típico deve apresentar três características essenciais: conter elevado conteúdo em sílica no estado amorfo, e ter uma elevada superfície específica. Constituído essencialmente por sílica ( $\text{SiO}_2$  - 72.5%) no estado amorfo e uma menor percentagem de sódio ( $\text{Na}_2\text{O}$  - 13.2%) e cálcio ( $\text{CaO}$  9.18%), o vidro apresenta uma composição favorável ao desenvolvimento da reação pozolânica [2,3,4].

A indústria da construção é uma das maiores responsáveis pela utilização destes recursos, e enfrenta o desafio da "procura" de um desenvolvimento sustentado, ou seja, continuar a ampliação, mas, sem colocar em causa o futuro. Uma das aplicações mais utilizadas tem sido a partir de resíduos vítreos inseridos tanto em concreto quanto argamassa. A possibilidade de incorporação desses resíduos em materiais de construção civil é uma contribuição para reciclagem de resíduos prejudiciais ao meio ambiente, podendo também melhorar o desempenho dos materiais com sua adição [2,5].

Segundo o European Flat Glass Industry, 2 a 5% do peso total de um edifício correspondem à chapa de vidro [2,7]. Contudo, com a evolução da arquitetura, a área envidraçada tem tendência a aumentar, existindo mesmo fachadas totalmente constituídas por vidro, o que indica maiores percentagens de vidro. Além de ser um dos constituintes dos RCD (Resíduos de construção e demolição), o vidro também representa uma parcela considerável dos RSU (Resíduos Sólidos Urbanos), sendo que, em 2006, representava 5% destes resíduos [6,7].

O uso de materiais na forma de agregados fino ou grosseiro já foi estudado por vários pesquisadores. Alguns desses materiais são adicionados com o intuito de melhorar as características mecânicas dos concretos e argamassas como a sílica, misturas de materiais pozolânicos, cinzas, pó de basalto, escórias, etc. [5,7]. Segundo, Oliveira et al como principais aspectos positivos, a incorporação de finos conduz a maiores resistências mecânicas e a menores coeficientes de capilaridade [7]. Por outro lado, o principal efeito nefasto da incorporação de agregados finos é o aumento da retração. Contudo, pode-se dizer que, em geral, e em teores moderados, a incorporação de finos em argamassa melhora o seu desempenho comparado às argamassas tradicionais [6]. Por exemplo, pesquisas sobre o uso de vidro reciclado como substituto do agregado fino (areia) no concreto, indicaram que o vidro

é um substituto satisfatório para agregados naturais finos em níveis de até 20% do agregado total em granulometrias variando entre 0,075 e 1,5 mm, com resistências à compressão compatíveis com concretos do mesmo traço sem adição de vidro. Shao et al. [8] pesquisaram o uso de sílica, vidro finamente moído e cinzas volantes, mas em substituição ao cimento adicionados em proporções de até 30% em peso com tamanho de partícula abaixo de 0,15 mm. Esses autores verificaram que o concreto produzido com a adição de vidro finamente moído (<75  $\mu\text{m}$ ) tinha suas propriedades mecânicas melhoradas em função de reações pozolânicas.

O presente trabalho visa produzir argamassas incorporando resíduos de vidro moído. Como apresentado anteriormente, além de ser esta uma medida de solução sustentável tanto nas questões ambientais quanto na diminuição dos custos de produção, é também útil na melhoria das propriedades estruturais e mecânicas da argamassa.

## **OBJETIVOS**

Avaliar a Propriedade Mecânica como Resistência à Compressão, determinar o Índice de Consistência e Adensamento em função da quantidade de vidro moído.

## **METODOLOGIA**

### **Materiais**

O agregado miúdo utilizado na pesquisa será a Areia Média Natural, proveniente da região de Iturama – MG. O material passou por ensaios de caracterização conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), Composição granulométrica, pela NBRNM-248 (ABNT, 2003). Massa específica e massa específica aparente, pela NBRNM-52 (ABNT, 2009); Absorção de água, pela NBRNM-30 (ABNT, 2001); Massa unitária, pela NBRNM-45 (ABNT, 2006); Massa específica e massa específica aparente, seguindo as recomendações da NBRNM-53 (ABNT, 2009). [9-13].

O aglomerante escolhido foi o cimento CPV-ARI-Plus (Cimento Portland de Alta Resistência Inicial). Trata-se do cimento mais encontrado comercialmente no país, apresentando baixo teor de adição, e foi caracterizado tanto física quanto quimicamente, apto a atender os requisitos especificados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), Determinação da finura pelo Método de Blaine, segundo a NBRNM-76 (ABNT, 1998); Determinação do tempo de pega, pela NBRNM-65 (ABNT, 2003); Determinação da Massa específica, pela NBRNM-23 (ABNT, 2001); Determinação da Resistência à compressão do cimento, pela NBR-7215 (ABNT, 1997); Determinação da Análise química, segundo a NBR-11578 (ABNT, 1997); Especificações para cimento de alta resistência inicial, segundo a NBR-5733 (ABNT, 1991). [14-16].

O resíduo do vidro utilizado na pesquisa foi obtido por garrafas de vidro (cerveja longneck), coletadas no município de Iturama-MG. O material coletado foi estocado em ambiente fechado, evitando-se o contato com a umidade.

## Métodos

### Granulometria do Resíduo de Vidro

Para a composição granulométrica do material, pesou-se aproximadamente 200g resíduo do vidro, que foi submetido ao processo de peneiramento durante 10 minutos no agitador mecânico de peneiras, segundo a série normal de peneiras da ABNT, sendo sequencialmente utilizadas as peneiras de malhas com aberturas 4,8mm; 2,4mm; 1,2mm; 0,60mm; 0,30mm; 0,15mm e fundo.

### Definição dos Traços de Argamassas

Após a obtenção do agregado de vidro, foi conduzida a elaboração de compósitos cimentícios do tipo argamassas, onde deveria ser feito um estudo prévio das proporções e consumos de cimento Portland, resíduo de vidro, agregados e água de amassamento, de tal forma a se obter melhores propriedades mecânicas e de durabilidade dos compósitos. Definiu-se inicialmente que as misturas seriam elaboradas na proporção 1:3,0 (Cimento : Agregado miúdo), em massa, e fator Água/cimento fixado em 0,6 para o traço sem adição de vidro. Para os traços constituídos do agregado alternativo, se fixou o fator Água/cimento para garantir o mesmo índice de consistência. Sendo assim, foram elaborados quatro traços, apresentados na tabela 1.

Tabela 1: Dosagem das Argamassas para os traços controle, 25% e 50% e 75%.

Materiais (g)	Traços			
	Controle	25%	50%	75%
Cimento	400	400	400	400
Resíduo de Vidro	---	300	600	900
Areia	1200	900	600	300
Água	240	226	208	208
Fator Água/Cimento	0,6	0,56	0,52	0,52

Fonte: Próprio Autor, 2015.

## Procedimentos aplicados às composições de argamassa no laboratório

### Mistura

Os materiais foram misturados na seguinte ordem:

- Para os traços controle (sem adição de resíduo)

Foram adicionados água e cimento num recipiente e misturados manualmente por trinta segundos. Em seguida, foi adicionado o agregado miúdo e misturado por mais trinta segundos.

- Para os traços com adição de resíduo de vidro



O mesmo procedimento foi realizado, adicionando apenas o resíduo de vidro juntamente com a areia natural, misturando-os até que fique o mais homogeneizado possível.

### Determinação do Índice de Consistência

A determinação do índice de consistência (NBR 13276 - ABNT, 2005) foi executada após a preparação da argamassa. Lubrificou-se a mesa do aparelho de consistência com óleo mineral e colocou-se sobre ela a fôrma tronco-cônica, com sua base maior apoiada na mesa. Manteve-se a forma na mesma posição, enquanto colocava-se a argamassa na forma com auxílio de uma espátula. Com um soquete aplicou-se 15 golpes na primeira camada, na segunda camada foram aplicados 10 golpes e na terceira e última foram aplicados 5 golpes. Termina-se esta operação com a rasura do topo do corpo [17-19].

Terminado o enchimento, retirou-se a fôrma levantando-a verticalmente e, em seguida, moveu-se a manivela do aparelho, fazendo com que este caia 30 vezes em 30 segundos. Após este procedimento coletaram-se três medidas do diâmetro ortogonal da base do tronco de cone da argamassa (Figura 2), por onde foi calculado o índice de consistência, a média aritmética dos diâmetros, que se fixou em  $22 \pm 1$  cm. A Figura 1 mostra a mesa de consistência utilizada no ensaio.

Figura 1: Mesa de consistência utilizada no ensaio.



Fonte: Próprio Autor, 2015.

Figura 2: Fotografia da Medida do diâmetro para determinação da consistência.



Fonte: Próprio Autor, 2015.

## Adensamento

O adensamento da argamassa, nas fôrmas de dimensões (5 x 10) cm foi executado de forma manual. Colocou-se argamassa na fôrma com o auxílio de uma espátula, em quatro camadas de alturas aproximadamente iguais, recebendo cada camada, trinta golpes moderados do soquete normal, uniformemente distribuídos. Terminou-se esta operação com a rasura do topo do corpo de prova por meio do deslizamento sobre as bordas da fôrma. Após o adensamento, uma película de plástico foi colocada na parte superior dos corpos de prova de tal forma a evitar a perda de umidade ao longo do processo de cura nas primeiras 24 horas. A Figura 3 mostra os corpos de prova executados.

Figura 3: Fotografia dos corpos de prova.



Fonte: Próprio Autor, 2015.

## Cura dos corpos de prova

De acordo com a NBR - 5738 da ABNT (2003), a cura dos corpos de prova (CPs) confeccionados no laboratório foi feita em imersão no tanque com água, com temperatura em torno de 22,5 °C e umidade relativa do ar de 100%, até as idades de ensaio [20,21].

## Regularização dos Corpos de Prova

Para a regularização das faces dos corpos de prova, utilizou-se o processo de desgaste mecânico da superfície dos CP's por meio de uma lâmina diamantada de uma máquina retificadora.

## Ensaio de Resistência à Compressão

A determinação da resistência à compressão simples foi efetuada de acordo com a NBR – 7215 da ABNT (1997). Depois de retificados, os corpos de prova foram rompidos em uma prensa universal para ensaios (Figura 3.6), sob velocidade de carregamento de 2,5 Kgf/cm<sup>2</sup>\*s, seguindo as especificações de norma e dimensões da amostra [22].

A tensão de ruptura é obtida pela expressão abaixo:

$$\sigma_c = (4 \times P) / (\pi \times D^2)$$

Equação 1

Onde:  $\sigma_c$ : tensão de compressão na ruptura (MPa).

P:carga de ruptura lida na prensa (tf).

D:diâmetro do corpo de prova (cm).

Os ensaios foram realizados nas idades de 7 e 28 dias, cada uma com três corpos de prova, tomando-se como resistência final a média aritmética.

## RESULTADOS

### Caracterização dos Materiais

#### Agregados

O agregado miúdo que será utilizado na produção dos compósitos cimentícios foi classificado como areia média natural. A Tabela 2 indica as propriedades físicas da areia média natural.

**Tabela 2: Propriedades físicas da areia média.**

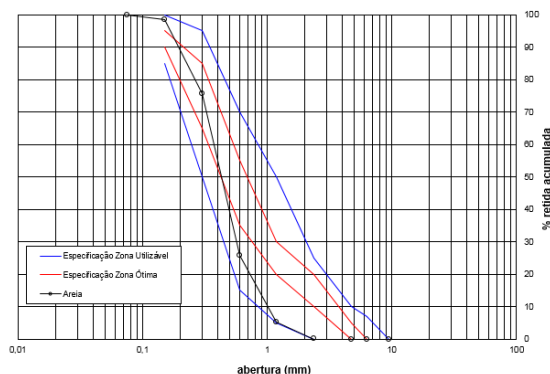
Propriedade	Areia Média
Diâmetro máximo	2,36 mm
Módulo de finura	2,12
Massa específica aparente	2,58 g/cm <sup>3</sup>
Massa específica seca	2,65 g/cm <sup>3</sup>
Massa específica SSS	2,63 g/cm <sup>3</sup>
Absorção	0,34%

Fonte: Próprio Autor, 2015.

A curva granulométrica da areia média é apresentada na figura 4.

**Figura 4: Curva granulométrica da areia média.**

PENEIRAS		Abertura	Peso Retido (g)	% Retida	% Retida Acumulada							
Normal	Auxiliar											
3"	-	75 mm		0,0	0,0							
-	2 1/2"	63 mm		0,0		0,0						
-	2"	50 mm		0,0		0,0						
1 1/2"	-	37,5 mm		0,0	0,0							
-	1 1/4"	31,5 mm		0,0		0,0						
-	1"	25 mm		0,0		0,0						
3/4"	-	19 mm		0,0	0,0							
-	1/2"	12,5 mm		0,0		0,0						
3/8"	-	9,5 mm		0,0	0,0							
-	1/4"	6,3 mm		0,0		0,0						
N.º 4	-	4,75 mm	0,0	0,0	0,0							
N.º 8	-	2,36 mm	0,1	0,01	0,01							
N.º 16	-	1,18 mm	52,2	5,22	5,23							
N.º 30	-	600 µm	204,8	20,49	25,72							
N.º 50	-	300 µm	499,6	50,00	75,73							
N.º 100	-	150 µm	227,5	22,77	98,50							
fundo	-	75 µm	15,0	1,50		100,00						
Total			999,1	100,00	205,19							
Peneiras		% Retida Acumulada										
(mm) →	0,075	0,150	0,300	0,600	1,18	2,36	4,75	6,3	9,5	12,5	19	25
Areia	100,0	98,5	75,7	25,7	5,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0



Fonte: Próprio Autor, 2015.

## Cimento Portland

A curva granulométrica obtida permite inferir que o agregado utilizado está em conformidade com a especificação da zona utilizável. A caracterização do cimento CPV-ARI Plus, é apresentado na tabela 3.

Tabela 3: Caracterização do cimento.

Análise física do cimento Portland CP V ARI VOTORAN			
Referência		Especificações	
		NBR 5733	
Amostra	03	Min.	Máx.
Finura peneira 200 (% retida)	0,77	-	6
Finura peneira 325 (% retida)	1,87	-	-
Superf. espec. Blaine (cm <sup>2</sup> /g)	4377	3000	-
Densidade aparente (g/cm <sup>3</sup> )	1,02	-	-
Densidade absoluta (g/cm <sup>3</sup> )	3,14	-	-
Água de consistência da pasta	Gramas	158	-
	(%)	31,6	-
Início de pega (h:min)	3:03	1:00	-
Fim de pega (h:min)	4:46	-	-
Expansão em auto-clave (%)	EXP	-	-
Resistência a	Consistência	Gramas	158
		a / c	0,316
Compressão Axial	Tensão (MPa)	03 dias	34,1
		07 dias	35,1
		28 dias	41,9

Fonte: Próprio Autor, 2015

A curva granulométrica obtida permite inferir que o agregado utilizado está em conformidade com a especificação da zona utilizável.

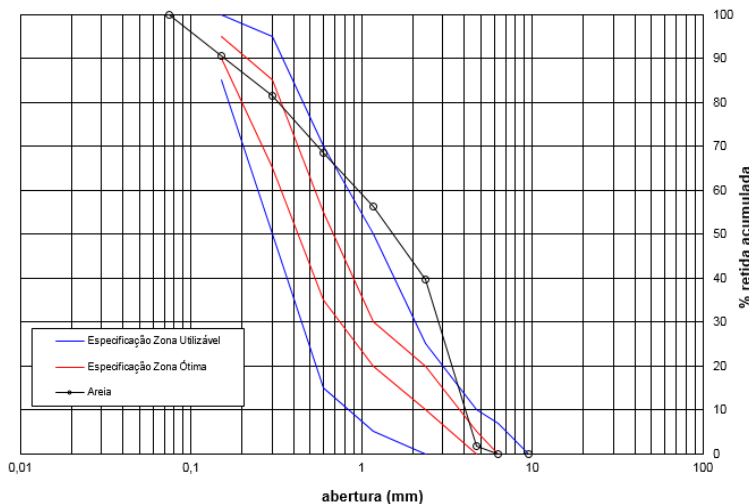


**Figura 5: Curva granulométrica do resíduo de vidro**

PENEIRAS		Abertura	Peso Retido (g)	% Retida	% Retida Acumulada
Normal	Auxiliar				
3"	-	75 mm		0,0	0,0
-	2 1/2"	63 mm		0,0	0,0
-	2"	50 mm		0,0	0,0
1 1/2"	-	37,5 mm		0,0	0,0
-	1 1/4"	31,5 mm		0,0	0,0
-	1"	25 mm		0,0	0,0
3/4"	-	19 mm		0,0	0,0
-	1/2"	12,5 mm		0,0	0,0
3/8"	-	9,5 mm		0,00	0,00
-	1/4"	6,3 mm		0,00	0,00
N.º 4	-	4,75 mm	3,2	1,60	1,60
N.º 8	-	2,36 mm	76,0	38,04	39,64
N.º 16	-	1,18 mm	33,0	16,52	56,16
N.º 30	-	0,6 mm	24,6	12,31	68,47
N.º 50	-	0,3 mm	25,7	12,86	81,33
N.º 100	-	0,15 mm	18,2	9,11	90,44
fundo	-	0,075 mm	19,1	9,56	100,00
Total			199,8	100,00	337,64

Peneiras (mm) →	% Retida Acumulada											
0,075	0,150	0,300	0,600	1,18	2,36	4,75	6,3	9,5	12,5	19	25	
Areia	100,0	90,4	81,3	68,5	56,2	39,6	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0



Fonte: Próprio Autor, 2015

Os dados obtidos por meio da curva granulométrica mostram que, para o resíduo do vidro, sua granulometria está totalmente condizente com a granulometria da areia natural, apresentando granulometria ligeiramente superior. Os dados obtidos mostram uma faixa superior à da especificação da zona ótima em aproximadamente 50% do material, mostrando que o material tem granulometria mais próxima da areia grossa do que da areia fina. Os demais 50% de material se enquadram dentro da zona utilizável.

### Corpos de Prova de Argamassa: Determinação do Índice de Consistência

Considerando a fixação do Índice de Consistência constante de  $22,0 \pm 1,0$  cm, a Tabela 4 fornece os dados de consistência para os traços estudados.

**Tabela 4: Índice de Consistência dos Traços.**

Índice de Consistência (cm)	Traços			
	Controle	25%	50%	75%
Medida 1	22,3	23,4	21,5	22,6
Medida 2	22,0	22,1	22,5	23,5
<b>Média</b>	<b>22,2</b>	<b>22,8</b>	<b>22,0</b>	<b>23,0</b>

Fonte: Próprio Autor, 2015.

De acordo com os dados acima, pode-se observar que as argamassas elaboradas sem e com adição de resíduo do vidro apresentaram consistência pouco distintas, dentro dos limites de índice de consistência pré-estabelecidos. Os dados mostram que a inclusão do resíduo proporciona uma redução do fator água/cimento, para manter a mesma fluidez das misturas.

De fato, tal redução do fator água/cimento dos compósitos pode estar relacionado à absorção nula de água por parte do vidro, na medida em que se aumenta o consumo de resíduo nas misturas, efetivando de certa forma um maior consumo de água de amassamento na medida em que se aumenta o consumo de vidro.

De maneira geral, todas as misturas apresentaram fluidez suficiente que pudesse garantir as operações de ensaio de consistência, transporte, moldagem, adensamento e acabamento dos corpos de prova. Da mesma forma, para todos os traços de argamassa, a trabalhabilidade da mesma também se mostrou adequada, sem a presença de exsudação nas misturas.

### Resistência à Compressão

Foram moldados corpos de prova com a utilização de resíduo de vidro em substituição à areia natural em teores iguais a 0% (controle), 25%, 50% e 75%, em massa de areia. A Tabela 5 mostra os valores de resistência à compressão dos traços empregados para os 7 dias de cura, enquanto que a Tabela 6 mostra os valores de resistência para os 28 dias de cura.

**Tabela 5: Resistência à Compressão de Argamassas para os traços controle, 25%, 50% e 75%, aos 7 dias de cura.**

Resistência à Compressão (MPa)	Traços – 7 dias de cura			
	Controle	25%	50%	75%
Medida 1	22,1	24,8	21,6	23,8
Medida 2	23,9	20,5	22,7	21,7
Medida 3	22,8	23,9	22,2	22,3
<b>Média</b>	<b>22,9</b>	<b>23,1</b>	<b>22,2</b>	<b>22,6</b>

Fonte: Próprio Autor, 2015

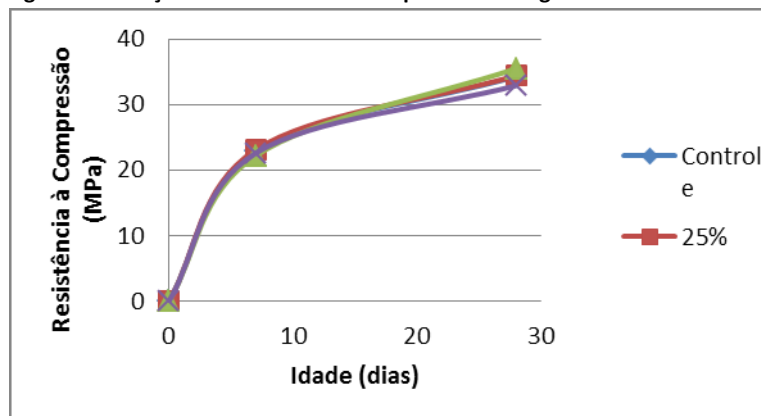
**Tabela 6: Resistência à Compressão de Argamassas para os traços controle, 25%, 50% e 75%, aos 28 dias de cura.**

Resistência à Compressão (MPa)	Traços – 28 dias de cura			
	Controle	25%	50%	75%
Medida 1	34,1	35,4	36,6	33,2
Medida 2	34,8	33,1	34,7	32,2
Medida 3	33,9	34,7	35,8	33,4
<b>Média</b>	<b>34,3</b>	<b>34,4</b>	<b>35,7</b>	<b>32,9</b>

Fonte: Próprio Autor, 2015

A partir dos dados obtidos anteriormente, a Figura 6 mostra a evolução dos valores de resistência à compressão dos traços empregados para os 7 e 28 dias de cura.

Figura 6: Evolução da Resistência à Compressão de Argamassas aos 7 e 28 dias de cura.



Fonte: Próprio Autor, 2015.

De maneira geral, observa-se que a substituição de areia natural por resíduo de vidro resultou em resistências à compressão próximas das argamassas sem adição de resíduo. As diferenças ainda são menos expressivas para as primeiras idades de cura. Para os 7 dias de cura, o traço com 25% de resíduo apresentou leve aumento em relação ao traço controle, ao passo que, para os 28 dias de cura, o traço com 50% apresentou aumento.

De certa forma, pode-se inferir que a inserção do resíduo de vidro nas misturas não alterou o comportamento entre a matriz de cimento e os agregados, considerando o vidro como um material de textura distinta à da areia natural. Conclui-se, portanto, que houve aderência suficiente entre o vidro e a pasta de cimento, não conduzindo, ao enfraquecimento da zona de transição na interface Pasta de Cimento/Agregado.

De maneira geral, fica evidente que o maior benefício será gerado pela substituição de 25% e 50%, em massa, de areia natural por resíduo de vidro, uma vez que um ligeiro aumento das resistências principalmente aos 28 dias de cura. Em se tratando de economia de material natural e valorização da utilização de resíduos no setor da construção civil, os resultados mostram a viabilidade da utilização de 50% de resíduo em relação à massa de areia, principalmente para a produção de traços que exijam resistências próximas à 35 MPa aos 28 dias de idade.

## CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade da utilização do resíduo de vidro em compósitos cimentícios, visando analisar suas propriedades físicas, químicas e mecânicas.

Analisando os resultados referentes à caracterização do cimento, conclui-se que suas características físicas, químicas e mecânicas atenderam todos os requisitos especificados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Em relação à caracterização dos agregados, pode-se inferir que a areia média natural apresenta faixa granulométrica compatível com os dados especificados em norma.

Os dados obtidos por meio da curva granulométrica mostram que, para o resíduo do vidro, sua granulometria está totalmente condizente com a granulometria da areia grossa natural, de tal modo que a curva obtida se enquadra na especificação da zona utilizável.

Diversos pesquisadores vêm trabalhando para conseguir a melhor maneira de determinar a proporção de cada material em concretos e argamassas, de maneira a obter-se uma mistura adequada para situações específicas com economia. Neste contexto, o trabalho também mostrou a aplicação de um método de dosagem para avaliar o desempenho mecânico em corpos de prova de argamassas.

A elaboração dos traços de argamassa foi conduzida de maneira efetiva, sendo definidos traços 1:3,0 em massa sem adição de vidro, além da inclusão de 25%, 50% e 75% de resíduo de vidro em relação à massa de areia natural.

O índice de consistência das misturas de argamassa produzidas foi mantido constante para os diferentes teores de substituição de vidro, mostrando que, quanto maior o teor de resíduo, menor foi o consumo de água das misturas, em função deste material apresentar absorção de água nula. Apesar de redução, a trabalhabilidade das misturas se mostrou adequada, não apresentando incapacidade para moldagem dos corpos de prova e presença de exsudação.

De maneira geral, observa-se que a substituição de areia natural por resíduo de vidro não alterou os valores de resistência à compressão das argamassas, para todos os teores de substituição. Essa diferença é pouco menos expressiva aos 7 dias de cura dos corpos de prova. Conclui-se, portanto, que houve aderência suficiente entre o vidro e a pasta de cimento, não conduzindo, portanto, ao enfraquecimento da zona de transição na interface Pasta de Cimento/Agregado, mesmo com consumos elevados do material alternativo.

Dessa forma, fica evidente que o teor de 25% e 50% de substituição de areia natural por resíduo de vidro proporciona propriedades mecânicas e de durabilidade compatíveis das argamassas sem adição de material alternativo.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, O. L. **Modernas Aplicações de Vidro**. Cadernos Temáticos de Química, Unicamp, v3, Campinas, São Paulo, 2009.

FRAGATA, A. et al. Incorporação de resíduos de vidro em argamassas de revestimento – avaliação da sua influência nas características da argamassa. **Anais do II Congresso Nacional de Argamassas de Construção**. Parque das Nações, Lisboa, 2007.

OLIVEIRA R. **Desempenho de Argamassas com incorporação de agregados finos de vidro – efeito filer e pozolânico**. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil. Instituto Superior Técnico. Lisboa, 2012, 282 p.

RIGHI, D. et al. Efeitos da Substituição de Areia por Vidro Moído no Comportamento de Concretos em Elevadas Temperaturas. **Revista Engenharia Estudo e Pesquisa**, v. 11, nº 2, p. 28-35, 2011.

LÓPEZ, D. A. R. et al. Avaliação das propriedades físicas e mecânicas de concretos produzidos com vidro cominuído como agregado fino. **Revista Cerâmica**, v. 12, nº 51, p. 318-324, 2005.



KOLLER, D. R. P. et al. Avaliação da resistência à compressão de argamassas produzidas com vidro moído. **Revista Ciências Naturais e Tecnológicas**, v. 8, n° 1, p. 17-23, 2007.

OLIVEIRA, R. et al. Incorporação de agregados finos de vidro em argamassas. **Revista Teoria e Prática na Engenharia Civil**, n° 21, p. 25-39, Maio, 2013.

SHAO, Y; LEFORT, T; S, MORAS; RODRIGUEZ, D. Studies on concrete containing ground waste glass. **Journal Cement and Concrete Research**. Elmsford, v.34, n° 1, p. 267-274, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBRNM-248**: Agregados – determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003. 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBRNM-46**: Agregados - determinação do material fino que passa através da peneira 75 micrometro, por lavagem. Rio de Janeiro, 2003. 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBRNM-53**: Agregado graúdo - determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2009. 8 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBRNM-30**: Agregado miúdo – determinação da absorção de água. Rio de Janeiro, 2001. 3 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBRNM-23**: Cimento portland e outros materiais em pó – determinação de massa específica. Rio de Janeiro, 2001. 5 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBRNM-76**: Cimento portland – determinação da finura pelo método de permeabilidade ao ar (método de blaine). Rio de Janeiro, 1998. 12 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-5733**. Cimento portland de alta resistência inicial. Rio de Janeiro, 1991. 5 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-7215**: Cimento portland – determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1997. 8 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS — ABNT. **NBR-5738**: Concreto – procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR-9935**: Agregados terminologia. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS — ABNT. **NBR-13276**: Argamassa para Assentamento e Revestimento de Paredes e Tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ISAIA, G. C. **Concreto: Ciência e Tecnologia**. 1. ed. São Paulo, IBRACON, 2011. 2v.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais**. 3. ed. São Paulo: IBRACON, 2008. 674 p.

SNIC. **Sindicato Nacional da Indústria de Cimento**. Disponível em: <<http://www.snic.org.br/>> Acesso em: 16 mar 2013.