

## **Estudo do comportamento mecânico de concretos incorporados com vidro de garrafas**

*Study of the mechanical behavior of concrete embedded with glass bottles*

*Estudio del comportamiento mecánico de concretos incorporados con vidrio de botellas*

### **Leticia Martelo Pagoto**

Mestrando, UNESP, Brasil.  
leppagoto@yahoo.com.br

### **Camile Letícia Kabori**

Engenheira Civil, Brasil.  
cami\_kabori@hotmail.com

### **Mário da Silva Junior**

Engenheiro Civil, Brasil.  
marios\_junior@hotmail.com

## RESUMO

Este projeto foi realizado para verificar a possibilidade de utilizar garrafas de vidro, recolhidas nas cidades, como resíduos em substituição ao agregado graúdo ou miúdo para concreto com fins estruturais, realizando ensaios de resistência à compressão em corpos-de-prova cilíndricos adicionando porcentagens de vidro estabelecidas. As etapas para a redução, de garrafas de vidro descartadas, a resíduos considerados finos e grossos, foram: limpeza do material, quebra manual das garrafas, utilização do aparelho Los Angeles e separação por granulometria. Foram utilizados seis traços neste estudo: controle (CV0), substituição em massa da areia por resíduo de vidro fino (#4,8 mm) nas porcentagens de 25 % (CVF25) e 50 % (CVF50), substituição da brita em massa por resíduo de vidro grosso (#19mm) nas porcentagens de 25 % (CVG25) e 50 % (CVG50) e substituição total em massa de areia e brita por resíduos finos e grossos (CV100). Para a realização do ensaio de resistência à compressão, foram moldados corpos-de-prova cilíndricos e ensaiados nas idades de 7 e 28 dias. Os resultados mostraram que para os traços CVF25 e CVF50 obtiveram valores de resistência mecânica superiores ao mínimo necessário para uso como concreto estrutural, podendo ser uma solução viável. Enquanto que os traços CVG25 e CVG50 atingiram valores próximos e sua utilização pode ser considerada. Já o traço CV100, apresentou valores inferiores aos demais, ou seja, não é uma opção viável.

**PALAVRAS-CHAVE:** Concreto. Resistência à compressão. Vidro.

## ABSTRACT

This project was carried out to test the possibility of using glass bottles, collected in the cities, as residues in substitution of the aggregate or small for concrete for structural purposes, performing compressive strength tests on cylindrical specimens by adding percentages of glass established. The steps for the reduction, from discarded glass bottles, to residues considered thin and thick, were: cleaning of the material, manual breaking of the bottles, use of the Los Angeles appliance and particle size separation. Six strokes were used in this study: control (CV0), bulk substitution of sand by fine glass residue (# 4.8 mm) in the percentages of 25 % (CVF25) and 50 % (CVF50), replacing the bulk gravel by 25 % (CVG25) and 50 % (CVG50) and total bulk substitution of sand and gravel by fine and coarse residues (CV100). For the compression strength test, cylindrical specimens were tested and tested at the ages of 7 and 28 days. The results showed that for the CVF25 and CVF50 traits they obtained values of mechanical resistance superior to the minimum necessary for use as structural concrete, being able to be a viable solution. While the traces CVG25 and CVG50 reached close values and their use can be considered. On the other hand, CV100 presented lower values than others, that is, it is not a viable option.

**KEY WORDS:** Concrete. Compressive Strength. Glass.

## RESUMEN

Este proyecto fue realizado para probar la posibilidad de utilizar botellas de vidrio, recogidas en las ciudades, como residuos en sustitución del agregado grueso o chiquito para concreto con fines estructurales, realizando ensayos de resistencia a la compresión en cuerpos de prueba cilíndricos añadiendo porcentajes de vidrio establecidas. Las etapas para la reducción, de botellas de vidrio descartadas, a residuos considerados finos y gruesos, fueron: limpieza del material, rotura manual de las botellas, utilización del aparato Los Ángeles y separación por granulometria. Se utilizaron seis rasgos en este estudio: control (CV0), sustitución en masa de la arena por residuo de vidrio fino (# 4,8 mm) en los porcentajes de 25 % (CVF25) y 50 % (CVF50), sustitución de la brida en masa por 25% (CVG25) y 50 % (CVG50) y sustitución total en masa de arena y gruesa por residuos finos y gruesos (CV100). Para la realización del ensayo de resistencia a la compresión, fueron moldeados cuerpos de prueba cilíndricos y ensayados en las edades de 7 y 28 días. Los resultados mostraron que para los trazos CVF25 y CVF50 obtuvieron valores de resistencia mecánica superiores al mínimo necesario para uso como concreto estructural, pudiendo ser una solución viable. Mientras que los trazos CVG25 y CVG50 alcanzaron valores cercanos y su utilización puede ser considerada. Ya el trazado CV100, presentó valores inferiores a los demás, o sea, no es una opción viable.

**PALABRAS CLAVE:** Hormigón. Resistencia a la compresión. Vidrio.

## 1 INTRODUÇÃO

A crescente utilização dos recursos naturais não-renováveis na indústria da construção civil vem se tornando cada dia mais preocupante, pois além da futura escassez desses recursos, há a deterioração do meio ambiente.

A conscientização da população em preservar o meio ambiente vem aumentando sensivelmente com as condições do meio, e a construção civil é um aliado dessa questão, buscando uma utilização viável de materiais descartados para produção de concretos, argamassas, entre outros.

Materiais como “embalagens de vidro podem ser totalmente reaproveitadas no ciclo produtivo da reciclagem do vidro, sem nenhuma perda de material. A reutilização do vidro para a produção de novas embalagens consome menor quantidade de energia e emite resíduos menos particulados de CO<sup>2</sup>, contribuindo para a preservação do meio ambiente”, e no ano de 2007, 49 % dos vidros descartados no Brasil eram reciclados (ABIVIDRO, 2017).

O vidro é uma substância inorgânica, homogênea e amorfa, obtida através do resfriamento de uma massa em fusão, além disso, suas principais qualidades são a transparência e a dureza. Esse material tem incontáveis aplicações nas mais variadas indústrias, dada suas características de inalterabilidade, dureza, resistência e propriedades térmicas, ópticas e acústicas, tornando-se um dos poucos materiais ainda insubstituíveis, estando cada vez mais presente nas pesquisas de desenvolvimento tecnológico para o bem-estar do homem.

O vidro pode ser eficiente dentro da construção civil, quando utilizado para substituir a areia e brita comumente utilizadas nos traços de cimento sem alterações significativas em sua resistência, isso porque os principais componentes do vidro simples e suas funções são: sílica (74 %), vitrificante; sódio (12 %), baixa o ponto de fusão da sílica; cálcio (9 %), estabilidade; magnésio (2 %), resistência mecânica e alumina (3 %), resistência.

## 2 OBJETIVO

O objetivo desta pesquisa é analisar a resistência mecânica de concretos produzidos com incorporação de garrafas de vidro descartadas pela população, substituindo os agregados naturais areia e brita, pelo resíduo de vidro em duas granulometrias, fino (# 4,8mm) e grosso (# 19mm), com a finalidade de uso estrutural.

## 3 METODOLOGIA

### 3.1 MATERIAIS

Os materiais utilizados para a confecção dos traços de concreto em estudo foram: aglomerante (cimento Portland- CII F32), areia grossa e brita 1 de origem natural, e resíduos de vidro.

Para a obtenção dos resíduos de vidro empregados nos traços, foram utilizadas garrafas de vidro coletadas na cidade de Penápolis- SP, as quais seriam descartadas pela população em possíveis locais inadequados.

As garrafas primeiramente foram limpas de impurezas como resíduos de bebidas e rótulos de identificação. A redução das garrafas em resíduos de vidro foi iniciada com a quebra manual, utilizando martelos e posteriormente foram encaminhados para o Laboratório de Ensaio de Materiais do CETEC, Lins, SP; inicialmente para tentar reduzir os pedaços de vidro, foi encaminhado para o aparelho Los Angeles, totalizando 39,895 Kg. Para a separação das

frações utilizadas na substituição dos agregados naturais, foram utilizadas as peneiras de análise granulométrica. O material passado na peneira #4,8 mm (Figura 1) foi considerado fino (15,946 Kg) e o passado na peneira #19 mm e retido na peneira de #4,8 mm (Figura 2) foi considerado grosso (20,806 Kg). O restante, retido na peneira #19 mm, foi descartado (3,143 Kg).

**Figura 1: Resíduo de vidro fino**



Fonte: Autores, 2013.

**Figura 2: Resíduo de vidro grosso**



Fonte: Autores, 2013.

### **3.2 DETERMINAÇÃO DA MASSA UNITÁRIA**

A determinação de massa unitária foi realizada conforme a NBR 7251 (ABNT, 1982). Este ensaio foi realizado para a brita, areia e resíduos de vidro fino e grosso, como mostra a Tabela 1:

**Tabela 1: Resultados de massa unitária**

Materiais	Massa unitária (Kg/m <sup>3</sup> )
Brita	1,364
Areia	1,577
Resíduo de vidro fino	1,663
Resíduo de vidro grosso	1,333

Fonte: Autores, 2013

### 3.3 DETERMINAÇÕES DOS TRAÇOS

Foram analisados seis traços: controle (CV0), substituição em massa da areia por resíduo de vidro fino (#4,8 mm) nas porcentagens de 25 % (CVF25) e 50 % (CVF50), substituição da brita em massa por resíduo de vidro grosso (#19mm) nas porcentagens de 25 % (CVG25) e 50 % (CVG50) e substituição total em massa de areia e brita por resíduos finos e grossos (CV100).

A Tabela 2 mostra as dosagens dos materiais utilizados na confecção dos traços:

**Tabela 2: Dosagens dos traços**

Traços	Cimento (Kg)	Areia (Kg)	Brita (Kg)	Água (L)	Relação a/c	Resíduo de vidro fino (Kg)	Resíduo de vidro grosso (Kg)
CV0	1,000	2,787	2,975	0,710	0,71	-	-
CVF25	2,983	6,235	8,875	2,000	0,67	2,188	-
CVF50	2,983	4,156	8,875	2,000	0,67	4,156	-
CVG25	2,983	8,313	6,656	2,100	0,70	-	2,170
CVG50	1,794	5,000	4,004	1,330	0,74	-	1,305
CV100	2,000	-	-	1,500	0,75	5,574	5,950

Fonte: Autores, 2013

### 3.4 PREPARAÇÃO DOS CORPOS-DE-PROVA

Os traços estudados foram executados e moldados os corpos-de-prova de acordo com a metodologia da NBR 5738 (ABNT, 2003). Após as 24 horas da moldagem, foram desmoldados e levados à cura em câmara úmida, permanecendo até as datas de ensaios (7 e 28 dias).

### 3.5 ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Os corpos-de-prova foram ensaiados segundo a NBR 5739 (ABNT, 2007).

## 4 RESULTADOS

Os resultados do ensaio de resistência à compressão dos corpos-de-prova cilíndricos de concreto foram analisados e seus valores médios estão apresentados nas Tabelas 3 e 4.

**Tabela 3: Resistência à compressão aos 7 dias**

Traços	Resistência (MPa)
CV0	15,50
CVF25	12,70
CVF50	11,90
CVG25	12,55
CVG50	11,80
CV100	4,70

Fonte: Autores, 2013

**Tabela 4: Resistência à compressão aos 28 dias**

Traços	Resistência (MPa)
CV0	25,50
CVF25	20,25
CVF50	20,75
CVG25	19,45
CVG50	19,80
CV100	7,30

Fonte: Autores, 2013

Pode-se observar no ensaio de resistência à compressão aos 7 e 28 dias que os traços com incorporação de resíduos de vidro apresentaram resistência inferior ao piloto, porém não houve grande diferença entre as substituições de 25 % e 50 % tanto do resíduo fino quanto do grosso.

Os traços CVF25 e CVF50 obtiveram resultados de resistência superiores aos traços CVG25 e CVG50, mostrando que a utilização dos resíduos mais finos pode apresentar melhores características mecânicas de resistência e aderência com a pasta de cimento.

Como já é esperado, quando há substituição dos agregados naturais por outros tipos de materiais, a resistência é menor quando comparado ao controle. Esta perda de resistência é mostrada na Tabela 5:

**Tabela 5: Perda de resistência**

Traços	7 dias (%)	28 dias (%)
CVF25	18,1	20,6
CVF50	23,2	18,6
CVG25	19,0	23,7
CVG50	23,9	22,3
CV100	69,7	71,4

Fonte: Autores, 2013

O aumento de resistência à compressão de 7 para 28 dias está apresentado na Tabela 6, e pode-se observar que os traços com substituição de 50 % (CVF50 e CVG50) tiveram maior aumento de resistência que o controle.

**Tabela 6: Aumento de resistência**

Traços	Aumento de resistência (%)
CV0	64,5
CVF25	59,5
CVF50	74,4
CVG25	55,0
CVG50	67,8
CV100	55,3

Fonte: Autores, 2013

Após ensaiados os corpos-de-prova dos traços CVG25, CVG50 e CV100, foi observado a falta de aderência entre a pasta de cimento e os resíduos de vidro grosso, Figura 3, pois os resíduos de vidro se soltavam facilmente.

Figura 3: Corpos-de-prova ensaiados



Fonte: Autores, 2013.

## 5 CONCLUSÃO

Pode-se concluir que as substituições de 25 % e 50 % de agregado miúdo por resíduo de vidro fino foram viáveis, pois seus valores de resistência mecânica foram superiores ao mínimo necessário para uso como concreto estrutural. As substituições de 25 % e 50 % com resíduo grosso não chegaram ao valor mínimo de 20 MPa, porém pode-se considerar sua utilização para concreto não estrutural. Mesmo com os resultados satisfatórios, é necessário avaliar outras propriedades desses traços que não foram consideradas neste estudo.

O traço CV100 apresentou valores significativamente inferiores aos demais, o que mostra sua inviabilidade.

Nos traços com substituição de agregado graúdo por resíduo de vidro grosso, foi observada a falta de aderência entre o vidro e a pasta de cimento, o que pode ser explicado pelo fato do vidro não apresentar uma superfície rugosa e porosa como os agregados naturais.

## AGRADECIMENTO

Agradecemos ao LEM- CETEC (Laboratório de Ensaio de Materiais) pelo espaço e disponibilidade para a realização dos ensaios dessa pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIVIDRO. Reciclagem no Brasil – Infográfico. Disponível em: < <http://www.abividro.org.br/reciclagem-abividro/reciclagem-no-brasil>> Acesso em: 13 de outubro de 2017.

ABIVIDRO. Benefícios da Reciclagem do Vidro. Disponível em: < <http://www.abividro.org.br/reciclagem-abividro/beneficios-da-reciclagem-do-vidro>> Acesso em: 13 de outubro de 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. NBR 7251: Agregado em estado solto. Determinação de massa unitária. Rio de Janeiro, 1982.



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. NBR 5738: Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. NBR 5739: Concreto- ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.