

ALTERNATIVA AO CAPEAMENTO DE CORPOS DE PROVA DE CONCRETO¹

Cláudio Luiz Dias Leal²
Carlos José da Luz Pessanha³
Guilherme Mesquita Fiúza³
Jennifer Pereira Caldeira³
Norberto Gomes Pedra Júnior³

Resumo

No Brasil a resistência à compressão do concreto é determinada através do rompimento de corpos de prova cilíndricos com dimensões de diâmetro e altura: 15X30cm ou 10X20cm. Para garantir a boa distribuição da carga aplicada ao corpo de prova, durante o ensaio de compressão axial, faz-se o tratamento dos topos com uma mistura de enxofre, cimento ou fíler e negro de fumo. O resíduo do corte de mármore e granitos é originado do processo de serragem dos blocos mármore e granitos, para produção de placas semi-acabadas. Durante o processamento da cana de açúcar para fabricação de açúcar e álcool, são produzidas grandes quantidades de bagaço de cana. O bagaço de cana queimado nas caldeiras das usinas de açúcar, para geração de energia térmica e elétrica, dá origem a uma cinza que fica em suspensão e é recuperada por arraste hidráulico. Este estudo apresenta a mistura de açúcar, resíduo do corte de mármore e granitos e cinza do bagaço de cana de açúcar como uma alternativa ao capeamento dos corpos de prova de concreto feito com enxofre.

Palavras-chave: Concreto; Capeamento; Açúcar; Resíduo do corte de mármore e granitos.

ALTERNATIVE TO THE MORTAR CAP OF CONCRETE SPECIMENS

Abstract

In Brazil the compressive strength of concrete is determined through the specimens cylindrical breakout with dimensions of diameter and height: 15x30cm or 10x20cm. To provide a good distribution of the load applied to the specimens, in the axial compression test, the treatment of tops is done with a mixture of sulphur, cement or filler and carbon black. The waste of marbles and granites cuts is originated from the scobs process of marble and granites blocks, for production of half-finished plates. The sugar cane processing for the fabrication of sugar and alcohol generates great amounts of sugar cane pulp. The sugar cane pulp burnt in boilers in the sugar factories, for generation of electrical and thermal energy, it produces an ash that remains in suspension and it is recovered by hydraulic drag. This study presents the mixture of sugar, waste of marbles and granites cuts and sugar cane pulp ashes as an alternative to the mortar cap of concrete done with sulphur.

Key words: Concrete; Mortar cap; Sugar cane; Waste of marbles and granites cuts.

¹ Contribuição técnica ao 62º Congresso Anual da ABM – Internacional, 23 a 27 de julho de 2007, Vitória – ES, Brasil.

² MSc Eng. Civil, Professor do Centro Federal de Educação Tecnológica de Campos – RJ; Pesquisador do Núcleo de Pesquisas Aplicadas à Arquitetura e Construção Civil; Doutorando, PROPP – Universidade Federal Fluminense.

Rua Dr. Siqueira – 273 – Parque Dom Bosco – Campos dos Goytacazes – RJ.; CEP 28030-000 Tel: (22) 27262840 – Fax: (22) 27333079 E-mail: cleal@cefetcampos.br

³ Aluno do Curso de Construção Civil – CEFET-CAMPOS.

1 INTRODUÇÃO

A resistência à compressão é a propriedade mais usada para definir a qualidade de um concreto. O valor indica diretamente a capacidade que o concreto terá para resistir a esforços estruturais aos quais será submetido. Além disso, existem correlações que podem facilitar a determinação do valor de uma outra propriedade do concreto a partir do conhecimento da resistência à compressão

No Brasil a resistência à compressão do concreto é determinada através do rompimento de corpos de prova cilíndricos com dimensões de diâmetro e altura: 15X30cm ou 10X20cm. Para garantir a boa distribuição da carga aplicada ao corpo de prova, durante o ensaio de compressão axial, faz-se o tratamento dos topos com uma mistura de enxofre, cimento ou filer e negro de fumo. Esta mistura apresenta propriedades elásticas semelhantes ao concreto.

O resíduo do corte de mármore e granitos é originado do processo de serragem dos blocos mármore e granitos, para produção de placas semi-acabadas. No Brasil, são geradas cerca de 240.000 toneladas de RCMG por ano, criando problemas ambientais, de estocagem e de manutenção de depósitos.⁽¹⁾

O corte dos blocos é feito com auxílio da lama do próprio processo, que tem o objetivo de resfriar as lâminas e servir como veículo abrasivo. A lama é constituída de pó, gralha e água. Quando a viscosidade da lama torna-se inadequada ao uso como veículo abrasivo, é descartada em lagoas ou barragens de deposição e até mesmo diretamente nos rios, causando sérios problemas ambientais.⁽²⁾

A cana de açúcar é uma gramínea originária da Ásia, cultivada em países tropicais e subtropicais, usada para produção de açúcar e álcool. Os principais produtores mundiais são o Brasil, Cuba, Índia, México e China.⁽³⁾ Hoje o Brasil é o maior produtor mundial de cana de açúcar, com uma área plantada de aproximadamente 5 milhões de hectares, além de possuir o maior programa de energia renovável do mundo. A produção brasileira de açúcar ao final da safra 2005/06 totalizou 22,05 milhões de toneladas.⁽⁴⁾

Durante o processamento da cana de açúcar para fabricação de açúcar e álcool, são produzidas grandes quantidades de bagaço de cana. A maior parte do bagaço é usada para geração de energia térmica e elétrica, tornando a indústria sucroalcooleira uma das únicas a ser produtora e consumidora de energia renovável. O bagaço de cana queimado nas caldeiras das usinas de açúcar dá origem a uma cinza que fica em suspensão e é recuperada por arraste hidráulico.⁽²⁾

Este estudo apresenta a mistura de açúcar, resíduo do corte de mármore e granitos e cinza do bagaço de cana de açúcar como uma alternativa ao capeamento dos corpos de prova de concreto feito com enxofre. Apesar de ser eficiente, este tipo de capeamento apresenta como inconveniente sua agressividade à saúde do trabalhador. O processo de fusão do enxofre libera gás sulfídrico que é altamente tóxico. Além disso, se houver combustão, há formação de dióxido de enxofre, também extremamente tóxico e agressivo à pele, olhos e vias respiratórias.

Assim, o capeamento com açúcar, resíduo do corte de mármore e granitos e cinza do bagaço de cana de açúcar pode contribuir para melhoria da saúde do trabalhador bem como proporcionar um ganho ambiental, com o aproveitamento de resíduos que normalmente eram descartados na natureza.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais usados no estudo foram inicialmente caracterizados, depois foi dosado um concreto para ser submetido ao ensaio de compressão axial.

2.1 Caracterização dos Materiais

Para a confecção do concreto foram usados materiais fornecidos pela empresa Policam Campos Biotecnologia, sendo o cimento Nassau - CP III – 40, a brita originada da Pedreira Itereré e areia do Rio Paraíba do Sul. A Usina de Açúcar COAGRO, situada em Campos, forneceu a cinza do bagaço de cana de açúcar. O resíduo do corte de mármore e granitos foi coletado na área de deposição da empresa IMIL, situada no município de Italva. A Figura 1 mostra aspectos da área de deposição do resíduo do corte de mármore e granitos:



Figura 1 – Área de deposição do RCMG em Italva –RJ.

A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos após os ensaios de caracterização dos materiais.

Tabela 1 – Características dos agregados e resíduo

Abertura (mm)	Porcentagem Retida Acumulada (%)			
	Brita 1	Areia	RCMG	Cinza
19	3,8	0	0	0
12,5	75,0	0	0	0
9,5	93,6	0	0	0
4,8	99,5	1,2	0	0
2,4	-	6,2	0	0
1,2	-	27,4	0	0
0,6	-	80,9	0	0
0,3	-	97,8	0,7	7,5
0,15	-	99,9	1,9	18,2
Dimensão Máxima (mm)	19,0	4,8	-	-
Módulo de Finura	-	3,1	-	-
Massa Específica Real (kg/m ³)	2730	2635	2775	1951
Massa Unitária Compactada (kg/m ³)	1565	-	-	-
Massa Unitária Solta (kg/m ³)	1442	1437	-	-

2.2 Dosagem do Concreto

A dosagem do concreto foi feita usando-se o método da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), adaptação do método do American Concrete Institute (ACI) para as condições brasileiras. O traço determinado foi o seguinte: 1 : 2,28 : 3,06 : 0,56, com abatimento do tronco de cone 70±10 mm.

Imediatamente após a fixação do traço de concreto foram moldados 30 corpos de prova cilíndricos de diâmetro 10 cm por 20 cm de altura, para serem submetidos ao ensaio de resistência à compressão axial.

2.3 Moldagem e Cura

Os corpos de prova foram moldados segundo procedimentos estabelecidos na NBR 5738 (5). No instante da moldagem as condições do laboratório eram: umidade relativa 62% e temperatura 26 °C. Decorridas 24 horas após a moldagem, os corpos de prova foram retirados do molde e levados à câmara úmida, onde permaneceram até a idade de ruptura.

2.4 Capeamento

O capeamento dos corpos de prova foi feito em duas etapas, na primeira foi usada uma mistura de referência com enxofre e cimento. Para segunda etapa usou-se a mistura alternativa com açúcar, resíduo do corte de mármore e granitos e cinza do bagaço de cana de açúcar.

Inicialmente os materiais foram misturados na proporção 3 : 1, em massa, respectivamente de enxofre e cimento. A mistura foi aquecida até a fusão (140 °C) e levada à máquina de capeamento, onde assentou-se o corpo de prova.

A mistura alternativa usou a proporção 3 : 1, em massa, de açúcar e resíduo do corte de mármore e granitos. Adicionou-se, ainda, à mistura 3% em massa de cinza do bagaço de cana de açúcar. Aqueceu-se a mistura até a fusão, aproximadamente 135 °C. O endurecimento da mistura, após a colocação na máquina de capeamento e o assentamento do corpo de prova, aconteceu depois de 3 minutos para cada face do corpo de prova. A Figura 2 mostra detalhes da operação de capeamento:



Figura 2 – Capeamento dos corpos de prova.

2.5 Ensaio de Resistência à Compressão Axial

Os corpos de prova foram rompidos com sete dias de idade. O ensaio de resistência à compressão axial foi executado segundo a NBR 5739 (6). Dessa maneira, os corpos de prova foram submetidos a um carregamento crescente, com a prensa aplicando a carga em velocidade compreendida entre 0,3 e 0,8 Mpa/s, até o rompimento.

Para os corpos de prova capeados com a mistura alternativa, foi necessário colocar um filme plástico entre a superfície capeada e o prato da prensa, com o objetivo de evitar aderência do capeamento ao prato.

Para o cálculo da resistência à compressão empregou-se a expressão:

$$f_c = \frac{\text{Carga (N)}}{\text{Área do corpo de prova (mm}^2\text{)}} \text{ (MPa)} \quad \text{(Equação 1)}$$

A Figura 3 apresenta detalhes da execução do ensaio :



Figura 3 – Rompimento dos corpos de prova.

3 RESULTADOS E ANÁLISES

Para verificar a influência do capeamento alternativo no resultado da resistência à compressão do concreto foi empregada a ferramenta estatística análise de variância um fator. A análise de variância é um método poderoso para identificar diferenças entre médias populacionais devido a diversas causas atuando sobre os elementos da população.⁽⁷⁾ A tabela 2 apresenta os resultados do ensaio de resistência à compressão:

Tabela 2 – Resultados do ensaio de resistência à compressão

Corpo de Prova nº	Capeamento - Enxofre		Capeamento – Açúcar	
	Carga (N)	f _c (Mpa)	Carga (N)	f _c (Mpa)
1	87500	11,1	77500	9,9
2	64500	8,2	80500	10,3
3	68000	8,7	67000	8,5
4	65000	8,3	70500	9,0
5	67500	8,6	73000	9,3
6	73500	9,4	77000	9,8
7	83000	10,6	74500	9,5
8	74500	9,5	77500	9,9
9	82000	10,4	69500	8,9
10	85500	10,9	75000	9,6
11	80000	10,2	75000	9,6
12	71000	9,0	80000	10,2
13	78000	9,9	67500	8,6
14	67500	8,6	72000	9,2
15	82500	10,5	71500	9,1

Após a tabulação dos resultados foi usado o método análise de variância para verificar o efeito do capeamento de açúcar no resultado do ensaio de resistência à compressão do concreto, usando-se nível significância 5%. A Tabela 3 apresenta o quadro análise de variância. O teste de hipóteses formulado foi o seguinte:

H_0 : O capeamento com açúcar não altera o resultado do ensaio de resistência à compressão do concreto.

H_1 : O capeamento com açúcar altera o resultado do ensaio de resistência à compressão do concreto.

Tabela 3 – Quadro da análise de variância

RESUMO

<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
Coluna 1	15	143,9	9,593	0,980
Coluna 2	15	141,4	9,427	0,299

ANOVA

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F_{calculado}</i>	<i>valor-P</i>	<i>F_{crítico}</i>
Entre grupos	0,208	1	0,208	0,326	0,573	4,195
Dentro dos grupos	17,899	28	0,639238			
Total	18,107	29				

Após a análise dos resultados apresentados na Tabela 3, verifica-se que $F_{\text{calculado}} < F_{\text{crítico}}$, dessa forma a hipótese nula deve ser aceita. Portanto, o capeamento com açúcar não causa alteração significativa no resultado do ensaio de resistência à compressão do concreto.

A Figura 4 apresenta o gráfico resistência à compressão média X tipo de capeamento.

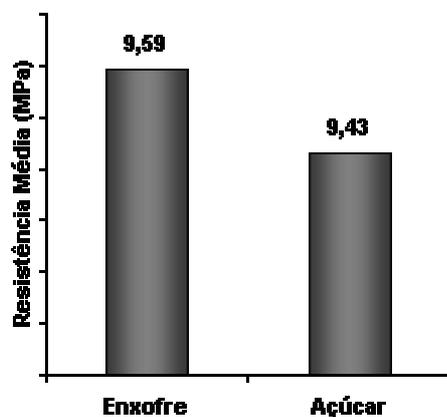


Figura 4 – Resistência média X tipo de capeamento.

A análise da Figura 4 permite concluir que há alteração no valor médio da resistência à compressão do concreto quando foi usado o capeamento com açúcar, entretanto a análise estatística mostrou que essa alteração não é significativa.

4 CONCLUSÕES

A análise dos resultados, apoiada em ferramentas estatísticas, permite concluir que o capeamento com açúcar mostrou-se bastante eficiente, não apresentando diferença significativa do capeamento com enxofre.

Como vantagem do uso do capeamento com açúcar destaca-se o benefício à saúde do trabalhador, pois os materiais utilizados no processo não emitem nenhum gás tóxico.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Núcleo de Pesquisas Aplicadas à Arquitetura e Construção Civil do CEFET-CAMPOS, a COAGRO e a POLICAN-CAMPOS BIOTECNOLOGIA LTDA pelo apoio a esta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- 1 BIGNO, IZABELLA CASTRO. Aproveitamento do Resíduo de Corte de Rochas Ornamentais como Fíler Mineral em Materiais Compósitos de Matriz Polimérica e Cimentícea. Niterói, 2002. 149 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal Fluminense. Niterói, 2002.
- 2 LEAL, CLÁUDIO LUIZ DIAS. Adição de Rejeitos Granulares aos Concretos Asfálticos. Niterói, 2004. 256 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal Fluminense. Niterói, 2004.
- 3 STAEL, GYOVANE DAS CHAGAS. Preparação de Materiais Compósitos de Bagaço de Cana de Açúcar e Caraterização por Propriedades Mecânicas e RMN no Estado Sólido. – Campos dos Goytacazes, 1997. 160 p. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade Estadual do Norte Fluminense. Campos dos Goytacazes, 1997.
- 4 UNIÃO DA AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA DE SÃO PAULO. Açúcar e Álcool do Brasil. Disponível em: <http://www.portalunica.com.br>. Acesso em 04 ago. 2006.
- 5 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738. Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 2003.
- 6 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739. Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 1994.
- 7 NETO, PEDRO LUIZ DE OLIVEIRA COSTA. Estatística. 17 ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 1977.