

Estudo para o aproveitamento de resíduos pétreos de marmorarias, como agregados para concreto de cimento Portland

Fábio Conrado de Queiroz

Tecnólogo – FATEC;
Mestre em Habita o – IPT-USP;
Assistente de Pesquisa – IPT-USP.
São Paulo – SP [Brasil]
fconrado@ipt.br

Maria Heloisa Barros de Oliveira Frasc 

Doutora em Ciências – Instituto de Geociências – USP;
Pesquisadora – IPT-USP.
São Paulo – SP [Brasil]
mheloisa@ipt.br

Neste artigo, apresenta-se um estudo para o aproveitamento de resíduos pétreos de marmorarias como agregado para concreto de cimento Portland. Inicialmente, os materiais foram selecionados e classificados pelo seu tipo litológico. Posteriormente, foram reagrupados para cominui o em um britador de mandíbulas, para obten o dos agregados necessários. Foram feitos diversos ensaios para a caracteriza o tecnológica do material, visando avaliar o uso do material como agregado e direcionando a aplica o do produto gerado na elabora o de concreto de cimento Portland. Foram feitas algumas simula es de dosagens de concreto, com moldagens de corpos-de-prova, com varia es na composi o do agregado graúdo e miúdo, nas rela es água/cimento e porcentagem de argamassa. Posteriormente (após período de cura), os corpos-de-prova foram submetidos a ensaio de compressão uniaxial aos 7, 14 e 28 dias. Independente das características das simula es, os concretos produzidos apresentaram resistências semelhantes e em torno de 35 MPa, o que demonstra que o agregado gerado   apropriado para uso em concreto.

Palavras-chave: Agregado. Reciclagem. Resíduo pétreo.
Resíduo sólido.



1 Introdução

As atividades extrativas e industriais no setor de rochas ornamentais costumemente geram resíduos nos mais variados volumes, toxicidades e graus de aproveitamento. O acabamento final, produção de peças e ladrilhos personalizados e outros serviços, caracteristicamente desenvolvidos por empresas denominadas marmorarias, também geram resíduos, dos quais a maior parte são fragmentos de diversos tipos de rochas, com formas irregulares e espessuras variadas, resultantes de quebras e recortes que ocorrem durante o manuseio de chapas e que, em geral, são descartados e dispostos nem sempre de maneira regular. É desejável que haja um aproveitamento técnico e econômico à simples disposição em locais, adequados ou inadequados, visando à redução de impactos ambientais, além de benefícios sociais e econômicos. Deve-se, também ter em vista o atendimento às disposições legais na questão da política e gestão de resíduos sólidos vigentes, em elaboração ou em implantação nos níveis municipal, estadual e federal.

A realização deste trabalho foi norteada para efetivar melhor aproveitamento dos recursos naturais, minimização da geração de resíduos e consequentes impactos ambientais. Com base na legislação atual, focou-se no uso dos resíduos pétreos de marmorarias na construção civil, desde que estabelecidas e implantadas técnicas de manejo, triagem e reciclagem.

1.1 Resíduos – conceitos e legislação

A conceituação e a proposição de procedimentos para gestão de resíduos sólidos têm sido alvo recente de diversos órgãos governamentais. Por isso, embora aparentemente similares, ainda não há uniformidade nas conceituações, o que muitas vezes confunde os interessados.

No tocante à reciclagem e usos de agregados, há pouca informação disponível, inversamente à ampla gama de temas de pesquisa no assunto.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), em 2004 publicou a norma NBR 10004, contendo a classificação de resíduos sólidos: “[...] resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam da atividade da comunidade, de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição.”

Os resíduos, segundo ABNT (2004a), são distinguidos em três classes: I – perigosos; II – não inertes; e III – inertes. Entre os resíduos inertes, menciona como exemplo as rochas.

As diretrizes, definições, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil foram estabelecidos na Resolução 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), em 2004.

1.2 Usos de agregados reciclados

Os agregados, graúdos e miúdos, são materiais com vasto uso na construção civil, com destaque para concreto, argamassa, pavimentação, enrocamento, lastro de ferrovias e quebra-mar.

Os agregados reciclados, por sua vez, têm sido aproveitados para execução de camadas de reforço de subleito, sub-base e base para pavimento, tratados na norma NBR 15115: *Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: execução de camadas de pavimentação. Procedimentos* (ABNT, 2004b).

No âmbito do CB-18, da ABNT, tem-se a NBR 15116: *Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural. Requisitos* (ABNT, 2004c).

Quanto ao uso de agregados gerados de resíduos de rochas ornamentais e para revestimento na construção civil ou na fabricação de concreto, ain-

da há pouco material publicado no Brasil. Alguns trabalhos encontrados na literatura evidenciam pesquisas com os resíduos da serragem de granitos e mármore, conhecidos como “lama”, como adição para produção de concreto (GONÇALVES; MOURA, 2002), na mistura com solo para aterros (MOURA; GONÇALVES 2002), na produção de concreto auto-adensável (LISBÔA, 2004) e o uso dos finos de serragem, polimento e lustro de rochas para revestimento (MELLO et al., 2004) na fabricação de cimento.

2 Resíduos pétreos de marmorarias do município de São Paulo

O município de São Paulo tem grande quantidade de empreendimentos relacionados ao acabamento e à confecção de peças para revestimento ou decoração de edificações. Isto, aliado aos resíduos gerados nesses processamentos, assume grande volume, que permite o estudo da viabilidade técnica de reciclagem para uso na construção civil, agora na forma de agregados.

Vislumbra-se, assim, que o aproveitamento desses resíduos como agregados – graúdo e miúdo – deva encontrar mercado consumidor no município de São Paulo podendo beneficiar empreendimentos sociais de baixo custo e tornar-se matéria-prima para peças pré-moldadas.

Este trabalho enfoca a utilização de materiais de boa qualidade tecnológica, na forma de aparas ou retalhos de rochas de revestimento que, após britagem, constituem agregados que podem ser utilizados na composição de concretos de cimento Portland.

3 Método de trabalho

Para a consecução do trabalho foram realizadas várias atividades, assim discriminadas

- 1) visita a marmorarias para reconhecimento e seleção dos materiais;
- 2) classificação dos materiais;
- 3) fragmentação (britagem) dos resíduos pétreos coletados nas marmorarias;
- 4) execução de ensaios tecnológicos nos agregados gerados visando conhecer as principais características da brita gerada, para compará-las com as propriedades típicas das pedras britadas convencionais;
- 5) verificação da adequabilidade tecnológica da brita produzida na elaboração de concreto de cimento Portland;
- 6) produção experimental de concreto utilizando duas formulações distintas objetivando avaliar a resistência mecânica de cada uma.

A seguir são detalhadas as atividades realizadas.

3.1 Materiais

As amostras estudadas de três marmorarias representativas dos serviços rotineiros foram compostas de resíduos separados e pesados para conhecimento dos tipos litológicos e das quantidades de materiais enviados de cada uma. De acordo com os tipos rochosos reconhecidos em cada amostra, foram separados cinco grupos: “granitos” (compostos por granitos propriamente ditos, gnaiesses e outros materiais de textura e cor variadas); “mármore” (com e sem tela de reforço), ardósias, quartzitos e serpentinitos. A participação dos diferentes tipos de rocha no volume total de resíduos está representada na Figura 1.

Os dados mostram que “granitos” é o tipo rochoso predominante, seguido pelos “mármore” (tipo “Branco Espírito Santo”, “Crema Marfil”, “Carrara” e outros). Mármore telados fazem parte desse grupo e foram incluídos na caracterização, para se verificar possíveis influências nos ensaios e resistências. Ardósias, quartzitos e



serpentinitos são tipos rochosos que perfazem cerca de 10% dos materiais amostrados, que podem ou não estar presentes nos resíduos das diferentes empresas, encontrados nas marmorarias, pois estão relacionados ao público-alvo, região etc. Os serpentinitos não foram utilizados, em razão da possibilidade de liberar minerais fibrosos (amianto), nocivos à saúde, no processo de britagem.

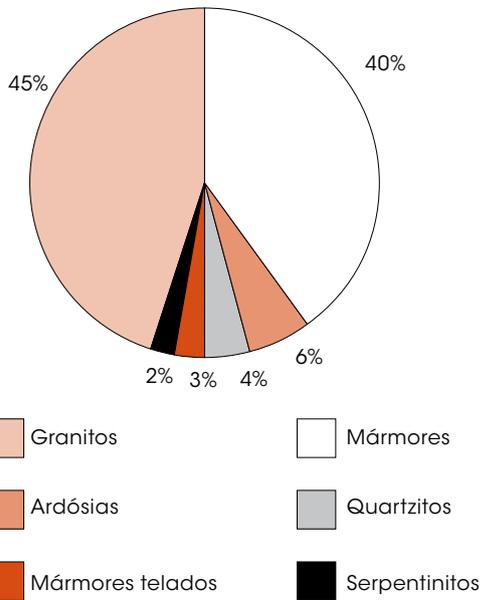


Figura 1: Participação dos diferentes tipos de rocha no volume total de resíduos em estudo

Fonte: os autores.

3.1 Fragmentação (britagem) dos resíduos pétreos coletados nas marmorarias

Uma amostra contendo alíquotas de materiais, proporcionais ao volume global e suficiente para a realização dos ensaios de cada marmoraria foi cominuída em um britador de mandíbulas. O produto obtido na britagem foi quarteadado, conforme ABNT (2001a), para ensaios de caracterização tecnológica do agregado gerado e obtenção das alíquotas necessárias para preparação de corpos-de-prova para concreto. As Figuras de 2 a 5 ilustram o material.



Figura 2: Amostra a ser britada

Fonte: os autores.



Figura 3: Produto obtido na britagem

Fonte: os autores.



Figura 4: Produto obtido na britagem (detalhe)

Fonte: os autores.



Figura 5: Aspecto das frações granulométricas obtidas

Fonte: os autores.

4 Caracterização do agregado gerado (gráudo e miúdo)

A caracterização do agregado gerado a partir de resíduos pétreos de marmorarias contemplou a realização de vários ensaios tecnológicos (Tabela 1). Ensaios para a determinação de impurezas orgânicas, torrões de argila e partículas friáveis foram descartados, tendo em vista que o material em análise é, caracteristicamente, composto de rochas praticamente inalteradas, e os lotes de descarte estavam basicamente sem impurezas (madeira, gesso, metais etc.).

4.1 Composição granulométrica

A composição e a distribuição granulométrica do agregado reciclado foram determinadas por peneiramento, na totalidade de peneiras da série normal. Para efeito deste trabalho, com base na NBR 7211 (abnt, 2005), consideraram-se como agregados gráudo (brita) as frações retidas na peneira no 4 ($\geq 4,75$ mm) e, como agregado miúdo (areia), aquelas passantes na peneira no 4 ($< 4,75$ mm). O ensaio de peneiramento revelou que as

Tabela 1: Ensaios adotados e respectivas normas (ABNT)

Ensaio	Norma
Composição granulométrica	ABNT NBR NM 248/03 (ABNT, 2003a)
Esmagamento	ABNT NBR 9938/87 (ABNT, 1987)
Abrasão Los Angeles	ABNT NBR NM 51/01 (ABNT, 2001b)
Absorção d'água (agregado miúdo)	ABNT NM 30/00 (ABNT, 2000)
Massa específica, massa específica aparente (agregado miúdo)	ABNT NM 52/03 (ABNT, 2003b)
Absorção de água, massa específica, massa específica aparente (agregado gráudo)	ABNT NM 53/03 (ABNT, 2003c)
Materiais finos que passa pela peneira de 75 micrometros por lavagem (%)	ABNT NBR NM 46/03 (ABNT, 2003d)
Dimensão máxima característica, módulo de finura	ABNT NBR 7211/05 (ABNT 2005)
Índice de forma	ABNT NBR 7809/83 (ABNT 1983)

Fonte: os autores.

dimensões predominantes do agregado gráudo obtido (cerca de 70% do agregado gerado) estão entre as peneiras $\frac{1}{2}$ " e $\frac{1}{4}$ " (12,5 mm e 6,3 mm, respectivamente), cuja distribuição granulométrica do agregado gráudo, muito bem ajustada na zona granulométrica 9,5 mm/25 mm (Tabela 2 e Figura 6), preenche todas as frações necessárias requeridas pela ABNT (2005). Os fragmentos lamelares predominaram nas frações passantes na peneira $\frac{1}{4}$ " (6,3 mm) e são representados quase exclusivamente por ardósias e, subordinadamente, "mármoreos".

O agregado miúdo (Tabela 3 e Figura 7) não se ajusta perfeitamente a nenhuma das zonas granulométricas apresentadas pela ABNT (2005), mas se encontra dentro das zonas de referência para utilização na elaboração do concreto de cimento Portland. Na confecção do concreto, pouco



Tabela 2: Composição granulométrica da fração graúda do material britado em estudo

Abertura das peneiras		Porcentagens em peso (%)	
Polegadas	(mm)	Retidas	Acumuladas
1''	25*	0	0
3/4''	19	2	2
1/2''	12,5*	47	49
3/8''	9,5	24	72
1/4''	6,3*	19	92
ABNT no 4	4,75	8	100
Fundo	< 4,75	0	100
Totais	-	100	100
Módulo de finura	6,74	Dimensão máxima	19 mm

* série intermediária de peneiras
Fonte: os autores.

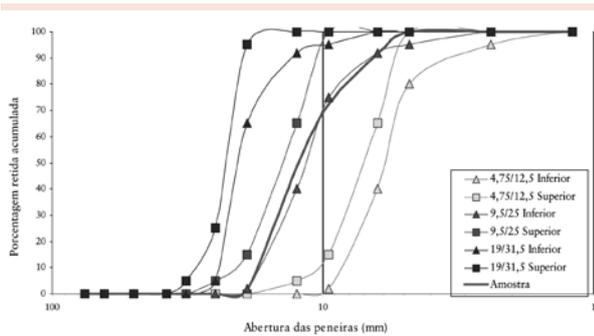


Figura 6: Composição granulométrica do agregado graúdo obtido, comparativamente às zonas granulométricas 4,75 mm/12,5 mm, 9,5 mm/25 mm e 19 mm/31,5 mm obtido da amostra em estudo

Fonte: os autores.

influenciará no tocante ao aumento do consumo de agregado miúdo, cimento ou água.

4.2 Propriedades tecnológicas

Os resultados dos demais ensaios realizados (Tabela 4), em geral limítrofes, quando comparados com os requisitos normativos, refletem principalmente a heterogeneidade rochosa do material ensaiado e a forte contribuição daqueles de menor resistência no produto final.

Tabela 3: Composição granulométrica da fração miúda do material britado em estudo

Abertura das peneiras		Porcentagens em peso (%)	
ABNT (Número)	(mm)	Retidas	Acumuladas
Nº 4	4,75	0	0
Nº 8	2,36	26	26
Nº 16	1,18	14	39
Nº 30	0,60*	13	52
Nº 50	0,30	10	62
Nº 100	0,15	21	83
Fundo	<0,15	17	100
Totais	-	100	100
Módulo de finura	2,62	Dimensão máxima	4,8 mm

* série intermediária de peneiras
Fonte: os autores.

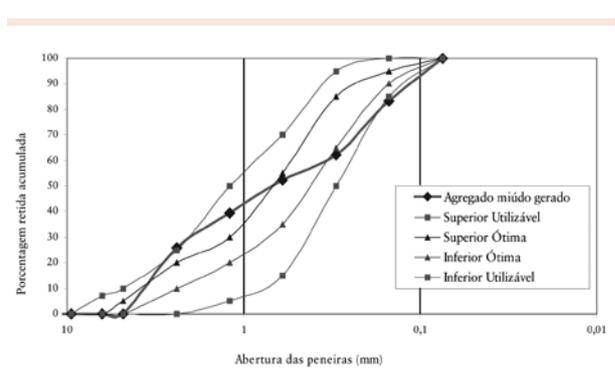


Figura 7: Composição granulométrica do agregado miúdo obtido da amostra em estudo, comparativamente aos limites estabelecidos (ABNT, 2005)

Fonte: os autores.

5 Testes em concreto

Foram elaboradas duas simulações para uso agregado gerado da britagem dos resíduos pétreos: na simulação 1, objetivou-se a verificação da possibilidade de aproveitamento de todo o produto de britagem (“bica corrida”), inicialmente com o acréscimo de areia “rosa”. (de origem eólica, o que confere alto grau de arredondamento dos grãos) procedente da cidade de Bofete (SP), e posteriormente areia média comum. A simulação

Tabela 4: Resultados dos ensaios tecnológicos

Determinação	Agregado		Requisitos*
	Graúdo	Miúdo	
Índice de forma	2,7	-	< 3
Dimensão máxima característica (mm)	19,0	2,4	-
Módulo de finura	6,74	2,63	
Materiais finos que passam pela peneira de 75 micrometros por lavagem (%)	4,15		3 a 5
Absorção d'água (%)	0,70	0,64	-
Massa específica (g/cm ³)	2,70	2,60	-
Massa específica aparente (g/cm ³)	-	2,56	-
Esmagamento (% de perdas)	33,4	-	-
Abrasão Los Angeles (% de perdas)	43,6	-	< 50

Fonte: *ABNT NBR 7211/05.

2 verificou a possibilidade de aproveitamento somente da fração graúda (G), utilizando os grãos retidos nas peneiras acima da 4,8 mm, à qual se acrescentou areia média comum, de leito de rio. A adição de areia foi necessária para ajuste da fração fina (parte integrante) dos componentes do concreto pretendido. Devido às características do material, foi aplicado o método para dosagem racional do concreto modificado (TORRES; ROSMAN, 1956). A trabalhabilidade foi avaliada pelo ensaio de abatimento do tronco de cone (ABNT, 1992a). Foram elaborados corpos-de-prova de concreto, utilizando-se agregados com as seguintes composições, formadas por quantidades proporcionais à massa total:\

- Amostra 1 – fragmentos de granitos, mármore e ardósias;
- Amostra 2 – somente fragmentos de granitos e mármore;
- Amostra 3 – fragmentos de granitos, mármore, ardósias e quartzitos e mármore telados.

Os corpos-de-prova foram preparados com esses materiais, cimento CII F e água corrente. Após 24 horas, foram desmoldados e acondicionados em câmara úmida e posterior verificação da resistência mecânica, decorridos 3, 7 e 28 dias de cura.

5.1 Agregado graúdo e miúdo – Simulação 1

Na simulação 1, o consumo médio de cimento foi de aproximadamente 365 kg/m³, e a relação água/cimento de 0,54. A trabalhabilidade foi avaliada pelo teste de abatimento do tronco de cone *Slump Test* (ABNT, 1992a), que se revelou em 100 mm. Foram moldados 18 corpos-de-prova com dimensões 10 cm x 20 cm, que foram submetidos a ensaio de compressão uniaxial nas idades de 3, 7 e 28 dias, cujos resultados são apresentados na Figura 8.

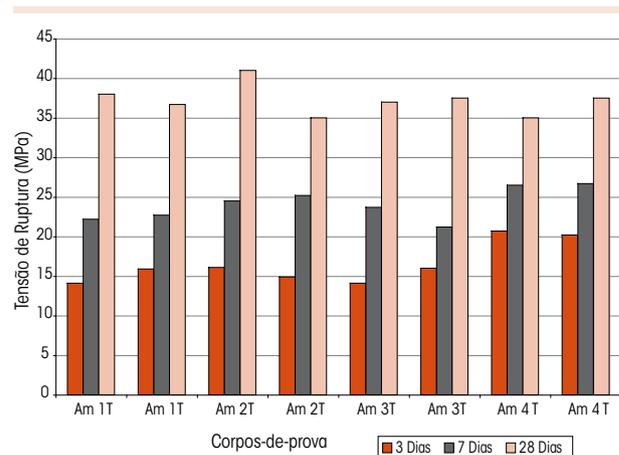


Figura 8: Gráfico de resistência à compressão dos corpos-de-prova de concreto (Total) em estudo

Fonte: os autores.

5.2 Agregado graúdo – Simulação 2

Na situação 2, foram reproduzidos os mesmos procedimentos de preparação de concreto da situação 1; consumo médio de cimento foi de 365 kg/m³ e relação água/cimento de 0,54. O abatimento do tronco de cone ficou em 85 mm. Foram



moldados nove corpos-de-prova com dimensões 10 cm x 20 cm e nove corpos-de-prova com 15 cm x 30 cm para a realização de ensaios de compressão uniaxial nas idades de 3, 7 e 28 dias, cujos resultados são apresentados na Figura 9. Como os valores de resistência à compressão, para corpos-de-prova nas duas dimensões ensaiadas, foram compatíveis, calculou-se o valor médio considerando-se todos os resultados.

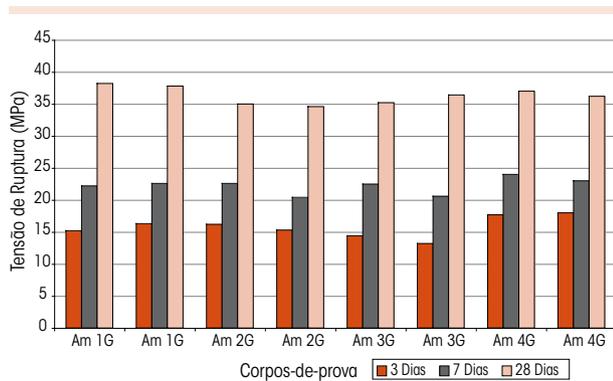


Figura 9: Gráfico da resistência à compressão uniaxial de concreto produzido a partir do agregado graúdo obtido e areia média de rio em estudo

Fonte: os autores.

Tabela 5: Resistência à compressão de concreto constituído de agregado graúdo e miúdo e areia normal, e a partir do agregado graúdo obtido e areia média de leito de rio em estudo

Idade dos CPs	Compressão Uniaxial (MPa)				
	Agregado graúdo e miúdo e areia normal	Agregado graúdo e areia média de leito de rio			
	Ø 10 cm/ h 20 cm	Ø 10 cm/ h 20 cm	Ø 15 cm/ h 30 cm	Média	
3 dias	\bar{x}	15,2 (N=6)	15,3 (N=3)	14,9 (N=3)	15,1
	S	0,9	0,9	1,6	1,2
	C.V.	6,2	5,9	10,6	7,7
7 dias	\bar{x}	23,3 (N=6)	22,0 (N=3)	21,2 (N=3)	21,6
	S	1,5	0,7	1,2	1,0
	C.V.	6,4	3,1	5,7	4,5
28 dias	\bar{x}	37,5 (N=6)	36,1 (N=3)	36,3 (N=3)	36,2
	S	2,0	1,8	1,6	1,5
	C.V.	5,3	5,0	4,4	4,2

Nota: CP = corpo-de-prova, \bar{x} = média, S = desvio-padrão, C.V. = coeficiente de variação (%), N = número de corpos-de-prova.

Fonte: os autores.

6 Considerações finais

O agregado produzido a partir de resíduos pétreos de marmorarias apresentou características tecnológicas adequadas para uso na produção de concreto e consumo de cimento semelhante ao de agregados convencionais. A experimentação revelou que é possível o aproveitamento total do agregado gerado, com pequena correção/adição de agregado miúdo, o que não seria oneroso no custo final. Isto é evidenciado pelas resistências mecânicas muito semelhantes (Figura 8), entre o concreto produzido com o agregado gerado e com o agregado graúdo gerado e areia. Com essas características, e considerando-se o resíduo como Classe III – Inertes (ABNT, 2004a), por só conterem fragmentos de rochas, o agregado produzido poderá ser utilizado como enchimentos, contrapisos, em calçadas, fabricação de artefatos não estruturais como blocos de vedação, meio-fio (guias), sarjeta, canaletas, mourões e placas de muro, conforme apontado na NBR 15116 (ABNT, 2004c). O concreto preparado revelou resistência na classe C35 (NBR 8953, da ABNT, 1992b), adequado para uso estrutural.

Um plano de gestão desses resíduos, ou seja, o planejamento do manejo e a possibilidade de se constituir lotes exclusivos para disposição de resíduos de marmoraria são fundamentais para a viabilização e implantação da reciclagem do enorme volume de fragmentos rochosos gerados nesse setor de atividade econômica. Em regiões com grande produção de resíduos pétreos de marmoraria, haverá possibilidade de designarem-se áreas especiais para recebimento desses resíduos e de posterior comercialização do agregado reciclado (graúdo e miúdo). Nas regiões onde o volume de resíduos não for suficiente para definição de rota específica de reciclagem, os resultados deste estudo mostram que a adição dos agregados reciclados de resíduos de marmoraria aos oriundos de cons-

trução e demolição aos agregados reciclados da construção civil (concreto e outros) poderá contribuir para o incremento da resistência do concreto e/ou correção da composição granulométrica.

Study for the utilization of stone by-product of marble shop as aggregate of Portland cement concrete

In this paper, it is presented a study for the utilization of marble shops waste (stone by-products) as aggregate of Portland cement concrete. First, the material were separated and classified by lithologic type. After that, they were mixed in a crusher, producing the required aggregates. Several tests for technological characterization of the material were done, intending to evaluate the use of the material as aggregate. Some simulations of Portland cement concrete dosage were done with variation in fine and coarse aggregate composition, water/cement ratio and mortar percentage. The materials were submitted to uniaxial compression test at 7th, 14th and 28th days, showing similar resistances, around to 35 MPa, independent of the aggregate mix and concrete dosage.

Key words: Aggregate. Recycling. Solid waste. Stone by-products.

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 7809. Agregado graúdo: determinação do índice de forma pelo método do paquímetro*. Rio de Janeiro: ABNT, 1983.
- _____. *NBR 9938. Agregados: determinação da resistência ao esmagamento de agregados graúdos*. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.
- _____. *NBR 7223. Concreto: determinação da consistência pelo abatimento do tronco do cone*. Rio de Janeiro: ABNT, 1992a.
- _____. *NBR 8953. Concreto para fins estruturais: classificação por grupos de resistência*. Rio de Janeiro: ABNT, 1992b.
- _____. *NBR NM 30. Agregado fino: determinação da absorção de água*. Rio de Janeiro: ABNT, 2000.
- _____. *NBR NM 27. Agregados: redução da amostra de campo para ensaios de laboratório*. Rio de Janeiro: ABNT, 2001a.
- _____. *NBR NM 51. Agregado graúdo: Ensaio de abrasão Los Angeles*. Rio de Janeiro: ABNT, 2001b.
- _____. *NBR NM-248. Agregados: determinação da composição granulométrica*. Rio de Janeiro: ABNT, 2003a.
- _____. *NBR NM 52. Agregado miúdo: determinação de massa específica, massa específica aparente*. Rio de Janeiro: ABNT, 2003b.
- _____. *NBR NM 53. Agregado graúdo: determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água*. Rio de Janeiro: ABNT, 2003c.
- _____. *NBR NM 46. Agregados: materiais finos que passam pela peneira de 75 micrometros, por lavagem*. Rio de Janeiro: ABNT, 2003d.
- _____. *NBR 10004. Resíduos sólidos: classificação*. Rio de Janeiro: ABNT, 2004a.
- _____. *NBR 15115. Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: execução de camadas de pavimentação. Procedimentos*. Rio de Janeiro: ABNT, 2004b.
- _____. *NBR 15116. Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural. Requisitos*. Rio de Janeiro: ABNT, 2004c.
- _____. *NBR 7211. Agregado para concreto. Especificação*. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – Conama. Resolução nº 307: estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para gestão dos resíduos da construção civil. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 17 jul. 2004.
- GONÇALVES, J. P.; MOURA, W. A. Reciclagem do resíduo de beneficiamento de rochas ornamentais na construção civil. In: SIMPÓSIO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO NORDESTE, 3. 2002, Recife, PE. *Anais...* Recife, PE, 2002. p. 179-189.
- LISBOA, E. MONTEIRO. Obtenção do concreto auto-adensável utilizando resíduo do beneficiamento do mármore e granito e estudo de propriedades mecânicas. Maceió, 2004. 121p.
- MELLO, I. S. C. et al.. A cadeia produtiva de rochas ornamentais e para revestimento no Estado de São Paulo; diretrizes e ações para inovação e competitividade. São Paulo: IPT, 2004. 191p. (IPT, Publicação 2995).



MOURA, W. A.; GONÇALVES, J. P. Utilização do resíduo de beneficiamento de rochas ornamentais (mármore e granito) na construção civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9., 2002. Foz do Iguaçu, PR, *Anais...* Foz do Iguaçu, PR, 2002. p. 1653-1659.

TORRES, A. F.; ROSMAN, C. E. *Método para dosagem racional do concreto*. São Paulo: ABCP. 1956. 70p.

Recebido em 18 set. 2007 / aprovado em 19 nov. 2007

Para referenciar este texto

QUEIROZ, F. C. de; FRASCÁ, M. H. B. de O. Estudo para o aproveitamento de resíduos pétreos de marmorarias, como agregados para concreto de cimento Portland. *Exacta*, São Paulo, v. 6, n. 1, p. 83-92, jan./jun. 2008.