

UTILIZAÇÃO DO RESÍDUO DO BENEFICIAMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS (MÁRMORES E GRANITOS) NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Moura, Washington A.(1); Gonçalves, Jardel P. (2);

- (1) Eng. Civil, Doutor em Engenharia Civil, professor da Universidade Estadual de Feira de Santana, wam@uefs.br
(2) Eng. Civil, Mestre em Engenharia Civil, jardel@uefs.br

RESUMO

A utilização de resíduos e subprodutos industriais na Construção Civil apresenta-se como uma excelente alternativa para diminuição do impacto ambiental causado, e maior contribuição para o desenvolvimento sustentável, considerando que a Construção Civil é o setor da atividade tecnológica que consome grande volume de recursos naturais e parece ser um dos mais indicado para absorver os resíduos sólidos. No processo de beneficiamento de rochas ornamentais (granitos e mármore) é gerado uma grande quantidade de fragmentos que é descartado nos pátios das empresas. No Brasil a quantidade estimada de geração deste resíduo é de 240.000 toneladas por ano. Neste trabalho estão apresentados os resultados do estudo da utilização do resíduo de corte de mármore e granito (RCMG) na mistura com solo para aterros. Foram avaliadas características física, química e de risco ambiental do resíduo e, o desempenho de misturas com diversos teores do resíduo para execução de aterros. A avaliação do desempenho dos aterros foi realizado através de ensaios de determinação do Índice de Suporte Califórnia. Os resultados mostram que o resíduo, em misturas com solo areno-siltoso, apresenta desempenho satisfatório para utilização em aterros e não apresenta riscos ambientais.

Palavras-chave: Reciclagem; Resíduo de corte de mármore e granito; Construção civil

1 INTRODUÇÃO

A Construção Civil é o setor da atividade tecnológica que consome grande volume de recursos naturais e parece ser o mais indicado para absorver os resíduos sólidos.

A produção de rochas ornamentais, na maioria das empresas brasileiras, é feita a partir da serragem, em chapas, de grandes blocos de pedra, em equipamentos chamados teares. Na serragem cerca de 25% a 30% do bloco é transformado em pó, onde são colocados nos pátios das empresas. No Brasil a quantidade estimada da geração conjunta do resíduo de corte de mármore e granito é de 240000 toneladas/ano, distribuídos entre Espírito Santo, Bahia, Ceará, Paraíba, entre outros.

Considerando a grande quantidade de resíduo gerada e tentando contribuir para um maior desenvolvimento sustentável e um maior aproveitamento de resíduos na construção civil, alguns pesquisadores vêm estudando a utilização do resíduo resultante do beneficiamento de rochas ornamentais na produção de argamassas (CALMON *et al.*, 1997), tijolos cerâmicos (NEVES *et al.*, 1999), peças cerâmicas (LIMA FILHO *et al.* 1999) e concretos (GONÇALVES, 2000).

Neste trabalho serão apresentados os resultados do estudo da utilização do RCGM como substituição ao solo para aterros compactados.

2 CARACTERIZAÇÃO DO RCMG

Toda a amostra utilizada no estudo foi retirada do pátio da empresa geradora na região de Feira de Santana. Na figura 1 está ilustrado um aspecto da deposição do resíduo de corte de mármore e granito, no pátio da referida empresa.

A amostra foi transportada para os Laboratórios de Tecnologia da UEFS, onde a secagem foi realizada ao ar livre. Após a secagem foram coletadas amostras para realização dos ensaios de caracterização.



Figura 1 Aspecto da deposição de RCMG no pátio da empresa geradora

A caracterização química do RCMG foi realizada no Laboratório de Geociências da UFRGS, cujos os resultados estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1 Composição química do RCMG utilizado no estudo

COMPOSTO	TEOR (%)
SiO ₂	41,70
Fe ₂ O ₃	4,30
Al ₂ O ₃	8,50
CaO	21,00
MgO	2,20
K ₂ O	2,30
TiO ₂	0,29
SO ₃	0,05
Na ₂ O	2,70
Perda ao fogo	16,80

Para avaliação do risco ambiental do RCMG foram realizados os ensaios de lixiviação e solubilização de acordo com a NBR 10005/87 e NBR 10006/87, respectivamente. Os resultados são apresentados na tabela 2.

Com base nos resultados apresentados no ensaio de lixiviação e solubilização, observa-se que nenhum dos seus compostos apresentou concentração superior em relação às especificações estabelecidas pela NBR 10004/87 - Classificação dos Resíduos, classificando o resíduo como Classe I - Inerte. Ou seja, o RCGM, não é tóxico nem perigoso.

Também foram determinadas a massa específica (NBR 6474/1985) e massa unitária (NBR 7251/1982) do resíduo. Os resultados destes ensaios estão apresentados na tabela 3.

A verificação da granulometria do RCMG foi realizada no Laboratório de Geotecnia da UEFS por peneiramento e sedimentação, conforme a NBR7181/84. A figura 2 ilustra a curva granulométrica do resíduo destorroado.

Tabela 2 Resultados do ensaio de lixiviação (NBR 10005/87) e solubilização (NBR 10006/ 87) do RCMG

Metais Solubilizados			Metais Lixiviados		
Elemento(ppm)	RCMG (mg/l)	NBR 10004 (mg/l) Limites máximos	Elemento(ppm)	RCG (mg/l)	NBR 10004 (mg/l) Limites máximos
Ba	N.D.	1	Ba	N.D.	100
Cd	N.D.	0,005	Cd	0,015	0,5
Pb	N.D.	0,05	Pb	0,155	5
Cr	N.D.	0,05	Cr	0,042	5
Nitrato	N.D.	10	Ag	N.D.	5
Cu	N.D.	1	As	N.D.	5
Al	0,106	0,2	Hg	N.D.	0,1
Fe	N.D.	0,3	F	0,31	150
Mn	0,008	0,1	Se	N.D.	1
Zn	0,003	5	-	-	-
As	N.D.	0,05	-	-	-
Hg	N.D.	0,001	-	-	-
Fenol	N.D.	0,001	-	-	-
Na	35,35	200	-	-	-
SO4	26	400	-	-	-
Cl	134,5	250	-	-	-
F	0,28	1,5	-	-	-
Cianeto	N.D.	0,1	-	-	-

Tabela 3 Características físicas do RCMG

Característica	Valor Encontrado
Massa específica (kg/dm ³)	2,84
Massa unitária (kg/dm ³)	1,08

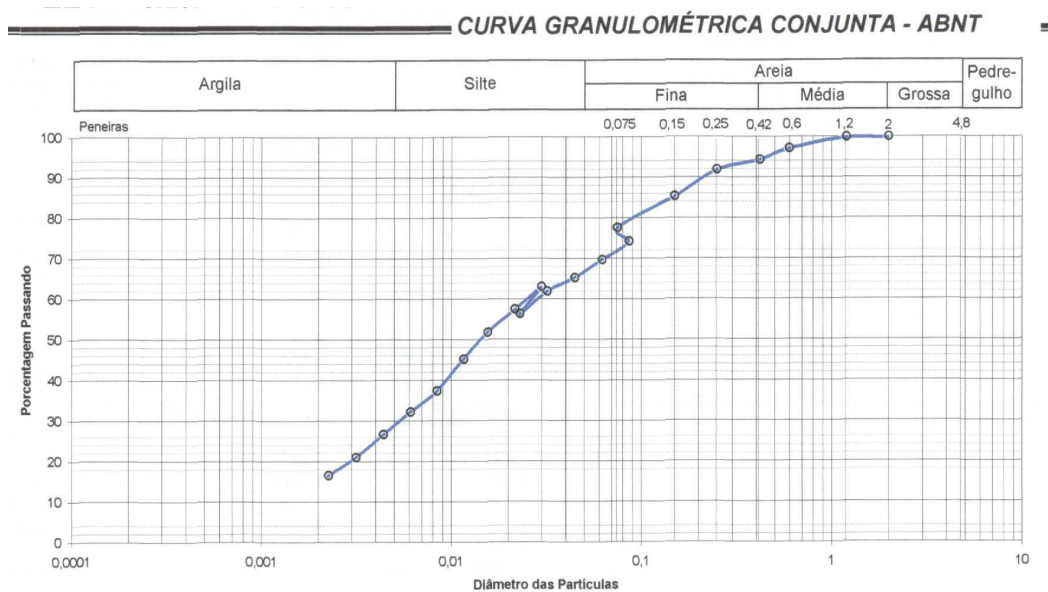


Figura 2 Distribuição granulométrica do RCMG por peneiramento e sedimentação

A partir dos resultados do ensaio de granulometria pode-se verificar que o resíduo de corte de mármore e granito possui cerca de 77% de fração menor que 0,075mm, o que o caracteriza como um resíduo muito fino.

3 PRODUÇÃO DAS MISTURAS PARA ATERROS COMPACTADOS

Observou-se que o RCMG não poderia ser utilizado sozinho como aterro, devido à sua granulometria muito fina. Portanto estudou-se a sua utilização na mistura com um solo areno-siltoso, comumente utilizado na região de Feira de Santana e outras regiões. A determinação do teor ótimo de RCMG foi definido com base no melhor comportamento das misturas quanto ao Índice de Suporte Califórnia (CBR).

Foram realizadas misturas com substituição de 15%, 25% e 35% do solo areno-siltoso por RCMG (em massa). Após a homogeneização da mistura foram então realizados ensaios de compactação (Proctor Normal) em cada uma delas para determinar a umidade ótima. Foram realizados, também, ensaios no solo areno-siltoso, sem RCMG. Na tabela 4 está apresentada a umidade ótima de cada mistura, obtida através dos ensaios de compactação.

Tabela 4 Umidade ótima de cada uma das misturas

MISTURA	UMIDADE (%)
0% de RCMG	7,70
15% de RCMG	7,50
25% de RCMG	8,35
35% de RCMG	10,30

Conhecida a umidade ótima de cada uma das misturas, foram moldados os corpos-de-prova para determinação do CBR. Nas figuras 3, 4, 5 e 6 estão apresentadas as curvas de carga x penetração das misturas com 0% de RCMG, 15% de RCMG, 25% de RCMG e 35% de RCMG, respectivamente.

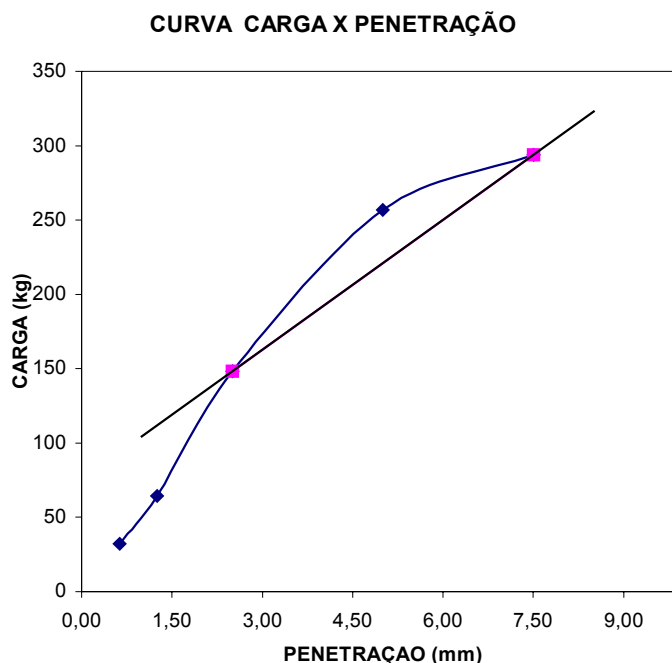


Figura 3 Curva de carga x penetração do solo areno-siltoso sem RCMG

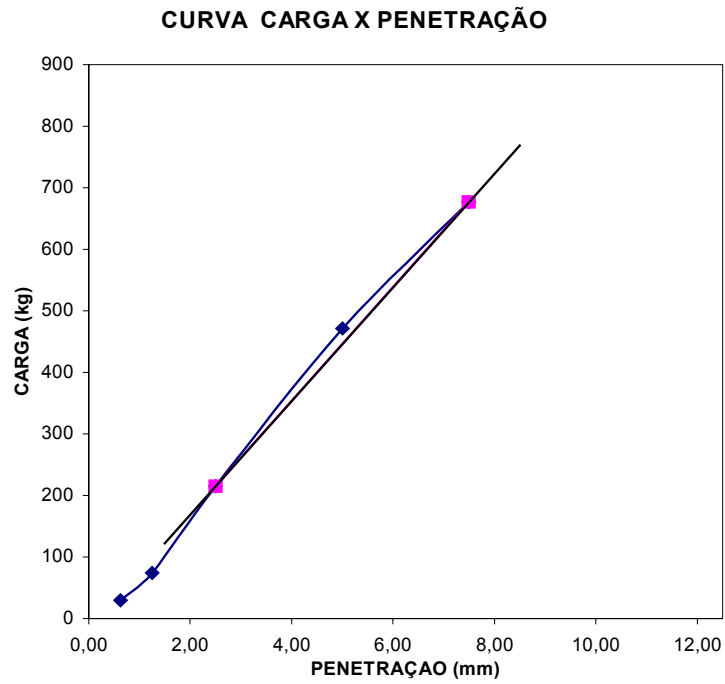


Figura 4 Curva de carga x penetração do solo areno-siltoso com 15% de RCMG

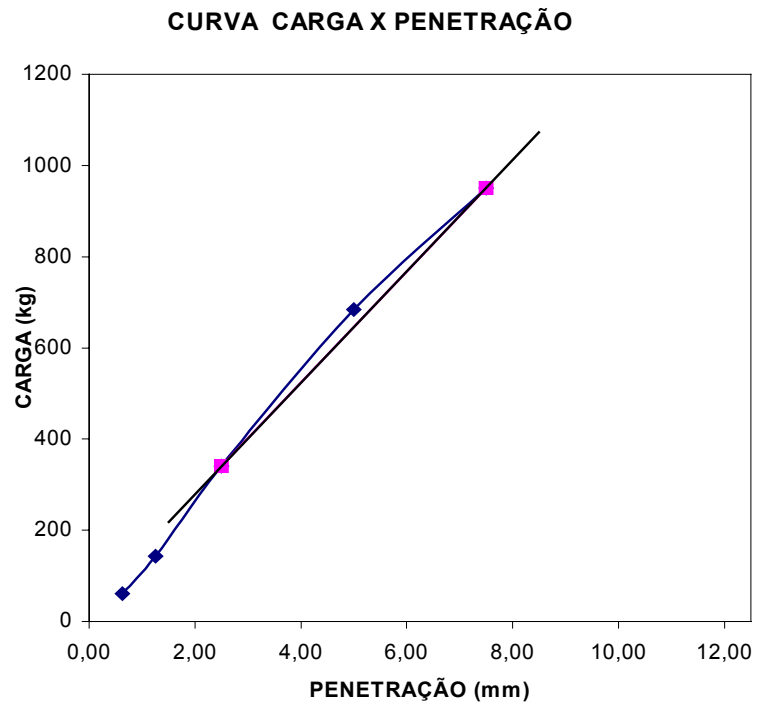


Figura 5 Curva de carga x penetração do solo areno-siltoso com 25% de RCMG

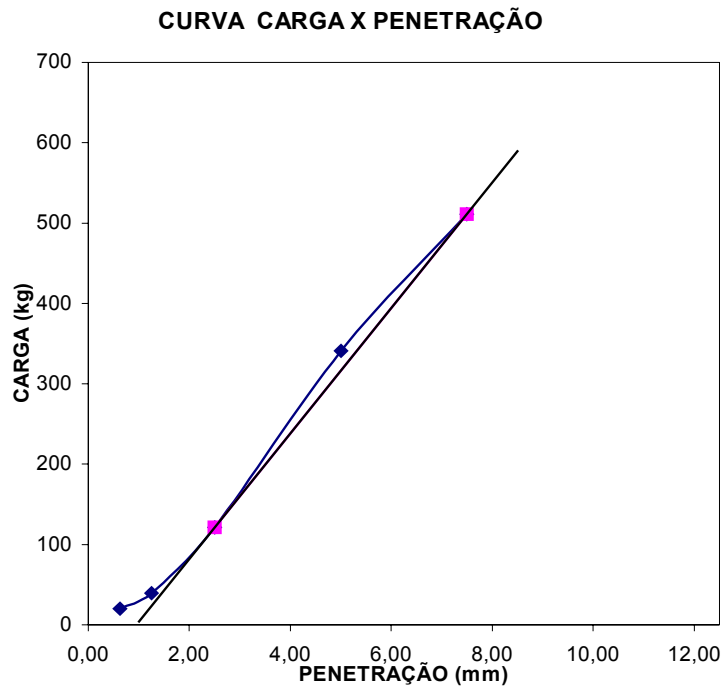


Figura 6 Curva de carga x penetração do solo areno-siltoso com 35% de RCMG

Na tabela 4 estão apresentados os resultados dos Índices de Suporte Califórnia (CBR) das misturas.

Tabela 4 Resultados dos ensaios de determinação do CBR

MISTURA	CBR (%)	EXPANSÃO (%)
0% de RCMG	13	0
15% de RCMG	26	0
25% de RCMG	36	0
35% de RCMG	19	0,2

Com base nos resultados de CBR pode-se observar que todas as misturas com RCMG apresentaram maior suporte do que o solo areno-siltoso. A mistura de solo com 25% de RCMG foi a que apresentou o melhor desempenho, cujo CBR foi 36%. Portanto, só um pouco abaixo do limite mínimo para base de pavimentos, especificado pelo Departamento Nacional de Estradas e Rodagens (DNER), que é de 40%. Entretanto, bastante superior ao limite mínimo especificado para sub-base que é de 20%.

Do ponto de vista da expansão, todas as misturas estão dentro do limite especificado pelo DNER para base de pavimentação.

4 CONCLUSÕES

O estudo da utilização do resíduo de corte de mármore e granito (RCMG) na Construção Civil visa contribuir para diminuição do impacto ambiental devido à deposição inadequada deste resíduo e ao crescente consumo de matéria-prima.

Com base nos resultados obtidos neste estudo, pode-se dizer que a utilização do RCMG como substituição de parte do solo para produção de aterro, é viável tecnicamente. O solo utilizado apresenta um baixo suporte (13%). A mistura deste solo, que apresentou baixo suporte, com a utilização de 25% de RCMG, foi a que apresentou o melhor desempenho para produção de aterros, inclusive sub-base para pavimentos.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7251 - **Determinação da massa unitária**. Rio de Janeiro, 1982.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9776 - **Agregados: determinação da massa específica de agregados miúdos por meio de frasco de chapman**. Rio de Janeiro, 1987.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10004 - **Resíduos Sólidos - Classificação**. Rio de Janeiro. 1987.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10005 - **Lixiviação de resíduos - Procedimento**. Rio de Janeiro. 1987.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10006 - **Solubilização de resíduos - Procedimento**. Rio de Janeiro. 1987.
- BILODEAU, A., MALHOTRA V. A., **High-Volume Fly Ash System: Concrete Solution for Sustainable Development**. In: ACI Materials Journal. V.97. Nº 1, Jan/Feb, 2000, USA, p. 41-48.
- CALMON, J.L.; TRISTÃO, F. A.; LORDÉLLO, F.S.S.; SILVA, S.A. **Aproveitamento do resíduo de corte de granito para a produção de argamassas de assentamento**. In: II Simpósio Brasileiro de Tecnologia das argamassas, **Anais**. Salvador, BA: ANTAC, 1997, p. 64-75.
- GONÇALVES, J. P., **Utilização do resíduo de corte de granito (RCG) para a produção de concretos. (dissertação de mestrado)**. Porto Alegre/RS. NORIE/UFRGS. 134p. 2000.
- JOHN, V.M., **A construção e o Meio Ambiente**. <http://www.recycle.pcc.usp.br/artigos1.htm>, consultado em set/1999.
- JOHN, V. M., **Reciclagem de Resíduos Sólidos na Construção Civil: Contribuição à Metodologia de Pesquisa e Desenvolvimento (tese de livre docência)**. São Paulo: EPUSP. 102p. 2000.
- LIMA FILHO, V. X., BEZERRA, A. C., SANTOS, F. C., NOGUEIRA, R. E. F. Q., FERNANDES, A. H. M., **Determinação de parâmetros para a racionalização do processamento de rochas graníticas por abrasão**. In: XV Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica. **Anais**. nov/1999, São Paulo, (a).
- NEVES, Gelmires, PATRICIO, S. M. R., FERREIRA, H. C., SILVA, M. C., **Utilização de resíduos da serragem de granitos para a confecção de tijolos cerâmicos**. In: 43º Congresso Brasileiro de Cerâmica. **Anais**. Florianópolis/SC. Jun/1999.

