

UTILIZAÇÃO DO RESÍDUO DE CORTE DE MÁRMORE E GRANITO EM ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO E CONFEÇÃO DE LAJOTAS PARA PISO

*Washington A. Moura.**

*Jardel P.Gonçalves ***

*Rôneison da Silva Leite ****

RESUMO — *A utilização de resíduos e subprodutos industriais em argamassas e concretos apresenta-se como uma alternativa para o aumento do desempenho desses materiais. O resíduo de corte de mármore e granito (RCMG) é resultante do processo de serragem de blocos dessas rochas. Neste trabalho, foi estudada a viabilidade técnica da utilização do RCMG como agregado miúdo para argamassas de revestimento e produção de lajotas pré-moldadas para piso. A influência da utilização do RCMG foi estudada com base na resistência à compressão de argamassa. A análise dos resultados permite concluir que o RCMG não apresenta riscos ambientais e que sua utilização, em até 10%, como agregado miúdo para argamassa de revestimento, é tecnicamente viável, bem como, na produção de lajotas para pisos.*

PALAVRAS-CHAVE: *Resíduo de Corte de Mármore e Granito; Agregado Miúdo; Argamassa.*

ABSTRACT — *Nowadays, the use of waste and industrial by-products as admixtures or fine aggregates seems to be a good alternative for augmenting the performance of mortar and concrete. Marble and granite cut waste (MGCW) results from the sawdust process of the blocks. The technical viability of the utilization of MGCW as a fine aggregate to masonry*

* Prof. Adjunto, DTEC (UEFS). Engenheiro Civil. Doutor em Engenharia (UFRGS). E-mail: wam@uefs.br

** Engenheiro Civil. Doutorando na COPPE (UFRJ). E-mail: jardel@uefs.br

*** Aluno do Curso de Engenharia Civil. Bolsista de Iniciação Científica - LABOTEC (UEFS).

Universidade Estadual de Feira de Santana – Dep. de Tecnologia.
Tel./Fax (75) 224-8056 – BR 116 – KM 03, Campus - Feira de Santana/BA – CEP 44031-460.

mortar and in the production of small precast pavement flagstones was studied. The MGCW influence was analyzed in the compressive strength of the mortar. The analysis of the results permits the conclusion that the MGCW does not cause any environmental risk. Finally, the use of MGCW as an aggregate to masonry mortar, as well as to small precast flagstone pavement, is technically feasible

KEY WORDS: *Marble and Granite Cut Waste; Fine Aggregate; Mortar.*

1 INTRODUÇÃO

Grande parte dos processos com atividade econômica, atualmente, são fontes geradoras de resíduos, na forma de gases, líquidos ou sólidos, causando grande degradação ambiental, não contribuindo para um desenvolvimento sustentável. 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 são transformados em pó, que é depositado 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, distribuídas entre Espírito Santo, Bahia, Ceará, Paraíba, entre outros estados.

Com 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 já estudam o 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).

Para a viabilização técnica, é necessário que o resíduo de corte de mármore e granito, inicialmente, seja, caracterizado física, química e ambientalmente.

Este trabalho visa avaliar tecnicamente a utilização do RCMG como substituição de parte do agregado miúdo (areia) para argamassas de revestimento e argamassa para produção de lajotas para piso. Foi realizada a caracterização do resíduo, do ponto de vista químico, físico e ambiental.

2 ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE RCMG COMO AGREGADO MIÚDO PARA ARGAMASSA DE REVESTIMENTO

2.1 MATERIAIS EMPREGADOS

Os materiais utilizados foram cimento, areia, resíduo de corte de mármore e granito (RCMG) e água, cujas características passam a ser apresentadas.

2.1.1 Caracterização do Resíduo de Corte de Granito e Mármore (RCMG)

A amostra do resíduo foi definida, de acordo com a NBR 10007/1987- Amostragem de Resíduos, segundo o item 5.1.6, sendo coletado um volume de cerca de 5m^3 . Após a secagem, ao ar, o RCMG foi destorroado em moinho de bolas horizontal, durante 2 minutos.

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

Foi realizada difração de raios X do resíduo, conforme Figura 1. O difratograma mostra que os compostos químicos presentes no RCMG apresentam-se na forma cristalina.

Foram determinadas, também, a massa específica, a massa unitária e a granulometria do RCMG. A massa específica, determinada segundo a NBR 6474 (1985), é de $2,84\text{ g/cm}^3$. A massa unitária, avaliada conforme NBR 7251 (1982), é de $1,01\text{ g/cm}^3$.

A verificação da granulometria do resíduo foi realizada no Laboratório de Geotecnia da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) por peneiramento e sedimentação, conforme a NBR 7181 (1984).

A partir da sedimentação, pôde-se verificar que o resíduo de corte de mármore e granito possui cerca de 77% de fração menor que 0,075mm.

Para avaliação do risco ambiental do RCMG, foram realizados, na Pró-Ambiente (localizada no Rio Grande do Sul), os ensaios de lixiviação e solubilização do resíduo, de acordo com a NBR 10005 (1987) e NBR 10006 (1987), 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 (1987) – Classificação dos Resíduos, classificando o resíduo como Classe I – Inerte. Ou seja, o RCMG, não é tóxico nem perigoso.

2.1.2 Cimento

Foi utilizado para a confecção das argamassas o cimento Portland comum (CP I – 32 S). A sua composição química, física e propriedades mecânicas estão apresentadas na Tabela 3 atendendo as especificações da NBR 5732 (1991).

2.1.3 Agregado miúdo

O agregado miúdo utilizado, trata-se de um solo arenoso, disponível comercialmente. As características físicas e a distribuição granulométrica estão relacionadas na Tabela 4.

2.1.4 Água

Foi utilizada água de poços artesianos da UEFS.

2.2 PRODUÇÃO DAS ARGAMASSAS

No estudo para utilização do RCMG em argamassa, foram produzidas argamassas cujo traço foi de 1:6, em massa, por ser um traço mais próximo da utilização na prática. A partir do traço de argamassa sem utilização de RCMG (argamassa de referên-

cia), foram produzidos novos traços com utilização, a princípio, de 2 teores de substituição da areia por RCMG. Dessa forma, poder-se-ia escolher o teor que melhores resultados apresentasse. Os teores de substituição da areia por RCMG, nesta primeira etapa, foram de 5% e 10%, em relação à massa de areia. Como fator de controle das argamassas, foi fixada a consistência, medida no *Flow Table*, de 260 ± 10 mm.

A verificação da influência da utilização de RCMG foi feita através do ensaio de resistência à compressão axial. Para determinação da resistência à compressão, foram moldados 6 (seis) corpos-de-prova cilíndricos (5 x 10 cm) de cada traço, para cada idade de ensaio.

As argamassas foram produzidas, de acordo com a NBR 7215 (1996). A cura foi executada por imersão, até a idade do ensaio (7 e 28 dias).

2.3 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Na Tabela 5, estão apresentados os resultados das médias de resistências à compressão para cada idade de ensaio. A Figura 3 ilustra o comportamento das argamassas, quanto a essa propriedade.

Pode-se observar que a utilização de RCMG aumenta a resistência das argamassas. O aumento é maior para o teor de 10% de utilização de RCMG, para todas as idades de ensaio.

2.4 ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE RCMG PARA CONFECÇÃO DE LAJOTAS PARA PISOS

Os materiais utilizados neste estudo foram os mesmos apresentados no item 2.1.

As lajotas foram confeccionadas numa pequena fábrica de pré-moldados, situada em Feira de Santana, cujo processo de produção se dá com o auxílio de prensa manual. Para a produção de argamassa para confecção das peças, foi estabelecida a proporção de 1:0,5:0,5 (cimento, RCMG e areia siltosa).

As lajotas apresentam as seguintes dimensões de 20x20x1,5cm.

Observou-se que as lajotas produzidas com a utilização de RCMG apresentaram um aspecto melhor do que as produzidas sem a presença desse resíduo.

As Figuras 4 a 6 mostram aspectos das lajotas confeccionadas com RCMG.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização do resíduo de corte de mármore e granito na Construção Civil visa contribuir para diminuição do impacto ambiental causado pelo elevado consumo de agregados naturais.

A partir dos resultados obtidos neste estudo, podem-se tirar as seguintes conclusões a respeito da utilização do RCMG como substituição de parte da areia na produção de argamassas para revestimento e para fabricação de lajotas:

- RCMG encontra-se na forma cristalina e não apresenta riscos ambientais;
- Quanto à resistência à compressão, observou-se um melhor desempenho das argamassas com RCMG, em relação as argamassas de referência;
- As lajotas fabricadas com RCMG apresentaram um ótimo aspecto.

Além do estudo de viabilização técnica de utilização do RCMG como agregado miúdo para argamassas, outras formas de aproveitamento desse resíduo estão sendo desenvolvidas nos Laboratórios de Tecnologia da UEFS, como na mistura com solo para sub-base e base para pavimentação e como adição ao concreto.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5732**: Cimento Portland comum. Rio de Janeiro, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6474**: Cimento Portland e outros materiais em pó: determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181**: Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7217**: Agregados: determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7251**: Determinação da massa unitária. Rio de Janeiro, 1982.

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.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9778**: Argamassa e concreto endurecidos: determinação da absorção de água por imersão, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9779**: Argamassa e concreto endurecidos: determinação da absorção de água por capilaridade. Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: Resíduos Sólidos: Classificação. Rio de Janeiro. 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10005**. Lixiviação de resíduos – Procedimento. Rio de Janeiro. 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10006**. Solubilização de resíduos – Procedimento. Rio de Janeiro. 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10007**. Amostragem de Resíduos – Procedimento. Rio de Janeiro. 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13276**. Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos – Determinação do teor de água para obtenção do índice de consistência-padrão. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13279**. Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215**. Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1996.

BILODEAU, A., MALHOTRA V. A. High-Volume Fly Ash System: Concrete Solution for Sustainable Development. **ACI Materials Journal**, USA, v.97, n. 1, p. 41- 48, jan./feb. 2000.

CALMON, J.L., et al. Aproveitamento do resíduo de corte de granito para a produção de argamassas de assentamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 2., 1997, Salvador. **Anais...** Salvador, BA: ANTAC, 1997. p. 64-75.

GONÇALVES, J. P. **Utilização do resíduo de corte de granito (RCG) para a produção de concretos.** 2000. 134f. Dissertação (Mestrado) - NORIE/UFRGS, Porto Alegre.

JOHN,V.M. **A construção e o meio ambiente.** Disponível em: < <http://www.recycle.pcc.usp.br/artigos1.htm> >. Acesso em: set/1999.

JOHN, V. M., **Reciclagem de resíduos sólidos na construção civil:** Contribuição à Metodologia de Pesquisa e Desenvolvimento. 2000. 102f. Tese (Livre Docência) – EPUSP, São Paulo.

LIMA FILHO, V. X., et al. Determinação de parâmetros para a racionalização do processamento de rochas graníticas por abrasão. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica, 15.,1999, São Paulo. **Anais...**São Paulo, 1999.

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: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 43., 1999, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis,SC.,1999.

ANEXOS

Tabela 1- Análise química do RCMG utilizado no estudo

Composição Química do RCMG	
TEOR (%)	RCMG
SiO ₂	41,70
Fe ₂ O ₃	4,30
Al ₂ O ₃	8,50
CaO	21,00
MgO	2,00
N ₂ O	-
K ₂ O	2,30
TiO ₂	0,29
SO ₃	0,05
Na ₂ O	2,70
Perda ao Fogo	16,80

Tabela 2- Resultados do ensaio de lixiviação (NBR 10005/87) e solubilização (NBR 10006, ABNT/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	-	-	-
SO ₄	26	400	-	-	-
Cl	134,5	250	-	-	-
F	0,28	1,5	-	-	-
Cianeto	N.D.	0,1	-	-	-

Tabela 3 - Composição química, resistência e índices físicos do Cimento Portland comum

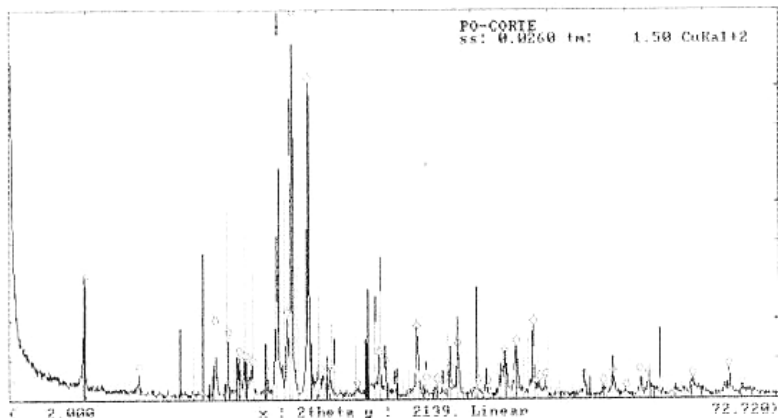
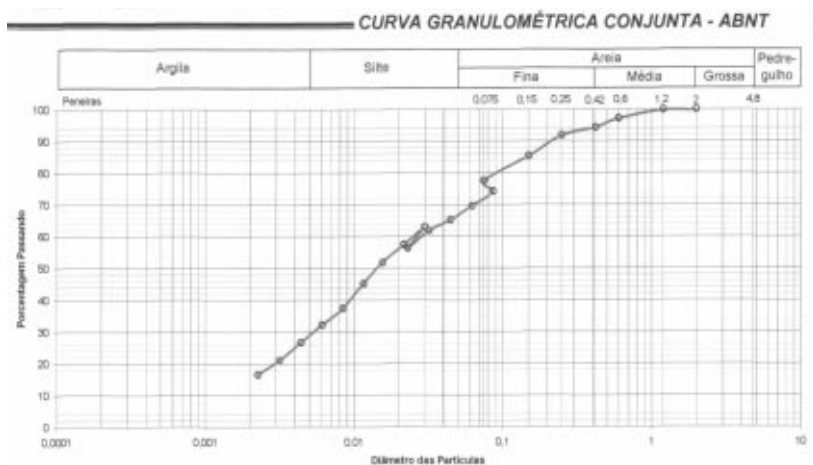
Compostos	Teor (%)	Resistência fc(MPa)			
SiO ₂	20,17	Idade(dias)			
Al ₂ O ₃	4,06			1	23,8
Fe ₂ O ₃	3,33			3	29,2
CaO	60,96			7	35,0
MgO	3,54			28	40,2
SiO ₃	3,43	Ensaio Físicos			
K ₂ O	1,1	Ínicio de pega (min.)	100		
Na ₂ O	0,09	Fim de Pega (min.)	180		
Na ₂ O _{eq}	0,81	Finura #200 (%)	0,8		
RI	0,28	Finura #325 (%)	5,3		
CaO livre	2,15	Superfície específica (cm ² /g)	3460		
		Expansão à quente (mm)	1		
PF	0,99	Massa Específica(g/cm ³)	3,11		

Tabela 4 -Caracterização do agregado miúdo usado na produção das argamassas

COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA	
Peneira (ABNT)	% Média Acumulada
Abertura (mm)	
0,6	48
0,3	86
0,15	96
<0,15	100
Dimensão Máxima Característica	2,4 mm
Módulo de Finura (NBR 7217)	1,86
Graduação (NBR 7217)	Média

Tabela 5- Resultados dos ensaios de resistência à compressão

	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DAS ARGAMASSAS (MPa)		
	Resistência Média (3dias)	Resistência Média (7dias)	Resistência Média (28dias)
REF	9,9	12,1	17,2
RCMG 5%	10,45	13,6	17,6
RCMG 10%	10,8	14,8	17,7

**Figura 1-** Difratograma de raios X de uma amostra de resíduo de corte de granito e mármore**Figura 2** Curva granulométrica do RCMG

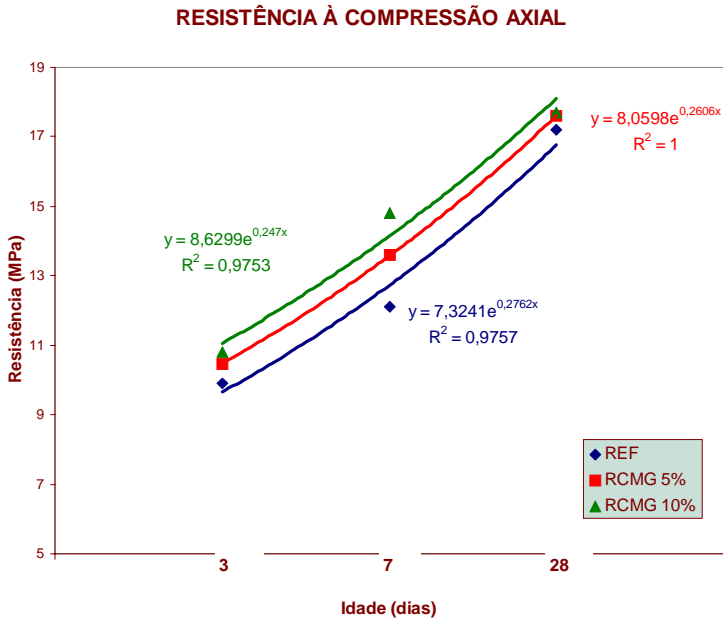


Figura 3 - Comportamento das argamassas quanto à resistência à compressão axial para as idades de ensaio



Figura 4 - Aspecto de uma lajota de argamassa com RCMG

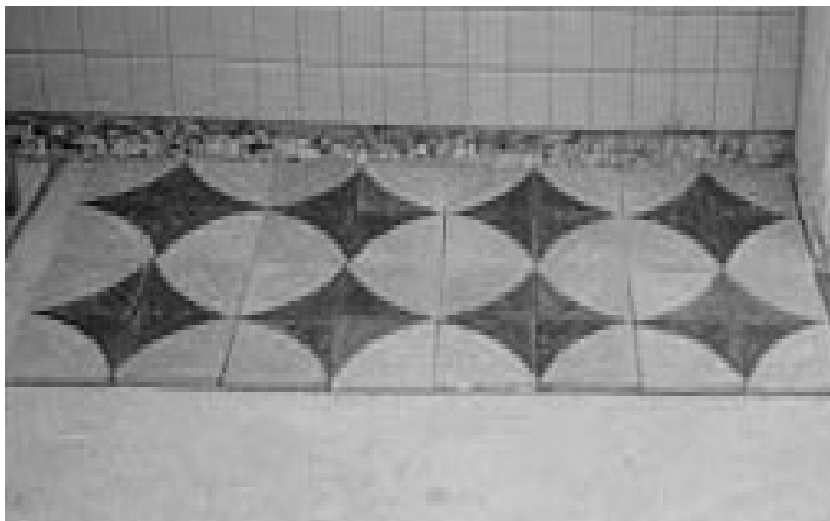


Figura 5 - Aspecto de piso de lajota com argamassa com RCMG



Figura 6 - Aspecto de variados padrões de piso de lajota de argamassa com RCMG