

INCORPORAÇÃO DO RESÍDUO DE GRANITO DE FIO DIAMANTADO EM MATRIZES CIMENTÍCIAS¹

Leonardo Gonçalves Pedroti²
Carlos Maurício Fontes Vieira³
Sérgio Neves Monteiro⁴
Gustavo de Castro Xavier⁵
Jonas Alexandre⁶

Resumo

O Brasil é um dos maiores produtores e exportadores de rochas ornamentais do mundo. Dentre elas, destaca-se o mármore, o granito propriamente dito, o diorito, e o gnaisse, comercialmente conhecidos por mármore e granito. O estado do Espírito Santo é o principal pólo de rochas ornamentais do país instalado na região de Cachoeiro de Itapemirim. Formado por um pó muito fino, o resíduo, gerado pelo beneficiamento, é um grande problema ambiental. Neste trabalho foram adicionados diferentes proporções do resíduo de granito, serrado por fio diamantado, em concretos para avaliação das propriedades mecânicas, químicas e ambientais, a partir de um traço padrão utilizando cimento CP-V, os resultados apresentados demonstram que até 20% de resíduo adicionado não mudam as características da mistura, o que ajudaria a diminuir o impacto ambiental.

Palavras-chave: Concreto; Incorporação; Resíduo de granito.

INCORPORATION OF GRANITE WASTE DIAMOND WIRE ARRAYS IN CIMENTÍCIAS

Abstract

Brazil is one of the largest producers and exporters of ornamental stones in the world. Among them stands out the marble, the granite itself, diorite, and gneiss, commercially known as granite and marble. The state of Espírito Santo is the main hub of ornamental country's installed in the region of Cachoeiro de Itapemirim. Formed by a very fine powder, the waste generated by processing, is a major environmental problem. In this work were added various proportions of sticky residue granite sawed by diamond wire in concrete for evaluation of mechanical properties, chemical and environmental from a trace pattern using cement CP-V, the results show that up to 20% residue added does not change the characteristics of the mixture, which would help reduce the environmental impact.

Key words: Concrete; Incorporation; Granite waste.

¹ *Contribuição técnica ao 68º Congresso Anual da ABM - Internacional, 30 de julho a 2 de agosto de 2013, Belo Horizonte, MG, Brasil.*

² *Engenharia Civil. D.Sc. Professor. Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, MG, Brasil.*

³ *Engenharia Mecânica. D.Sc.. Professor. Universidade Estadual do Norte Fluminense, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.*

⁴ *Engenharia Materiais. PhD, Professor. Universidade Estadual do Norte Fluminense, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.*

⁵ *Engenharia Civil. D.Sc., Professor. Universidade Estadual do Norte Fluminense, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.*

⁶ *Engenharia Civil. D.Sc., Professor. Universidade Estadual do Norte Fluminense, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.*

1 INTRODUÇÃO

Com a intensa industrialização, advento de novas tecnologias, crescimento populacional e aumento de pessoas em centros urbanos e diversificação do consumo de bens e serviços, os resíduos se transformaram em graves problemas urbanos com um gerenciamento oneroso e complexo considerando-se volume e massa acumulados, principalmente após 1980. Os problemas se caracterizavam por escassez de área de deposição de resíduos causadas pela ocupação e valorização de áreas urbanas, altos custos sociais no gerenciamento de resíduos, problemas de saneamento público e contaminação ambiental.⁽¹⁾

As indústrias mostram-se como vilãs na questão da poluição ambiental por dois fatores principais: o primeiro pelo acúmulo de matérias-primas e insumos, que envolve sérios riscos de contaminação por transporte e disposição inadequada; e segundo pela ineficiência dos processos produtivos, o que necessariamente implica a geração de resíduos. Estes resíduos gerados no processo industrial se tornam um problema para as indústrias, este fato tem levado muitos órgãos municipais, associações, universidades e as próprias indústrias, a buscarem soluções viáveis para a questão dos resíduos, soluções estas que sejam criativas, práticas e operacionais, para tentar resolver ou minimizar tais problemas.⁽²⁾

A incorporação de resíduos de várias atividades industriais em produtos cimentícios é uma alternativa tecnológica para reduzir tanto o custo quanto o impacto ambiental causado pela liberação indiscriminada destes resíduos.

Um dos problemas enfrentado pela indústria de extração e beneficiamento de rochas ornamentais no Brasil é a poluição do meio ambiente, causado pela disposição final do resíduo da serragem, polimento e desdobramento. Este resíduo pode alcançar rios, lagos, córregos e até mesmo os reservatórios naturais de água, pois eles são lançados no ecossistema sem nenhum tratamento prévio. Além disso, o resíduo na forma de lama afeta a paisagem esteticamente e necessita-se de grande espaço para a sua estocagem, bem como um alto custo do recolhimento e armazenamento. Ressalta-se, ainda, que este resíduo (lama) quando seco constitui-se num pó fino o qual pode provocar danos à saúde humana.⁽³⁾

Como a quantidade de resíduos gerada é muito grande e tentando contribuir para um maior desenvolvimento sustentável, muitas pesquisas estão sendo desenvolvidas para incorporar o resíduo do beneficiamento de rocha ornamental (RBRO) na produção de argamassas e concretos.

Neste trabalho, foi realizada a caracterização química, física e ambiental do resíduo (RBRQ), bem como sua incorporação em concretos, aplicando em diferentes traços, e avaliando os resultados mecânicos das peças, em diferentes relações de água e cimento.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O resíduo utilizado foi coletado na empresa Decolores Mármore e Granitos, na cidade de Cachoeiro de Itapemirim-ES. O diferencial deste resíduo de granito utilizado neste trabalho é o processo de serragem com fio diamantado, o que reduz a quantidade de ferro no resíduo, diferente da tradicional técnica de serragem com gralha (partículas de ferro). Após coleta, o resíduo foi seco em estufa e depois moído para uniformização dos grãos.

A Tabela 1 apresenta a determinação da composição química semiquantitativa dos resíduos foram obtidas por meio da técnica de análise química por eflorescência de raios-X, de energia dispersiva (EDX), em um equipamento Shimadzu EDX-700 do Laboratório de Engenharia Civil (LECIV/UENF).

Tabela 1. EDX do resíduo de granito

Composto	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	SO ₃	TiO ₂	CaO	ZrO ₂	ZnO	SrO
R.Granito	73,401	14,260	1,937	5,741	1,892	0,289	2,240	0,016	0,017	0,008

A Figura 1 apresenta o difratograma de raios x do resíduo.

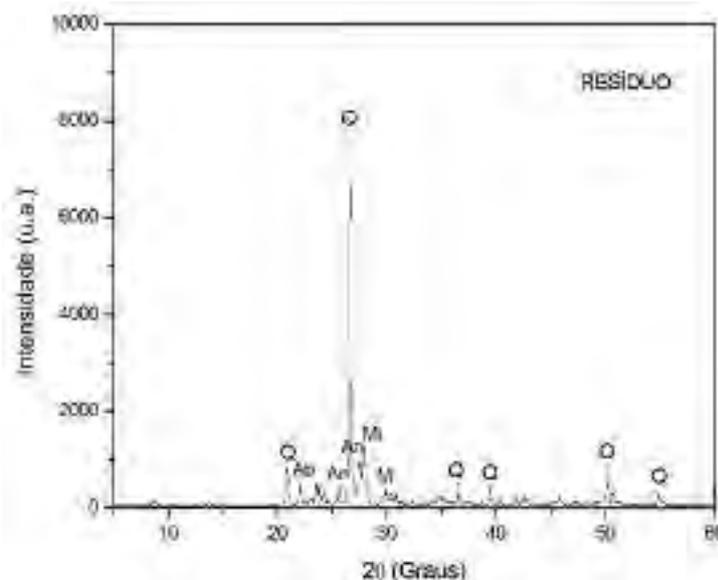


Figura 1. Difratogramas de raios x. Q = quartzo; M = mica muscovita; Mi = microclina; An = Anortita, Ab = Albita.

Foi feita a avaliação do índice de atividade pozolânica do resíduo através do método de Luxan⁽⁴⁾ que consiste medir a variação de condutividade de uma solução saturada de Ca(OH)₂ com e sem adição do material a ser avaliado. A solução saturada foi preparada adicionando-se 2 g de hidróxido de cálcio puro a 200 ml de água destilada em agitação e pré-aquecida a 40°C. Após a dissolução completa do Ca(OH)₂, a solução foi diluída com água destilada em um balão volumétrico de um litro. Após a decantação, 200 ml de solução filtrada foram aquecidos sob agitação à temperatura de 40°C. Após a estabilização da temperatura, foi introduzido um sensor de condutividade e realizada a medição da condutividade. Em seguida, foram adicionadas 5 g da cinza a ser analisada. Transcorridos dois minutos da adição, foi realizada nova medida de condutividade. O índice de atividade pozolânica foi então calculado subtraindo-se as condutividades medidas antes e após a pozolana ser adicionada à solução.

Segundo o método, a variação de condutividade (valor inicial – valor final) permite classificar a pozolanicidade do material analisado: se o material for uma pozolana, espera-se que a condutividade da solução com cinzas seja menor que a solução inicial, devido à menor quantidade de íons Ca⁺² e (OH)⁻ na solução com resíduo. Dessa forma o material é classificado em:

- materiais sem atividade pozolânica: < 0,4 mS/cm;
- materiais de atividade pozolânica moderada: < 1,2 mS/cm; e
- materiais de boa atividade pozolânica: > 1,2 mS/cm.

Também foi avaliada a pozolanicidade segundo a NBR 5752 (Índice de Atividade Pozolânica com Cimento Portland).⁽⁵⁾ O método de ensaio é avaliado em função do desempenho mecânico de duas argamassas, preparadas com o proporcionamento e a consistência padronizados. A primeira argamassa possui o traço 1:3 (em massa) de cimento e areia normal, ajustando-se a água para um índice de consistência de (225 ± 5) mm. Na segunda argamassa, 35% do cimento da primeira é substituída pelo resíduo, acrescentando água até o índice de consistência especificado. São moldados 3 corpos de prova segundo NBR 7215 (1982),⁽⁶⁾ para cada argamassa. Após cura de 28 dias, os corpos de prova são ensaiados quanto a resistência mecânica. Para o material ser considerado pozolânico, a resistência deve ser superior a 75% da resistência da argamassa padrão.

Para o estudo da dosagem do resíduo em concretos foram utilizados o cimento CP V - ARI (alta resistência inicial), ideal na preparação de pré-moldados.

Para os demais componentes do concreto, areia e brita, foram realizadas avaliações segundo a NBR e para montagem da melhor mistura, foi utilizado o método ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland).

Foram confeccionados 20 corpos de prova de diâmetro 10 cm, com altura de 20 cm, de cada traço como destacado na Tabela 2. Com intuito de verificar a evolução da resistência mecânica, foram ensaiados aos 3, 7 e 28 dias de idade, cinco corpos de prova cada. Os outros cinco foram avaliados quanto a absorção d'água. Foi variado também a relação de água e cimento (a/c).

Tabela 2. Dosagens utilizadas variando a relação de água cimento (a/c) na mistura, em massa

	cimento	areia	brita	a/c	resíduo	% resíduo
TP0005	1	2	2,5	0,5	0,00	0
TP0006	1	2	2,5	0,6	0,00	
TP0007	1	2	2,5	0,7	0,00	
TG1005	1	2	2,5	0,5	0,70	10
TG1006	1	2	2,5	0,6	0,70	
TG1007	1	2	2,5	0,7	0,70	
TG2005	1	2	2,5	0,5	1,55	20
TG2006	1	2	2,5	0,6	1,55	
TG2007	1	2	2,5	0,7	1,55	

TP – Traço Padrão, TG – Traço de Granito.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados da pozolanicidade tanto pelo método de Luxan, apresentou variação de 0,23 mS/cm, o que caracteriza como material sem atividade pozolânica, porém no método proposto pela NBR 5752, demonstrado na Tabela 3, que o resíduo funciona como material de atividade pozolânica.

Tabela 3. Índice de Atividade Pozolânica (IAP) - NBR 5752⁽⁵⁾

TRAÇO	CIMENTO (g)	AREIA (g)	RESÍDUO (g)	ÁGUA (ml)	TENSÃO MÉDIA (MPa)	IAP
PADRÃO	624	1872	0	299,52	13,12	100%
GRANITO	405,6	1872	218,4	299,52	13,10	99,8%

A Figura 2 apresenta a absorção d'água das misturas em relação a água e cimento.

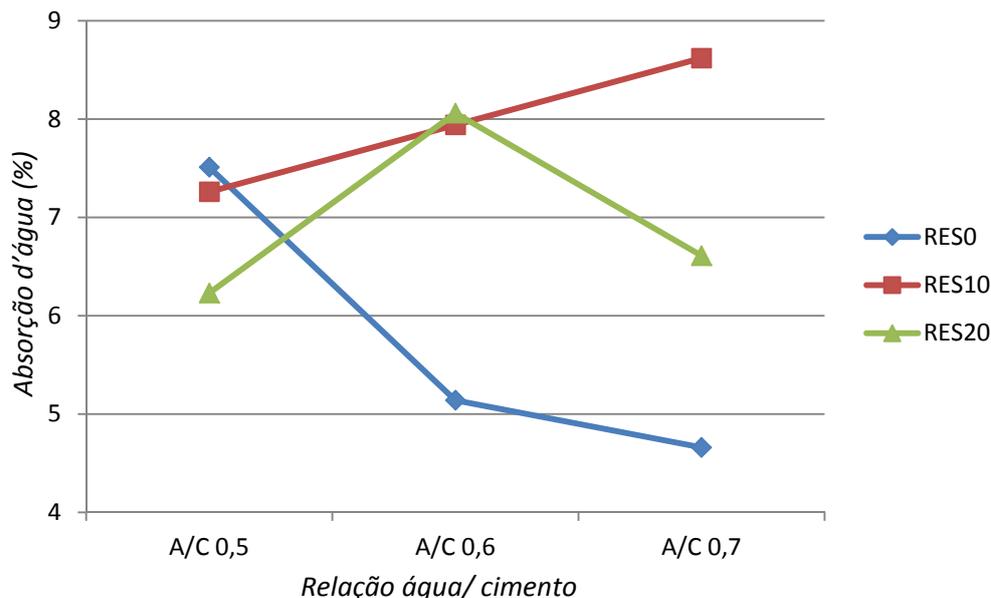


Figura 2. Absorção d'água média.

Para o RES0 (0% de resíduo), a absorção cai em relação ao aumento da relação a/c. Porém a relação no resíduo com 10% de adição (RES10), aumenta com o aumento da proporção, isso pode ser explicado pela granulometria fina do resíduo o que aumenta a sua área específica, necessitando de mais água para sua hidratação. Porém para a relação RES20, a qual adicionado 20% de resíduo na mistura, a absorção aumenta na relação 0,6 porém cai na relação 0,7.

A Figura 3 apresenta a evolução da resistência à compressão das misturas.

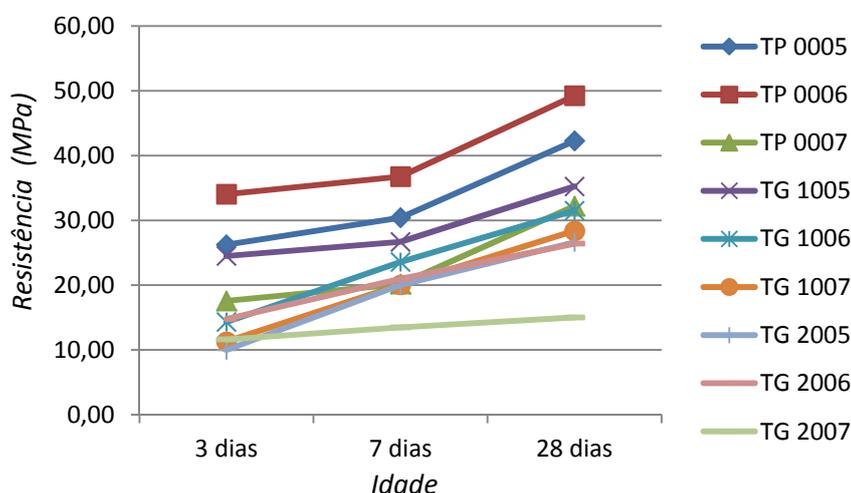


Figura 3. Resistência média.

Faz-se observação da evolução na resistência à compressão média com o passar das idades. Apesar da resistência inicial ter sido calculada para 20,0 MPa aos 28 dias, somente o traço TG 2007 (20% de resíduo e relação a/c de 0,7) ficou fora do estimado. O aumento da quantidade e resíduo na mistura faz diminuir a resistência mecânica das amostras.

A caracterização ambiental foi realizada segundo a NBR 10004, é apresentada na Tabela 4.

Tabela 4. Ensaio do extrato solubilizado e lixiviado do resíduo de granito

Parâmetro (mg/kg)	Limite de quantificação	Valor máximo permitido	Resultado LIXIVIAÇÃO	Resultado SOLUBILIZAÇÃO
Ferro	0,07	Não aplicável	0,556	< limite quantificado
Chumbo	0,23	Não aplicável	< limite quantificado	< limite quantificado
Estanho	0,08	Não aplicável	< limite quantificado	< limite quantificado
Bário	0,07	Não aplicável	0,208	0,062
Cádmio	0,07	Não aplicável	< limite quantificado	< limite quantificado
Prata	1,23	Não aplicável	< limite quantificado	< limite quantificado
Cobre	0,79	Não aplicável	0,143	< limite quantificado
Níquel	0,05	Não aplicável	0,242	< limite quantif.
Silício	0,32	Não aplicável	2.752	1,045
Mercúrio	0,005	Não aplicável	< limite quantificado	< limite quantif.
Cromo total	0,13	Não aplicável	< limite quantificado	< limite quantif.
Fluoreto diluição: 20	0,3	Não aplicável	< limite quantificado	0,30
Selênio	0,15	Não aplicável	< limite quantificado	< limite quantif.
Manganês	0,04	Não aplicável	0,569	< limite quantif.
Alumínio	0,07	Não aplicável	0,594	0,204

4 CONCLUSÃO

O resíduo de granito não apresentou atividade pozolânica pelo método de Luxan, porém pelo método proposto pela NBR 5752⁽⁵⁾ o material é altamente pozolânico o que permite uma substituição parcial do cimento pelo resíduo, apesar disto, optou-se por utiliza-lo como agregado, sendo um material fino, o qual preencheria poros, entre a pasta e os demais agregados.

O resíduo da serragem por fio diamantado possui grande quantidade de quartzo e baixo teor de ferro, diferente dos tradicionais que são serrados com ajuda da granalha.

As adições de resíduo nas misturas diminuíram as resistências mecânicas para as relações a/c de 0,5 e 0,6, porém para uma relação de 0,7, algumas misturas foram superiores.

Apesar de diminuir a resistência quando comparado com o TP (traço padrão), a resistência aos 28 dias foi superior com adições de até 20% de resíduo.

A absorção de água foi abaixo de 10% em todos os traços avaliados.

A caracterização ambiental segundo a NBR 10004⁽⁷⁾, mostrou que os valores são bem próximos ou inferiores aos limites máximos dos ensaios.

Outros percentuais de incorporação foram utilizados porém todos ficaram abaixo do limite estabelecido de resistência (20 MPa).

De maneira geral os resultados apresentados foram satisfatórios para o uso em concretos estruturais, porém outros ensaios devem ser executados para verificar a influência do resíduo no ataque ao aço nas peças estruturais.

Agradecimentos

À Faperj e ao CNPq.

REFERÊNCIAS

- 1 JOHN, V.M.J. Panorama sobre a reciclagem de resíduos na construção civil. In: SEMINÁRIO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2., São Paulo, 1999. Anais. São Paulo, IBRACON, 1999. p.44-55.
- 2 D. V. Ribeiro, M. R. Morelli, Resíduos sólidos – problema ou oportunidade?, Ed.Interciência, Rio de Janeiro, RJ (2009) 3
- 3 SILVA, S.A.C. (1998). Caracterização de Resíduo da Serragem de Blocos de Granito. Estudo Potencial de Aplicação na fabricação de Argamassas de Assentamento e de Tijolos de Solo-Cimento. Tese (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Vitória – ES. Universidade Federal do Espírito Santo – UFES. 159p.
- 4 Luxan, M. P. Rapide evaluation of pozzolanic activity of natural products by conductivity measurement . Cement and Concrete Research, 1989.
- 5 NBR 5752 - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Materiais pozolânicos – Determinação da Atividade Pozolânica com Cimento Portland - Índice de Atividade Pozolânica com cimento.
- 6 NBR 7215 (1996) - Determinação da resistência à compressão
- 7 NBR 10004 (2004) - Resíduos sólidos – Classificação