

SUBSTITUIÇÃO DA AREIA NATURAL POR REJEITO DE GRANITO TRITURADO EM CONCRETO.

Use of crushed granite waste as replacement to natural sand in concrete.

Sérgio Kitamura D.Sc.

Universidade Federal Fluminense – UFF

sergiokitamura@yahoo.com.br

Fathi Aref Ibrahim Darwish PhD

Universidade Federal Fluminense – UFF

fadarwish@poscivil.uff.br

Prof. Robson Luiz Gaiofatto, D.Sc.

Universidade Católica de Petrópolis – UCP

robson.gaiofatto@ucp.br

Resumo

Este trabalho foi elaborado com o objetivo de propor uma ação para contribuir no desenvolvimento sustentável, por meio de um estudo experimental, visando diminuir o impacto ambiental provocado pela extração desordenada da areia natural que vem dificultando a sua utilização, principalmente, no setor de construção civil. No estudo foram avaliadas várias propriedades de misturas de concreto de cimento Portland obtidas substituindo-se a areia natural por rejeito de granito triturado. As propriedades estudadas foram: consistência, resistência à compressão axial simples, resistência à tração na flexão e reatividade álcali-agregado. Os resultados obtidos nos ensaios indicaram ser viável, tecnicamente, a utilização de rejeito de granito triturado, em substituição à areia natural, em concreto.

Palavras-chave: Desenvolvimento sustentável. Concreto. Agregado miúdo. Rejeito de granito triturado.

Abstract

This work is focused on an action to contribute to the sustainable development by means of an experimental study. It has sought to diminish the environmental impact provoked by disordered extraction of natural sand which has made its use more difficult, mainly to the civil construction sector. Several properties of Portland cement concrete mix were evaluated obtained by the replacement of natural sand for crushed granite waste. The properties studied were: consistency, compressive strength, tension strength in flexure and alkali reactivity of aggregates. The results of the essays proved to be technically feasible the use of crushed granite waste replacing the natural sand in concrete.

Keywords: Sustainable development. Concrete. Fine aggregate. Crushed granite waste.

1 Introdução

Quando comparada a outros recursos da natureza, a dependência dos recursos minerais pelo homem é muito antiga e significativa. Estima-se, por indivíduo, um consumo humano de insumos minerais da ordem de 2.000 a 20.000 kg/ano, enquanto o do reino vegetal varia em torno de 400 a 500 kg/ano e, do reino animal entre 300 a 350 kg/ano. O setor da Construção Civil é um dos maiores consumidores de matérias-primas naturais sendo os insumos minerais mais consumidos no mundo utilizados como agregados nesse setor (HERRMANN, 2002).

REIS (2008) menciona que a produção mundial de agregados para a construção civil, em 2007, alcançou 22,3 bilhões de toneladas com liderança destacada pela Ásia, responsável por 11,3 bilhões de toneladas. A produção brasileira de areia e brita atingiu o volume de 390 milhões de toneladas, sendo 231 milhões de toneladas de areia e 159 milhões de toneladas de brita o que representou 1,74% da produção mundial de agregados para a construção civil.

Importantes depósitos, para a extração de recursos minerais, são restringidos ou esterilizados pela urbanização crescente constituindo o maior problema para o aproveitamento das reservas existentes. Outro agravante é que os órgãos de defesa do meio ambiente como, por exemplo, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA) vem coibindo a prática desordenada de extração de recursos minerais, principalmente da areia natural oriunda dos leitos dos rios por provocar danos ao meio ambiente como a retirada da cobertura vegetal das proximidades e a degradação dos cursos d'água (SILVA, 2006). REIS (2008) relata que o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) constatou que 70% da areia consumida no Brasil foi proveniente de leito dos rios; daí tem uma idéia dos danos ambientais causados para a obtenção dessa areia.

Devido a esses fatores, novas áreas de extração estão cada vez mais distantes dos locais de consumo, encarecendo o preço final dos produtos.

MOURA *et al.* (2002) relatam que materiais alternativos ecologicamente corretos são procurados de forma insistente e constante pela indústria da construção civil, que é um dos setores mais indicados para consumir materiais reciclados.

As rochas ornamentais, que são os granitos, mármore, quartzitos, arenitos e outros, são largamente empregadas nas edificações como revestimento de paredes, pisos, bancadas de pias, etc.

Do ponto de vista econômico, o granito e o mármore são considerados como as rochas ornamentais mais importantes, pois respondem por 90% (SPÍNOLA *et al.*, 2004) da produção mundial.

CHIODI FILHO (2008) relata que, no ano de 2007, a produção brasileira de rochas ornamentais foi de cerca de oito milhões de toneladas incluindo granitos, mármore, quartzitos, ardósias, pedra-sabão e outras.

A extração e o beneficiamento das rochas ornamentais geram grande quantidade de resíduos que são descartados no meio ambiente, quase sempre, sem nenhum critério. As perdas, sob forma de material fino, na operação de serragem de bloco de rochas ornamentais são de 30% a 40% do volume do bloco. Mais perdas (de 10% a 20%) ocorrem sob forma de retalhos gerados por peças quebradas, sobras, cortes inadequados, etc. (GOBBO *et al.*, 2004).

Face à enorme degradação ambiental para a extração da areia natural e à grande quantidade de resíduos, em forma de rejeitos, que são gerados durante o corte de rochas ornamentais, elaborou-se este trabalho visando estudar, experimentalmente, a viabilidade técnica de se utilizar retalhos (rejeitos) de granitos triturados em substituição à areia natural empregada no concreto de cimento Portland, objetivando promover uma ação para contribuir na consolidação do desenvolvimento sustentável.

O aproveitamento de rejeitos de granitos poderá, além dos benefícios propiciados ao meio ambiente, gerar lucratividade para as empresas beneficiadoras de granitos, pois poderão reduzir as perdas oferecendo uma nova alternativa de agregado para concreto.

2 Trabalho experimental

2.1 Materiais utilizados

2.1.1 Cimento

Utilizou-se o cimento Portland composto do tipo CP-II E 32 – Ultra Forte, fabricado pela Holcim do Brasil em conformidade com a NBR 11578 (ABNT, 1991).

2.1.2 Agregado miúdo natural (AMN)

O AMN utilizado foi a areia natural quartzosa proveniente do leito do Rio do Peixe no trecho que passa pela cidade de Juiz de Fora, Minas Gerais, cuja caracterização física está mostrada na Tabela 1.

2.1.3 Agregado miúdo de rejeito de granito triturado (AMRGT)

Devido à grande diversidade de tipos de granitos existentes, tornou-se impraticável a utilização de rejeitos de todos eles. Por isso foram escolhidos dois tipos de rejeitos de granitos observando-se a disponibilidade local e composição mineralógica de cada um deles. Os agregados miúdos triturados foram obtidos a partir da trituração, com triturador com mandíbulas, dos rejeitos dos granitos conhecidos comercialmente como Cinza Bressan que foi denominado de AMRG1T e Verde Labrador que foi denominado de AMRG2T.

Para fins de comparação entre os resultados dos ensaios das misturas, adotou-se uma composição granulométrica para os AMRGT's idêntica ao do AMN, que foi denominada de NA.

As Figuras 1 e 2 ilustram os dois tipos de granitos utilizados para a obtenção dos AMRGT's.



Figura 1- Granito Cinza Bressan (KITAMURA, 2011).



Figura 2 – Granito Verde Labrador (KITAMURA, 2011).

A Tabela 1 mostra a caracterização física dos agregados miúdos de rejeitos de granitos triturados (AMRGT's).

A Tabela 2 mostra a origem e a composição mineralógica de cada um dos granitos utilizados, onde constata-se que os mesmos são constituídos essencialmente por quartzo e feldspato (plagioclásios).

2.1.4 Agregado graúdo

O agregado graúdo utilizado foi uma brita gnáissica oriunda de pedreira localizada na cidade de Juiz de Fora, Minas Gerais, cuja caracterização física está mostrada na Tabela 1.

Características físicas	AMN	AMRG1T	AMRG2T	Agregado graúdo
Classificação granulométrica - NBR 7211	Zona utilizável	Zona utilizável	Zona utilizável	Fora de graduação
Massa específica - NBR NM 52 (kg/dm ³)	2,62	2,70	2,69	2,67
Massa específica aparente seca - NBR NM 52 (kg/dm ³)	1,50	1,57	1,51	1,45
Módulo de finura – NBR 7211	3,21	3,21	3,21	6,68
Torrões de argila – NBR 7218 (%)	Isento	Isento	Isento	Isento
Material pulverulento – NBR NM 46 (%)	0,78	3,69	4,16	1,00
Impureza orgânica – NBR NM 49 (p.p.m)	< 300	< 300	< 300	< 300
Dimensão máxima característica – NBR 7211 (mm)	4,75	4,75	4,75	25,00
Absorção de água – NBR NM 30 (%)	1,95	0,95	0,80	****

Tabela 1 – Características físicas dos agregados.

2.1.5 Água

Utilizou-se água potável proveniente da rede de abastecimento da cidade de Juiz de Fora, Minas Gerais.

Características	Granito cinza Bressan	Granito Verde Labrador
Origem	Estado do Espírito Santo	Estado do Espírito Santo
Composição mineralógica	2% de acessórios, 8% de biotita, 27% de quartzo, 30% de microclina, 33% de plagioclásios (oligoclásio e andesina)	5% de ortopiroxênio, 7% de hornblenda, 13% de biotita, 15% de quartzo, 30% de microclina microperítico, 30% de plagioclásio (andesina)

Tabela 2 – Características dos granitos utilizados (http://www.abirochas.com.br/rocha.php?rocha_id=94 e http://www.abirochas.com.br/rocha.php?rocha_id=146).

2.2 Misturas e ensaios realizados

2.2.1 Considerações iniciais

Para o estudo da viabilidade técnica para a utilização dos AMRGT's em misturas de concreto, foram elaboradas três misturas sendo uma mistura de referência contendo 100% de AMN (OGNA), uma mistura contendo 100% de AMRG1T com composição granulométrica NA (100G1NA) e uma mistura contendo 100% de AMRG2T com composição granulométrica NA (100G2NA). As propriedades pesquisadas para as misturas elaboradas foram: consistência, resistência à compressão axial simples, resistência à tração na flexão e reatividade álcali-agregado.

O traço utilizado para as misturas foi de 1:1,73:2,73:0,50 (cimento: agregado miúdo: agregado graúdo: fator água/cimento) e foi determinado pelo método de dosagem desenvolvido pelo IPT/EPUSP (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo/Escola Politécnica da Universidade de São Paulo) fixando-se um teor de argamassa seca ideal igual a 50%, um abatimento do tronco de cone de (80 ± 10) mm e estimando-se uma resistência característica à compressão axial simples de 20 MPa aos 28 dias de idade.

As misturas foram confeccionadas no Laboratório de Materiais de Construção do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais – Campus Juiz de Fora (IFET/JF), utilizando-se betoneira, de eixo inclinado, com capacidade de 145 litros.

A moldagem e a cura dos corpos de prova, para os ensaios, foram realizadas em conformidade com a NBR 5738 (ABNT, 2003).

Os ensaios, para estudo das propriedades já citadas, foram realizados em equipamentos instalados no Laboratório de Materiais de Construção do IFET/JF.

2.2.2 Consistência

As consistências das misturas foram determinadas por meio do ensaio de abatimento do tronco de cone, de acordo com os procedimentos preconizados na NBR NM 67 (ABNT, 1998).

2.2.3 Resistência à compressão axial simples

Essa propriedade foi avaliada por meio do ensaio preconizado pela NBR 5739 (ABNT, 2007) utilizando-se, para cada mistura, seis corpos de prova cilíndricos com dimensões de 100 mm x 200 mm (diâmetro x altura) para cada uma das idades (3, 7 e 28 dias). O cálculo da resistência à compressão axial simples, para cada corpo de prova, foi efetuado pela expressão (1):

$$f_c = \frac{F}{A} \quad (1)$$

onde

f_c – resistência à compressão axial (MPa);

F – força de ruptura (N);

A – área da seção transversal do corpo de prova (mm²).

2.2.4 Resistência à tração na flexão

Para a avaliação dessa propriedade foram ensaiados, para cada mistura, três corpos de prova prismáticos, aos 28 dias de idade, com dimensões iguais a 150 mm x 150 mm x 600 mm (largura x altura x comprimento), de acordo a NBR 12142 (ABNT, 2010) que preconiza a distância entre os pontos de carregamento igual a um terço do vão, sendo por isso o ensaio qualificado como “carregamento nos terços”. A resistência à tração na flexão, para cada corpo de prova, foi calculada utilizando a expressão (2).

$$f_{tf} = \frac{F \ell}{b d^2} \quad (2)$$

onde

f_{tf} – resistência à tração na flexão (MPa);

F – força máxima aplicada (N);

ℓ – dimensão do vão entre apoios (mm);

b – largura média do corpo de prova (mm);

d – altura média do corpo de prova (mm).

A dimensão do vão entre apoios (ℓ) utilizada foi igual a 450 mm.

2.2.5 Reatividade álcali-agregado

A reação álcali-agregado (RAA) é uma reação química envolvendo os íons alcalinos do cimento Portland, íons hidroxila e certos constituintes que podem estar presentes nos agregados. Essa reação pode resultar em expansão e fissuração, “pipocamentos” e exsudação de um fluido viscoso (MEHTA e MONTEIRO, 2008). É, dentre outras, uma das causas da deterioração do concreto e tem sido motivo de investigações para a compreensão dos mecanismos e dos fatores que a influenciam bem como da busca de soluções seguras e viáveis para a recuperação de estruturas por ela deterioradas.

A RAA pode ser de três tipos: reação álcali-sílica, reação álcali-silicato e reação álcali-carbonato (ANDRADE *et al.*, 1997 e NBR 15577-1 (ABNT, 2008)).

A reatividade álcali-agregado foi verificada por meio da expansão em barras de argamassa pelo método acelerado, sendo que a expansão de cada barra de argamassa, numa determinada idade, representa a diferença entre o seu comprimento na idade considerada e seu

comprimento inicial (leitura zero), expressa em porcentagem do comprimento efetivo de medida, conforme preconiza a NBR 15577-4 (ABNT, 2008).

As Figuras 3 e 4 ilustram alguns dispositivos utilizados para a realização do ensaio de RAA.



Figura 3 – Barras de argamassa imersas em solução de hidróxido de sódio no ensaio de RAA (KITAMURA, 2011).



Figura 4 - Medição da expansão do comprimento da barra de argamassa no ensaio de RAA (KITAMURA, 2011).

3 Resultados obtidos e análises

3.1 Consistência

A Tabela 3 mostra o abatimento (*slump*) encontrado para misturas confeccionadas.

Mistura	Abatimento (mm)
0GNA	80
100G1NA	100
100G2NA	95

Tabela 3 – Abatimento das misturas (KITAMURA, 2011).

Na Tabela 3 constata-se um incremento no abatimento das misturas contendo os AMRGT's em relação à mistura de referência, que ocorreu devido à menor absorção de água das misturas pelos agregados triturados que possibilitou a obtenção de misturas mais fluidas sem, no entanto, se observar desagregações ou exsudações excessivas das mesmas.

A mistura 100G2NA apresentou menor abatimento em relação à mistura 100G1NA devido à maior quantidade de material pulverulento (partículas com dimensões menores do que 0,075 mm) que dificultou a homogeneização da mistura.

3.2 Resistência à compressão axial simples

A aceitabilidade dos resultados dos ensaios foi verificada por meio do valor do coeficiente de variação (CV) que é uma análise estatística preliminar para avaliar a variabilidade dos resultados de um experimento. Em geral, se o valor do CV for inferior a 25% a amostra é aceita.

As médias dos resultados individuais encontrados para a resistência à compressão axial simples e o respectivo CV para cada uma das misturas e idades pesquisadas são mostradas na Tabela 4.

Mistura	3 dias		7 dias		28 dias	
	f _{c3} (MPa)	CV (%)	f _{c7} (MPa)	CV (%)	f _{c28} (MPa)	CV (%)
0GNA	13,89	4,57	20,58	2,53	26,47	3,52
100G1NA	15,97	2,53	21,40	2,19	27,26	3,30
100G2NA	14,48	5,11	20,16	4,16	25,94	2,01

Tabela 4 – Resistência à compressão axial simples das misturas (KITAMURA, 2011).

A forma e a textura superficial do agregado influenciam as características da zona de transição entre a pasta de cimento e o agregado e, portanto a resistência do concreto. Os concretos confeccionados com agregados britados ou triturados apresentam resistência superior aos concretos confeccionados com areia natural, pois esses agregados têm grãos com formas angulosas e textura mais rugosa do que os grãos arredondados e lisos da areia natural, proporcionando melhor intertravamento e maior aderência com a pasta de cimento, com consequente diminuição da microfissuração na interface agregado-pasta de cimento (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

A Tabela 5 mostra as variações relativas da resistência à compressão axial simples das misturas contendo os AMRGT's comparadas à mistura de referência.

Mistura	3 dias	7 dias	28 dias
0GNA	1,000	1,000	1,000
100G1NA	1,150	1,040	1,030
100G2NA	1,042	0,980	0,980

Tabela 5 – Relações entre as resistências à compressão axial simples – misturas contendo os AMRGT's / mistura de referência.

A Tabela 5 mostra que as resistências à compressão axial simples da mistura 100G1NA foram superiores à da mistura de referência devido à textura áspera do agregado.

Constata-se também, por meio da Tabela 5, que a resistência à compressão axial simples da mistura 100G2NA, aos 3 dias de idade, foi superior à resistência da mistura de referência devido à maior influência da textura áspera do AMRG2T. No entanto para idades mais avançadas, o ganho de resistência devido à textura áspera do agregado foi prejudicado pela baixa absorção de água da mistura por esse agregado que proporcionou um aumento excessivo na porosidade da matriz da pasta de cimento ou da zona de transição entre a pasta de cimento e o agregado acarretando uma diminuição nos valores dessa resistência.

A fim de se verificar a influência das variáveis, tipo de agregado miúdo e idade, na resistência à compressão axial simples das misturas estudadas, empregou-se a ferramenta ANOVA obtendo-se os valores, constantes na Tabela 6, para os fatores de Fisher (F calculado e F tabelado para o nível de significância de 5%).

Variável	F calculado	F tabelado	Resultado
Tipo de agregado miúdo	10,70	6,94	Significante
Idade	664,31	6,94	Significante

Tabela 6 – ANOVA relativa aos resultados da resistência à compressão axial simples.

3.3 Resistência à tração na flexão

A Tabela 7 mostra as médias dos resultados individuais obtidos para a resistência à tração na flexão e o respectivo CV, para cada uma das misturas estudadas.

Mistura	Ensaio de resistência à tração na flexão	
	Tensão (MPa)	CV (%)
0GNA	3,62	3,36
100G1NA	3,92	2,17
100G2NA	4,02	4,37

Tabela 7 – Resistência à tração na flexão (KITAMURA, 2011).

Constata-se, por meio da Tabela 7, que as resistências à tração na flexão das misturas contendo os AMRGT's são superiores à da mistura de referência. Isto ocorreu, pois diferentemente do AMN que possuía grãos arredondados e lisos, os AMRGT's possuíam grãos angulosos e com textura áspera o que possibilitou melhor intertravamento e melhor aderência com a pasta de cimento, elevando a resistência à tração na flexão.

Para verificar a influência da variável, tipo de agregado miúdo, na resistência à tração na flexão das misturas, empregou-se a ferramenta ANOVA para a determinação dos fatores F calculado e F tabelado para o nível de significância de 5%, obtendo-se os valores constantes na Tabela 8.

Variável	F calculado	F tabelado	Resultado
Tipo de agregado miúdo	7,25	5,14	Significante

Tabela 8 - ANOVA relativa aos resultados da resistência à tração na flexão.

3.4 Reatividade álcali-agregado

A Tabela 9 mostra os valores referentes às expansões das barras de argamassa contendo os AMRGT's e os respectivos coeficientes de variação.

Idade (dias)	Expansões de barras contendo o AMRG1T (%)	CV (%)	Expansões de barras contendo o AMRG2T (%)	CV (%)
4	0,010	21,53	0,004	15,75
8	0,014	14,29	0,006	9,12
14	0,020	15,81	0,014	4,22
16	0,022	14,39	0,018	11,11
21	0,028	15,57	0,025	4,56
24	0,034	5,88	0,036	6,36
28	0,039	9,25	0,040	3,88
30	0,042	7,71	0,042	2,71

Tabela 9 – Expansões de barras de argamassa no ensaio de RAA (KITAMURA, 2011).

Constata-se pela Tabela 9 que todos os valores ficaram abaixo do limite prescrito pela NBR 15577-1 que é de 0,19% aos 30 dias, para que o agregado possa ser considerado potencialmente inócuo.

4 Conclusões

Os resultados encontrados para os ensaios realizados indicam que:

- (a) as misturas de concreto confeccionadas com os AMRGT's ficam menos consistentes sem, no entanto, haver qualquer desagregação ou exsudação excessiva da água de amassamento. Isto ocorre devido à baixa absorção de água das misturas pelos AMRGT's que possibilitam a obtenção de misturas mais fluidas;
- (b) a resistência à compressão axial simples das misturas contendo os AMRGT's é beneficiada pela forma angulosa e pela textura áspera dos seus grãos;
- (c) a maior resistência à compressão axial simples é obtida com a mistura contendo o AMRG1T e é em média 6,1% superior à da mistura de referência;
- (d) a menor absorção de água das misturas pelos AMRGT's, em relação ao AMN, constitui um fator prejudicial à resistência à compressão axial simples das misturas confeccionadas com os AMRGT's, pois aumenta a porosidade da matriz da pasta de cimento ou da zona de transição entre a pasta de cimento e o agregado;
- (e) a resistência à tração na flexão é beneficiada pela forma angulosa e pela textura áspera dos AMRGT's, pois possibilitam, em relação ao AMN, melhor intertravamento e melhor aderência com a pasta de cimento;
- (f) por meio da mistura 100G2NA consegue-se um incremento médio na resistência à tração na flexão, de 11,0% em relação à mistura de referência;
- (g) os AMRGT's utilizados nas misturas, não apresentam minerais reativos e podem ser utilizados em misturas de concreto sem o risco de desenvolvimento de reação álcali-agregado devido aos baixos valores encontrados para as expansões de barras de argamassa contendo os AMRGT's e, finalmente,
- (h) é viável, tecnicamente, a utilização dos AMRGT's em misturas de concreto.

5 Referências bibliográficas

ABIROCHAS. Catálogo Brasileiro – Rochas Ornamentais – Granito Cinza Bressan. Disponível em: http://www.abirochas.com.br/rocha.php?rocha_id=94. Acesso em 22 jun. 2009.

_____. Catálogo Brasileiro – Rochas Ornamentais – Granito Verde Labrador. Disponível em: http://www.abirochas.com.br/rocha.php?rocha_id=146 Acesso em 22 jun. 2009.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738 – Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova, Rio de Janeiro, 2003.

_____. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739 – Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos, Rio de Janeiro, 2007.

_____. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11578 – Cimento Portland Composto – Especificação. Rio de Janeiro, 1991.

_____. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12142 – Concreto – Determinação da resistência à tração na flexão em corpos-de-prova prismáticos, Rio de Janeiro, 2010.

_____. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15577-1 – Agregados – Reatividade álcali-agregado. Parte 1: Guia para avaliação da reatividade potencial e medidas preventivas para uso de agregados em concreto, Rio de Janeiro, 2008.

_____. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15577-4 – Agregados – Reatividade álcali-agregado. Parte 4: Determinação da expansão em barras de argamassa pelo método acelerado, Rio de Janeiro, 2008.

_____. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 67 – Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone, Rio de Janeiro, 1998.

ANDRADE, W. P. *et al.* – EQUIPE DE FURNAS, LABORATÓRIO DE CONCRETO *Concretos massa, Estrutural, Projetado e Compactado com Rolo*. Ed. PINI, São Paulo, 1997.

CHIODI FILHO, C. Situação atual e perspectivas brasileiras no setor de rochas ornamentais. *Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais – ABIROCHAS*. Informe 02/2008 – p.01-38, fevereiro, 2008.

GOBBO, L. A.; MELLO, I. S. C.; QUEIRÓZ, F. C.; FRASCÁ, M. H. B. O. Aproveitamento de resíduos industriais. A cadeia produtiva de rochas ornamentais e para revestimento no Estado de São Paulo: diretrizes e ações para inovação e competitividade. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2004, p.129-152.

HERRMANN, H. *Política de aproveitamento de areia no estado de São Paulo: dos conflitos existentes às compatibilizações possíveis*. Rio de Janeiro. CETEM/CNPQ, 186p. 2002.

KITAMURA, S. Estudo experimental sobre a influência da substituição do agregado miúdo natural por granito triturado, nas propriedades do concreto de cimento Portland, 2011. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. *Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais*. 3. ed. São Paulo: IBRACON, 2008.

MOURA, W. A.; GONÇALVES, J. P.; LEITE, R. S. Utilização do resíduo de corte de mármore e granito em argamassas de revestimento e confecção de lajotas para piso, *Sitientibus*, jan/jun 2002, n. 26, p.49-61.

REIS, R. L. G. Agregados para Construção Civil. *Brasil Mineral*. nº274, p. 26-29, 2008.

SILVA, N. G. *Argamassa de revestimento de cimento, cal e areia britada de rocha calcária*. 2006. 164f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SPÍNOLA, V.; GUERREIRO, L. F.; BAZAN, R. A Indústria de Rochas Ornamentais. *Desenbahia – Agência de Fomento do Estado da Bahia, Estudo de Mercado 02/04*, Salvador, set. 2004.