

APROVEITAMENTO DE REJEITOS DE PEDREIRAS E FINOS DE SERRARIAS DE ROCHAS ORNAMENTAIS BRASILEIRAS¹

Salvador Luiz Matos de Almeida² e Ivan Falcão Pontes²

²Pesquisadores do CETEM/MCT

Av. Ipê, 900 – Cidade Universitária – Ilha do Fundão – 21.941-590 – Rio de Janeiro - RJ
Fone: (21) 3865-7290 - Fax: (21) 260-2837 - E_mail: salmeida@cetem.gov.br, ifalcao@cetem.gov.br

RESUMO

O presente trabalho se refere a estudos realizados com rejeitos de uma pedreira de Santo Antônio de Pádua – RJ, bem como com os finos de serragem de mármore e granitos provenientes da serraria da Marbrasa situada em Cachoeiro de Itapemirim – ES.

O objetivo foi estudar a viabilidade técnica de se aproveitar os rejeitos de pedreiras e resíduos de serrarias, gerando receita para as empresas, bem como reduzir o impacto ambiental desses rejeitos acumulados nas pedreiras, serrarias e nos cursos de água.

Foram coletadas amostras numa pedreira em Santo Antônio de Pádua (rejeito de lavra e sobras de serraria) e num tanque de decantação de finos de serragem em Cachoeiro de Itapemirim – ES. Para estabelecer as características das matérias-primas, foram feitos estudos de caracterização mineralógica/tecnológica das amostras. Os resultados das análises químicas/ mineralógicas das amostras da Pedreira de Santo Antônio de Pádua, mostraram que as mesmas são iguais, constituídas principalmente por feldspato (62%), quartzo (25%), mica (7%) e hornblenda (5%). A amostra dos finos de serragem de Cachoeiro de Itapemirim apresentou a seguinte composição: dolomita (29%), feldspato (47%), quartzo (14%), e biotita (1%), outros (9%). Este material apresenta duas características inadequadas para usos industriais, que são: alto teor de óxido de ferro (6,63%) e granulometria muito fina (cerca de 80% abaixo de 200 malhas).

Foram feitos estudos de beneficiamento nas amostras, visando a sua utilização em:

- agregados para a construção civil – rejeitos de pedreira de Santo Antônio de Pádua
- argamassa, pré – moldados, indústria cerâmica – finos de serraria do Espírito Santo

Os resultados obtidos para utilização da amostra como agregado de construção civil, foram bastante satisfatórios, ou seja, uma brita apresentando bons resultados de índice de forma, abrasão *Los Angeles* e resistência à compressão. Um estudo de pré-viabilidade econômica para operação de uma usina de brita com capacidade de 30.000 m³/ano, projetou um investimento total de R\$ 675.000,00 gerando uma taxa de retorno de 12% ao

ano, e período de recuperação de investimento no prazo de 4 anos.

Com a amostra de finos de serragem foram feitos estudos para redução do teor de ferro, utilizando-se diferentes processos, tais como, separação magnética, concentração gravítica e ciclonagem. Destas rotas estudadas, a que apresentou melhor resultado foi a separação magnética, com a redução do teor de ferro de até 70%. A seguir foram feitos estudos de aplicações industriais do resíduo, para a indústria de construção civil, indústria de cerâmica vermelha e indústria de cerâmica de revestimento, tendo-se obtido resultados bastantes promissores.

INTRODUÇÃO

Na lavra e no processamento de rochas ornamentais brasileiras, verifica-se em todas suas etapas quantidades expressivas de perdas, ou seja, na lavra, no beneficiamento e no acabamento. Isto ocorre em grande parte devido aos métodos arcaicos utilizados, ou seja, poucas empresas do setor utilizam as novas tecnologias existentes.

Em Santo Antônio de Pádua a lavra é realizada com explosivos gerando grandes quantidades de rejeitos. O beneficiamento é inicialmente realizado com o uso de ferramentas manuais nas próprias pedreiras, sendo o bloco deslocado e estas placas a seguir transportadas para as serrarias, onde as mesmas são cortadas através de disco diamantado, nas dimensões utilizadas pelo comércio. Esta metodologia gera grande quantidades de rejeitos, tanto nas pedreiras como nas serrarias, com um volume total estimado em cerca de 70%.

Nas pedreiras de mármore e de granitos, embora a lavra seja feita em alguns casos com fio diamantado, e o beneficiamento, em sua maioria, com teares, observa-se também desde a extração até o acabamento final, uma produção significativa de rejeitos que em média atinge valores de 40 a 50%.

Nas diversas visitas técnicas realizadas pela equipe do CETEM, em pedreiras de rochas ornamentais nos Estados do Rio de Janeiro, Minas Gerais, Goiás, e Espírito Santo, observou-se que os operários que trabalham neste setor, são provenientes de outras atividades, geralmente do setor agrícola/pecuária, constituindo assim, mão de obra não qualificada. Além disto, a maioria das empresas são de pequeno porte, e não acompanham os avanços tecnológicos que vão surgindo no setor. Isto acarreta baixa produtividade nas pedreiras e conseqüentemente elevado percentual de perdas.

¹ Este trabalho foi extraído da tese de Doutorado dos Autores, apresentado à USP sob a orientação dos professores Laurindo de Salles Leal Filho e Antônio Stellin Júnior, respectivamente.

O CETEM vem desde 1996 em parceria com outros órgãos/instituições, tais como, SEBRAE, FIRJAN, SENAI, INT, UFRJ etc., realizando programas de apoio à micro e pequena empresa, visando aumentar a produtividade com redução das perdas e aumentar a exportação, além de introduzir novos equipamentos/tecnologias, e alternativas de aproveitamento dos rejeitos. Esses programas foram desenvolvidos nas regiões de Santo Antônio de Pádua e Porciúncula no Rio de Janeiro, Pirenópolis em Goiás e Cachoeiro de Itapemirim no Espírito Santo. Foram feitos também estudos de melhoria nos efluentes de serraria, tendo sido construídos diversos tanques de decantação na região de Santo Antônio de Pádua, obtendo-se efluente limpo e com reaproveitamento da água no processo.

Houve assim, uma melhoria real nas operações de lavra e beneficiamento, e sobretudo uma conscientização maior sobre a necessidade do cumprimento de normas de segurança e ambientais. Para fomentar a utilização de rejeitos seria necessário buscar incentivo do poder público, para sua utilização em obras civis municipais, estaduais e federais, tais como, casas populares, calçamento de ruas e avenidas, pisos diversos com bloquetes, além de obras de saneamento que utilizem tijolos e manilhas feitos com rejeitos de pedreiras e serrarias locais.

O projeto tem um apelo ambiental indiscutível, visto que promoverá a utilização de rejeitos que hoje são gerados em quantidades muito significativas, e são dispostos de maneira desordenada, gerando um enorme impacto ambiental. A necessidade de cumprir às exigências de manejo e disposição de rejeitos sólidos produzidos nas atividades industriais, vem sendo imposta, nas últimas décadas, pelas leis ambientais e movimentos ecológicos em todo mundo, tornando-se um grande desafio para os sistemas produtivos.

PESQUISAS REALIZADAS

Pesquisa A. Rejeitos de pedreira e sobras de serrarias - Santo Antônio de Pádua - RJ

O município de Santo Antônio de Pádua situa-se ao noroeste do Estado do Rio de Janeiro, cerca de 260 km da capital. Possui uma quantidade expressiva de pedreiras de rochas ornamentais, cujas aplicações principais são no revestimentos de pisos e paredes. A principal atividade econômica da região é a extração de pedra, gerando mais de 6.000 empregos, o que representa mais que a agricultura e pecuária, atividades tradicionais no local.

A rocha existente na região e comercializada é um granulito milonitizado que deslaca com facilidade. Após o beneficiamento, as pedras são utilizadas principalmente como: revestimento de paredes/muros/pilastras/colunas, piso de varandas/garagens/jardins, e paralelepípedos.

Estima-se que a perda total na lavra e no beneficiamento seja de 70%, valor este bem elevado, que configura uma exploração mineral predatória e dentro de pouco tempo poderão comprometer as reservas da maior riqueza do município.

Os produtos normalmente produzidos são: placa ou lajota de 47x47x4 cm, bloquinho de 23x11,5x4 cm e lajinha de 23x11,5x1,5 cm que são comercializados principalmente para os estados de SP, RJ e MG.

Este trabalho teve como objetivo estudar o aproveitamento dos rejeitos de lavra e de beneficiamento das pedreiras de Santo Antônio de Pádua, através de britagem/classificação dos mesmos para produzir agregados para construção civil, minimizado o impacto ambiental destes rejeitos acumulados nas pedreiras, serrarias e nos cursos d'água. O projeto apresenta ainda a vantagem de não ter custos com decapeamento, perfuração, desmonte e transporte.

Caracterização da rocha

Foram coletadas 2 t de amostra e seguir feita sua caracterização mineralógica, que apresentou os seguintes resultados: quartzo (25%), feldspato potássico (25%), albita (26%), anortita (11%), biotita (7%), hornblenda (5%), outros (1%). Concluiu-se que as duas amostras, rejeitos de pedreira e sobras de serraria são essencialmente iguais, compostas predominantemente por feldspato, quartzo, mica e hornblenda e que os feldspatos potássicos (microclínios) e o sódico (albita) predominam sobre o cálcico (anortita).

A caracterização tecnológica das amostras apresentou os seguintes resultados:

- densidade: 2.732kg/m³
- porosidade: 0,65%
- absorção d'água: 0,24%
- resistência à compressão uniaxial: 143,5 Mpa
- resistência à flexão: 13,43 Mpa
- desgaste *Amsler* : 1,47 mm.

A maioria dos valores encontrados estão dentro das especificações para rochas ornamentais, apenas o resultado do desgaste *Amsler* apresentou um valor um pouco acima do recomendado, porém não restringe seu uso para piso de baixo tráfego.

Ensaio de britagem

Foram realizados vários ensaios de britagem com as amostras de Pádua utilizando-se os britadores de mandíbulas da Faço modelos 2015 e 3020. Para efeitos comparativos foram feitos também ensaios com material utilizado como brita nas construções do Rio de Janeiro, gnaisse da pedreira Convém. Na figura 1 são mostrados os resultados obtidos da britagem feita no britador 3020 com os materiais das pedreiras de Pádua e Convém.

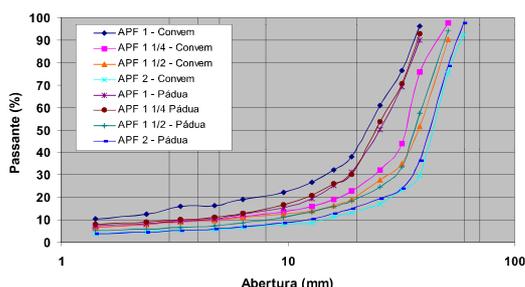


Figura 1- Comparação entre as distribuições granulométricas obtidas no britador 3020 com os materiais das pedreiras Pádua x Convém

Pelas curvas obtidas verifica-se que os materiais têm um comportamento bem típico de um granito/gnaiss. As curvas da Convém concordam muito bem com as de Pádua, apesar deste material ser milonítico e ter sofrido deslocamento e serragem nas serrarias, apresentando-se ao britador com uma forma pré-determinada e com a xistosidade orientada em relação às dimensões principais da partícula alimentada. Portanto, estas circunstâncias não afetaram a distribuição granulométrica, somente ocasionaram um pequeno aumento na qualidade de finos de Pádua em relação a Convém.

Índice de forma das partículas/desgaste por abrasão Los Angeles

Foi determinado o índice de forma da brita seguindo a norma NBR-7809/82, onde se concluiu que as partículas apresentam forma cúbica.

O resultado de abrasão *Los Angeles* deu 54,6% valor este um pouco acima do recomendado pela norma NBR 64465 (50%), sendo recomendada para obras de pequeno e médio porte.

Ensaio de compressão em concreto

Determinou-se a resistência à compressão do concreto para 28 dias, e o resultado obtido foi de 23 Mpa, que também enquadra a brita numa classe média, para ser usada em obras civis de pequeno e médio porte, que é a demanda da região.

Usina de brita

Projetou-se uma usina de capacidade de produção de 10 m³/h, operando 10 h/d durante 300 d/a, logo a produção anual será de 30.000 m³/a. Na figura 2 é mostrado o fluxograma da usina de brita.

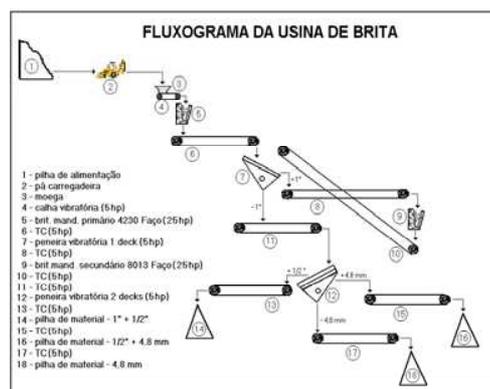


Figura 2 – Fluxograma da usina de brita

Obtêm-se então três tipos de materiais de granulometrias diferentes:

- fração - 1" + 1/2", brita 1 (48%)
- fração - 1/2" + 4,8 mm, brita 0 (29%)
- fração - 4,8 mm, pó-de-pedra (23%).

A brita 1, produto mais nobre, é usada principalmente em concreto, a brita 0 em concreto e pré-moldados e o pó-de-pedra em pré-moldados.

Estudo de pré-viabilidade econômica

A análise do fluxo de caixa apresentou os seguintes resultados:

- valor presente do projeto é de R\$ 338.303,00
- a taxa interna de retorno é de 12,1% ao ano
- tempo de recuperação do investimento é de 4 anos.

Pesquisa B. Aproveitamento de finos gerados nos teares de Cachoeiro de Itapemirim – ES

A industrialização de mármore e granitos passa por três importantes etapas: a extração de blocos do maciço rochoso ou de matacões (nas pedreiras), o beneficiamento ou serragem de chapas semi-acabadas (nas serrarias), e acabamento final ou polimento e corte das chapas em tamanho padrão (na linha de polimento).

O beneficiamento primário das rochas ornamentais ocorre nas serrarias, durante a etapa de serragem de blocos brutos, provenientes das pedreiras. Os blocos geralmente são desdobrados em chapas de espessura variável nos teares. Esse desdobramento produz grandes quantidades de rejeitos nas serrarias do Espírito Santo, que são lançados no meio ambiente, causando impactos ambientais e assoreamento dos rios da região.

Amostragem

Foram coletadas amostras no tubo de descarga da lama na barragem de rejeitos da Marbrasa em Cachoeiro de Itapemirim-ES (figura 3). A amostra de lama (resíduo) é proveniente dos teares da serraria, e totalizaram 307 kg (a úmido).

Os estudos de purificação da amostra, tiveram por meta a remoção de ferro, contaminante indesejável, enquanto que os ensaios realizados para aplicações industriais, visaram o aproveitamento desses rejeitos, nas indústrias de cerâmica vermelha (tijolos, telhas, lajotas etc.), nas indústrias de cerâmica de revestimento (principalmente pisos), e nas indústrias de construção civil (blocos estruturais, pisos para pavimentação de áreas e argamassas).



Figura 3 – Amostragem no tubo de descarga da lama na barragem de rejeito

Preparação da amostra

Para início dos estudos de beneficiamento, foi necessária a desagregação do material, utilizando-se nesta etapa, peneira de 48 malhas. Com a amostra desagregada foi construída uma pilha de homogeneização, e em seguida foi realizado o quarteamento, com retirada de alíquotas, visando a realização dos estudos de caracterização química e mineralógica; concentração gravítica; separação magnética e estudos de ciclonação, conforme mostra o fluxograma apresentado na Figura 4.

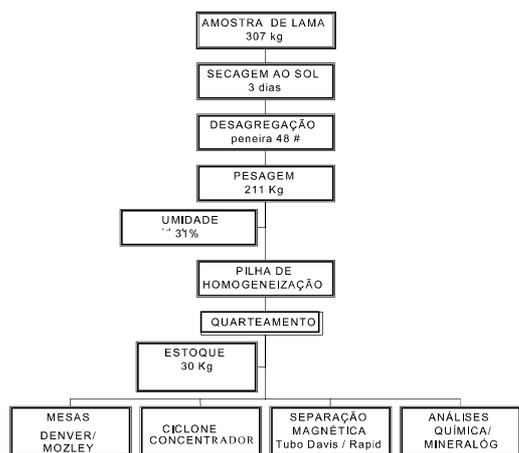


Figura 4 – Fluxograma usado na preparação da amostra

Caracterização química e mineralógica

A caracterização mineralógica do resíduo foi realizada através de análises ao microscópio óptico, para a determinação de todos os minerais presentes.

Esses estudos foram complementados por análises mineralógicas, através de difração de Raios X e análises químicas. Os resultados obtidos estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1 - Análise química e mineralógica do resíduo

ÓXIDOS	(%)	MINERAIS	(Peso %)
SiO ₂	35,5	Dolomita	29
Al ₂ O ₃	8,22	Quartzo	14
Fe ₂ O ₃	6,63	Albita	11
TiO ₂	0,96	Anortita	15
K ₂ O	3,44	Microclínio	21
MgO	6,59	Biotita	1
MnO	0,08	Anfibólio	< 1
CaO	12,62	Outros	9
Na ₂ O	3,15	TOTAL	100
Perda ao Fogo	14,5		

Pelos dados apresentados na tabela 1 verifica-se que a amostra tem alto teor de Fe e contém dolomita, indicando que no resíduo além de finos de granito existe também a presença de finos de mármore. Isto se deve, que a Marbrasa deposita no seu tanque de decantação finos de serragem dos dois materiais, granito e mármore.

Separação magnética de baixa e alta intensidade

Foram realizados ensaios de separação magnética de baixa e alta intensidade utilizando-se respectivamente o tubo Davis e o separador magnético Boxmag Rapid. Neste equipamento, as condições dos ensaios foram:

- campo magnético: 8.000 a 16.000 Gauss
- matriz: lâ de aço
- alimentação: 200 g
- % de sólidos: 10
- granulometria: material abaixo 150 malhas.

Os resultados da separação magnética estão mostrados nas tabelas 2 e 3.

Tabela 2 – Resultados da separação magnética com o tubo Davis

Teste Nº	Campo Mag. (Gauss)	Distribuição Massa (% Peso)		Fe (%)		% de remoção de Fe
		Não Mag.	Mag.	Mag.	Não Mag.	
1	1550	96,63	3,37	43,3	1,6	50,0
2	1700	96,59	3,41	48,3	1,6	50,0
3	1800	96,45	3,55	46,5	1,6	50,0
4	2000	96,24	3,76	40,8	1,5	53,1
5	2100	95,88	4,12	15,8	1,4	56,3
6	2300	94,41	5,59	34,2	2,5	21,9
7	3200	94,50	5,50	51,9	2,5	21,9
8	3800	94,38	5,62	43,1	2,2	31,3

Tabela 3 - Resultados da separação magnética com o separador Boxmag Rapid

Teste Nº	Campo Mag. (Gauss)	Distribuição Massa (% Peso)		Fe (%)		% de remoção de Fe
		Não Mag.	Mag.	Inicial	Final	
1	8.000	75,83	24,17	3,2	1,2	62,5
2	10.000	68,34	31,66	3,2	0,77	75,94
3	12.000	67,89	32,11	3,2	1,4	56,25
4	14.000	67,88	32,12	3,2	1,1	65,62
5	16.000	67,54	32,46	3,2	0,67	79,06

Estudo para utilização do resíduo na indústria cerâmica

Foram encaminhados à Divisão de Tecnologia Mineral do NUTEC / Fortaleza / CE, 40 kg de material, sendo 10 Kg de amostra beneficiada com teor de 0,7% Fe, 10 kg de amostra beneficiada com teor de 3,2% Fe e 20 kg de amostra não beneficiada com teor de 11,84% Fe, visando estudar utilizações mais nobres do resíduo, nas indústrias de construção civil e cerâmica, possibilitando agregação de valores.

Os ensaios iniciais visaram o aproveitamento do resíduo na indústria de cerâmica vermelha, para produção de tijolos maciços, tijolos vazados, telhas, lajotas etc. Na construção civil, os estudos foram dirigidos para a produção de blocos estruturais. Estes ensaios são padronizados pelas normas brasileiras da ABNT. Os tipos de ensaios realizados foram: retração, módulo de ruptura (Figura 5), granulometria e absorção de água.

A argila utilizada como aglomerante do resíduo foi proveniente da Cerâmica Cascavel S.A., localizada na região metropolitana de Fortaleza e foi moída num moinho de bolas de porcelana, sendo a mesma colocada a uma granulometria abaixo de 20 malhas.

Ensaio 1: preparou-se uma mistura com 90% de argila e 10% do resíduo não beneficiado. Em seguida, este material foi molhado com cerca de 10% de água e colocado num molde, onde foi prensado com uma força compressiva de 2,5 toneladas. A partir da mistura anterior, foram produzidos 12 corpos de prova, conforme mostra a figura 5. Em seguida, os corpos de prova foram colocados na temperatura ambiente para secar por 24 h, visando aumentar a resistência mecânica. Estes corpos de prova, foram secados ou queimados, conforme é mostrado a seguir, visando avaliar a retração, absorção de água, cor de queima e resistência à flexão (módulo de ruptura).

- corpos de prova - secados a 70° C
- 4 corpos de prova - queimados a 900° C
- 4 corpos de prova - queimados a 1.100°C

Ensaio 2: foi realizado da mesma forma que o ensaio 1, apenas ocorrendo mudança na percentagem de utilização do resíduo, que neste caso foi de 20%.

Ensaio 3: foi realizado da mesma forma que os ensaios 1 e 2, diferenciando apenas no percentual de utilização do resíduo, que foi de 30%.

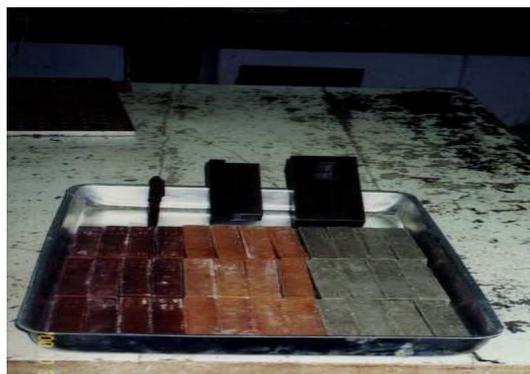


Figura 5 - Corpos de prova para medição da resistência à flexão (módulo de ruptura)

As tabelas 4 e 5 apresentam os resultados obtidos nos ensaios de módulo de ruptura, retração de secagem e absorção de água das amostras beneficiada e sem beneficiamento nas diferentes proporções de resíduo.

Tabela 4 - Amostra beneficiada

Tipos de Ensaio	seca a 70°C		queimada a 900°C			queimada a 1100°C		
	Módulo de Ruptura (Kgf/cm ²)	Retração de secagem (%)	Módulo de Ruptura (Kgf/cm ²)	Retração de secagem (%)	Absorção de água (%)	Módulo de Ruptura (Kgf/cm ²)	Retração de secagem (%)	Absorção de água (%)
Resíduo 10%	61,48	2,44	61,48	2,44	10,13	303,34	9,20	0,32
Resíduo 20%	51,39	2,03	51,39	2,03	10,33	317,54	8,72	0,30
Resíduo 30%	40,48	1,39	40,48	1,39	12,20	361,43	8,61	0,19

Tabela 5 - Amostra não beneficiada

Tipos de Ensaio	seca a 70°C		queimada a 900°C			queimada a 1100°C		
	Módulo de Ruptura (Kgf/cm ²)	Retração de secagem (%)	Módulo de Ruptura (Kgf/cm ²)	Retração de secagem (%)	Absorção de água (%)	Módulo de Ruptura (Kgf/cm ²)	Retração de secagem (%)	Absorção de água (%)
Resíduo 10%	59,06	1,99	78,23	2,95	9,27	225,34	7,89	1,45
Resíduo 20%	45,78	1,39	57,97	2,04	10,09	209,29	7,35	1,21
Resíduo 30%	39,61	1,04	48,65	1,73	10,37	193,16	7,02	1,11

CONCLUSÕES**A – Rejeito de Santo Antônio de Pádua - RJ**

- As amostras rejeitos de pedreira e sobras de serraria têm a mesma composição química/mineralógica, sendo portanto iguais, constituídas principalmente de feldspato (62%), quartzo (25 %), biotita (7%) e hornblenda (5%). Como minerais menos importantes foram caracterizados zircão, apatita e ilmenita;
- A resistência à compressão do concreto feito com a brita de Santo Antônio de Pádua (23 Mpa) a enquadra como uma brita de média resistência, sendo recomendável na utilização em obras civis de pequeno e médio porte;
- Numa britagem do material abaixo de 1” em britador de mandíbulas (circuito fechado), obtêm-se as seguintes proporções de brita:
 - 48 % brita 1 - material 25 x 12,7 mm - para uso em concreto
 - 29 % brita 0 - material 12,7 x 4,8 mm – para uso em concreto e em pré-moldados
 - 23 % pó-de-pedra - material -4,8 mm – para uso em pré-moldados;
- Um estudo de pré – viabilidade econômica para operação de uma usina de brita de 30.000 m³/ano de capacidade, projetou um investimento total de R\$ 675.000,00 com uma receita de R\$ 384.000,00 e gerando uma taxa de retorno de 12% ao ano, valor presente líquido de R\$ 338.303,00 e período de recuperação do investimento no prazo de 4 anos;
- Um projeto de aproveitamento de brita/areia em Santo Antônio de Pádua é auto-sustentável, pois além de gerar receita e emprego para o município, traz ainda, dentre outros, os seguintes benefícios: não utilização de explosivos, custo zero de lavra, aproveitamento de material já extraído e estocado, saneamento ambiental, minimização dos índices de acidente e do impacto ambiental da região.

B – Rejeito de finos de serraria Espírito Santo

- Existe viabilidade técnica de se purificar o resíduo através da separação magnética de alta intensidade. Tal processo foi capaz de remover o Fe em até 75%, reduzindo o teor de 3,2% para 0,7%, viabilizando a sua utilização em usos mais nobres;
- O resíduo beneficiado pode ser usado até 30% nas formulações de massa para cerâmica;
- A resistência mecânica diminui com o aumento do teor de finos não beneficiado, e aumenta com o aumento do teor de finos beneficiados (1.100° C);
- Os valores absolutos menores da resistência mecânica dos finos não beneficiado indicam que os finos é prejudicial à resistência mecânica da peça;
- A granulometria do resíduo beneficiado permite substituir com vantagens a argila grosseira usada com a fina para diminuir a plasticidade;
- Pelo trabalho executado concluiu-se que é viável o aproveitamento de rejeitos de pedreiras e de finos de serrarias.

BIBLIOGRAFIA

- ALENCAR, C. R. A.; CARANASSIOS, A.; CARVALHO, D. **Tecnologias de lavra e beneficiamento**. Fortaleza: Instituto Euvaldo Lodi, 1996. (Estudos econômicos sobre rochas ornamentais, v.3)
- ALMEIDA, S. L.M. **Aproveitamento de rejeitos de pedreiras de Santo Antônio de Pádua-RJ, para a produção de brita e areia**. São Paulo, 2001, 118p. Tese (Doutorado)- Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- CARUSO, L. G. Pedras naturais-extração, beneficiamento e aplicação. **Rochas & Equipamentos**, n. 43, p. 98-156, 1996.
- FONSECA, M. V. A. **Reciclagem de rejeitos sólidos: desenvolvimento em escala de laboratório, de materiais vítreos a partir de xisto retornado**. São Paulo, 1990. 224p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- FREIRE, A. S. ; MOTTA, J. F. Potencialidades para o aproveitamento econômico do rejeito da serragem do granito. **Rochas de Qualidade**, n. 123, p. 98-106, jul./ ago. 1995.
- FERREIRA, J. P. **Otimização na produção de teares a partir do controle da composição da lama abrasiva**. Cachoeiro do Itapemirim, 1996. 96 p. Monografia - Universidade Federal do Espírito Santo.
- MOYA, M. M. **A indústria de rochas ornamentais: estudo de caso na região de Bragança Paulista**. São Paulo, 1995. 116p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas.
- MOREIRA, M. D. **Aplicações dos minerais e rochas industriais**. In: Materiais para construção, caps. II, III, pedras de revestimento, produto cerâmicos. Salvador / Bahia, 1994. 87p., Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo Bahia – Sergipe, p. 14 – 19.
- PONTES, I. F. **Aproveitamento de finos gerados nas serragens de mármore e granitos**. São Paulo, 2001. 150p., Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- STELLIN JÚNIOR, A. **Serragens de granitos para fins ornamentais**. São Paulo, Departamento de Engenharia de Minas, Universidade de São Paulo, 1998. (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, BT/PMI/085)
- SILVA, S. A. C. **Caracterização do Resíduo da Serragem de Blocos de Granito. Estudo do Potencial de aplicação na Fabricação de Argamassas de Assentamento e de Tijolos de Solo – Cimento**. Espírito Santo, 1998. 159p. Dissertação (Mestrado) - Núcleo de Desenvolvimento em Construção Civil - NDCC, Universidade Federal do Espírito Santo.
- VIDAL, F. W. H. **Estudos dos elementos abrasivos de fios diamantados para a lavra de granitos do Ceará**. São Paulo, 1999. 173p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.