

## CLASSIFICAÇÃO DA LAMA ABRASIVA DO BENEFICIAMENTO DE GRANITO, CONFORME A ABNT NBR 10.004/2004

*A.P.A. Silva<sup>1</sup>; A.A.P.Sousa<sup>2</sup>; D.F. Oliveira; N.O. Santiago; E.M. Sales*

**RESUMO** - A indústria de rochas ornamentais no Brasil tem apresentado nos últimos anos um grande crescimento, gerando riquezas e empregos. Este setor caracteriza-se principalmente na extração e beneficiamento de rochas, tais como granito, mármore, entre outras. As rochas ornamentais são materiais especialmente usados em construções, monumentos, arquitetura e escultura. O Brasil é um dos maiores produtores de rochas ornamentais do mundo. O sistema de desdobramento de blocos de rochas para a produção de chapas gera uma quantidade significativa de resíduos na forma de polpa, que em sua grande maioria é lançada em lagoas de decantação e aterros. Além da contaminação direta dos aquíferos superficiais, os rejeitos da indústria de rochas ornamentais descaracterizam a paisagem e preocupam as autoridades públicas, órgãos sanitários e a população localizada no entorno das serrarias e áreas da extração. Este trabalho de pesquisa teve como objetivo classificar e estudar a lama abrasiva oriunda do desdobramento de rochas ornamentais do estado da Paraíba, conforme norma NBR 10.004/2004, na caracterização o resíduo analisado não é considerado Classe I – Perigoso, no entanto o extrato do ensaio de solubilização desta amostra indicou que a concentração de Alumínio é superior ao limite definido e, portanto, o resíduo é classificado como CLASSE II – Não Inerte. Diversos estudos para aplicação dos resíduos de indústria de beneficiamento de rochas ornamentais têm sido realizados, para a utilização do rejeito em materiais alternativos, por exemplo, a incorporação do rejeito juntamente com a bentonita no processo de pelletização e fabricação de areia sanitária para gatos.

**Palavras-chave:** Impacto ambiental; beneficiamento; caracterização.

---

<sup>1</sup>Departamento de Química, Universidade Estadual da Paraíba. Rua Baraúnas, 351, Campina Grande - PB, 58429-500. E-mail: aldreanyuepb@gmail.com

<sup>2</sup>Departamento de Química, Universidade Estadual da Paraíba. Rua Baraúnas, 351, Campina Grande - PB, 58429-500. E-mail: aauepb@gmail.com

## 1. INTRODUÇÃO

O setor de mineração e beneficiamento de rochas ornamentais no Brasil tem apresentado nos últimos anos grande crescimento, gerando riquezas e empregos. O setor é baseado principalmente na extração e beneficiamento de rochas, tais como granito, mármore, entre outras. As rochas ornamentais são materiais especialmente usados em construções, monumentos, arquitetura e escultura. O Brasil é um dos maiores produtores de rochas ornamentais do mundo (Mercado, 1990).

O setor de rochas ornamentais envolve diversos processos de beneficiamento, sendo fonte geradora de enormes quantidades de rejeitos. Segundo Ribeiro *et al.* (2007) os rejeitos podem ser classificados em dois tipos: Rejeitos grossos, gerados no momento da obtenção do bloco, ou também das aparas ou rebarbas geradas no momento do corte das chapas; e os rejeitos finos, que são gerados pelo material retirado pelas lâminas ou discos de serra no momento do corte dos blocos de modo a gerar os produtos de interesse (chapas, pisos, peças, etc.).

A preocupação com o meio ambiente tem sido tema de muitas discussões, preocupação de muitos empresários, devido ao destino dos seus rejeitos das atividades de suas indústrias. A sociedade cobra dos governos ações que freiem a poluição ambiental. Porém em termos de poluição a indústria é uma fonte principal, devido a cada indústria produzir rejeitos de suas atividades todos os dias. A preocupação atual é justamente o destino final deste rejeito. Porém com a eficiência das novas tecnologias que apagam as atividades industriais, esse problema vem ganhando solução e, esse cenário de poluição ambiental vem sendo modificado. Um fator importante que impulsiona essa mudança é a exigência do mercado, que além de querer produtos com alta qualidade querem que os mesmos atendam as exigências ambientais.

No setor de beneficiamento de rochas ornamentais o Brasil é um dos maiores produtores e exportadores mundiais. A potencialidade brasileira em rochas ornamentais, principalmente em relação aos granitos é extraordinária, devido às amplas regiões do território que compreendem afloramentos pré-cambrianos. A potencialidade geológica do país pode ser comprada, no nível mundial, somente às da China e da Índia (Júnior, 2001).

No processo de beneficiamento de rochas ornamentais é gerado grande volume de resíduos. Na transformação do bloco em chapas é geradas elevadas quantidades de rejeitos da lama abrasiva, composta basicamente de água, granalha (aço), cal e rocha moída. (Washington, 2011).

O principal impacto e passivo ambiental das indústrias de beneficiamento de rochas ornamentais é a lama abrasiva, rejeito do corte dos blocos, que a cada dia são produzidos mais e mais rejeitos e são depositados em aterros sem previsão de uso.

O objetivo trabalho foi caracterizar e estudar a lama abrasiva oriunda do beneficiamento de granito das indústrias deste setor localizadas na região Nordeste do Brasil, com a finalidade de obtenção de melhores eficiências no desdobramento de granito destas empresas, pois está diretamente ligada à composição e a concentração dos componentes da mistura abrasiva (lama abrasiva).

## 2. ASPECTOS TEÓRICOS

O termo “rochas ornamentais” refere-se “as rochas que podem ser extraídas em blocos ou placas, cortadas em formas variadas e que têm suas faces beneficiadas por meio de esquadrejamento, polimento, lustro, apicoamento e flameamento” (Deschamps *et al.*, 2002). São considerados dentro deste grupo os mármore, travertinos, granitos, ardósias, quartzitos, serpentinitos, basaltos, pedra-sabão e outros (da Silva *et al.*, 2003).

Segundo Silva (1998) o beneficiamento dessas rochas envolve as etapas de desdobramento, polimento e corte/acabamento. O desdobramento consiste na serragem de blocos em chapas por meio de equipamentos denominados teares. A segunda etapa é o polimento de chapas brutas, advindas do processo de desdobramento realizadas em equipamentos denominados politizes.

O rejeito de lama abrasiva proveniente do desdobramento de granito em sua grande maioria é lançado em lagoas de decantação e aterros. Além da contaminação direta dos aquíferos superficiais, os rejeitos da indústria de rochas ornamentais descaracterizam a paisagem e preocupam as autoridades públicas, órgãos sanitários e a população localizada no entorno das serrarias e áreas da extração (Souza *et al.*, 2010).

### 2.1. Resíduos Oriundos do Desdobramento de Granito

O processo produtivo das rochas ornamentais envolve complexidade desde a exploração das jazidas, passando pelo beneficiamento (serragem e polimento) até o armazenamento e o transporte. Em todos os sistemas produtivos sempre existem causas e impactos sobre o meio ambiente (água, ar e solo).

O beneficiamento de rochas ornamentais refere-se ao desdobramento de materiais brutos, extraídos nas pedreiras em forma de blocos. Os blocos são beneficiados, sobretudo através da serragem (processo de corte) em chapas com espessuras que variam de 1 a 3 cm, por máquinas denominadas teares, para posterior acabamento e esquadrejamento até sua dimensão final (Sousa *et alii*, 2002).

### 2.2. Resíduos Sólidos

Segundo a definição das normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), os Resíduos Sólidos Industriais:

São todos os resíduos no estado sólido ou semi-sólido, resultantes das atividades industriais, ficando incluídos nesta definição os lodos provenientes dos sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle da poluição, bem como determinados líquidos, cujas particularidades tornem inviável seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam, para isso soluções técnicas e economicamente viáveis, em face da melhor tecnologia disponível.

As normas brasileiras que classificam os resíduos sólidos são:

- Norma ABNT NBR 10.004: 2004 “Resíduos Sólidos”.
- Norma ABNT NBR 10.005: 2004 “Lixiviação de Resíduos”.
- Norma ABNT NBR 10.006: 2004 “Solubilização de Resíduos”.
- Norma ABNT NBR 10.007: 2004 “Amostragem de Resíduos”.

#### Classificação de Resíduos Sólidos Industriais

- Classe I – Perigosos: aqueles que sós ou em mistura, dependendo de características como inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade “podem apresentar riscos à saúde pública, provocando ou contribuindo para aumento da mortalidade ou incidência de doenças, e que apresentam riscos ao meio ambiente...” quando seu manejo ou disposição não é a adequada. (Silva, 2002).
- Classe II – Não Inertes: sós ou misturados que não se enquadram na Classe I ou na Classe III. São combustíveis, biodegradáveis e solúveis em água.

- Classe III – Inertes: aqueles que sós ou em mistura e submetidos ao ensaio de solubilização NBR 10.006 “não apresentarem quaisquer de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, conforme a listagem nº 8 da NBR 10.004”, exceto em aspecto, cor, turbidez e sabor.

Os resíduos sólidos tornam-se perigosos, segundo a NBR 10.004, pela sua:

- Inflamabilidade.
- Corrosividade.
- Reatividade.
- Toxicidade.
- Patogenicidade.

Durante a serragem, em teares tradicionais de lâminas de aço, gera-se um resíduo sólido proveniente da lama ou polpa abrasiva utilizada com os objetivos de lubrificar e esfriar as lâminas de serragem, evitar a oxidação das mesmas, limpar os canais entre chapas e servir como abrasivo para facilitar a serragem. Essa lama abrasiva é composta basicamente de água, granalha (miniesferas de aço ou ferro fundido), cal ou substituintes (bentonita) e rocha moída (Gonçalves, 2000).

As Figuras 1 e 2 apresentam as diversas partes do processo de desdobramento de granito em teares convencionais.



Figura 1 - Tear convencional. Fonte: própria (2010).



Figura 2 - Tear de multifio. Fonte: própria (2010).

A lama abrasiva é distribuída por chuveiros sobre o bloco por meio de bombeamento. Após infiltrarem-se nos canais abertos pelas lâminas no bloco, a lama retorna ao tanque de bombeamento, quando novamente é bombeada, configurando-se assim uma operação em circuito fechado (Calmon *et al.*, 1997).

A Figura 3 apresenta o tanque de bombeamento utilizado no controle da composição da mistura, que fica localizado abaixo do tear, onde a lama abrasiva de menor granulometria é descartada, e a outra parcela da lama é submetida à recirculação. A partir desse descarte, a lama será transportada por uma canaleta para ser depositada em um poço e posteriormente bombeada para os tanques de disposição final, que podem apresentar as mais variadas formas e dimensões (Pedrosa, 2000).

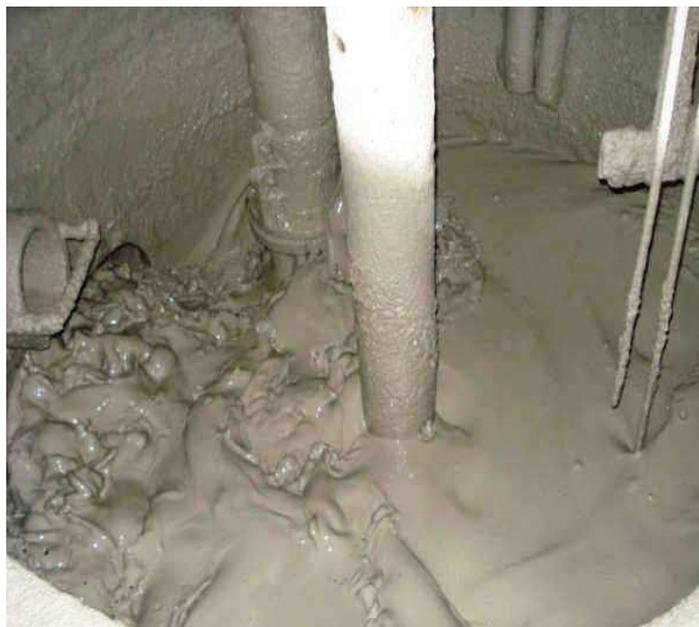


Figura 3 - Tanque de bombeamento da lama abrasiva. Fonte: própria (2011).

Algumas empresas utilizam sistemas de desidratação, como o filtro-prensa, que consiste em um processo de prensagem que elimina da lama abrasiva o excesso de água e devolve à indústria esta mesma água para ser reutilizada e o resíduo úmido obtido é então descartado (Calmon *et al.*, 1997). A partir deste descarte, o resíduo é transportado e, posteriormente, depositado em poços e lançados em tanques de deposição final, estes tanques absorvem toda a geração de rejeito do desdobramento. Uma vez cessada esta capacidade, o volume depositado é removido para que o tanque fique novamente pronto para estocagem de nova quantidade de rejeito.

### 2.3. Lama Abrasiva

No beneficiamento primário, estima-se uma perda de 20 a 30% do volume dos blocos, transformado em lama (Rejeitos, 1998, p. 1 apud Vieira *et al.*, 2003).

Essa lama usada no tear tem como principais objetivos: lubrificar e resfriar as lâminas, evitar a oxidação das chapas, servir de veículo ao abrasivo e limpar os canais entre as chapas. Sendo composta por água, granalha (aço), cal e rocha moída, sendo distribuídas por chuveiros sobre o bloco através de bombeamento (Silva, 1998 apud Moura *et alii.*, 2011).

Segundo Freire *et al.* (2009) seguem os componentes da composição da lama, com suas respectivas especificações:

- Água: solvente e refrigerante da mistura, a variação de sua porcentagem influi diretamente na densidade e na viscosidade da lama;
- Cal: lubrificante podendo ser adicionada á água. É tida como antiferrugem por ter caráter básico, como espessador por aumentar a viscosidade da mistura e consequentemente a suspensão da granalha e como detergente por permitir a remoção de partículas desagregadas;
- Pó de pedra: elemento desagregado durante a serrada, variando de pedra pra pedra influenciando diretamente na densidade da lama;
- Granalha: fragmentos de ferro ou aço sendo encontrados em diferentes granulometrias e no formato esférico ou angular, responsável pela desagregação da pedra.

Essa lama, geralmente é descartada inadequadamente, afetando esteticamente a paisagem, além de acarretar custos de armazenamento e poluição ambiental (Júnior, 2001). Considerando a enorme quantidade de resíduo gerado no beneficiamento de rochas ornamentais e a poluição ambiental que os mesmos geram, estão sendo estudados materiais alternativos onde possa haver a incorporação dessa lama.

Segundo Jardel (2000) a incorporação de resíduos na produção de materiais pode reduzir o consumo de energia para a produção do mesmo produto sem resíduos, e pode, dependendo de onde esteja localizado o resíduo e seu mercado consumidor potencial, reduzir distâncias de transporte e contribuir para redução da poluição.

### 3. METODOLOGIA

Neste trabalho foram utilizados resíduos sólidos provenientes do desdobramento de rochas ornamentais das indústrias de beneficiamento do Nordeste - para diversas aplicações como matéria-prima de materiais alternativos.

Atualmente existem quatro indústrias de beneficiamento de rochas ornamentais no Nordeste. Estas foram implantadas no início da década de 90 com tecnologia de ponta.

#### 3.1. Caracterização da Lama Abrasiva

As amostras dos resíduos sólidos identificados como Saída do Filtro Prensa - Antes do Descarte da empresa I e da empresa II foram encaminhadas para os laboratórios do SENAI-CIC para realização de ensaios e posterior classificação segundo a NBR 10.004/2004, sendo recebidas pelos laboratórios sob nº 1766/11 e 1767/11 respectivamente.

Os elementos/substâncias a serem analisados estão relacionados ao processo de geração do resíduo, por isso da necessidade de informações sobre o processo, insumos e matérias-primas que estão envolvidos diretamente a este processo de geração do resíduo. A classificação dos resíduos é muito importante para o estabelecimento de procedimentos de manuseio, armazenamento, transporte e para a definição do sistema de tratamento/disposição adequados.

### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando informações da empresa referente à origem do resíduo procedeu-se aos ensaios de lixiviação e de solubilização e a caracterização dos extratos obtidos, sendo que os resultados destas caracterizações encontram-se na Tabela I e II.

As Tabelas I e II apresentam os dados das caracterizações dos extratos da lixiviação e da solubilização da amostra de resíduo sólido da empresa I e da empresa II.

Tabela I - Caracterização dos extratos da lixiviação e da solubilização da amostra de resíduo sólido da empresa I.

Parâmetro	Amostra 1766/2011	Limites da NBR 10.004/04
<b>Caracterização Amostra Bruta</b>		
pH em água (1:1)	11,76	2,0-12,5
Umidade à 105°C	25,05 %	-
<b>Caracterização Lixiviado</b>		
Bário	0,65 mg.L <sup>-1</sup> .	70,00 mg.L <sup>-1</sup> .
Cádmio	< 0,10 mg.L <sup>-1</sup> .	0,50 mg.L <sup>-1</sup> .
Chumbo	< 0,50 mg.L <sup>-1</sup> .	1,00 mg.L <sup>-1</sup> .
Cromo Total	0,07 mg.L <sup>-1</sup> .	5,00 mg.L <sup>-1</sup> .
<b>Caracterização Solubilizado</b>		
Cloretos	12,50 mg.L <sup>-1</sup> .	250,00 mg.L <sup>-1</sup> .
Sulfato	16,58 mg.L <sup>-1</sup> .	250,00 mg.L <sup>-1</sup> .
Alumínio	0,50 mg.L <sup>-1</sup> .	0,20 mg.L <sup>-1</sup> .
Bário	< 0,50 mg.L <sup>-1</sup> .	0,70 mg.L <sup>-1</sup> .
Cádmio	< 0,0005 mg.L <sup>-1</sup> .	0,005 mg.L <sup>-1</sup> .
Chumbo	< 0,005 mg.L <sup>-1</sup> .	0,01 mg.L <sup>-1</sup> .
Cobre	< 0,10 mg.L <sup>-1</sup> .	2,00 mg.L <sup>-1</sup> .
Cromo Total	< 0,05 mg.L <sup>-1</sup> .	0,05 mg.L <sup>-1</sup> .
Ferro	< 0,10 mg.L <sup>-1</sup> .	0,30 mg.L <sup>-1</sup> .
Manganês	< 0,10 mg.L <sup>-1</sup> .	0,10 mg.L <sup>-1</sup> .
Prata	< 0,05 mg.L <sup>-1</sup> .	0,05 mg.L <sup>-1</sup> .
Sódio	29,25 mg.L <sup>-1</sup> .	200,00 mg.L <sup>-1</sup> .
Zinco	< 0,10 mg.L <sup>-1</sup> .	5,00 mg.L <sup>-1</sup> .

Fonte: SENAI CIC, 2011.

Avaliando os resultados analíticos da Tabela I verifica-se que o extrato da lixiviação atende aos limites definidos pelo anexo F da NBR 10.004/04 e, portanto, o resíduo analisado não é considerado Classe I - Perigoso. No entanto, o extrato do ensaio de solubilização desta amostra indicou que a concentração de Alumínio é superior ao limite definido pelo Anexo G da Norma NBR 10.004/04 e, portanto, o resíduo "Saída do Filtro prensa - Antes do Descarte" da empresa I é classificado Classe II A - Não Inerte.

Tabela II - Caracterização dos extratos da lixiviação e da solubilização da amostra de resíduo sólido da empresa II.

Parâmetro	Amostra 1767/2011	Limites da NBR 10.004/04
<b>Caracterização Amostra Bruta</b>		
pH em água (1:1)	11,62	2,0-12,5
Umidade à 105°C	19,53%	-
<b>Caracterização Lixiviado</b>		
Bário	0,73 mg.L <sup>-1</sup> .	70,00 mg.L <sup>-1</sup> .
Cádmio	< 0,10 mg.L <sup>-1</sup> .	0,50 mg.L <sup>-1</sup> .
Chumbo	< 0,50 mg.L <sup>-1</sup> .	1,00 mg.L <sup>-1</sup> .
Cromo Total	< 0,05 mg.L <sup>-1</sup> .	5,00 mg.L <sup>-1</sup> .
<b>Caracterização Solubilizado</b>		
Cloretos	15,33 mg.L <sup>-1</sup> .	250,00 mg.L <sup>-1</sup> .
Sulfato	31,30 mg.L <sup>-1</sup> .	250,00 mg.L <sup>-1</sup> .
Alumínio	0,43 mg.L <sup>-1</sup> .	0,20 mg.L <sup>-1</sup> .
Bário	< 0,50 mg.L <sup>-1</sup> .	0,70 mg.L <sup>-1</sup> .
Cádmio	< 0,0005 mg.L <sup>-1</sup> .	0,005 mg.L <sup>-1</sup> .
Chumbo	< 0,005 mg.L <sup>-1</sup> .	0,01 mg.L <sup>-1</sup> .
Cobre	< 0,10 mg.L <sup>-1</sup> .	2,00 mg.L <sup>-1</sup> .
Cromo Total	< 0,05 mg.L <sup>-1</sup> .	0,05 mg.L <sup>-1</sup> .
Ferro	< 0,10 mg.L <sup>-1</sup> .	0,30 mg.L <sup>-1</sup> .
Manganês	< 0,10 mg.L <sup>-1</sup> .	0,10 mg.L <sup>-1</sup> .
Prata	< 0,05 mg.L <sup>-1</sup> .	0,05 mg.L <sup>-1</sup> .
Sódio	24,75 mg.L <sup>-1</sup> .	200,00 mg.L <sup>-1</sup> .
Zinco	< 0,10 mg.L <sup>-1</sup> .	5,00 mg.L <sup>-1</sup> .

Fonte: SENAI CIC, 2011.

Avaliando os resultados analíticos da Tabela II verifica-se que o extrato da lixiviação atende aos limites definidos pelo anexo F da NBR 10.004/04 e, portanto, o resíduo analisado não é considerado Classe I - Perigoso.

No entanto, o extrato do ensaio de solubilização desta amostra indicou que a concentração de Alumínio é superior ao limite definido pelo Anexo G da Norma NBR 10.004/04 e, portanto, o resíduo "Saída do Filtro Prensa - Antes do Descarte" da empresa II é classificado Classe II A - Não Inerte.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com os resultados obtidos neste trabalho de pesquisa foi possível concluir que na caracterização dos resíduos das empresas de beneficiamento de granito localizadas na região Nordeste do Brasil, os resíduos analisados não são considerados Classe I – Perigoso.

No entanto, as amostras de resíduos de granito submetido ao ensaio de solubilização indicou que a concentração de Alumínio é superior ao limite definido pelo Anexo G da Norma NBR 10.004/2004 e, portanto, o resíduo da Saída do Filtro Prensa (antes do descarte) é classificado como Classe II – Não Inerte.

Comportamento similar deve ocorrer provavelmente com todos os rejeitos das indústrias de beneficiamento com desdobramento em tear convencional de blocos de granito para produção de chapas. Foram realizadas apenas testes com amostras pontuais sendo necessária a realização de novos testes.

## 6. REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. NBR 10004. 2004. Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, RJ.

Calmon, J.L; Tristão, F.A; Lordêllo, F. S. S; Silva, S.A. 1997. Aproveitamento do Resíduo do Corte de Granito para Produção de Argamassas de Assentamento. In: II Simpósio Brasileiro de Tecnologia das argamassas, Anais. Salvador, BA: ANTAC, 1997, p. 64-75.

Da Silva, Luiz. M; Amarante, Maria Lúcia; Seixas, Elisa. 2003. Rochas Ornamentais: Exportações Promissoras. Rio de Janeiro, RJ.

Deschamps, E; Maia J, Braz; Scalabrini, C; Vieira, M; Schwabe, W; De Carvalho, C.A.; Pereira, M.A; Lopes, C. 2002. Controle Ambiental na Mineração de Quartzito Pedra São Tomé. Belo Horizonte, MG.