XVIII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
O Futuro Sustentável do Brasil passa por Minas
COBRAMSEG 2016 — 19-22 Outubro, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil
© ABMS, 2016

Levantamento Quantitativo de Resíduos Oriundos da Mineração no Estado do Rio Grande do Norte para Potencial Uso em Obras Rodoviárias

Marcio Avelino de Medeiros
Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil, avelino.marcio@yahoo.com.br

Teresa Elane Bezerra Luz
Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil, elane_bluz@hotmail.com

André Augusto Nóbrega Dantas
Universidade de Brasília, Brasília, Brasil, andrenobregadantas@yahoo.com.br

Victor Pinheiro da Costa
Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil, victorpcosta@hotmail.com

RESUMO: A preservação do meio ambiente, o desenvolvimento sustentável e o uso racional dos recursos naturais, em especial por parte da indústria de mineração, levaram-na a avaliar possíveis alternativas para a gestão dos resíduos que produzem, oriundos do processo de exploração ou beneficiamento dos referidos recursos. De tal modo, a destinação adequada desses resíduos, em grandes ou pequenas quantidades, deve ter especial atenção, haja vista os impactos ambientais e sociais relacionados ao seu acúmulo. Partindo desse pressuposto, temos a indústria de obras rodoviárias, particularmente a de pavimentação, como uma potencial receptora dos resíduos de mineração, visto que são utilizados grandes volumes de material. Sendo assim, o presente estudo tem como objetivo o levantamento de dados quantitativos dos principais resíduos provenientes da Indústria de Mineração do Estado do Rio Grande do Norte, bem como os seus principais polos de produção (indústrias e microrregiões) e deposição. Tais dados foram apresentados subdividindo-se os resíduos gerados na obtenção dos minérios de ferro, feldspato, scheelita e caulim, bem como na produção do cimento. Vale ressaltar a importância desse levantamento para a verificação da viabilidade econômica do uso do resíduo em pavimentação, tendo em vista os grandes volumes de solo empregados em obras rodoviárias, aliado ao aumento da preocupação com a sustentabilidade das obras rodoviárias e da indústria que geram resíduo, as quais vêm buscando utilizar matérias-primas e processos ecologicamente corretos; o emprego dos resíduos nas camadas do pavimento pode solucionar o problema do armazenamento de resíduos e das dificuldades de disponibilidade de material homogêneo e eficaz próximo aos trechos de obras rodoviárias.

PALAVRAS-CHAVE: Meio Ambiente, Resíduos, Indústria de Mineração, Pavimentação.

1 INTRODUÇÃO

A Indústria de Mineração no Estado do Rio Grande do Norte tem relativa importância na economia local. Segundo o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), há no estado mais de 2.000 jazidas minerais, em que são explorados cerca de 60 recursos minerais, gerando um total de empregos diretos na ordem de 12.000 trabalhadores (SEDEC/RN).

Dentre os minerais explorados no RN, damos destaque aos minérios de ferro, caulim, feldspato e scheelita, bem como a produção de cimento.

Apesar de toda a importância econômica que o setor mineral traz para o Estado, devem-se considerar também os problemas socio-ambientais que são gerados pelo setor, em

especial na destinação dos resíduos oriundos da atividade de exploração mineral.

Devido a grande quantidade de danos que a má disposição de resíduos pode causar ao meio ambiente, vem se criando legislações cada vez mais rígidas quanto a sua destinação, com o intuito de tentar diminuir os prejuízos ambientais causados por esses resíduos. Um exemplo disso é a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 3/90, na qual foram estabelecidos padrões de emissão para metais pesados, material particulado, monóxido de carbono, cloretos e dioxinas.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), a qual estabelece diretrizes relacionadas a gestão e o gerenciamento dos resíduos sólidos, tem como um de seus objetivos a reutilização destes, o que levaria a redução da quantidade de resíduos despejados inadequadamente no meio ambiente.

Em virtude disso, buscou-se por meio desta pesquisa quantificar os resíduos dos principais minerais explorados no estado (com potencial para uso em camadas de pavimento), com a finalidade de se obter valores base estimados do volume de material que poderia ser utilizado em obras rodoviárias, de modo a minimizar os impactos ambientais relacionados ao armazenamento e descarte desses resíduos pelo setor da mineração.

A Figura 1 apresenta uma parte do processo de extração de calcário, principal matéria prima da indústria de cimento, no estado do Mato Grosso do Sul.

Figura 1. Extração de Calcário em Mato Grosso do Sul.
Fonte: Sistema Brasileiro de Agronegócio (SBA)

Grande parte dos reijeitos de mineração produzidos no Brasil costuma ser armazenada em barragens ou em pequenos montes. Um exemplo de impacto produzido pela disposição desses materiais, embora o modo de armazenamento não possa ser afirmado como a causa direta, foi o rompimento da barragem de rejeitos da Samarco, considerado o maior acidente mundial com barragens nos últimos 100 anos e que gerou impactos socioambientais imensuráveis, desde a morte de pessoas até a degradação da bacia do Rio Doce. A Figura 2 ilustra os resultados da tragédia que ocorreu em novembro de 2015.

Figura 2. Lama de Rejeitos da Mineração de acidente na barragem do Fundão.
Fonte: Terra

Os resíduos de mineração são os subprodutos das atividades de extração das riquezas minerais. O minério extraído durante a operação de lavra não apresenta uma concentração adequada para ser comercializado, estando composto por minerais úteis, como o ferro concentrado, e minerais de ganga, aos quais corresponde a porção mineral sem valor econômico ou com pequeno valor econômico que ocorrem agregados ao mineral-minério (MILONAS, 2006).

No caso de depósitos de resíduos de minério de ferro lançados hidraulicamente, pode-se encontrar em determinadas regiões de uma barragem zonas com alta concentração de partículas de ferro. Este tipo de seleção é função do processo de segregação hidráulica, que tende a gerar uma seleção granulométrica em função do tamanho, da forma e da massa específica das partículas e conduz à formação de zonas com propriedades geotécnicas distintas (ESPÓSITO; ASSIS, 1999).

O Estado do Rio Grande do Norte possui cerca de 50 bens minerais, dentre eles cita-se: o minério de ferro, o tungstênio, quartzo, calcário, gipsita, mármore, mica, sal, petróleo, etc. Porém, apenas cerca de vinte e dois desses cinquenta minerais são explorados, muitos ainda no processo de licenciamento ambiental (DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL, 2012). A Tabela 1 seguinte mostra os minerais explorados em destaque no estado.

Tabela 1. Minerais em destaque no RN

Classe/ Substância	Reserva			
	Medida	Indicada	Inferida	Lavrável
Metálicos				
Bismuto (t)	134.650	20.716	-	-
Ferro (t)	141.763.337	64.246.000	34.367.000	205.629.884
Molibdênio (t Mo)	168	38	272	-
Ouro (primário) (kg Au)	1.418	220	-	547
Tungstênio (t WO3)	19.421	15.565	30.438	13.703
Não-metálicos				
Areia (t)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Argilas Comuns (t)	1.702.510	4.489.396	-	6.191.906
Argilas Plásticas (t)	2.027.184	420.801	-	-
Calcário (Rochas)	1.787.554.263	1.400.804.746	938.810.374	598.040.807
Caulim (t)	729.008	249.640	-	153.654
Diatomita (t)	388.998	600	15.000	263.034
Feldspato (t)	32.300.435	4.492.073	398.876	5.640436
Gipsita (t)	3.844.686	1.968.843	-	936.804
Mica (t)	2.086.124	1.126.000	295.256	1.309
Quartzito Industrial (t)	5.383.802	-	-	-
Quartzito Ornamental (t)	65.316	-	-	-
Quartzo (t)	105.384	37.000	3.182	105.384
Rochas (britadas) e Cascalho (t)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Rochas Ornamentais - outras (t)	1.314.099	2.432.378	403.445	642.770
Rochas Ornamentais (Granito e afins) (t)	748.612.136	557.955.267	237.932.642	272.601.669
Rochas Ornamentais (Mármores e afins) (t)	54.691.179	8.204.518	202.164.413	42.750
Talco (t)	963.396	21.278	-	984.675

Fonte: DNPM (2012)

2 METODOLOGIA

Este trabalho realizou um levantamento dos dados de produção dos principais minerais do Estado do Rio Grande do Norte a partir de dados disponíveis nos principais órgãos e associações da Indústria de Mineração, como o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), além de artigos científicos que já quantificaram a produção de minerais no Estado.

A estimativa dos resultados de geração de resíduos está direcionada aos minerais cujos resíduos apresentem potencial aplicação em obras rodoviárias.

Os valores de estimativa de resíduo gerado levaram em contra a quantidade produzida do mineral no estado e o percentual de resíduo gerada nesse processo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Produção do Cimento e Estimativa de Resíduos

A Tabela 2 apresenta os valores de produção de Cimento *Portland* no Estado do Rio Grande do Norte para um período de cinco anos (2009 a 2013).

Tabela 2. Produção de Cimento Portland no RN de 2009 a 2013.

Ano	Produção Anual (milhões de ton)
2013	1.544
2012	1.293
2011	658
2010	463
2009	461

Fonte: Informe Técnico do ETENE (2014)

Nota-se que a produção de cimento vem crescendo no Estado e que, com isso, a geração de resíduos também tende a aumentar. Entretanto, os resíduos gerados na produção do cimento já tem utilização na própria indústria, através de duas formas: como substituição dos insumos incorporados à produção do cimento ou incinerados como combustíveis alternativos na produção do cimento.

3.2 Feldspato

Segundo os mineradores da região, o processo de beneficiamento do feldspato se dá via seca devido a escassez de recursos hidricos, os quais são necessarios para o processo de beneficiamento via úmida. Os resíduos produzidos nesse processo são vendidos como materiais de menor valor comercial, de modo que não são despejados diretamente no

ambiente. Desta maneira, a geração resíduos se dá, sobretudo, do rejeito da lavra, intrusões graníticas no pegmatito, que são separadas e depostas no próprio garimpo.

O Estado do Rio Grande do Norte é responsável por 6,2% e 4,3% da produção bruta e beneficiada do feldspato no Brasil respectivamente, detendo de uma reserva de 31,66 milhões de toneladas (10,2%), distribuídas nos municípios de Alexandria, Currais Novos, Equador e Parelhas (Tabela 03). Segundo o cadastro mineiro (2009) o RN detém 8 concessões de lavra de Feldspato.

Tabela 3. Reservas de Feldspato no RN

Municípios	Reservas (t)			
	Medida	Indicada	Inferida	Lavrável
Alexandria	16.201.845	-	-	16.201.845
Currais Novos	3.626.063	250.000	250.000	3.626.079
Equador	584.274	192.905	-	736.179
Parelhas	10.778.425	166.937	193.692	10.787.413

Fonte: Anuário Mineral Brasileiro 2006 (DNPM)

3.3 Scheelita

De acordo com o CPRM (2006), a província scheelitífera do Seridó incluída nos estados da Paraíba (PB) e Rio Grande do Norte (RN) é o mais importante depósito de minério de tungstênio do Brasil. O tungstênio é um material estratégico, pois possui uma ampla aplicação cotidiana, especialmente nas indústrias elétricas, bélica e espacial. Ainda, o maior depósito, situado no município de Currais Novos, inclui as quatro principais minas da província scheelitífera: a mina Brejuí, Barra Verde, Boca de Laje e Zangarelhas. Desde a sua descoberta, ocorrida em 1943, esse depósito foi o responsável por 65% da produção nacional e detém cerca de 70% das reservas da província, atualmente avaliadas em 9.130 t de tungstênio (WO3) (MINERAÇÃO TOMAZ SALUSTINO S.A., 2013).

O beneficiamento da scheelita é um processo bastante rústico, abrangendo muitas etapas. A exceção de alguns equipamentos que foram modernizados, basicamente a essência do procedimento não se alterou desde a década de 40. O beneficiamento é realizado por equipamentos que trabalham por processos gravimétricos, dentre os quais, os mais importantes são as mesas vibratórias e os jigues. Em nenhuma etapa do beneficiamento são utilizados efluentes químicos. A figura 3 apresenta o processo básico de beneficiamento da Scheelita.

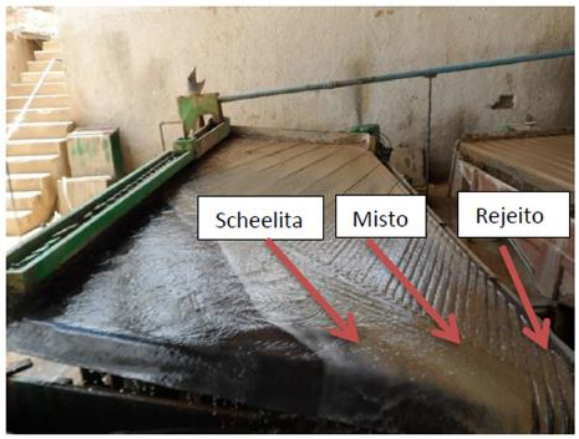

Figura 3. Beneficiamento da Scheelita.
Fonte: Mina Brejuí (2016)

Segundo dados do grupo de mineração, aproximadamente 99,2% do material que é extraído e tratado na indústria de beneficiamento da scheelita são desperdiçados, sendo apenas 0,8 % do total extraído representativo da scheelita. Estima-se que exista um acúmulo de resíduo do beneficiamento da scheelita na ordem 4,5 milhões de toneladas do resíduo grosso e 2,5 milhões do resíduo fino (MINA BREJUÍ, 2013).

3.4 Caulim

O Método de concentração do caulim observado no Estado do Rio Grande do Norte é realizado por via úmida, com considerável uso de água. Esse processo de beneficiamento é acompanhado da geração de um significativo volume de resíduos sólidos, os quais são separados do produto de interesse no processo de desareamento e peneiramento. Estes resíduos são classificados granulometricamente como grossos e finos, sendo denominados localmente de “sarrabulho” e “siri” respectivamente.

Segundo Costa (2006), cerca de 70% do caulim extraído é desperdiçado, por não ser aproveitado pela indústria ou qualquer outro

segmento. Tais resíduos são simplesmente amontoados em terrenos das empresas de beneficiamento, ocupando assim, uma grande área e causando impacto na flora existente. Quando secos, os resíduos transformam-se em pó e pela ação do vento, se espalham, poluindo o ar, podendo provocar danos à saúde dos trabalhadores, bem como da população local (Figura 4).

Figura 4. Aterro de resíduo do beneficiamento de caulim - Equador/RN
Fonte: Costa, C. G. (2006)

3.5 Minério de Ferro

O percentual médio de geração de resíduos na exploração e beneficiamento do minério de Ferro na mineradoras norte-riograndenses gira em torno de 70% do que é produzido, um valor ainda muito alto de geração de resíduo.

Além disso, não há uma destinação dos resíduos na maioria das minas, de modo que estes vão se acumulando na área das próprias mineradoras, conforme visto na Figura 5.

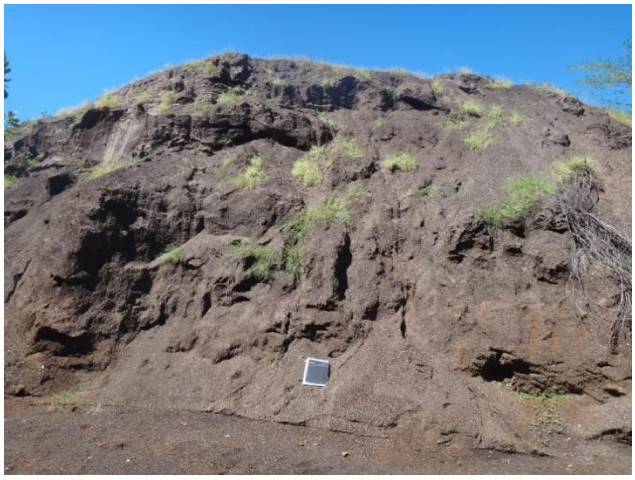

Figura 5. Resíduo de ferro acumulado a céu aberto.
Fonte: MHAG (2016)

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados, é possível notar que o resíduo de ferro ainda é o que apresenta maior volume gerado no estado e, mesmo assim, não apresenta um uso especial relacionado. Portanto, é preciso que se desenvolvam pesquisas na sua reutilização, a fim de evitar danos socioambientais relacionados a seu acúmulo.

Os resíduos de cimento e feldspato não foram contabilizados nesse artigo, uma vez que, como já tem um emprego, seja no próprio processo produtivo ou em outras aplicações, isso faz com que o impacto ambiental relacionado à sua disposição local sejam mitigados.

A atividade de exploração da Scheelita, embora percentualmente comparado ao volume produzido não gere grandes proporções de resíduo, ainda apresenta um acúmulo de resíduo grosso e fino gerado em grandes volumes, que demandam estudos de sua avaliação técnica para o possível uso em obras rodoviárias.

Este artigo visa colaborar com trabalhos de análise técnica e econômica de utilização de resíduo de mineração em obras rodoviárias, servindo de fonte de dados para determinação de que resíduo utilizar.

REFERÊNCIAS

Costa, C. G. (2006). Incorporação do resíduo do beneficiamento de caulim em concreto asfáltico.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. Anuário mineral brasileiro. Parte II- Estatística federação. 2012.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. Anuário mineral brasileiro. Parte III – Estatística por substancia. 2006.

Espósito, J. M; Assis, A. (1999) Método probabilístico acoplado ao método observacional aplicado a Barragens de Rejeito. In: 4° Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental. P. 187-194.

Fernandes, F. R. C. et al. (2007). Tendências Tecnológicas Brasil 2015, Geociências e Tecnologia Mineral. Cetem/mct. 380p.

Ferreira, T.S., Philippi, D.A., Nunes, M.F. (2010). Processo Produtivo do Cimento : Paradas Não Programadas no Coprocessamento, *Congresso Virtual Brasileiro de Administração (Anais)*, 16p.

Machado, R.M. e Ferreira, O.M. (2006). Resíduos Sólidos da Indústria de Mineração : Um Estudo do Estádio de Goiás, Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 20p.

Maury, M.B. e Blumenschein, R.N. (2012). Produção de Cimento : Impactos à Saúde e ao Meio Ambiente, *Sustentabilidade em Debate*, Brasília, v.3, n.1, p. 75-96.

Milonas, J. G. Análise do processo de reconstituição de amostras para caracterização do comportamento de barragens de rejeitos de minério de ferro em aterro hidráulico. Dissertação (Departamento de Engenharia Civil e Ambiental) Universidade de Brasília, 2006.

Mineração Tomaz Salustino S.A. História. Disponível em:< http://minabrejui.com.br/site/historia/>. Acesso em: 25 abril. 2016.

Secretaria do Desenvolvimento Econômico do Estado do Rio Grande do Norte (SEDEC/RN), Mineração. Disponível em: < http://www.sedec.rn.gov.br/Conteudo.asp?TRAN=ITEM&TARG=15440&ACT=null&PAGE=0&PARM=null&LBL=Minera%C3%A7%C3%A3o> Acesso em: 20 abril. 2016.

Sistema Brasileiro de Agronegócio, Projeto isenta atividades de pesquisa e extração de calcário em MS. Disponível em: <http://www.sba1.com/politica/28563/projeto-isenta-atividades-de-pesquisa-e-extracao-de-calcario-em-ms#.Vx7DBDArLIW> Acesso em: 25 abril. 2016.

Terra, Desastre em Mariana é o maior acidente mundial com barragens. Disponível em: <http://noticias.terra.com.br/brasil/desastre-em-mariana-e-o-maior-acidente-mundial-com-barragens-em-100-anos,874a54e18a812fb7cab2d7532e9c4b72ndnwm3fp.html> Acesso em: 25 abril. 2016.

Viana, F.L.E. (2014). Considerações sobre a Indústria de Fabricação de Cimento, *Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste*, Ano VIII, n.5, 17p.