



APLICAÇÃO DO ORE SORTING NO BENEFICIAMENTO MINERAL DE LÍTIO

SOARES, J.F.C.¹, MAZZINGHY, D.B.², BRANDÃO, P.E.³,
AZEVEDO, R.P.¹, SOUTO, V.³, GALERY, R.²

¹Geomining Soluções Industriais Sustentáveis e-mail: joaofrancisco-soares@hotmail.com

²Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Departamento de Engenharia de Minas,
Laboratório de Tratamento de Minérios.

³Steinert Latinoamericana Tecnologia de Separação Ltda.

RESUMO

O presente artigo busca integrar assuntos relacionados a tendência mundial nos quesitos energia e mineração sustentável, aplicando o beneficiamento mineral a seco na base da cadeia produtiva do lítio, principal componente das baterias de longa duração. Por meio da tecnologia do *ore sorting*, que seleciona partículas através de sensores de alta precisão, é realizada uma análise da capacidade de concentração do mineral espodumênio proveniente de pegmatitos. Foram escaneadas partículas grosseiras (+9,5mm) dos minerais espodumênio, quartzo, feldspato e xisto (rocha encaixante). As simulações indicam que é possível concentrar o minério de forma satisfatória utilizando sensores de cor e de raio-x. Além do mais, tal tecnologia pode trazer reduções de gastos subsequentes de energia, água e transporte de material.

PALAVRAS-CHAVE: Lítio, Mineração Sustentável, Beneficiamento a Seco, Pegmatito.

ABSTRACT

This article seeks to integrate issues related to global trend in the categories energy and sustainable mining, applying dry mineral processing at the base of the lithium productive chain, the main component of the long - lasting batteries. Considering the ore sorting technology, which selects particles through high precision sensors, an analysis of the spodumene mineral concentration from a pegmatites ore is carried out. Coarse size particles (+ 9.5 mm), from the minerals spodumene, quartz, feldspar and schist (country rock) were scanned. The simulations indicate that it is possible to concentrate the ore satisfactorily using color and x-ray sensors. In addition, this technology can bring subsequent costs reductions with energy, water and material transportation.

KEYWORDS: Lithium, Sustainable Mining, Dry Processing, Ore Sorting, Pegmatite Ore.

1. INTRODUÇÃO

Diante dos recentes acontecimentos na indústria da mineração, acredita-se que para se iniciar o processo de recuperação da imagem do setor diante a sociedade brasileira, o conceito de Mineração Sustentável precisa ser implementado. O objetivo é aumentar o aproveitamento em massa do minério proveniente da cava/mina subterrânea, além de implementar processos de beneficiamento mineral a seco. Tais iniciativas devem agredir o mínimo possível a natureza sem gerar resíduos, fazendo necessária uma integração maior entre os setores industriais para com as universidades, buscando soluções não apenas para o setor mineral, mas também energético e logístico.

Objetiva-se agregar a sustentabilidade na base da cadeia produtiva do lítio, que tende a ser a maior fonte energética do planeta em um futuro próximo, juntando uma fonte de energia limpa quando comparado à energia proveniente de combustíveis fósseis ao beneficiamento mineral a seco.

A amostra utilizada neste estudo é proveniente de um pegmatito do município de Araçuaí (MG), uma das regiões mais carentes economicamente do Brasil, porém está sobre um subsolo riquíssimo em pegmatitos e que dá a oportunidade da mineração aplicar suas melhores práticas.

O pegmatito contendo o mineral espodumênio, faz parte da Província Pegmatítica Oriental, que abrange os estados da Bahia, de Minas Gerais, do Espírito Santo e Rio de Janeiro, em uma superfície de aproximadamente 150.000 km². No entanto, mais de 90% desta área está localizada na parte leste do estado de Minas Gerais, especificamente na unidade geotectônica denominada Orógeno Araçuaí. Rochas graníticas, incluindo pegmatitos, cobrem em torno de 1/3 desta região, (Pedrosa-Soares et al.). O estudo mais recente sobre o assunto foi realizado pela CPRM (2016), que constatou um potencial altíssimo para lítio na região do Médio Vale do Jequitinhonha, atraindo olhares de investidores.

A “Figura 1” apresenta o mapa de localização do município de Araçuaí, o Orógeno Araçuaí, assim como a Província Pegmatítica Oriental e o recorte regional do mapa de recursos minerais de lítio.

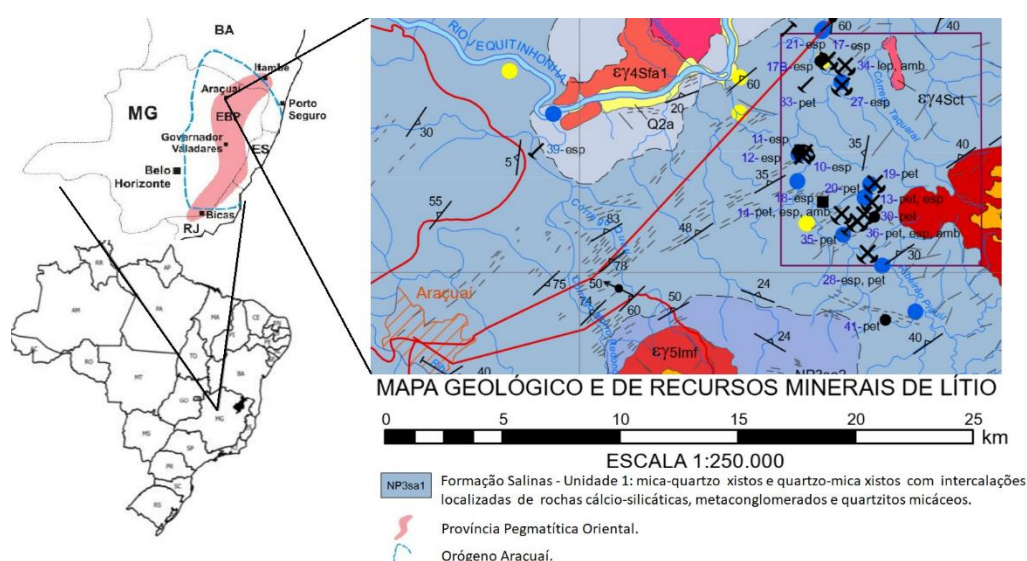


Figura 1: Mapa de localização do município e Orógeno Araçuaí, a Província Pegmatítica Oriental e o recorte do mapa de recursos minerais de lítio. Adaptado de IBGE (2006), Dias (2015) e CPRM (2016).

A tecnologia do Ore Sorting combina a análise das partículas minerais por avançados sensores, tais como: Sensores indutivos, os quais permitem a identificação de características indutivas e/ou magnéticas do material; o sensor laser 3D, para identificação de forma e geração de uma imagem tridimensional; o sensor ótico permite a identificação por cor, analisando propriedades como reflexão e absorção da luz; o sensor de Raios-X, identifica materiais por sua densidade atômica; o sensor infravermelho (NIR), para identificação através da análise do espectro infravermelho gerado.

O equipamento funciona da seguinte forma: o material entra através de uma calha vibratória de alimentação, sendo distribuído homogeneamente sobre uma correia transportadora. Na correia, as partículas passam pela região de identificação, onde estão alojados os sensores, os quais coletam informações da imagem do material e as envia para um computador. Neste momento, utiliza-se um algoritmo, que toma a decisão se o material será separado ou não. Posteriormente, o material segue para a região de descarga, onde há uma barra de válvulas pneumáticas. Quando uma determinada partícula é selecionada pelo computador, um comando de abertura é dado à sua respectiva válvula, liberando um jato de ar direcionado a partícula, o que ejeta somente aquele material para uma destinação diferente.

É possível associar até quatro sensores no mesmo equipamento. No teste em questão foram analisadas as respostas do material nos **sensores indutivo, raios-x, laser 3D, e o sensor ótico**.

A “Figura 2” ilustra o equipamento KKS da Steinert e seus sensores disponíveis.

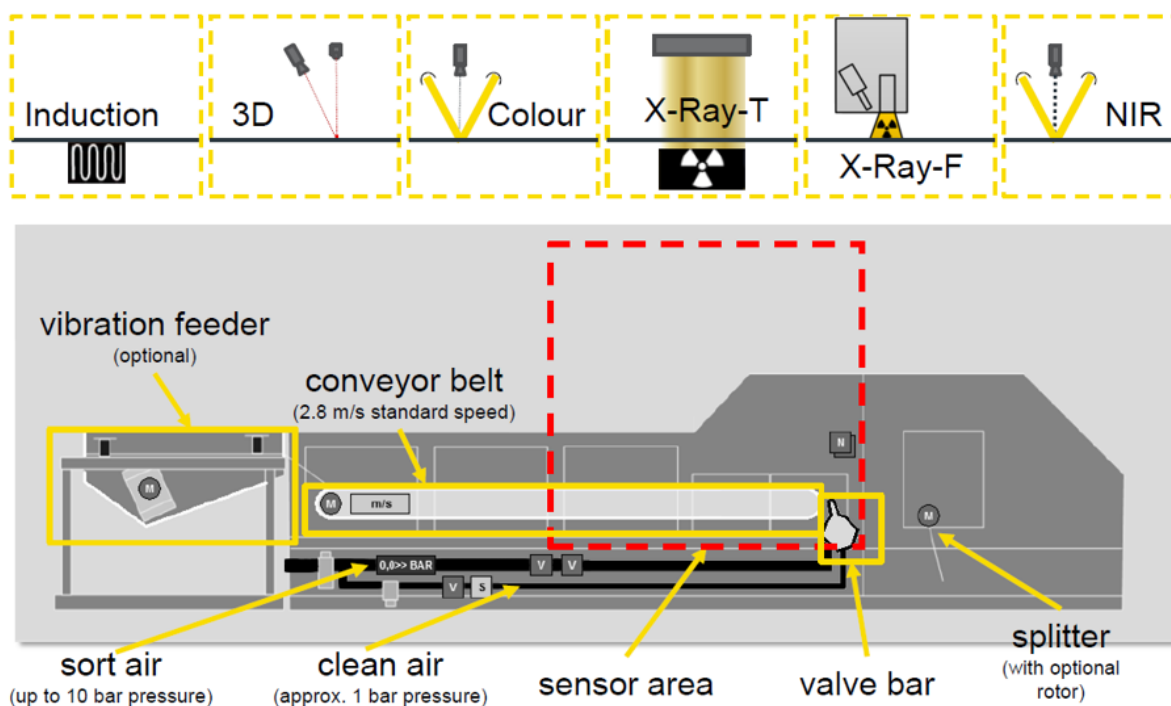


Figura 2: Equipamento KKS e seus respectivos sensores (cortesia Steinert Latinoamericana).

2. MATERIAL E MÉTODOS

A amostra estudada é constituída principalmente pelos minerais espodumênio, feldspato, quartzo e mica e apresenta certa diluição por xisto da Formação Salinas (rocha

encaixante). O percentual mássico do espodumênio em tal pegmatito gira em torno de 25%. A “Tabela 1” apresenta algumas das principais características das espécies.

Tabela 1: Propriedades físico-químicas dos minerais/rocha (adaptado de Gemas do Mundo, Walter Schumann, 1995).

Mineral	Fórmula Química	Densidade Relativa	Dureza Mohs	Cor/Característica	Índice de Refração
Espodumênio	$\text{AlLi}(\text{Si}_2\text{O}_6)$	3,16 - 3,20	6-7	Amarela esverdeada	1,655-1,680
Feldspato Microclínio	$\text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$	2,56-2,62	6	Cinza a branco	1,520-1,525
Quartzo	SiO_2	2,65	7	Incolor	1,544-1,553
Mica Moscovita	$\text{KAl}_2[\text{Si}_3\text{AlO}_{10}](\text{OH},\text{F})_2$	2,77-2,88	3-4	Incolor, Amarelo claro	1,552-1574
Xisto	-	2,4-3,0	-	Cinza	-

2.1. Preparação da amostra

Uma massa de 100kg de "Run of Mine (ROM)" foi britada (-20mm) e selecionada a faixa granulométrica entre -20 e +9 mm, o que proporcionou um aproveitamento em massa de 30%. Em seguida o material foi quarteado e realizou-se a catação manual de aproximadamente 70 peças de cada espécie mineral/rochosa (espodumênio, quartzo, feldspato, mica e xisto – EQFMX), presentes listadas na “Tabela 1”. A Figura 3 mostra o fluxograma com o procedimento realizado na preparação do teste.

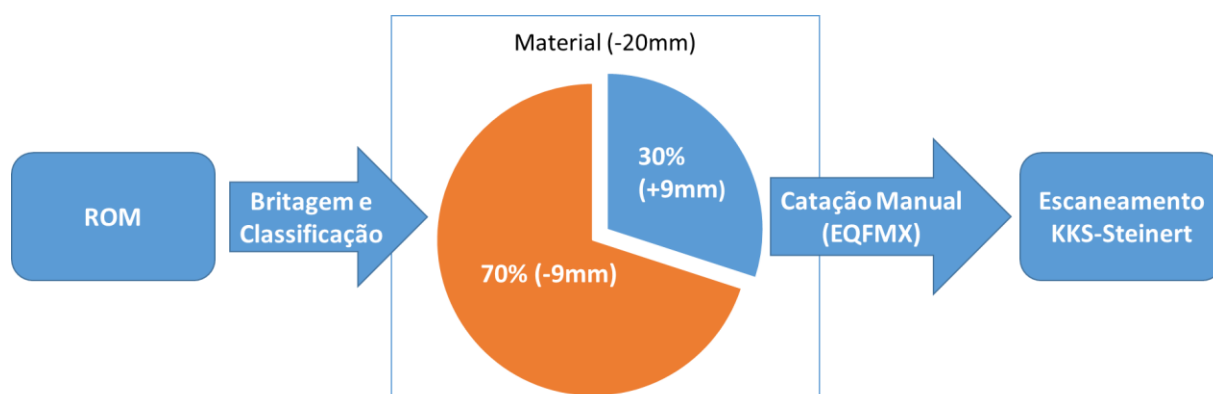


Figura 3: Fluxograma dos testes realizados.

A mica, em tal faixa granulométrica tem proporção insignificante, pois se desfaz durante os processos de britagem e quase não aparece nas faixas maiores de tamanho.

Como objetivo da separação foram avaliados a purificação do espodumênio e a presença de contaminantes no concentrado.

A “Figura 4” ilustra as espécies selecionadas manualmente.



Figura 4: Espécies da esquerda para a direita: quartzo, espodumênio, mica moscovita, feldspato microclínio e xisto.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O material apresentou as seguintes respostas aos respectivos sensores:

1. Sensor Indutivo: não houve sinal indutivo/magnético representativo;
2. Sensor de raio-x (XRT): houve contrastes, no entanto com sobreposição de pixels, sendo necessário uma combinação a outro sensor;
3. Sensor laser 3D: apresentou diferença de brilho, porém muitas vezes o espodumênio pode ter brilho semelhante ao de partículas de feldspato e quartzo;
4. Sensor de cor: apresentou resposta satisfatória, sendo perceptível a diferença de coloração entre o espodumênio e seus contaminantes.

A “Figura 5”, em que considera apenas o sensor de cor, relaciona a calibragem do número mínimo de pixels com a recuperação dos minerais:

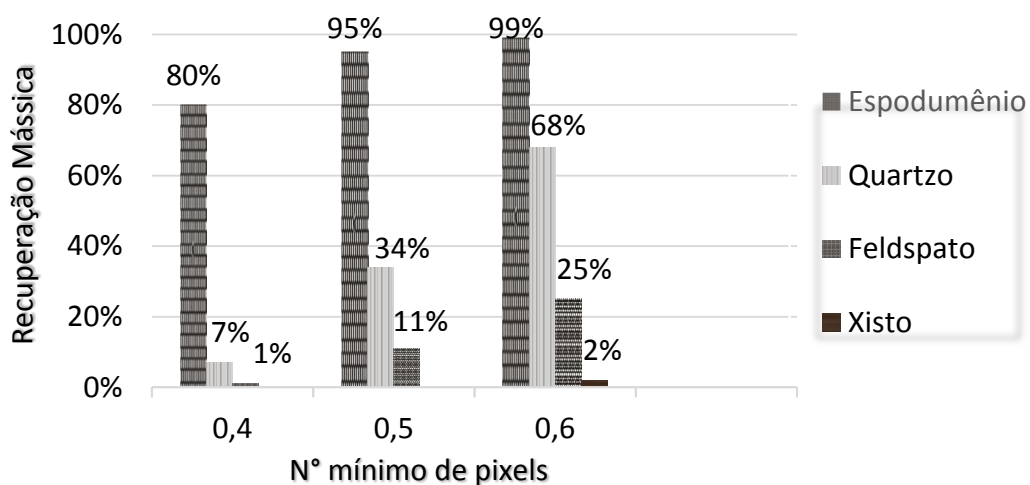


Figura 5: Número de pixels pela recuperação mássica

O número de pixels é diretamente proporcional a recuperação mássica e inversamente proporcional a seletividade.

Para a regulação de 0,4 a recuperação mássica global fica em torno de 5% com aproximadamente 10% de contaminantes. Para um ajuste de 0,5 a recuperação da alimentação é em torno de 25%, com no máximo 20% de contaminantes.

Sugere-se então que o ajuste do número de pixels seja entre 0,45 e 0,50 para que se tenha recuperação mássica e seletividade satisfatória. Além disso, uma combinação do sensor de cor com o de raio-x (XRT) pode melhorar ainda mais os critérios de seleção e recuperação.

4. CONCLUSÕES

Diante dos dados obtidos fica clara a possibilidade de se aplicar o *ore sorting* no beneficiamento de espodumênio proveniente de pegmatitos. O material escaneado apresentou boa separabilidade pelo sensor de cor, podendo chegar a índices satisfatórios de aproveitamento mássico e com poucos contaminantes. A amostra analisada também apresentou certa separabilidade pelo sensor raio-x (XRT), que se utilizado simultaneamente ao de cor, pode trazer benefícios ainda maiores ao processo.

Vale ressaltar que os resultados obtidos neste trabalho foram feitos por simulação, os quais cabem questionamentos quanto a eficiência do equipamento em escala industrial, portanto seria necessário realizar testes de separação na máquina para se ter resultados mais certos. Além disso as partículas escaneadas representam apenas a faixa granulométrica entre -20 e +9,5mm. Informações relevantes podem ser acrescidas se forem realizados testes com demais faixas de tamanho, além da análise do grau de liberação do espodumênio em tamanhos maiores (+20mm).

Além disso, a implementação de tal sistema na fase de pré-concentração pode diminuir os custos das etapas subsequentes de cominuição, reduzindo gastos de energia e transporte de material.

Análises econômicas prévias indicam boa economicidade para o investimento em tal equipamento. No entanto, é preciso avaliar cada empreendimento separadamente, tendo em vista a grande variabilidade mineralógica e textural dos pegmatitos, assim como os respectivos custos operacionais de lavra, britagem e classificação precedentes ao *ore sorting*.

5. AGRADECIMENTOS

Agradeço a Steinert Latinoamericana por ter realizado o escaneamento/simulações e o Departamento de Engenharia de Minas da UFMG por ter disponibilizado o laboratório de tratamento de minérios para preparação da amostra.

6. REFERÊNCIAS

- Braga, A. Panorama da Indústria do Lítio no Brasil. Em: Anais do II Simpósio de Minerais Industriais do Nordeste; 2010Nov. 17-20; Campina Grande, Brasil. (CETEM). p. 237– 247.
- CPRM. (2016). Avaliação do Potencial do Lítio No Brasil: Área do Médio Vale do Jequitinhonha, Nordeste de Minas Gerais.
- CPRM. (2016). Mapa Geológico e De Recursos Minerais de Lítio. Escala: 1:250.000.
- Dias, C. H. Mineralogia, Tipologia e Causas De Cor De Espodumênios Da Província Pegmatítica Oriental Do Brasil e Química Mineral De Nb-Tantalos Da Mina Da Cachoeira (MG). [Dissertação de Mestrado]. Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte; 2015.
- Kuerten, A. S. Pré-concentração de carvão mineral da Mina de Moatize com tecnologia Sensor Based Sorting – SBS. [Dissertação de Mestrado]. Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre; 2017.
- Pedrosa-Soares, A.C., Noce, C.M., Vidal, P., Leonardos, O.H. Toward a new tectonic model for the late Proterozoic Araçuaí (SE Brazil) - West Congolian (SW Africa) Belt. *Journal of South American Earth Sciences*; 1992; 6, 33–47.
- Schumann, W. Gemas do Mundo. 8ª.ed. Munique: Ao Livro Técnico;1995.
- Veras, M. M. Detecção de Minério Portador De Elementos de Terras Raras do Depósito de Pitinga (AM), Assistido Por Tecnologia de Sensor-Based Sorting. [Tese de Doutorado]. Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre; 2018.