

## DETERMINAÇÃO DE UMA PENEIRA PARA APLICAÇÃO NO PROCESSO DE COMINUIÇÃO DE PEGMATITOS DO ALTO SERRA BRANCA-PB

<sup>1</sup>Gerson Ferreira da Silva, Doutorando (UFRGS), email: [gmineracao@hotmail.com](mailto:gmineracao@hotmail.com)

**Resumo:** O método de tratamento de minérios conhecido como peneiramento, tem como objetivo a separação de um certo material em duas ou mais frações, com partículas de tamanhos distintos. Neste caso, a separação é realizada, levando em consideração o tamanho geométrico das partículas, podendo ser feito um peneiramento a seco ou a úmido. No caso deste trabalho, o equipamento a ser empregado realizará um peneiramento a seco, com frações granulométricas de até 4 mm. É importante ressaltar que este equipamento é uma ferramenta vital e crítica em uma usina de beneficiamento. Desta forma, é necessário uma atenção especial na determinação ou seleção da peneira, para que a mesma funcione com o tamanho e tipo adequado. A realização desta pesquisa é voltada para a determinação de uma peneira vibratória inclinada, com o propósito de ser utilizada em um circuito de cominuição da cooperativa dos pequenos mineradores do município de Pedra lavrada – PB (COOMIPEL). De acordo com o manual de britagem da Metso, e as orientações técnicas do livro de tratamentos de minérios do CETEM, foi possível calcular uma área efetiva da peneira de 0,53 m<sup>2</sup>. A partir desta área, é sugerido a peneira com menor área disponível, que é o modelo M 20008/1A. A implementação desse modelo de peneira com as configurações recomendadas, possibilita realizar alterações no fluxograma do circuito de cominuição da COOMIPEL, permitindo obter um material na granulometria desejada e almejada.

**Palavras-chave:** Peneira, Cominuição, Moagem, Albita.

## DETERMINATION OF A SIEVE FOR APPLICATION IN THE PEGMATITE COMINUTION PROCESS OF THE ALTO SERRA BRANCA-PB

**Abstract:** The ore treatment method known as sifting, aims to separate a certain material into two or more fractions, with particles of different sizes. In this case, the separation is carried out, taking into account the geometric size of the particles, and a dry or wet sifting can be done. In the case of this work, the equipment to be used will perform a dry sifting, with particle sizes up to 4 mm. It is important to note that this equipment is a vital and critical tool in a beneficiation plant. Thus, special attention is needed in determining or selecting the sieve, so that it works with the appropriate size and type. The realization of this research is aimed at the determination of an inclined vibrating sieve, with the purpose of being used in a comminution circuit of the small miners cooperative in the municipality of Pedra Lavrada - PB (COOMIPEL). According to the Metso crushing manual, and the technical guidelines of the CETEM ore treatment book, it was possible to calculate an effective sieve area of 0.53 m<sup>2</sup>. From this area, it is suggested the sieve with the smallest available area, which is the model M 20008 / 1A. The implementation of this sieve model with the recommended configurations makes it possible to make changes to the flowchart of the COOMIPEL comminution circuit, allowing to obtain a material in the desired granulometry.

**Key Words:** Sieve, Comminution, Milling, Pegmatites.

## **1. Introdução**

A Província Pegmatítica da Borborema (PPB) é uma região de domínio de pegmatitos, abrangendo parte dos Estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte, com presença de corpos mineralizados, principalmente em Ta-Nb, Be, Sn e Li. Outras áreas pegmatíticas também ocorrem no Estado do Ceará. A mineração de pegmatitos na Mesorregião do Seridó teve início na década de 1940, que teve incentivos resultado da cooperação do governo brasileiro com as Forças Aliadas durante a Segunda Guerra Mundial. Na ocasião, foi incentivada principalmente a produção de minerais de estanho, de berílio, de lítio e de tântalo. Com o fim do conflito, houve uma queda de produção, mas formou-se na região uma cultura mineira que persiste até os nossos dias (LUZ; LINS, 2003).

No Estado da Paraíba, as atividades mineiras que ocorrem nas cidades de Pedra Lavrada e Nova Palmeira, concentram-se principalmente na extração e beneficiamento de minerais de pegmatitos, que vêm sendo exploradas na região desde meados do século passado. Na execução da lavra nos garimpos, e nos processos de beneficiamento, são gerados resíduos em grande quantidade, e geralmente tem destino final inadequado, apresentando um enorme desperdício de material e degradação ambiental. Como é de regra, esses resíduos poderiam ter outros destinos, como aplicações especiais nas diversas indústrias de transformação (LUZ; LINS, 2008).

A COOMIPEL (Cooperativa de Pequenos Mineradores de Pedra Lavrada), localizada no município de Pedra Lavrada-PB, Estado da Paraíba foi selecionada para este trabalho devido a sua importância para economia da região, e também porque sua unidade de beneficiamento representa o processo empregado para o beneficiamento desses pegmatitos, em particular o mineral feldspato.

As indústrias de vidro e de cerâmica são as principais consumidoras de feldspato. Essas demandam especificações físicas e químicas e certo grau de uniformidade no suprimento do produto. O feldspato é também usado como carga funcional e extensor, nas indústrias de tinta, plástico e borracha. Existem novos setores que apresentam consumo crescente, como as aplicações de tecnologia de painéis solares, cargas e cosméticos (WAN, 2008).

Para o desenvolvimento deste trabalho, inicialmente foi realizado uma análise do circuito de cominuição da Cooperativa de Mineradores do município de Pedra Lavrada-PB, com ênfase na britagem e principalmente no peneiramento. Em um segundo momento, procedeu-se a determinação ou dimensionamento da peneira vibratória inclinada, que faz parte do processo de beneficiamento do feldspato potássico.

Essa pesquisa tem como finalidade, apresentar uma melhor eficiência no funcionamento do equipamento de peneiramento, para o aproveitamento do feldspato potássico, dentro das especificações requeridas para os diferentes segmentos industriais, destacando-se os setores da cerâmica e de vidros. As informações obtidas dessa pesquisa, possibilitará a melhoria do processo de obtenção de produtos para atender o setor em termos de qualidade e quantidade.

Assim, a utilização dos resultados obtidos nessa pesquisa em escala industrial poderá apresentar ganhos significativos aos cooperados da região, e auxiliar na otimização do circuito de cominuição de pegmatitos.

## **2. Fundamentação Teórica**

### **2.1 Pegmatitos**

A designação pegmatito foi mencionada inicialmente pelo mineralogista francês Hauny no início do século XIX para designar o que se conhece atualmente por granito gráfico (JAHNS,1955). Mas tarde, o vocábulo tornou-se mais abrangente, incluindo rochas de granulometria muito grosseira, onde o granito gráfico constitui uma parte delas.

No século XX vários pesquisadores desenvolveram teorias sobre a formação e evolução de pegmatitos, tais como FERSMAN (1931), JOHNSTON Jr (1945), (CAMERON *et al.*,1949), SOLODOV (1962), GINSBURG (1979), e CERNY (1991).

Os pegmatitos são rochas ígneas, de granulometria variável, alcançando em alguns casos, grãos com tamanho, de centímetros até decímetros, e que a textura associada se chama pegmatítica. Esses corpos têm os mesmos constituintes minerais que o granito (quartzo, feldspato e mica), porém os tamanhos dos cristais são maiores. Apresentam composições variadas (dioríticas, gabroicas ou graníticas), sendo os pegmatitos graníticos os mais frequentes (JAHNS,1955).

Os minerais oriundos desses pegmatitos, como feldspato, quartzo, mica, tantalita, berilo, e outros, quando há possibilidades de aproveitamento, são destinados ao mercado interno. Embora provenientes dos pegmatitos, cada bem mineral produzido tem propriedades diferentes e, conseqüentemente aplicações e mercados específicos, sendo utilizados na indústria cerâmica, e na construção, que são transformados em pisos, tintas, porcelanato, e louças sanitárias (LUZ; SAMPAIO; FRANÇA, 2010).

Os primeiros trabalhos sobre os pegmatitos da PPB se devem a JOHNSTON Jr. (1945), que afirmou: “as rochas da região da PPB são, principalmente, gnaisses e micaxistos pré-cambrianos com intrusões de granitos cortados por pegmatitos e veios de quartzo”. Por serem rochas mais resistentes à erosão do que os xistos, os pegmatitos permanecem mais aparentes. Por isso são conhecidos como “altos”.

### 2.1.2 Classificação dos Pegmatitos da Borborema

Para a província Pegmatítica da Borborema, os pesquisadores propuseram classificações desses pegmatitos, de acordo com alguns critérios. Dentre os autores estão SCORZA (1944), JOHNSTON Jr (1945), ROLFF (1945,1946) agrupou os pegmatitos da região, de acordo com a presença de minerais de valor econômico, como: cassiterita, berilo, tantalita e columbita, em:

**a) Pegmatitos que contêm cassiterita.**

**b) Pegmatitos que contêm minérios de cobre.**

**c) Pegmatitos que não contém cassiterita nem minerais de cobre.**

De acordo com JOHNSTAN Jr (1945) classificou-os em homogêneos e heterogêneos, tendo como base a estrutura interna dos pegmatitos. Enquanto que ROLFF (1945) classificou-os em homogêneos, heterogêneos e mistos.

#### **a) Pegmatitos Homogêneos**

- Constituídos principalmente por quartzo, feldspatos, e moscovita, biotita, schorlita e almandina.
- Às vezes podem conter um pouco de berilo, columbita-tantalita, e cassiterita.
- Suas dimensões variam entre 1 a 2 m de espessura, com extensão de até centenas de metros.
- São mais abundantes que os pegmatitos heterogêneos.

#### **b) Pegmatitos Heterogêneos**

- Constituídos principalmente por quartzo, feldspatos e micas, podendo ter grandes quantidades de tantalatos, berilos, cassiterita e espodumênio, granada e turmalina negra.

- Podem conter grandes cristais (métricos) de berilo, feldspato, espodumênio, entre outros.
- Tem dimensões que chegam a 600m de comprimento por 150m de espessura, em afloramento.
- São economicamente mais importante que os pegmatitos homogêneos.

### c) Pegmatitos Mistos

- São Pegmatitos intermediários entre os homogêneos e os heterogêneos, essa nomenclatura foi proposta por ROLFF (1945).
- São de granulação equidimensional, exceto alguns pontos onde ocorre gigantismo de minerais, geralmente rodeados por massas de quartzo.
- Ocorrem em pequeno número.

### 2.1.3 Mineralogia dos Pegmatitos da Borborema

Os pegmatitos graníticos da região de Pedra Lavrada e Nova Palmeira são formados por feldspato potássico, quartzo, moscovita e, geralmente em menor quantidade, albita, biotita, turmalina negra e granada. A mineralogia acessória é vasta, destacando columbita-tantalita e cassiterita (SOARES, 2004).

O mineral quartzo abundante nos pegmatitos da região, não ocorre sob forma de cristais bem formados, distribui-se em todas as unidades, inclusive intercrescidos com os feldspatos. O quartzo do núcleo no corpo geralmente é leitoso (maioria dos pegmatitos), e mais raramente fumê, róseo ou citrino ou mesmo ametista. Em um mesmo núcleo podem ocorrer mais de um tipo de quartzo.

A ocorrência de feldspato é de dois tipos: K-feldspato potássico e albita, sendo esta última mais comumente na variedade cleavelandita, quando em corpos de substituição, geralmente associado a micas. Os K-feldspatos ocorrem normalmente intercrescidos em quartzo e micas, ou formando grandes cristais. Da Silva (1984) estudando a triclinicidade dos feldspatos concluiu que eles são microclínio intermediários, com ortoclásio ocorrendo restritamente.

As micas são predominantemente moscovitas, e ocorre em dois tipos: uma em grandes placas, típico do zoneamento primário, outra secundária, em pequenas placas, de cor predominantemente verde, que ocorre em corpos de substituição, associada geralmente a albita, quartzo, lepidolita e as vezes elbaíta. A biotita ocorre esporadicamente em alguns pegmatitos da região (SOARES, 2004).

De acordo com ADUSUMILLI (1976) realizou um estudo sobre os nióbios-tantalatos do Nordeste do Brasil. Elaborou uma revisão bibliográfica desses, incluindo mineralogia, cristalquímica, modo de ocorrência e importância econômica, descrevendo detalhadamente os minerais de Nb e Ta que ocorre no Nordeste. Pode-se dizer que as espécies cristalinas de maior frequência são columbita-tantalita e tapiolita. Estudou e identificou os minerais bismuto-tantalita, wodginita, ilmenorulito, ta-aesclinita, microlita e stringita.

## 2.2 Aspectos Teóricos da Cominuição

De um modo geral, o tratamento de minérios pode ser subdividido em preparação, concentração e desaguamento, e é possível observar a importância da etapa de peneiramento, situada entre a britagem e a moagem (Figura 1). A etapa de preparação refere-se às operações de cominuição e separação por tamanhos que objetivam liberar os componentes minerais.

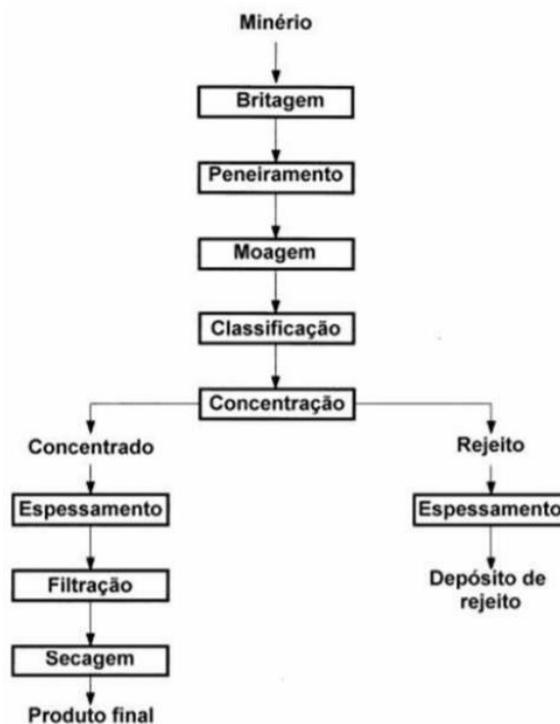


Figura 1: Fluxograma de um processamento mineral.

Em muitos casos, é necessária a concentração do mineral minério e a remoção de contaminantes (minerais de ganga) presentes no minério. Na maioria das vezes, as operações de concentração são realizadas a úmido. A utilização ou o processamento subsequente dos produtos requer a remoção e recuperação da água contida neles. Esta operação, chamada desaguamento, além de eliminar parte da água do concentrado, também tem por objetivo reciclar parte da água contida nos rejeitos para uso na usina de beneficiamento.

As operações de cominuição compreendem diversos estágios que se aplicam ao minério, desde a mina, até sua adequação ao processo industrial subsequente. Na etapa de lavra, o desmonte do minério ou rocha, com o auxílio de explosivo pode ser visto como um primeiro estágio de fragmentação, onde são produzidos blocos volumosos, mas de um tamanho que permite alimentar os equipamentos de britagem (LUZ; SAMPAIO; FRANÇA, 2010).

A britagem é a operação que fragmenta os blocos obtidos na lavra, podendo ser repetida diversas vezes por diferentes tipos de equipamentos, até se obter um material adequado à alimentação da moagem. A moagem é a operação de fragmentação fina obtendo-se nela um produto adequado à concentração ou a qualquer outro processo industrial, como a pelotização, lixiviação e combustão (FIGUEIRA; ALMEIDA; LUZ, 2004).

A britagem é o primeiro estágio mecânico de cominuição na qual o principal objetivo é a liberação das partículas dos minerais úteis dos minerais de ganga e permitir sua separação, através dos processos de concentração, em concentrados, rejeitos e produtos intermediários (WILLS; NAPPIER, 2006).

Normalmente, para haver uma liberação satisfatória do mineral valioso, é necessário que o minério seja reduzido a uma granulometria fina. Nessas condições, a fragmentação desenvolve-se por meio de três estágios, isto é, grossa, intermediária e fina ou moagem. Nos dois primeiros estágios, a fragmentação é realizada em britadores e no último estágio, em moinhos (LUZ; SAMPAIO; FRANÇA, 2010).

## 2.3 Peneiramento

Entende-se por peneiramento, a separação de um material em duas ou mais classes, estando estas limitadas uma superior e outra inferiormente. No peneiramento a úmido adiciona-se água ao material a ser peneirado com o propósito de facilitar a passagem dos finos através da tela de peneiramento. O material retido na tela da peneira é denominado oversize e o passante, undersize.

Os peneiramentos industriais a seco são realizados, normalmente, em frações granulométricas de até 6 mm. Entretanto, é possível peneirar a seco com eficiência razoável em frações de até 1,7 mm. A úmido, o peneiramento industrial é normalmente aplicado para até 0,4 mm, mas recentemente tem sido possível peneirar partículas mais finas, da ordem de 50  $\mu\text{m}$ .

### 2.3.1 Tipos de Equipamentos

Os equipamentos utilizados no peneiramento podem ser divididos em três tipos:

**Grelhas** - Constituídas por barras metálicas dispostas paralelamente, mantendo um espaçamento regular entre si;

**Crivos** - Formados por chapas metálicas planas ou curvas, perfuradas por um sistema de furos de várias formas e dimensão determinada;

**Telas** - Constituídas por fios metálicos trançados geralmente em duas direções ortogonais, de forma a deixarem entre si "malhas" ou "aberturas" de dimensões determinadas, podendo estas serem quadradas ou retangulares.

Esses equipamentos podem ser classificados de acordo com o seu movimento, em duas categorias: fixa e móveis.

a) **Fixas** - A única força atuante é a força de gravidade e por isso esses equipamentos possuem superfície inclinada. Como exemplo temos grelhas fixas e peneiras DSM.

*Grelhas fixas* - Estas consistem de um conjunto de barras paralelas espaçadas por um valor pré-determinado, e inclinadas na direção do fluxo da ordem de 35° a 45° (Figura 2). São empregadas basicamente em circuitos de britagem para separação de blocos de 7,5 a 0,2 cm, em geral, sendo utilizados invariavelmente a seco.

*Peneiras fixas* - As peneiras fixas DSM introduzidas pela Dutch State Mines, são utilizadas para desaguamento de suspensões e para uma separação precisa de suspensões de partículas finas. Recentemente, vêm sendo empregadas em circuito fechado de moagem quando a granulometria do produto é grossa e no peneiramento a úmido de materiais finos até 50  $\mu\text{m}$ .



Figura 2 – Grelha fixa

b) *Móveis* - Grelhas rotativas, peneiras rotativas, peneiras reciprocativas e peneiras vibratórias.

*Grelhas vibratórias* - São semelhantes às grelhas fixas, mas sua superfície está sujeita a vibração. São utilizadas antes da britagem primária (Figura 3).

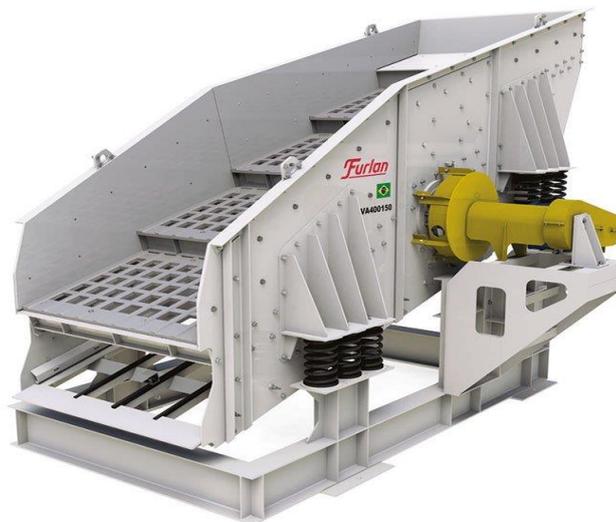


Figura 3 – Grelha vibratória.

*Peneiras rotativas* (trommel) - Estas peneiras possuem a superfície de peneiramento cilíndrica ou ligeiramente cônica, que gira em torno do eixo longitudinal. O eixo possui uma inclinação que varia entre 4° e 10°, dependendo da aplicação e do material nele utilizado. Podem ser operadas a úmido ou a seco.

As principais vantagens dos trommels são sua simplicidade de construção e de operação, seu baixo custo de aquisição e durabilidade. Atualmente, são substituídos, parcialmente, por peneiras vibratórias que têm maior capacidade e eficiência, mas ainda são muito utilizados em lavagem e classificação de cascalhos e areias.

*Peneiras vibratórias* - O movimento vibratório é caracterizado por impulsos rápidos, normais à superfície, de pequena amplitude (1,5 a 25 mm) e de alta frequência (600 a

3.600 movimentos por minuto), sendo produzidos por mecanismos mecânicos ou elétricos.

As peneiras vibratórias podem ser divididas em duas categorias: *Peneiras vibratórias horizontais* (Figura 4), são aquelas em que o movimento vibratório é praticamente retilíneo, e num plano normal à superfície de peneiramento; e aquelas em que o movimento é circular ou elíptico neste mesmo plano, denominadas de *peneiras vibratórias inclinadas*.

Estas peneiras são as de uso mais frequente em mineração, sendo muito empregadas nos circuitos de britagem e de preparação de minério para os processos de concentração. A sua capacidade varia entre 50 a 200 t/m<sup>2</sup>/mm de abertura/24 h.

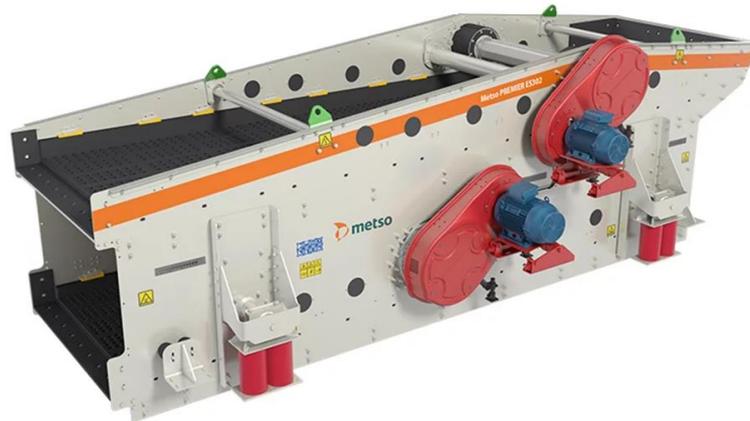


Figura 4 – Peneira vibratória horizontal.

### 3. Materiais e Métodos

Para o desenvolvimento dessa pesquisa, e conhecimento da sociedade no que se refere ao peneiramento de materiais de permatitos da Província Pegmatítica da Borborema, realizou-se uma ampla revisão bibliográfica relacionada ao tema, através de artigos, dissertações e teses. Foram feitas visitas a unidade de beneficiamento para o reconhecimento do processo de moagem, e assim, foi possível coletar dados específicos dos equipamentos do circuito, especificamente do peneiramento, que é o alvo dos estudos.

Após a etapa de coleta das informações de campo, que são essenciais para os trabalhos, segue-se para as atividades voltadas a seleção do tipo de peneira, através dos métodos empíricos. Na prática, foi empregado no processo de seleção da respectiva peneira, as informações contidas no manual da metso, e no livro de tratamentos de minério do cetem.

#### 3.1 Dimensionamento da Peneira Vibratória

Os equipamentos de peneiramento são dispositivos muito importantes em uma usina de beneficiamento. Dessa forma, no processo de seleção se deve ter o máximo de atenção na escolha das dimensões e tipo adequado.

As peneiras são definidas inicialmente pelas suas dimensões e pelo tipo de abertura (quadrada, retangular, circular e alongada). As informações utilizadas para seleção das peneiras (LUZ; SAMPAIO; FRANÇA, 2010) são:

a) Características físicas do material a ser peneirado, tais como:

Densidade aparente e % de umidade; tamanho máximo da alimentação; distribuição granulométrica; forma das partículas; e % de argila.

- b) Capacidade;
- c) Faixas de separação do produto;
- d) Eficiência desejada;
- e) Tipo de serviço;
- f) Limitação ou não de espaço e peso;
- g) Grau de conhecimento do material e do produto desejado.

O dimensionamento da peneira da cooperativa consiste em calcular as dimensões da sua superfície em função da capacidade requerida, ou seja, da quantidade de material com características e condições determinadas que deverá passar pelo equipamento por um tempo determinado. No caso das peneiras, duas condições independentes devem ser atendidas, a área total da tela (A) e espessura do leito (LUZ; SAMPAIO; FRANÇA, 2010).

Área total "A" é ser definida por:

$$A = \frac{S}{C d F_m} \quad (1)$$

Onde:

S = Vazão ou fluxo de alimentação, (t/h);

C = Capacidade básica de peneiramento (t/h x 0,9 m<sup>2</sup>);

$$d = \frac{\text{peso específico aparente do material}}{1.602}, \quad (2)$$

Sendo d : Densidade aparente do material

$F_m$  = Fatores modificadores

a) Capacidade básica (C)

Na Figura 5 é apresentada a curva que fornece os valores de C para as várias aberturas, baseadas num material com densidade aparente de 1.602 kg.m<sup>-3</sup>.

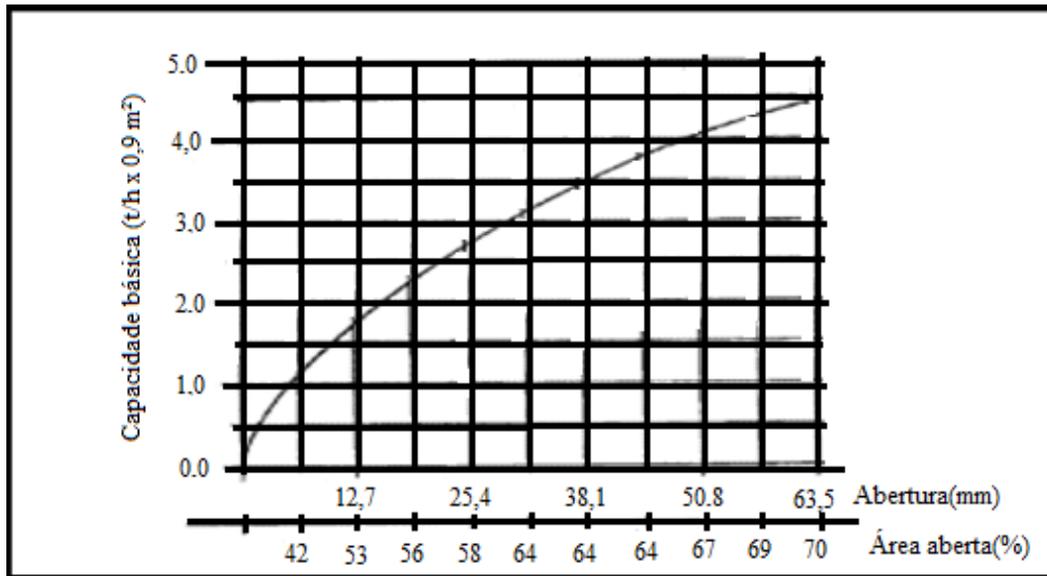


Figura 5 – Capacidade básica para material com densidade aparente de 1.602 kg/m<sup>3</sup>. Fonte: LUZ; SAMPAIO; FRANÇA (2010).

#### b) Fatores modificadore (Fm)

As variáveis e interrelações entre essas variáveis que afetam a eficiência de peneiramento de um determinado material, e que afetam também a determinação do tamanho da peneira são:

#### Fator de Finos (F<sub>0</sub>)

Esse fator depende da quantidade de material na alimentação, que é menor do que a metade do tamanho da abertura no deck. O fator de finos para um determinado deck, sempre será calculado em relação à alimentação desse deck.

Na Tabela 1 são apresentados os valores de F<sub>0</sub> para as várias eficiências de peneiramento e para vários fatores de eficiência (E<sub>0</sub>).

O Fator de eficiência (E<sub>0</sub>) é dado por:

$$E_0 = \frac{P}{aA} \times 100 \quad (3)$$

Onde:

E<sub>0</sub> = Fator de eficiência; P = passante; A = alimentação

a = percentagem de material na alimentação menor que a abertura considerada.

A eficiência de peneiramento (%) é expressa como uma razão entre a quantidade de material que passa por uma abertura determinada e a quantidade na alimentação que deveria passar.

Tabela 1 – Fatores de finos (F) e de eficiência do peneiramento (E)

<b>Eficiência de Peneiramento (%)</b>	<b>Fator Finos (<math>F_0</math>)</b>	<b>Fator Eficiência (<math>E_0</math>)</b>
0	0,44	-
10	0,55	-
20	0,70	-
30	0,80	-
40	1,00	-
50	1,20	-
60	1,40	-
70	1,80	2,25
80	2,20	1,75
85	2,50	1,50
90	3,00	1,25
95	3,75	1,00

Fonte: LUZ; SAMPAIO; FRANÇA (2010).

Fator de Abertura (B).

Esse fator compensa a tendência das partículas ficarem retidas na superfície de peneiramento devido ao tipo de abertura da superfície. A Tabela 2 apresenta estes valores.

Tabela 2 – Fatores de abertura

<b>Tipos de abertura</b>	<b>Razão (r) comprimento/largura</b>	<b>Fator B</b>
Quadradas e retangulares	$r < 2$	1,0
Retangulares	$2 < r < 4$	1,2
Retangulares	$4 < r < 25$	1,2
Barras paralelas	$r > 25$	1,4*
*paralelo ao fluxo		

Fonte: LUZ; SAMPAIO; FRANÇA (2010).

Fator de Deck ( $D_0$ )

Esse fator leva em consideração a estratificação que ocorre nos decks reduzindo assim a área de peneiramento. Na Tabela 3 são apresentados os fatores para peneiras de até três decks.

Tabela 3 – Fatores de decks.

Deck	Fator
1°	1,00
2°	0,90
3°	0,80

Fonte: LUZ; SAMPAIO; FRANÇA (2010).

Na determinação da espessura do leito de material que passa no deck, utiliza-se a Figura 6. Essa figura representa a vazão de minério para cada centímetro de altura do leito em função da largura da peneira e do peso específico do minério para um ângulo de inclinação de 18°.

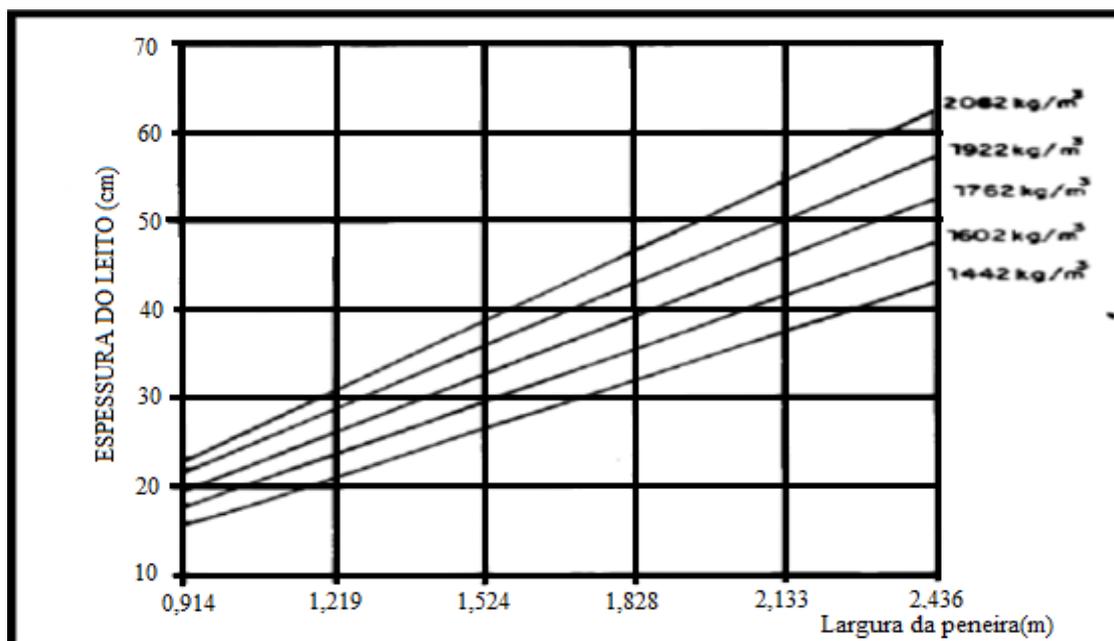


Figura 6 – Espessura do leito para uma velocidade de fluxo de 18,29 m.s<sup>-1</sup>

Fonte: LUZ; SAMPAIO; FRANÇA (2010).

Por outro lado, para seleção da peneira que atenda as características do material e da unidade de beneficiamento foi empregada a Tabela 4. Essa tabela mostra as informações referentes ao tamanho do material na alimentação e a abertura da grelha que é possível de ser utilizada.

Tabela 4 – Tamanho máximo de alimentação de telas e placas da Peneira Vibratória Inclinada M.

Peneira M	Malha/ Tela Mínima	Malha/ Tela Máxima	Placa Máxima	Tamanho máx. Alimentação da Tela	Tamanho máx. Alimentação da Placa
20008/1A	1/4"	3"	4"	6"	8"
25010/1A	1/4"	3"	4"	8"	10"
30012/1A/2 <sup>a</sup>	1/4"	4"	4"	10"	12"

Fonte: METSO (2005).

## 4. Resultados

### 4.1 Peneiramento

Na atual unidade de beneficiamento não existe um sistema de peneiramento na etapa de britagem secundária. Para melhoria do processo de cominuição é necessário a colocação de uma peneira vibratória operando em circuito fechado com o rebritador. Por essa razão, neste item irá ser dimensionado um equipamento que atenda às metas de produção da cooperativa.

Na Figura 7 apresenta-se um esquema de uma peneira cujos dados são: vazão de alimentação, vazão do retido, vazão do passante, e suas respectivas porcentagens, foram obtidas a partir do produto gerado pelo rebritador, e determinada a partir das curvas granulométricas.

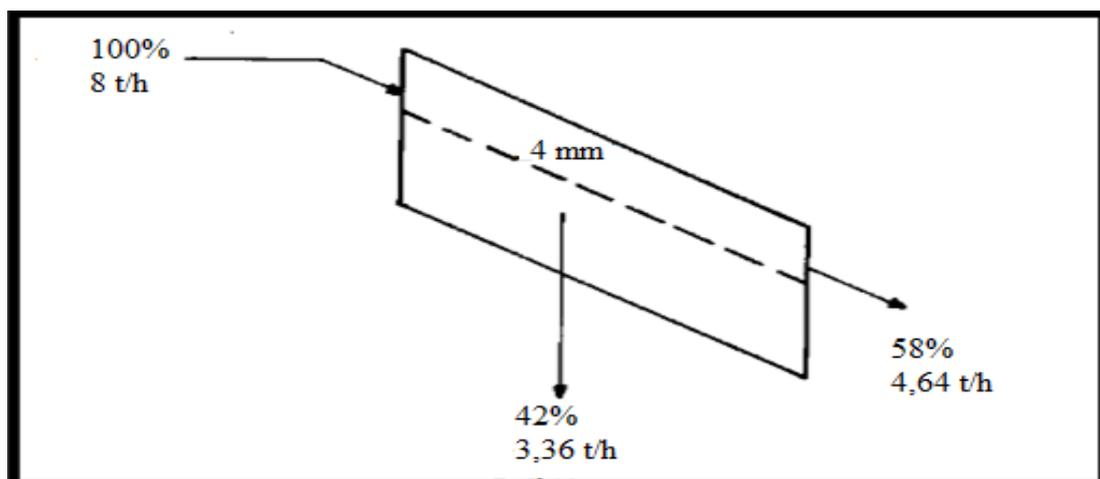


Figura 7 – Esquema da peneira vibratória. Vazão de alimentação:  $8,0 \text{ t}\cdot\text{h}^{-1}$  de material, densidade aparente de  $1.600 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ .

A abertura da tela da peneira irá ser de 4,0 mm, peneiramento a seco. Tem-se que a área da peneira ( $A$ ) é dada por:

$A = S / C \cdot d \cdot F_m$  (equação 1);

Sendo:

$S$  = quantidade de material passante na alimentação que atravessa a peneira por hora (t/h);  $3,36 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$ .

$C$  = Capacidade básica,  $0,8 \text{ t/h} \times 0,9 \text{ m}^2$  (ver Figura 5);

$$d = \frac{\text{peso específico aparente do material}}{1.602} = \frac{1600}{1602} = 1,0;$$

A Tabela 5 apresenta as porcentagens do passante (%) nas granulometrias de 20,0; 10,0; 4,0 e 2,0 mm, respectivamente. Essa tabela foi determinada a partir da Tabela 38 (SILVA, 2019).

Tabela 5 – Porcentagem passante (%) x granulometria do material que irá alimentar a peneira.

Tamanho (mm)	Passante (%)
20	100
10	82
4	42
2	27

A seguir foram determinados os fatores modificadores ( $F_m$ ):

$F = 0,80$ . O Fator de Finos foi determinado por interpolação (ver Tabela 1); considerando-se que o 27% do passante é menor que 2,0 mm (Tabela 5).

$E = 1,00$  (95% de eficiência de peneiramento); considerando-se eficiência máxima de peneiramento (Tabela 1);

$D = 1,0$  (Fator de deck, no caso peneira de um deck) (Tabela 3);

$B = 1,0$  (abertura da tela com forma quadrada) (Tabela 2);

Substituindo na fórmula abaixo, temos:

$$A = \frac{S}{C \cdot d \cdot F_m} = \frac{3,36 \text{ t/h}}{0,8 \times 1,0 \times 0,80 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0} = 5,25 \text{ ft}^2 = 0,48 \text{ m}^2$$

O resultado obtido foi de  $0,48 \text{ m}^2$ , representa a área efetiva da peneira. A este valor, é acrescentado uma área adicional de 10% a fim de compensar as perdas de área devido aos suportes que sustentam a tela à peneira (LUZ *et al.*, 2010). Neste caso, teremos  $0,48 + 0,048 = 0,53 \text{ m}^2$

A etapa seguinte será selecionar uma peneira padrão com uma área de 0,53 m<sup>2</sup>, mantendo-se uma razão comprimento/largura de 2:1 para que haja um peneiramento eficaz. Dessa forma, recomenda-se uma peneira de 1,0 m x 0,6 m com uma área total de 0,60 m<sup>2</sup>. De acordo com o manual de britagem da Metso, a peneira com menor área disponível é a de modelo M 20008/1A (Tabela 6). Nesse modelo não está sendo contemplado o custo de aquisição do equipamento.

Essa peneira não se adequa aos requerimentos para o propósito desejado, que neste caso é de 0,60 m<sup>2</sup> de área de deck. Assim, a peneira vibratória inclinada M de referência 20008/1A, que possui apenas (01) um deck, e área útil de 1,6 m<sup>2</sup>, apresenta especificações acima dos valores requeridos. Em função disso, pode-se encomendar junto ao fabricante um equipamento sob medida.

Tabela 6 – Especificações técnicas para peneira vibratória inclinada MS.

Peneira M	Nº de decks	Dimensões quadro (mm)	Área do deck (m <sup>2</sup> )	Motor (Hp)	Compr. (mm)	Altura (mm)	Largura (mm)
20008/1A	1	2000x1800	1,6	4	2100	1150	1216
25010/1A	1	2500x1050	2,5	5	2600	1400	1410
30012/1A	1	3000x1200	3,6	12,5	3853	2039	1715
30012/2A	2	3000x1200	3,6	12,5	3400	1770	1715

Fonte: METSO (2005).

A seguir, verifica-se se essa peneira atende a condição de altura do leito no ponto de descarga do oversize. A recomendação para um peneiramento efetivo é a de que a espessura do leito não seja maior do que 4 vezes o tamanho da abertura da tela (LUZ; SAMPAIO; FRANÇA, 2010). Nesse caso, para a abertura de 4,0 mm, a espessura do leito não deve ser superior a 16,0 mm, considerando-se uma densidade aparente de 1,6 t.m<sup>-3</sup> (Tabela 7).

Tabela 7 – Espessura máxima do leito em função da densidade do material.

Densidade aparente (t/m <sup>3</sup> )	Altura máxima da camada
1,6	4 x a abertura da tela
1,6 – 0,8	3 x a abertura da tela
< 0,8	2,5 x a abertura da tela

Fonte: CHAVES (2003).

## 5. Conclusões

O desenvolvimento desta pesquisa possibilitou verificar a existência de uma grande variedade de equipamentos de peneiramento disponível no mercado, e que são vários os fatores que devem ser levados em consideração, tornando os procedimentos árduo para a seleção adequada de uma peneira a ser utilizada em um processo de cominuição.

Neste caso, para definir a peneira vibratória inclinada M de referência 20008/1A, que possui apenas (01) um deck, foi considerado em seu dimensionamento: as propriedades físicas do material a ser empregado, a análise do fluxograma das etapas de cominuição, e a operação de peneiramento realizada no processo de moagem de pegmatitos.

Assim, tem-se que para definir o real equipamento a ser utilizado no empreendimento mineiro, é extremamente importante o conhecimento de todas as informações técnicas específicas do processo de moagem, possibilitando ao fornecedor a disponibilização da peneira que melhor se adequa a realidade do circuito de cominuição e ao tipo de material.

## Referências

ADUSUMILLI, M.S. 1976. **Contribuição a Mineralogia dos nióbio-tantalatos da Província Pegmatítica Nordestina**. Belo Horizonte, 254p. Tese para Livre Docência em Mineralogia. UFMG.

CAMERON, E.N.; JAHNS, R.H.; MCNAIR, A.H.; PAGE, E.L.R. 1949. **Internal structure of granitic pegmatites**. Economic Geology (Monograph, 2).115p.

ČERNÝ P. 1991. **Rare-element granitic pegmatites**. Part I: Anatomy and internal evolution of pegmatite deposits. Geoscience Canada, 18: 49-67.

DA SILVA, M. R. R.; DANTAS, J. R. A. 1984. **A Província Pegmatítica da Borborema-Seridó nos Estados da Paraíba e Rio Grande do Norte**. In: **Principais Depósitos Minerais do Nordeste Oriental - Série Geologia**. Nº 04. DNPM, Brasília.

FERSMAN, A.E. 1931. **Les Pegmatites, leur importance scientifique et pratique**. Academy of Science of URSS (Traduzido para o francês por R. du Trien de Terdonck e J.Thoureau, Universidade de Louvain, Bélgica). 3 vols. 675p.

FIGUEIRA, H. V. O.; ALMEIDA S. L. M.; LUZ, A. B. **Cominuição**; In: Tratamento de Minérios. Rio de Janeiro. Centro de Tecnologia Mineral, capítulo 4. 2004.

GINSBURG, A. I.; TIMOFEYEV, I. N.; FELDMAN, L. G. 1979. **Principles of geology of the granitic pegmatites**. Nedra Publishing House, Moscow, 296p.

JAHNS, R. H. 1955. **The study of pegmatites**: Economic Geology, 50th Anniver.p.1025-130.

JOHNSTON Jr., W. D. **Pegmatitos ambligonita-berilo-tantalíferos do Ceará, Nordeste do Brasil**. Rio de Janeiro: DNPM/ Divisão de Fomento da Produção Mineral, (Avulso, 66). 1945.

LUZ, A.B.; LINS, F.A.F. **Pegmatitos do Nordeste: Diagnósticos sobre o Aproveitamento Racional e Integrado**. CETEM/MCT, Rio de Janeiro, RJ. 2003.

LUZ, A.B.; LINS, F.A.F. 2008. **Rochas e Minerais industriais**. 2ª edição, 990p, CETEM/MCTI, Rio de Janeiro, RJ.

LUZ, A.B.; SAMPAIO, J.A.; FRANÇA, S.C.A. **Tratamento de Minérios** (5ª edição), 960 p, CETEM/MCTI, Rio de Janeiro, RJ. 2010.

METSO. **Manual de Britagem**. 6ª Edição. 2005.

ROLFF, P. A. M. A. 1945. **Contribuição ao Estudo de Cassiterita no Nordeste**. Rio de Janeiro: DNPM.

ROLFF, P. A. M. A. **Minerais de Pegmatitos da Borborema**. Rio de Janeiro: DNPM. 1946.

SOARES, D. R. 2004. **Contribuição a petrologias de pegmatitos mineralizados em elementos raros e elbaítas gamológicas da Província Pegmatítica da Borborema, Nordeste do Brasil**. Tese de Doutorado, UFPE, Recife, p.201.

SCORZA, E.P. **Província Pegmatítica da Borborema**. DNPM/DGM (Boletim 112). Rio de Janeiro, 1944. 55 p.

SOLODOV, N. A. 1962. **Internal structure and geochemistry of rare- element granitic pegmatites**. Moscow: Academy of Sciences of the USSR, Moscow, p.243.

SILVA, G. F. 2019. **Redimensionamento e Otimização de uma Unidade de Beneficiamento de Feldspato Pegmatítico no Município de Pedra Lavrada/PB com ênfase nas etapas de Britagem e Moagem**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, 74p.

WAN, K. W. Feldspar's fallow future. **Industrial Minerals**, London, p. 52-59, Dec. 2008.

WILLS, B. A.; NAPPIER MUNN, T. J. 2006. **Mineral Processing Technology**.