

BENEFICIAMENTO DE MICA DA REGIÃO BORBOREMA-SERIDÓ

Shirleny Fontes Santos^{1,2}, Silvia Cristina Alves França¹ & Tsuneharu Ogasawara²

RESUMO

Cristais de mica moscovita inferiores a 15 mm em diâmetro são descartados como mica lixo na região da Borborema-Seridó (RN/PB). O presente trabalho tem por objetivo beneficiar e purificar esta mica lixo, visando oferecer ao mercado brasileiro de pigmentos perolizados, mica comparável àquela suprida por empresas estrangeiras dominadoras mundiais deste mercado. As amostras necessárias para isto foram coletadas diretamente nos garimpos do Rio Grande do Norte e caracterizadas pela análise química, difração de raios-X, análise mineralógica, análise termogravimétrica. Depois, ensaios de cominuição primária (a seco e a úmido, em moinhos de barras, martelo e facas) foram seguidos de caracterização colorimétrica, concentração gravítica, ensaios de moagem secundária por bolas (a seco), barras (a úmido e a seco) e facas (usando liquidificador doméstico). Estas últimas deram os melhores resultados com cristais de mica na faixa de 12 a 50 μm , granulometricamente apropriada para pigmentos perolizados.

Palavras-chave: moscovita, beneficiamento mineral, pigmentos perolizados.

ABSTRACT

Muscovite mica crystals smaller than 15 mm diameter are discarded as "scrap mica" in the mining area at the Borborema-Seridó (RN/PB). This work has the objective of dressing and purifying the "scrap mica", aimed at providing the Brazilian market with pearlescent pigment raw material which is nowadays entirely based on imported supply. The necessary samples were collected directly from the mining sites, in the Rio Grande do Norte State, and characterized by X-ray diffraction, grain-size analysis, thermogravimetric analysis. In the following, milling tests were carried out (both dry and wet, rod mills, hammer mill and knife-mill). The derived products were characterized by colorimeter, gravity concentration and secondary fine milling tests in ball mill (dry), rod mills (dry and wet) and an improved knife-mill. The later options gave the best results which consisted of 15 to 50 μm particles of well delaminated mica crystals, suitable for pearlescent pigments.

Key-words: scrap mica, muscovite, mica dressing, mica fine milling, pearlescent pigments.

¹ CETEM – Centro de Tecnologia Mineral, Ministério de Ciência e Tecnologia
Av. Pedro Calmon, 900 - Cidade Universitária, CEP: 21941-908, Rio de Janeiro/RJ – Brasil
shirleny@uezo.rj.gov.br

² Departamento de Eng. Metalúrgica e Materiais, COPPE/UFRJ, Bl.F sala F210 CT/UFRJ CP 68505, Cidade Universitária, CEP 21941-972, Rio de Janeiro – RJ

1. INTRODUÇÃO

A mica é um termo genérico aplicado ao grupo de minerais alumino-silicatos complexos (moscovita, biotita, glauconita, paragonita, flogopita, etc) que possuem estrutura lamelar, compreendendo diferentes composições químicas e propriedades físicas (DANA, 1959).

A moscovita ($KAl_3[Si_3AlO_{10}](OH,F_2)$) é o mineral do grupo das micas com maior número de usos industriais, como na indústria de eletro-eletrônicos, janelas de microondas, condensador, isolante intercarnada, tubos de vácuo, etc (SHOMBURG *et al*, 1997 e BALTAR *et al*, 2008) e, na sua forma fina, destaca-se a utilização como substrato na produção de pigmentos, notadamente perolizados (CAVALCANTE *et al*, 2007 e Sumário mineral, 2005), cuja rota de síntese e tecnologia de produção é dominada por empresas alemãs (ECKART WERKE, 2005).

Entre as principais propriedades da moscovita, podem ser citadas: perfeita clivagem no plano basal, plasticidade; baixa condutividade térmica e elétrica; resistência a mudanças abruptas de temperaturas, brilho vítreo, e coloração variando de incolor a verde (BALTAR *et al*, 2008).

O Brasil está entre os países que possuem os maiores depósitos geológicos de moscovita do mundo (1.253.000,00 t) ao lado da Índia e Rússia (BALTAR *et al*, 2008). e LUZ *et al*, 2003). As micas são encontradas em diversas regiões, a exemplo das ocorrências pré-cambrianas da província da Borborema-Serido, nos limites entre os estados do Rio Grande do Norte e Paraíba (LUZ *et al*, 2005, Sumário Mineral, 2005). Esta região possui grandes reservas de rochas pegmatíticas com elevados teores de caulim, feldspato, quartzo e mica. Estes minerais abastecem muitas indústrias cerâmicas, contudo são também exportados em quantidade significativa (LUZ *et al*, 2003, SANTOS *et al*, 2007).

A questão mais crítica é a da mica moscovita. A lavra deste mineral é realizada, principalmente, durante as estiagens, quando se torna atividade de subsistência de muitos sertanejos. Em razão do pouco conhecimento técnico no garimpo, a moscovita obtida possui baixo valor agregado (BALTAR *et al*, 2008), além de que não existem na região, empresas especializadas no beneficiamento deste mineral.

Outrossim, a produção nacional de moscovita em 2004 foi da ordem de 5.000 toneladas. Sendo que quase 50% do total (2.305 t - US\$ 3.376.000,00) foi destinada à exportação e tendo ocorrido importação de 1.769 t (US\$ 3.820.000,00) do material, tendo sido observado, nos anos anteriores, a mesma tendência (Sumário Mineral, 2007).

Neste contexto, o presente trabalho apresenta resultados de estudos de beneficiamento de moscovita, oriunda da região Borborema-Seridó, visando aplicação na síntese de pigmentos perolizados.

2. EXPERIMENTAL

2.1 – Método de beneficiamento da moscovita

Para obtenção da matéria-prima foi realizada uma visita técnica a alguns garimpos de mica e a Unidade de Beneficiamento de Mica (nos estados do Rio Grande do Norte e Paraíba). Neste local,

a mica passa por um processo simplificado de beneficiamento, baseado em classificação manual e peneiramento (-15 mm). e é a responsável por revender toda mica extraída na região.

Neste local, foram amostrados 100 kg de moscovita, Figura 2, para a realização dos estudos de beneficiamento e demais objetivos do presente trabalho. A amostra foi levada ao Centro de Tecnologia Mineral (CETEM), onde os métodos de beneficiamento exibidos na Figura 1 foram testados. Na tabela 1, os detalhes operacionais relacionados a cada processo realizado são exibidos.

2.2 – Técnicas de caracterização

As análises térmicas (TGA/DTA) foram realizadas em equipamento SHIMADZU (TA-50, DTA-50). Da temperatura ambiente até 1.200°C (10°C/min).

A estrutura cristalográfica dos pós foi determinada em um difratômetro Bruker-AXS D5005, radiação Co K α (35kV/40mA); 2 θ na faixa de 5o a 80o. A Composição química foi analisada por espectrometria de fluorescência de raios-X, num equipamento S4 Bruker, por método da pastilha prensada.

A morfologia/microestrutura dos pós foi investigada em amostras cobertas com prata em MEV da marca Leica, modelo F440, em modo de alto vácuo. As medidas de cores foram obtidas usando calorímetro modelo Color Touch II.

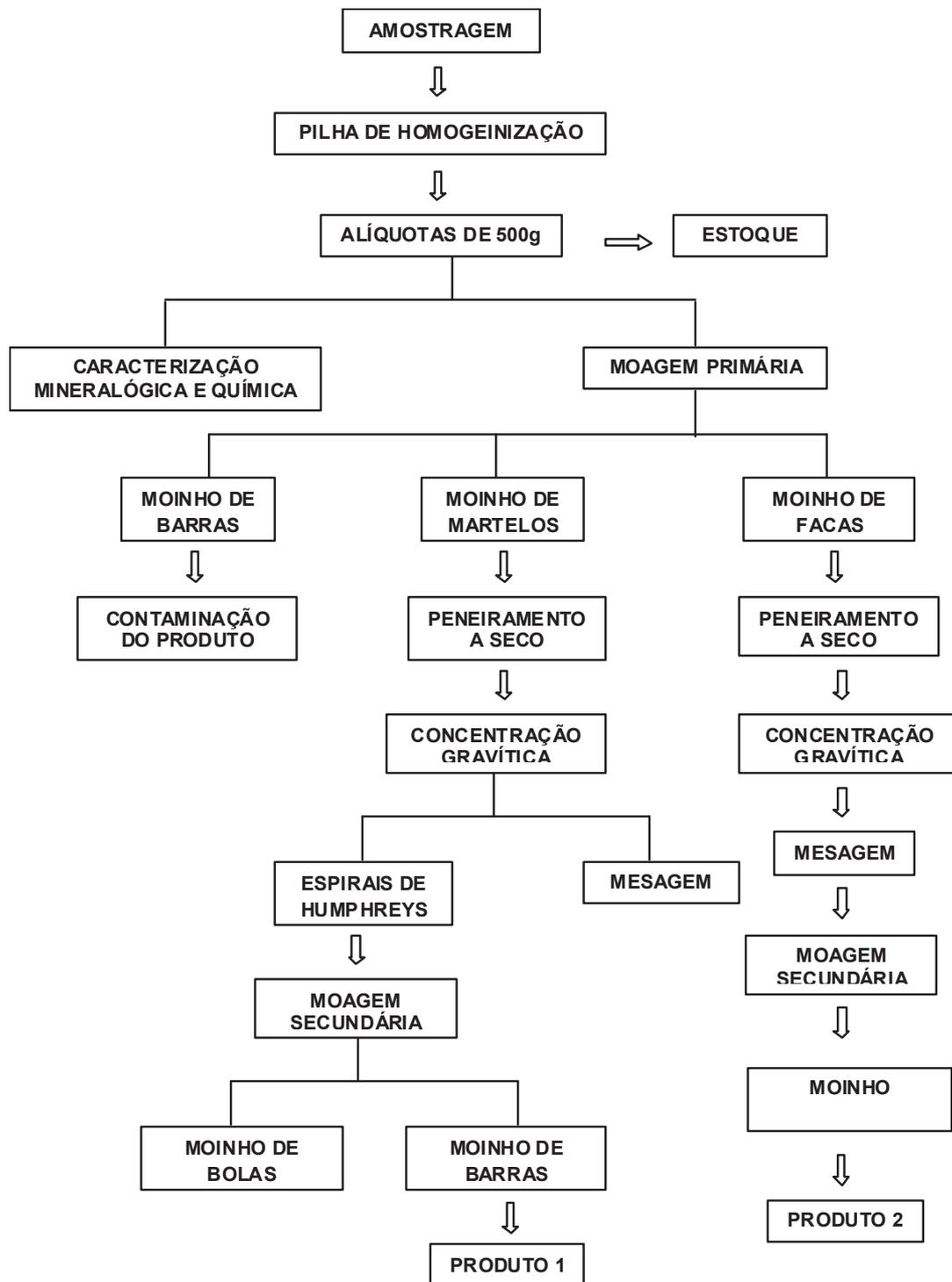


Figura 1: Diagrama de blocos do beneficiamento da moscovita.

Tabela 1 Condições experimentais testadas, circuito de moagem e outras observações sobre os processos realizados.

Tipos de moinho	Circuito de moagem	Outras Observações
Moinho de barras (escala piloto)	Circuito aberto a úmido	Sem Peneira de saída
Moinho de Facas	Circuito aberto a seco	Grelha de saída: 5 mm
Moinho de martelos	Circuito aberto a seco	Grelha de saída: 2 mm
Moinho de bolas	Batelada a seco	70 rpm, 2 h
Moinho de barras (Bancada-aço inox)	Batelada a seco e a úmido	100 rpm/ polpa: 30 e 50%
Moinho Liquidificador	Batelada a seco e a úmido	Concentração da polpa: 15 e 30%

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Caracterização da matéria-prima

O resultado de composição química, Tabela 2, apresentou teores das substâncias básicas da moscovita (SiO_2 , Al_2O_3 e K_2O) de acordo com dados encontrados na literatura (BARLOW *et al*, 1999).

Tabela 2I – Composição química das amostras de mica.

Substâncias	Teor (%)	Substâncias	Teor (%)
SiO_2	46,37	Fe_2O_3	1,88
Al_2O_3	38,35	Na_2O	0,40
K_2O	11,67	MgO	0,25

Com relação às impurezas contidas nas amostras, foi possível verificar que há 1,8% de minerais portadores de ferro na mica. Foram detectadas ainda pequenas quantidades de óxido de titânio, rubídio e nióbio, comuns nos pegmatitos da região Borborema-Seridó. Dentre as impurezas presentes nas amostras, os minerais portadores de ferro são os mais indesejáveis devido às alterações de cor e propriedades que podem provocar durante a síntese de pigmentos (SANTOS *et al*, 2007).

A análise por difração de raios-X evidenciou a presença de um perfil característico da fase moscovita, com picos agudos e baixo nível de ruído, indicando boa cristalinidade do material, como mostrado na Figura 2 (MAHAN *et al*, 1995).

Por meio de microscopia óptica, foi possível verificar a presença de impurezas de quartzo (SiO_2), epídotos ($\text{Ca}_2(\text{Al}, \text{Fe})_2(\text{SiO}_3)_2(\text{OH})$), hidróxido de ferro e magnetita (Fe_3O_4), turmalina preta ($\text{NaFe}^{2+}_3\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{36}(\text{BO}_3)_3(\text{OH})_4$), entre outros. Para confirmar a ocorrência de tais fases foi realizado um procedimento manual de concentração das impurezas, as quais foram analisadas por difração de

raios-X. O perfil difratométrico das amostras, Figura 2, confirmou a presença das fases turmalina e quartzo.

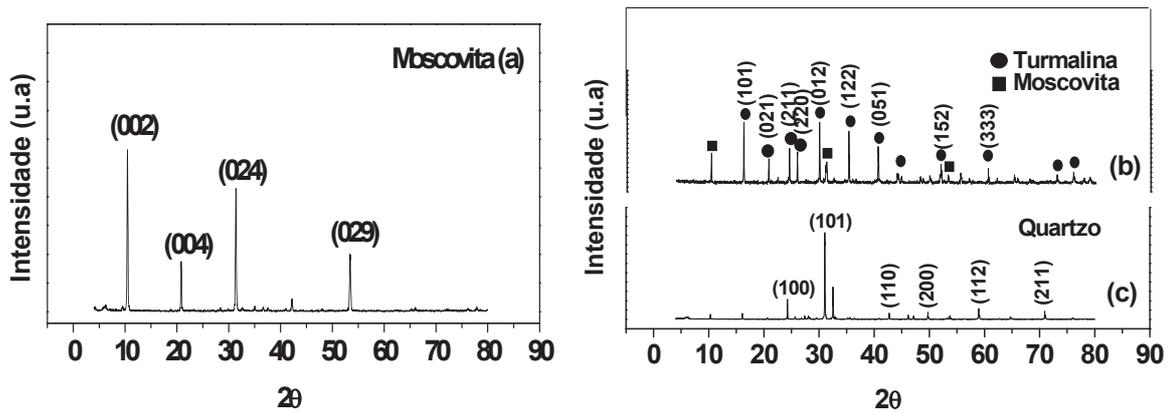


Figura 2: Difratogramas de raios-X da moscovita (a), turmalina (b) e quartzo (c).

Por meio das imagens de MEV associadas à análise por EDS, Figuras não mostradas, foi possível caracterizar as fases férreas como sendo pirita (FeS_2) e testes de separação magnética realizados com imã de mão sugeriram a presença de magnetita (Fe_3O_4) na amostra.

Os perfis de decomposição térmica, mostrado na Figura 3, indicaram a ocorrência de um único estágio de perda de massa no TGA (610-900°C), com perda em torno de 4,5% relacionada à eliminação de água de cristalização. No perfil de DTA pôde ser observado um pico endotérmico, entre 510-100°C, correspondentes ao fenômeno de perda de massa (BARLOW *et al*, 1999).

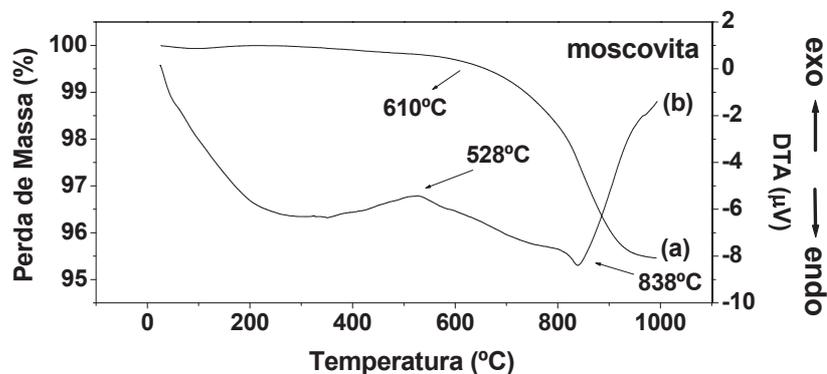


Figura 3 - Curvas de (a) TGA e (b) DTA da moscovita.

3.2. Estudo dos ensaios de moagem primária

Para realização da moagem primária, três tipos de moinhos foram testados: o moinho de barras em circuito aberto, o moinho de martelos e o moinho de facas.

O moinho de facas foi utilizado como rota alternativa à moagem da mica, já que é um tipo de moinho mais barato e de mais fácil operação do que o de martelos. A idéia de utilizar este moinho

surgiu da observação de que o mesmo é utilizado para moagem de materiais com elevada plasticidade (como o PET).

Os resultados de análise granulométrica dos produtos da moagem da moscovita nos três tipos de moinhos citados são mostrados na Tabela 3. Pode ser observado que nos três moinhos foi possível obter um produto com 90% da massa com granulometria abaixo de 4 mm, adequado para os ensaios de concentração e moagem secundária. O produto do moinho foi descartado devido a ocorrência de contaminação inerente à estrutura interna do moinho.

Tabela 3 - Resultados dos ensaios de moagem primária nos moinhos de barras, martelos e facas.

Malha (mm)	Barras Passante (%)	Martelo Passante (%)	Facas Passante (%)
4,00	100,00	94,41	100,00
3,36	99,94	91,82	98,99
2,38	95,47	79,89	63,15

Foi realizada ainda a medida de parâmetros colorimétricos das três amostras, Tabela 4. O deslocamento das coordenadas a^* e b^* no sentido positivo, no caso do produto do moinho de barras, indica a presença de contaminação com materiais de natureza colorida durante o processo.

Tabela 4 – Coordenadas colorimétricas dos produtos da moagem primária.

Equipamentos	L	a^*	b^*
Moinho de Barras	82,8	1,18	7,6
Moinho de Facas	82,97	0,17	5,61
Moinho de Martelo	81,45	0,39	5,74

3.3. Estudos de concentração gravítica

O produto da moagem em moinho de martelos e de facas foi submetido à concentração gravítica em mensagem com modificação do processo de alimentação, Figura 4: o material foi alimentado a seco e a úmido ao chegar à mesa oscilatória, com a água do próprio processo. Desta maneira, alcançou-se remoção de 3% e 1,5 % de material de fase densa, para produto de martelos e facas, respectivamente.

Testes com uso das espirais de Humphreys também foram realizados, no entanto a recuperação obtida foi ineficiente. Sugere-se que a melhor eficiência da mensagem modificada deveu-se à mica ter percorrido lentamente o “caminho” até sua coleta, de modo que os contaminantes das lamelas separaram-se do mineral mais facilmente.



Figura 4: Processo modificado de concentração por mensagem.

3.4. Estudos de moagem secundária

Foram realizados experimentos com moinhos usualmente utilizados para moagem fina de material: bolas (a seco) e barras (a úmido e a seco) e, como rota alternativa, o moinho de facas adaptado a seco e a úmido.

A moagem com material -4mm em moinho de bolas apresentou rendimento satisfatório de 78% abaixo de $45\ \mu\text{m}$, no entanto, o material obtido perdeu todo brilho e adquiriu uma coloração acinzentada. A moagem com barras a seco não promoveu bom rendimento: apenas 11% abaixo de $45\ \mu\text{m}$, e, também, neste caso observou-se perda do brilho do material.

A investigação da morfologia dos dois materiais por MEV, Figura 5, revelou a obtenção de material com partículas arredondadas (para Bolas) e uma estrutura não delaminada (para Barras), Sugere-se que estes moinhos promoveram quebra da estrutura, mas não favoreceram delaminação do material, o que teria provocado a perda do brilho.

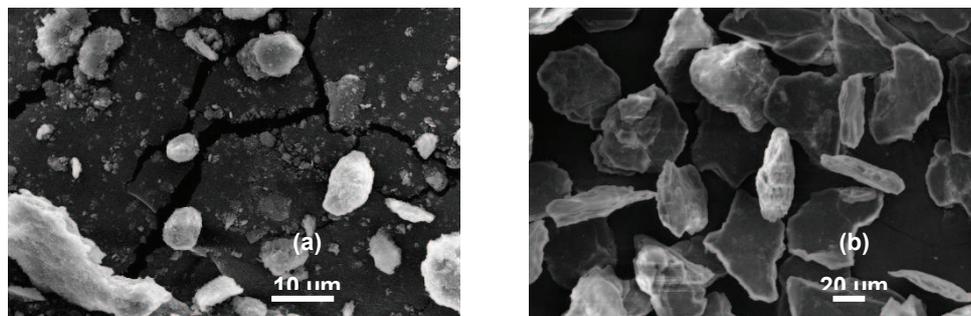


Figura 5: Microscopia eletrônica de varredura de mica moscovita ($-45\ \mu\text{m}$) moída em moinho de bolas (a) e em moinho de barras a seco (b).

Foram realizados vários testes de moagem com barras a úmido, variando tempo e concentração da polpa. O melhor resultado, até o presente, foi encontrado de 48% de rendimento na granulometria $-44\ \mu\text{m}$ (polpa a 30%, 1 hora de moagem). A investigação da morfologia das partículas obtidas neste teste, Figura 6, revelou uma estrutura bastante delaminada e a presença

de grandes quantidades de finos (partículas menores que $20\ \mu\text{m}$). No entanto, embora neste caso as amostras não tenham perdido totalmente o brilho, verificou-se ligeira opacificação do material, possivelmente neste caso, a água criou uma película protetora de efeito lubrificante que amenizou o efeito do impacto.

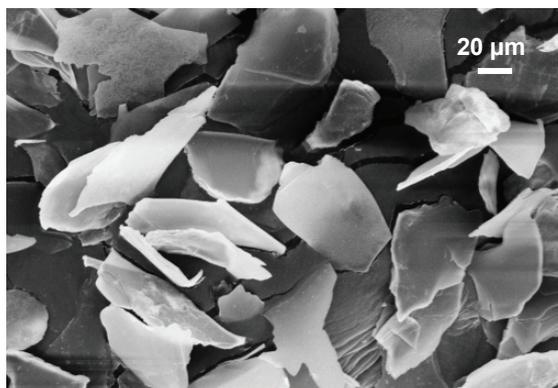


Figura 6: MEV da moscovita ($-45\mu\text{m}$) moída em moinho de barras, em batelada, a úmido.

A estrutura lamelar da mica dificulta que ela seja moída pelos métodos tradicionais de moagem baseados em impacto, atrito etc, pois neste caso não se trata apenas de quebra de partículas, é necessário que ocorra delaminação e diminuição dos tamanhos das lâminas cortadas sem impacto.

Baseado nestas observações, o material oriundo da moagem primária em moinho de facas foi moído (a seco e a úmido) com um liquidificador, que desempenha, em escala menor, as mesmas funções de um moinho de facas industrial. Dentro das diferentes condições testadas, até o momento, os melhores resultados foram de 68% para granulometria entre $45\text{-}100\mu\text{m}$. Apesar do baixo rendimento observou-se manutenção do brilho e obtenção de material altamente desaglomerado, principalmente no caso da moagem a seco, Figura 7.

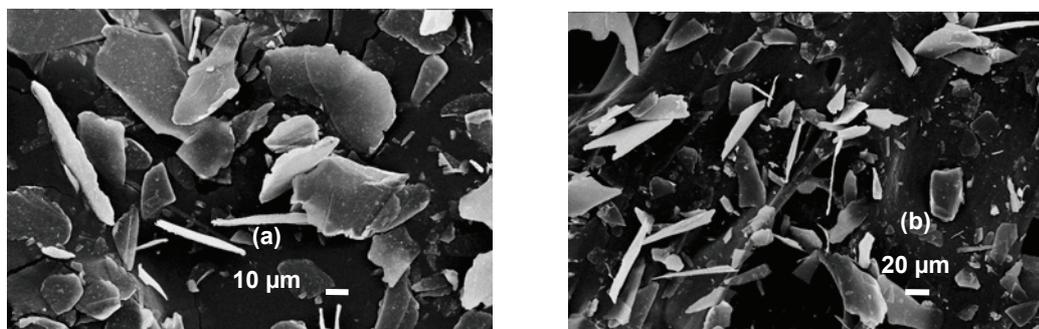


Figura 7: MEV de mica moscovita ($-45\mu\text{m}$) moída em liquidificador a seco (a) e a úmido (b).

Os produtos da moagem secundária com barras e em facas foram submetidos a análise de distribuição de tamanho de partículas por Malvern, Figura não mostrada; em todos os casos observou-se a presença de apenas um pico indicando domínio de apenas uma faixa de tamanho de partículas e a presença de partículas variando de $10\text{-}50\ \mu\text{m}$.

Desta forma, tem-se então dois produtos finais: produto 1 obtido pela rota comum de tratamento de minérios e o produto 2 que se constitui numa rota alternativa para beneficiamento da mica moscovita do presente projeto.

4. CONCLUSÕES

Uma rota alternativa para beneficiamento de mica moscovita foi desenvolvida, possibilitando obtenção de concentrado de mica em granulometria inferior a 100 μm e com sua estrutura e propriedades completamente preservadas. A rota desenvolvida baseou-se em moagem primária em moinho de facas (-5 mm), concentração por mesagem, moagem secundária em moinho de facas adaptado (100-45 μm) com lâminas de espessura fina (0,25 mm).

Esta mica beneficiada já vem sendo utilizada com sucesso na síntese de pigmentos perolizados. Assim, estes resultados contribuirão não só para a valorização da moscovita no mercado nacional, como também para incentivar os fabricantes nacionais de tintas e pigmentos a investirem na produção e comercialização dos pigmentos perolizados em geral, o que poderá garantir ao Brasil ganho de divisas e maior destaque perante os produtores mundiais de colorantes em termos de desenvolvimento tecnológico.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- "Germany: Eckart Werke – Pearlescent & metallic pigments", Focus on Pigments, v. 2004, n. 5, pp. 5, 2004.
- BALTAR, C. A. M.; SAMPAIO, J. A.; CAVALCANTE, P. M. T. Mica. In: Rochas e Minerais Industriais: Usos e Especificações, Adão B. Luz e Fernando Lins (Editores), v. 1, p. 648-661, 2ª Edição, CETEM/MCT, 2008.
- BARLOW, S. G. AND MANNING, D. A. C, "Influence of time and temperature on reactions and transformations of muscovite mica", British Ceramic Transactions, v. 98, n.3, pp.122-126, 1999.
- CAVALCANTE, P. M. T. et al, "Ceramic application of mica titania pearlescent pigments", Dyes and Pigments, vol. 74, n.1, pp. 1-8. Mar. 2007.
- DANA, H, Manual de Mineralogia, Editora da Universidade de São Paulo, v. 2, 1959.
- LUZ, A. B.; LINS, F. F.; PIQUET, B.; COSTA, M. J.; COELHO, J. M. , Pegmatitos do Nordeste: Diagnóstico sobre o aproveitamento racional e integrado, 1ª Edição, Editora CETEM/MCT, v. 1, 2003.
- MAHAN, B. M., MYERS, R. J., Química: Um Curso Universitário. 4ª Edição, Editora Edgard Blucher, 1995.
- SANTOS, S. F., FRANÇA, S. C. A., Relatório de Visita Técnica às Minerações de Pegmatitos da Região Borborema-Seridó. Relatório de Viagem Elaborado para a Coordenação de Processamento Mineral - COPM/CETEM. 2007.
- SHOMBURG, J. and ZWAHR, H., "Thermal Differential Diagnosis of Mica Mineral Group", Journal of Thermal Analysis, v. 48, pp. 135-139, 1997.
- SOUZA, A. E., VAL, L. C., 2007, "Mica", Balanço Mineral Brasileiro, <http://www.dnpm.gov.br/assets/galeriaDocumento/SumarioMineral2008/mica.pdf>. Acessado 09/10/09.