

# CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA, QUÍMICA, E BENEFICIAMENTO DO CAULIM DE EQUADOR (RN) E JUNCO DO SERIDÓ (PB)

## MINERALOGICAL, CHEMICAL CHARACTERIZATION AND BENEFICIMENT OF KAOLIN FROM EQUADOR (RN) AND JUNCO DO SERIDÓ (PB)

**Victor Matheus Joaquim Salgado Campos**

Aluno de Geologia do 8º período, Universidade do Estado do Rio de Janeiro  
Janeiro de 2015 a julho de 2017  
vcampos@cetem.gov.br

**Luiz Carlos Bertolino**

Orientador, Geólogo, D.Sc.  
lbertolino@cetem.gov.br

### RESUMO

O estudo teve como objetivo a caracterização mineralógica, tecnológica, química e o estudo do beneficiamento do caulim de Equador (RN) e Junco do Seridó (PB). Para tal, seis amostras foram submetidas a classificação granulométrica em 44 µm, separação magnética em campo de 14000 Gauss e alvejamento químico e analisadas por difratometria de raios X, análise química por fluorescência de raios X, microscopia eletrônica de varredura, determinação do índice de alvura e análise quantitativa por ressonância paramagnética eletrônica (RPE). As amostras são compostas por caulinita euédrica na forma de *booklets* e por muscovita, quartzo e feldspato na forma de impurezas e pode-se observar que a classificação granulométrica foi responsável pela concentração de caulinita e por remoção de impurezas. Em termos gerais, observou-se que houveram elevações consideráveis de índice de alvura mediante alvejamento químico, com remoção de óxidos e hidróxidos de ferro observados nos espectros de RPE. Já a separação magnética não foi tão eficiente na elevação de índice de alvura, o que pode ser observado na pequena alteração do conteúdo de óxidos hidróxidos de ferro observados nos espectros de RPE. O trabalho traz informações acerca das características mineralógicas e químicas do minério e do beneficiamento do caulim das regiões de Equador (RN) e Junco do Seridó (PB).

**Palavras chave:** separação magnética, alvejamento químico, índice de alvura.

### ABSTRACT

The study aims the mineralogical, technological, chemical and the study of beneficiament of kaolin from Equador (RN) and Junco do Seridó (PB). For this, six samples were submitted to granulometric classification in sieves of 44 µm, high field magnetic separation and chemical bleaching and were analyzed by X-ray diffractometry, chemical analysis by x-ray fluorescence and scanning electron microscopy, brightness index determination and quantitative analysis by electron paramagnetic resonance (EPR). The samples are composed by euedric kaolinite as booklets nad by muscovite, quartz and feldspar as impurities and it was possible observe that the granulometric classification was responsible for concentrate kaolinite and for remove part of the impurities. In general terms, it was verified considerable elevations of brightness index through chemical bleaching, with removals of iron oxides and hydroxides observed by EPR. Already the magnetic separation was not efficient in the removal of iron oxides and hydroxides, which results in little elevations of brightness index. The paper brings informations about the mineralogical and chemical characteristics of the ore, as too info detailed informations about the beneficiament of kaolin from Equador (RN) and Junco do Seridó (PB).

**Keywords:** magnetic separation, chemical bleaching and brightness index.

## 1. INTRODUÇÃO

Caulim é o termo designado para a rocha de granulometria fina composta essencialmente por caulinita e pode ser classificado como de origem primária, quando derivado da alteração de feldspato *in situ*, ou de origem secundária, quando de origem sedimentar (Prasad *et al.*, 1991).

Por conta de suas propriedades, é matéria prima em diversos setores industriais, como os segmentos de tinta, papel e de cerâmica. Porém, para ser utilizado, é necessário que o caulim possua determinadas características de interesse. Neste sentido, entende-se que o bem mineral deva ser submetido a determinados processos de beneficiamento, como classificação granulométrica em peneiras de 44 µm, separação magnética e alvejamento químico (Murray, 1980).

O caulim de Equador (RN) e de Junco do Seridó (PB) são de origem primária derivados da alteração de feldspatos em pegmatitos da Província Pegmatítica da Borborema, sendo seus principais contaminantes quartzo, muscovita, em menores proporções, feldspato (Silva *et al.*, 2009; Campos *et al.*, 2017). Contudo, a exploração associada a esses depósitos continua pouco moderna e carece de informações a respeito das melhores condições de beneficiamento do bem mineral do Nordeste.

## 2. OBJETIVOS

O estudo teve como objetivo principal a caracterização mineralógica, tecnológica, química e o beneficiamento do caulim de Equador (RN) e Junco do Seridó (PB).

## 3. METODOLOGIA

Cinco amostras de caulim foram coletadas próximo a Equador (RN) e nomeadas de RN-EQ-1, RN-EQ-2, RN-EQ-3, RN-EQ-4A, RN-EQ-4B, onde as três primeiras foram coletadas a 10 metros de profundidade e as duas últimas ao longo de uma trincheira em diferentes camadas, na qual a amostra RN-EQ-4A se encontra acima da RN-EQ-4B. Uma sexta amostra foi coletada próxima a cidade de Junco do Seridó (PB), também na profundidade aproximada de 10 metros.

As amostras foram submetidas a classificação granulométrica à úmido em peneiras vibratórias de 44 µm antes de serem processadas em duas linhas de beneficiamento. Na primeira foram realizados os processos de separação magnética à úmido em campo de 14000 Gauss e alvejamento químico. Na segunda linha de beneficiamento foi realizado somente o alvejamento químico. Tal processo foi feito com polpa de 20% de caulim e 80% de água destilada agitada entre 180 e 230 RPM. O hexametáfosfato de sódio ( $\text{Na}_{16}\text{P}_{14}\text{O}_{43}$ ) foi utilizado como agente dispersante nas proporções de 3 kg/t e o ditionito de sódio ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ ) como agente redutor nas proporções de 4 kg/t. A polpa foi mantida com pH entre 3 e 4 com adição de ácido sulfúrico e o processo foi realizado durante 120 minutos com retirada de alíquotas com intervalo de 30 minutos.

As frações foram estudadas através das técnicas de difratometria de raios X (D Endeavor/Brucker) com radiação  $\text{CoK}\alpha$  (40 kV/40 mA), análise química por fluorescência de raios X (Axios MAX/PANalytical), microscopia eletrônica de varredura (TM3030 Plus/Hitachi), determinação do índice de alvura ISO (ColorTouch 2/Technidyne) e análise quantitativa por ressonância paramagnética eletrônica (ESP300E/Brucker). A análise quantitativa foi realizada através da porcentagem da área absoluta entre 200 e 400 mT em relação a área absoluta entre 100 e 500 mT do respectivo espectro (Campos *et al.*, 2017).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

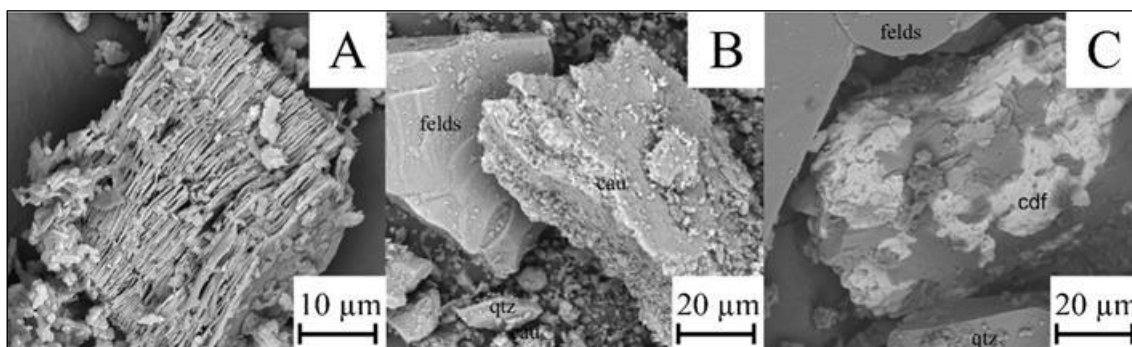
Através da difratometria de raios X das frações menores que 44 µm pode-se identificar a presença de caulinita, representada pelos picos basais em 7,23 e 3,86 Å, muscovita, pelos picos basais em 9,95 e 4,98 Å, quartzo, em 3,3 Å e feldspato, em 3,25 Å.

Os resultados das análises químicas por FRX indicaram que após a classificação granulométrica houve reduções nos teores de SiO<sub>2</sub> do intervalo de 43,8 e 73,1 para 44,2 para 46,3 %, aumento nos teores de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> do intervalo de 20,2 e 41,9 para 39,8 e 42,6 %, elevação nos teores de perda ao fogo do intervalo de 4,3 e 12,8 para 10,4 e 13,2 % e reduções nos teores de K<sub>2</sub>O, MgO e Na<sub>2</sub>O. Tais alterações indicam remoção de muscovita, quartzo e feldspato e concentração de caulinita.

**Tabela 1:** Análises químicas das amostras antes e após a classificação granulométrica em 44µm (% em peso).

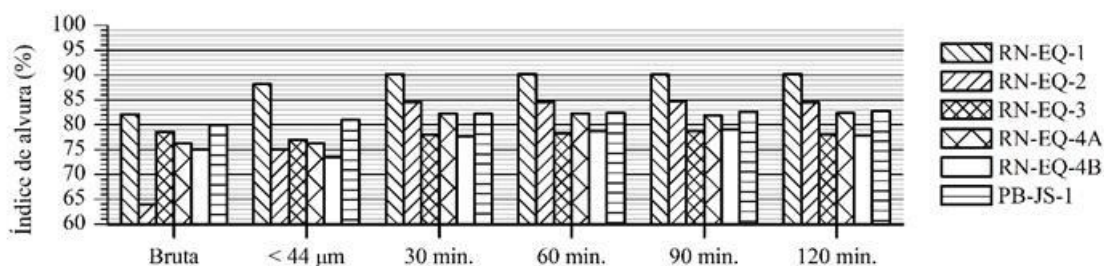
Óxidos	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	PF
RN-EQ-1 < 44 µm	45,3	42,5	0,23	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,37	11,5
RN-EQ-2 < 44 µm	46,3	41,5	0,89	0,18	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,44	10,4
RN-EQ-3 < 44 µm	45,3	39,9	1,3	0,12	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,52	12,3
RN-EQ-4A < 44 µm	45,7	39,8	1,6	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,45	12,1
RN-EQ-4B < 44 µm	44,2	41,2	0,69	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,33	13,2
PB-JS-1 < 44 µm	44,5	42,6	0,69	< 0,1	< 0,1	0,31	< 0,1	0,26	11,3
RN-EQ-1 bruta	59,1	32	0,34	0,18	0,24	0,71	< 0,1	0,34	7
RN-EQ-2 bruta	60	30,1	3,1	0,24	0,27	< 0,1	< 0,1	0,43	5,5
RN-EQ-3 bruta	70	21,6	3,4	0,13	0,22	< 0,1	0,24	0,24	4,3
RN-EQ-4A bruta	73,1	20,2	1,1	0,13	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,25	4,9
RN-EQ-4B bruta	69,7	21,7	2,9	0,17	0,2	< 0,1	< 0,1	0,33	4,6
PB-JS-1 bruta	43,8	41,9	0,59	< 0,1	< 0,1	0	< 0,1	0,24	12,8

Pode-se observar através das imagens obtidas por microscopia eletrônica de varredura que a caulinita ocorre com cristais pseudo-hexagonais euédricos disposta na forma de *booklets*, os cristais de quartzo ocorrem como euédricos e que os de feldspato ocorrem em processo de caulinitização (Figuras 1A e 1B). Verificou-se nas frações obtidas após a separação magnética que as partículas ferromagnéticas são compostas por crostas de óxido de ferro na caulinita, muscovita e quartzo, ou seja, constituem minerais secundários (Figura 1C).



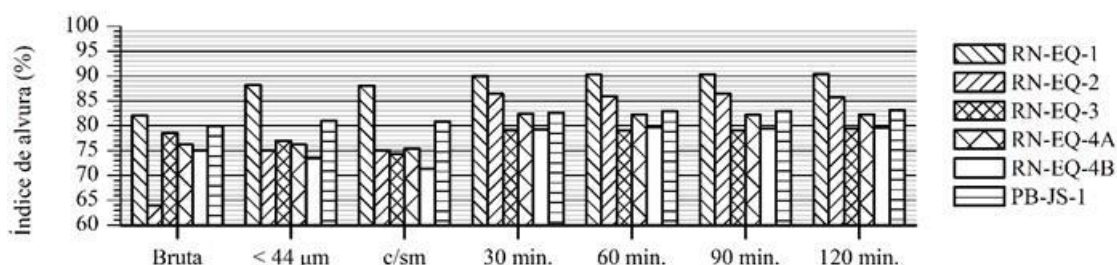
**Figura 1:** Imagens obtidas pelo MEV das amostras PB-JS-1 Menor que 44 µm, RN-EQ-3bruta e na fração magnética da fração RN-EQ-4B, respectivamente, tomadas como representativas de todas as amostras. felds – feldspato, cau – caulinita, qtz – quartzo, cdf – crosta de ferro.

Na primeira linha de beneficiamento observou-se que após a classificação granulométrica houve aumento do índice de alvura do intervalo de 64,01 e 82,07 para 73,52 e 88,15 % no índice de alvura. Após os 30 minutos iniciais de alvejamento químico verificaram-se os maiores aumentos de índice de alvura do intervalo de 73,52 e 88,15 para 77,79 para 90,18 %. De 30 a 120 minutos foi observado que o intervalo se manteve entre 78,14 e 90,21 % (Figura 2).



**Figura 2:** Evolução do índice de alvura (%ISO) das amostras durante o beneficiamento sem uso de separação magnética.

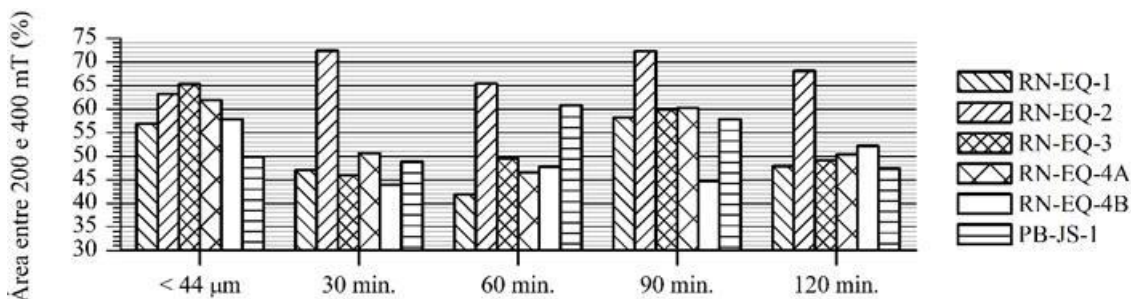
Na segunda linha de beneficiamento observou-se que após a separação magnética ocorreram pequenas alterações no índice de alvura, variando do intervalo de 73,52 e 88,15 % para 71,27 e 88,93 %. Já após os 30 minutos iniciais de alveamento químico foram observadas as maiores elevações de índice de alvura do intervalo de 71,27 e 80,09 % para 79,14 e 90,04 %. De 30 a 120 minutos foi observado que o intervalo manteve-se entre 79,01 e 90,4 % (Figura 3).



**Figura 3:** Evolução do índice de alvura das amostras durante a linha beneficiamento com uso de separação magnética.

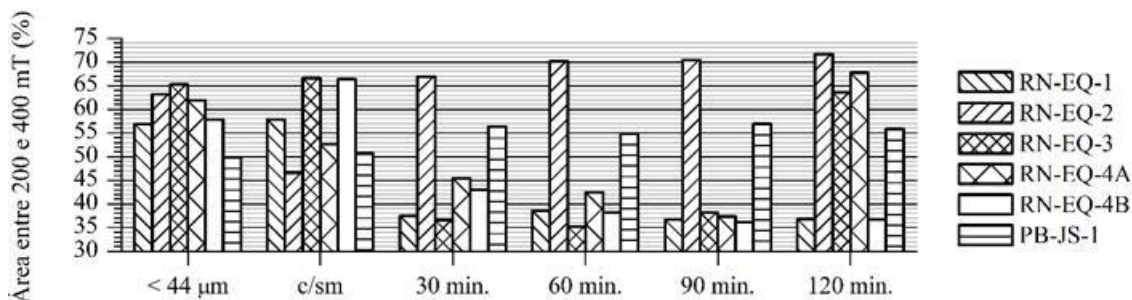
Em relação aos espectros de ressonância paramagnética eletrônica pode-se observar que o íon ferro (III) se encontra na forma interna substituindo o íon alumínio em sítios octaedrais, representado na região entre 50 e 200 mT, e na forma externa como óxidos e hidróxidos de ferro, representado pela região 200 e 400 mT.

Na análise quantitativa durante o beneficiamento sem o uso de separação magnética pode-se observar que nos 30 minutos iniciais de alveamento químico a redução de 56,87, 65,27, 61,81, 57,82 e 49,87 para 46,98, 45,92, 50,59, 43,85 e 48,84 na porcentagem de área entre 200 e 400 mT das frações RN-EQ-1, RN-EQ-3, RN-EQ-4A, RN-EQ-4B e PB-JS-1, respectivamente, com exceção da amostra RN-EQ-2, na qual se observou aumento de 63,16 para 72,34 %. Entre 60 e 120 minutos observou-se que tais valores se mantiveram entre 41,83 e 72,22 % em todas as amostras (Figura 4).



**Figura 4:** Evolução da porcentagem de área entre 200 e 400 mT das amostras durante a linha de beneficiamento sem uso de separação magnética.

Na análise quantitativa durante a linha de beneficiamento com o uso de separação magnética observou-se que após a separação magnética houveram alterações de 56,97, 63,16, 65,26, 61,81, 57,82 e 49,86 para 57,82, 46,61, 66,59, 52,57, 66,39 e 50,55 % na porcentagem de área entre 200 e 400 mT das frações RN-EQ-1, RN-EQ-2, RN-EQ-3, RN-EQ-4A, RN-EQ-4B e PB-JS-1. Após os 30 minutos iniciais de alvejamento químico, houve redução de 57,82, 66,59, 52,57 e 66,39 para 37,45, 36,60, 45,39 e 42,99 % das frações RN-EQ-1, RN-EQ-3, RN-EQ-4A, RN-EQ-4B, respectivamente, com exceção da amostra RN-EQ-2 e PB-JS-1, nas quais se observaram elevações de 46,61 e 50,66 para 66,89 e 56,33 %, respectivamente. Entre 60 e 120 minutos, os valores se mativeram entre 35,14 e 71,56 % (Figura 4).



**Figura 51:** Evolução da porcentagem de área entre 200 e 400 mT das amostras durante a linha de beneficiamento com uso de separação magnética.

Em uma análise geral, tais resultados refletem que a separação magnética, embora em algumas amostras promova reduções de porcentagem de área entre 200 e 400 micras, não promove remoção de conteúdo de óxidos e hidróxidos de ferro, o que também não resulta em ganhos consideráveis de índice de alvura. Já os 30 minutos iniciais de alvejamento, nas duas linhas de beneficiamento, foram responsáveis pelas maiores reduções de óxidos e hidróxidos de ferro, o que refletiu em ganhos consideráveis de índice de alvura. Entre 60 e 120 minutos de alvejamento observaram-se pequenas alterações no conteúdo de óxidos e hidróxidos de ferro, o que não resultou em aumentos expressivos de índice de alvura.

## 5. CONCLUSÕES

Pode-se determinar que as amostras são constituídas essencialmente por caulinita euédrica na forma de *booklets* e por muscovita, quartzo e feldspato, na forma de impurezas. Após a classificação granulométrica em 44 μm houve concentração de caulinita e remoção das impurezas. Observou-se que a fração magnética das amostras é constituída por fases secundárias na forma de crostas envolvendo os minerais essenciais.

Em uma análise geral, a separação magnética, embora seja responsável por pequenas elevações de índice de alvura em algumas amostras, não se mostrou um método eficaz, o que é corroborado pela não diminuição da porcentagem de área entre 200 e 400 mT nos espectros de ressonância paramagnética eletrônica, representativos de fases de óxidos e hidróxidos de ferro. Já após os 30 minutos iniciais de alvejamento químico com ditonito de sódio pode-se observar que ocorreram as maiores elevações do índice de alvura, o que é corroborado pela diminuição da área entre 200 e 400 m T nos espectros de RPE. Verificou-se que os valores de índice de alvura se mantiveram estáveis entre 60 e 120 minutos.

## 6. AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CETEM, ao CBPF, ao CNPq pela bolsa de Iniciação Científica.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAMPOS V. M. J. S.; BERTOLINO L. C.; ALVES O. C. Mineralogical characterization and study of the beneficiation of kaolin from Equador (RN) and Junco do Seridó (PB) aiming to increasing the whiteness index. **Revista Cerâmica**, v. 63 (3), 2017.
- MURRAY, H. H. Major kaolin processing developments. **International Journal of Mineral Processing**, v. 7 (3), p. 263-274, 1980.
- PRASAD, M. S.; REID, K. J.; MURRAY, H. H. Kaolin: processing, properties and applications. **Applied Clay Science**, v. 6 (2), p. 87-119, 1991.
- SILVA, F. A. N. G., LUZ A. B., SAMPAIO, J. A., BERTOLINO, L. C., SCORZELLI, R. B., DUTTINE, M., DA SILVA, F. T. Technological characterization of kaolin: Study of the case of the Borborema–Seridó region (Brazil). **Applied Clay Science**, v. 44(3), p. 189-193. 2009.