

# **SÉRIE ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS**

SRMI - 17

## **Beneficiamento do Sienito de Tanguá-RJ para Produção de Fertilizante Alternativo de Potássio**

**Adão Benvindo da Luz**

Eng. de Minas, D.Sc.

**Luiz Carlos Bertolino**

Geólogo, D.Sc.

**José Mario Coelho**

Eng. de Minas, D.Sc. em Economia Mineral

**Ronald Sousa Armando**

Aluno de Graduação em Geologia, UFRJ

**VERSÃO PROVISÓRIA**

# **SÉRIE ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS**

**Beneficiamento do Sienito de Tanguá-RJ para  
Produção de Fertilizante Alternativo de Potássio**

## **PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA**

**Dilma Vana Rousseff**

Presidente

**Michel Miguel Elias Temer Lulia**

Vice-Presidente

## **MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO**

**Marco Antonio Raupp**

Ministro de Estado da Ciência, Tecnologia e Inovação

**Luiz Antônio Rodrigues Elias**

Secretário-Executivo

**Arquimedes Diógenes Ciloni**

Subsecretário de Coordenação das Unidades de Pesquisa

## **CETEM – CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL**

**Fernando Antonio Freitas Lins**

Diretor

**Arnaldo Alcover Neto**

Coordenador de Análises Minerais

**Claudio Luiz Schneider**

Coordenador de Processos Minerais

**Cosme Antônio de Moraes Regly**

Coordenador de Administração

**Francisco Wilson Holanda Vidal**

Coordenador de Apoio Tecnológico à Micro e Pequena Empresa

**Marisa Bezerra de Mello Monte**

Coordenadora de Planejamento e Gestão da Inovação

**Ronaldo Luiz Correa dos Santos**

Coordenador de Processos Metalúrgicos e Ambientais

# **SÉRIE ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS**

ISSN 1518-9155

ISBN 978-85-8261-007-7

SRMI - 17

## **Beneficiamento do Sienito de Tanguá-RJ para Produção de Fertilizante Alternativo de Potássio**

**Adão Benvindo da Luz**

Eng. de Minas, D.Sc.

**Luiz Carlos Bertolino**

Geólogo, D.Sc.

**José Mario Coelho**

Eng. de Minas, D.Sc. em Economia Mineral

**Ronald Sousa Armando**

Aluno de Graduação em Geologia, UFRJ

**CETEM/MCTI**

2013

# **SÉRIE ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS**

**Silvia Cristina Alves França**

Editora

**Luiz Carlos Bertolino**

Subeditor

## **CONSELHO EDITORIAL**

Antonio Rodrigues Campos (CETEM), Francisco Wilson Holanda Vidal (CETEM), Jurgen Schnellrath (CETEM), Artur Pinto Chaves (USP), Benjamin Calvo Pérez (Universidade Politécnica De Madrid), Carlos Adolpho Magalhães Baltar (UFPE), Marsis Cabral Junior (IPT), José Mário Coelho (UFRJ) e Renato Ciminelli (Consultor).

A Série Rochas e Minerais Industriais divulga trabalhos relacionados ao setor minerometalúrgico, nas áreas de tratamento e recuperação ambiental, que tenham sido desenvolvidos, ao menos em parte, no CETEM.

O conteúdo desse trabalho é de responsabilidade exclusiva do(s) autor(es).

**Valéria Cristina de Souza**

Coordenação Editorial

**Vera Lúcia Espírito Santo Souza**

Programação Visual

**Valéria Cristina de Souza**

Editoração Eletrônica

---

Beneficiamento do Sienito de Tanguá-RJ para Produção de Fertilizante Alternativo de Potássio /

Adão Benvindo da Luz [et al.]. \_\_Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2013.

32p. (Série Rochas e Minerais Industriais, 17)

1. Sienito. 2. Fertilizante Alternativo. I. Centro de Tecnologia Mineral. II. Luz, A. Benvindo. III. Bertolino, L. Carlos IV. Coelho, J. Mario. V. Armando, R. Sousa. VI. Série.

CDD – 668.62

---

# SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
1   INTRODUÇÃO	9
2   OBJETIVOS	12
3   METODOLOGIA	13
3.1   Operações de preparação da amostra <i>Run of Mine</i>	13
3.2   Amostragem	14
3.3   Preparação das Amostras e Caracterização Química e Mineralógica	15
3.4   Ensaios de calcinação	16
3.5   Ensaios de extração	16
3.6   Análise de infravermelho	17
4   RESULTADOS E DISCUSSÕES	18
4.1   Caracterização Mineralógica	18
4.2   Ensaios de Calcinação e Extração	20
4.3   Infravermelho de Amostra Natural e Calcinada (SS 25)	23
5   CONCLUSÕES	25
6   PLANOS PARA O FUTURO	27
7   AGRADECIMENTOS	28
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29



## RESUMO

Foram desenvolvidos estudos de caracterização tecnológica e processamento de uma amostra do sienito de Tanguá-RJ, em escala de laboratório, de forma a transformá-lo em fertilizante alternativo de liberação lenta do nutriente potássio, para agricultura. Os estudos constaram de amostragem na pilha do produto (<50 mm) da planta de britagem da Mineração SARTOR, caracterizações química, mineralógica e petrográfica, ensaios de calcinação a temperaturas de 600 a 1000<sup>0</sup>C, com adição de 1 a 10% CaCl<sub>2</sub> como fundente, seguido de extração do potássio com diferentes soluções extratoras (água, solução Mehlich e ácido nítrico).

A caracterização química, mineralógica e petrográfica mostrou tratar-se da rocha classificada como sienito, com teor relativamente alto de K<sub>2</sub>O (7,1%) e constituída principalmente por feldspatos potássicos (microclina e sanidina) e calcosódicos (albita).

Os ensaios de extração a 700<sup>0</sup>C, com adição de 10% de CaCl<sub>2</sub> atingiram extrações de 10% K<sub>2</sub>O, para as soluções extratoras estudadas.

O produto obtido com a calcinação do sienito na granulometria abaixo 147 µm ( 100 mesh), usando o cloreto de cálcio como fundente, tem potencial para ser usado como fertilizante de liberação lenta de potássio, principalmente para culturas de médio e longo ciclo.

### Palavras-chave

potássio, fertilizante, sienito, liberação lenta, fertilizante alternativo



## **ABSTRACT**

Technological characterization and processing of syenite from Tanguá-RJ has been carried out aiming to obtain a product for potassium slow release fertilizer for agriculture. These studies have consisted of sampling the product (<50 mm) of the SARTOR MINING crushing plant, chemical, mineralogical and petrographic analysis, calcination tests from 600 to 1000<sup>0</sup>C temperature, addition of 1 to 10% of CaCl<sub>2</sub> as fluxing, followed by potassium extraction by using different extractor solution (water, Mehlich solution and nitric acid).

A chemical, mineralogical and petrographic analysis of the ore revealed that this is the rock classified as syenite, containing relatively high K<sub>2</sub>O grade (7.1%) and consists primarily of feldspars (microcline and sanidine) and calc-sodic plagioclase (albite).

The calcination tests at 700<sup>0</sup>C, with addition of 10% CaCl<sub>2</sub>, achieved 10% K<sub>2</sub>O extraction for all of the extractor solutions studied.

The product obtained by calcining the minus 147 µm size fraction (100 mesh) syenite by using CaCl<sub>2</sub> as fluxing, has a potential to be used as fertilizer of slow potassium release, mostly for plantations of medium and long cycle.

### **Keywords**

alternative fertilize, potassium, potassium fertilize, syenite, slow release.

## 1 | INTRODUÇÃO

Parte significativa (50%) das propriedades agrícolas, no Brasil, tem menos de 10 ha, 90% menos de 100 ha. Ademais, 60% das propriedades agropecuárias do País não utilizam nenhum tipo de fertilizante, o que do ponto de vista de conteúdo tecnológico no setor agrícola, torna-se muito difícil ser competitivo. Mais de 50% dos fertilizantes empregados na agricultura são importados, ressaltando-se que o KCl produzido no Brasil atende apenas a 10% do nosso consumo (Silva *et al.*, 2009; Luz *et al.*, 2010; Oliveira, 2012).

Com exceção do nitrogênio, todos os nutrientes necessários ao crescimento e desenvolvimento das plantas são de origem mineral. Até mesmo a agricultura orgânica ou biológica requer matérias-primas minerais que contenham principalmente P e K. Considerando, ainda, as condições de nosso clima tropical, a desagregação natural ou o intemperismo químico das rochas não se mostraram suficientes para disponibilizar os nutrientes das rochas ou minerais, para o crescimento e desenvolvimento das plantas, de forma a atender os atuais índices de produtividade atingidos pelo agronegócio do País. Dessa forma, constata-se, pela literatura, que muitos pesquisadores desenvolvem estudos em escala de laboratório, objetivando alterar as propriedades físico-químicas das rochas e minerais, principalmente potássicos, de maneira a torná-los aproveitáveis como fertilizantes alternativos para a agricultura (Luz *et al.*, 2010; Luz *et al.*, 2011- A; Luz *et al.*, 2011-B).

A fertilização do solo com rochas ou minerais alternativos, cujo componente principal é o potássio, baseia-se nos silicatos desse elemento, principalmente flogopita, muscovita,

glauconita, rochas portadoras dos feldspatóides leucita e nefelina sienito, rochas vulcânicas ultrapotássicas (fonolitos), dentre outras (Van Straaten, 2010).

A rocha fosfática da série apatita constituída pelas principais variedades – fuorapatita, hidroxiapatita e cloroapatita – constitui-se na matéria-prima mineral dos fertilizantes convencionais à base de fósforo. Para buscar as matérias-primas alternativas, vários países têm estudado as escórias siderúrgicas como insumo agrícola, com resultados promissores na sua aplicação. Esse uso deve ser precedido de estudos de caracterização tecnológica, de forma a avaliar o risco ambiental, focando, principalmente, os metais pesados. A escória siderúrgica do processo de desfosforação, conhecida também como escória de Thomas ou escória básica ou fosfato de Thomas, originada da produção de minérios de ferro ricos em fósforo é um resíduo industrial com potencial para ser estudado como fonte alternativa de fertilizante à base de fósforo (Luz *et al.*, 2010).

Van Straaten (2007) e Leonardos *et al.*, (1987) estudaram, no Brasil, a aplicação de várias matérias primas minerais moídas, em solos lateríticos ácidos, fortemente lixiviados. Esses pesquisadores argumentam que o uso de rochas ultramáficas e ultrapotássicas contendo K, Mg, Ca, P e micronutrientes propiciam maior desempenho agrícola para feijão e capim napier.

Ao usarem o banco de dados do Projeto GIS Brasil (escala de 1:1.000.000) e o Geobank (Base de Dados de Afloramentos e Base de Dados de Recursos Minerais), Matos e Melo (2010) obtiveram informações geológicas dos insumos minerais alternativos para agricultura, cujas composições químicas e

mineralógicas apresentam potencial, como matéria-prima mineral, para o processo alternativo ou complementar de remineralização dos solos.

As plantas necessitam de nutrientes minerais para sua vida e desenvolvimento. Atualmente, há uma grande demanda nos agronegócios pelo elemento potássio, um dos principais macronutrientes para a agricultura. Esse pode estar presente na estrutura cristalina de várias rochas e minerais silicatados, com potencial para ser usado como fertilizante alternativo de liberação lenta desse nutriente.

Como possível solução, o estudo de rochas ricas em feldspatos potássicos mostra que essas têm potencial para serem utilizadas como fertilizantes alternativos de potássio, desde que seja desenvolvido processo para disponibilizar o nutriente K para as plantas (Chaves, 2010). Uma dessas rochas é o sienito que é isento de quartzo e formado, basicamente, por feldspatos alcalinos e por isto apresenta elevado teor de  $K_2O$  (Sampaio *et al.*, 2008).

Estudos de caracterização tecnológica realizados com o sienito da mineração SARTOR-RJ mostraram a possibilidade de aproveitamento dessa matéria prima mineral como fertilizante de liberação lenta de K, mediante processo de calcinação e uso de um fundente para promover a quebra da estrutura dos feldspatos presentes no sienito (Armando e Luz, 2013).

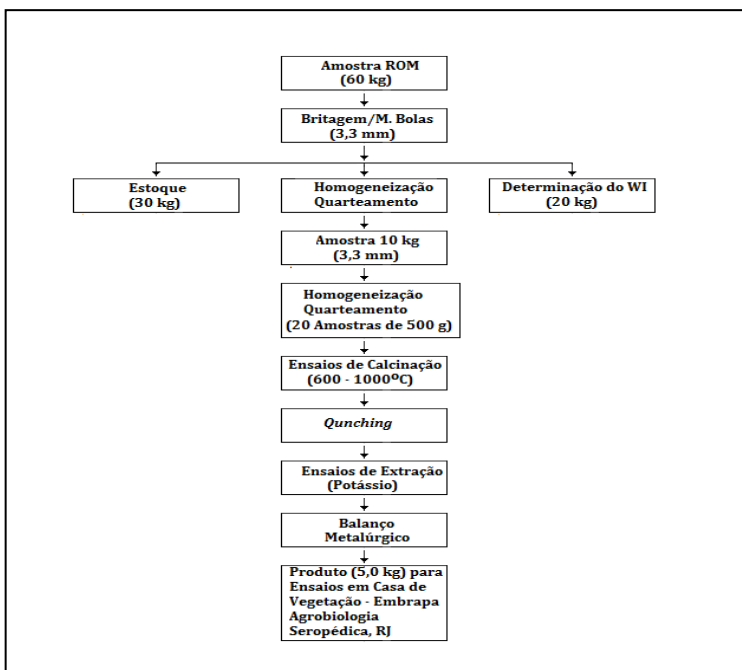
## **2 | OBJETIVO**

Realizar estudos de caracterização tecnológica e processamento de rochas e minerais silicatados de elevado teor de  $K_2O$ , do tipo nefelina sienito ou sienito, de forma a transformá-los em fertilizante alternativo de liberação lenta de potássio, para agricultura.

### 3 | METODOLOGIA

#### 3.1 | Operações de Preparação da Amostra *Run of Mine*

O estudo foi realizado em escala de laboratório e constou das etapas apresentadas no diagrama de bloco da Figura 1.



Fonte: LUZ *et al.*, (2013).

**Figura 1.** Diagrama de blocos das operações de preparação da amostra ROM (run of mine) para caracterização química/mineralógica e processamento

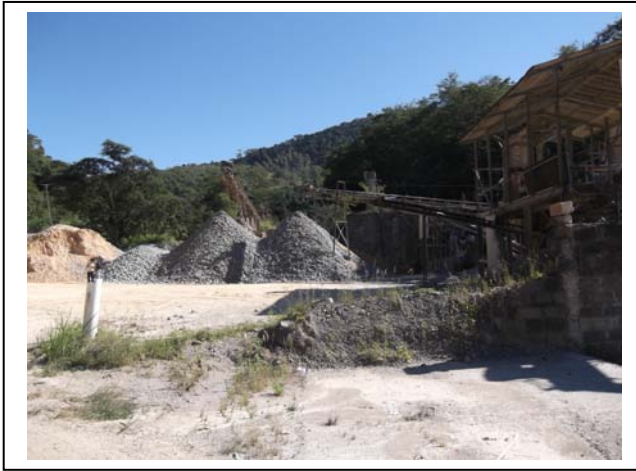
### 3.2 | Amostragem

Foram coletados fragmentos de rocha na frente de lavra (Figura 2) da Mineração SARTOR, município de Tanguá-RJ. Nas pilhas (Figura 3) do produto da britagem abaixo de 50 mm, dessa mesma mineração, foram coletados cerca de 60 kg de amostra e, a seguir, transportados para os laboratórios do CETEM, no Rio de Janeiro.



Fonte: LUZ *et al.*, (2013).

**Figura 2.** Frente de Lavra do Siento da Mineração SARTOR-Tanguá-RJ.



Fonte: LUZ *et al.*, (2013).

**Figura 3.** Pilhas da Britagem do Siento da Mineração SARTOR-Tanguá-RJ.

### **3.3 | Preparação das Amostras e Caracterização Química e Mineralógica.**

Dos fragmentos de rocha coletados foram selecionadas amostras para preparação de lâminas petrográficas. A amostra de 60 kg foi britada, moída (<3,3 mm), homogeneizada e quarteada. A seguir, foram retiradas amostras representativas e preparadas para análise mineralógica por difratometria de raios X, análise química por fluorescência de raios X (FRX), ensaios de calcinação/extração e, posteriormente, para análise de infravermelho.



### 3.4 | Ensaios de Calcinação

Amostras de 100 g (<3,3 mm) foram moídas abaixo 147  $\mu\text{m}$  (100 mesh), quarteadas e então calcinadas em mufla, por um período de 1:00 h, a diferentes temperaturas (600°C, 700°C, 800°C, 900°C e 1000°C), seguido de resfriamento à temperatura ambiente, sendo que a calcinação com cloreto de cálcio ( $\text{CaCl}_2$ ) variou de 1% a 5% (peso) em relação ao peso da amostra. Ainda, para a otimização dos resultados até então obtidos, foram realizados ensaios à temperatura de 700°C, com adição de cloreto de cálcio variando de 6% a 10% (peso).

### 3.5 | Ensaios de Extração

Para cada amostra calcinada, foram realizados ensaios de extração, em duplicata, com 5 g de amostra cada, em erlenmeyers de 250 mL, junto com 50 mL de uma das três soluções extratoras utilizadas nesse estudo: água; ácido nítrico 0,01M e solução Mehlich (mistura de ácido sulfúrico 0,0125M e ácido clorídrico 0,05M). Os erlenmeyers foram colocados em um agitador (Marconi MA-320) a 300 rpm, e submetidos a agitação por um período de 3 horas. A seguir, as amostras foram filtradas a vácuo e o filtrado foi analisado para determinação de K, pelo método de absorção atômica. A apresentação dos resultados foi feita em ppm, equivalente a mg/L.

### **3.6 | Análise de Infravermelho**

Foram feitas análises de infravermelho no Laboratório do IQ/UFRJ de duas amostras do sienito, uma natural e outra calcinada a 700°C e com 5% (peso) de  $\text{CaCl}_2$ , visando avaliar se a calcinação provoca alterações significativas na estrutura dos minerais constituintes da amostra em estudo.

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 | Caracterização Mineralógica

#### Fluorescência de Raios X (FRX)

Foram realizadas análises químicas por FRX de duas amostras (A e B) da rocha (sienito), cujos resultados estão apresentados na Tabela 1. Obteve-se um teor médio de 7,1%  $K_2O$  nas amostras analisadas, considerado um teor elevado.

**Tabela 1.** Resultados de análise química por FRX de duas amostras (*head sample*) A e B representativas do sienito amostrado.

Óxidos	% em peso (teor)	
	Amostra A	Amostra B
$Na_2O$	3,60	3,00
$MgO$	0,38	0,40
$Al_2O_3$	20,50	20,60
$SiO_2$	59,90	60,20
$P_2O_5$	0,07	0,06
$SO_3$	0,56	0,55
$K_2O$	6,90 <sup>(1)</sup>	7,30 <sup>(2)</sup>
$CaO$	1,10	0,96
$TiO_2$	0,64	0,66

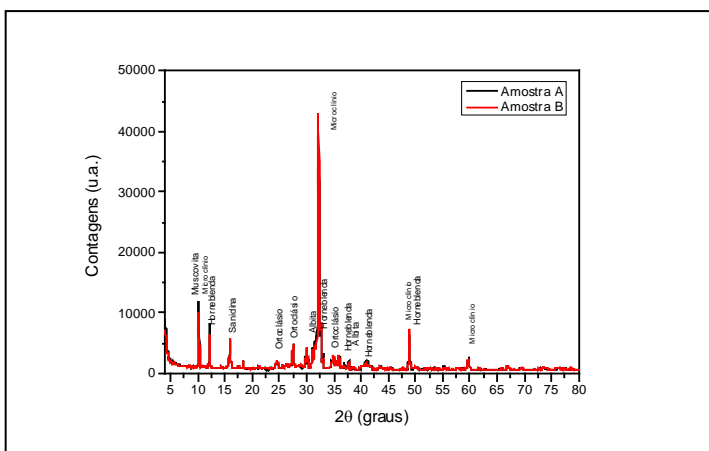
Fonte: LUZ *et al.*, (2013).

(1) 69.000 mg  $K_2O$ /kg da rocha, (2) 73.000 mg  $K_2O$ /kg da rocha.

## Difratometria de Raios X (DRX)

### Composição Mineralógica:

Os resultados dos difratogramas de raios X das amostras *head sample* (Figura 4) indicam que a rocha é constituída, principalmente, por microclínio, sanidina, albita, hornblenda e muscovita e portanto trata-se de um sienito.



Fonte: Luz *et al.*, (2013).

**Figura 4.** Difratogramas de raios X das amostras de sienito de Tanguá-RJ. Radiação Co K $\bullet$  (40 kV/40 mA).

### Lâmina Petrográfica

Foram realizadas quatro lâminas petrográficas de duas amostras do sienito, mas todas apresentavam, ao microscópio petrográfico, elevada alteração e oxidação dos minerais. Isto impediu uma análise mais detalhada dos minerais presentes na rocha, além dos já apresentados no difratograma de raios X

## 4.2 | Ensaios de Calcinação e Extração

Os resultados finais foram obtidos com a média dos dois ensaios de extração de cada amostra, e são apresentados nas Figuras 5, 6 e 7.

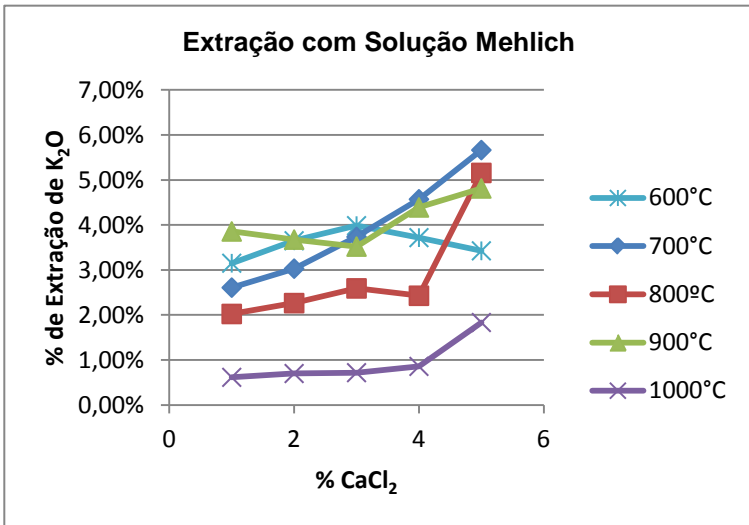
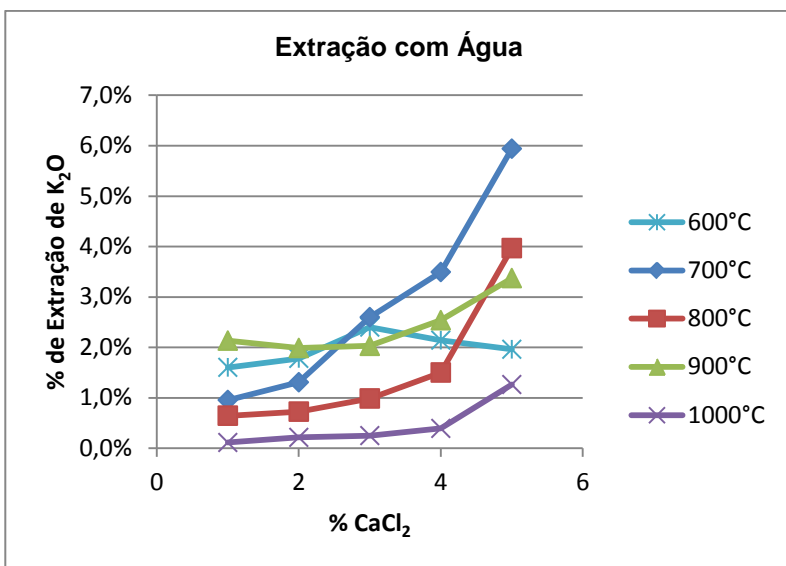


Figura 5. Resultados de extração de  $K_2O$  com Solução Mehlich.



**Figura 6.** Resultados de extração de  $K_2O$  com água.

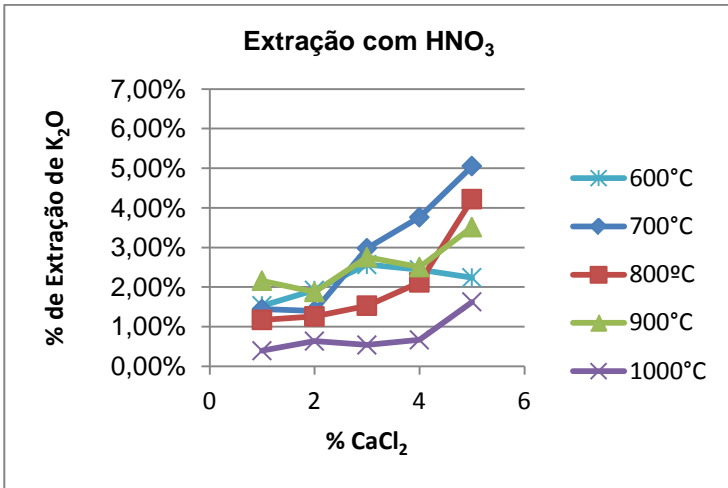
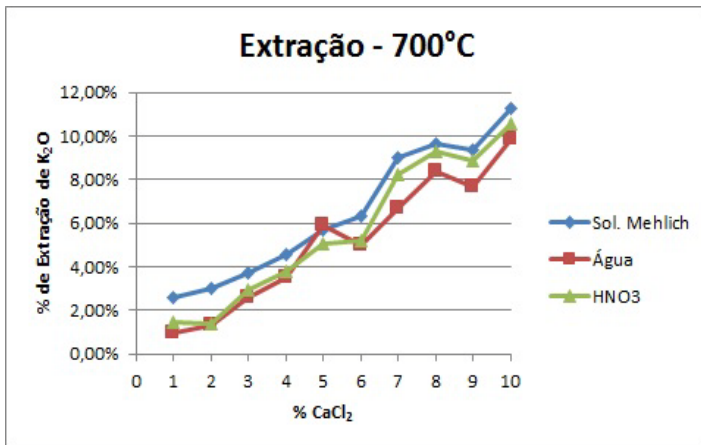


Figura 7. Resultados de extração de K<sub>2</sub>O com HNO<sub>3</sub>.



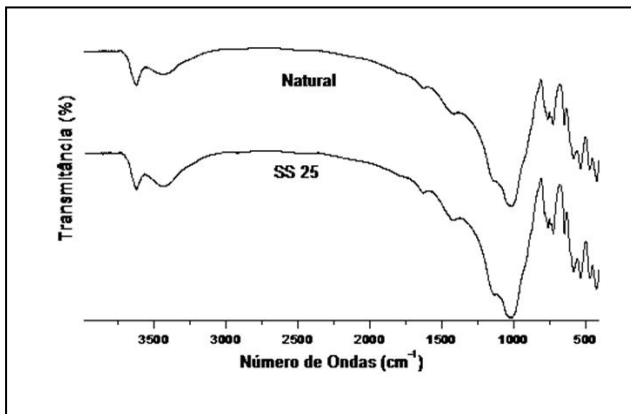
Fonte: LUZ *et al.*, (2013).

Figura 8. Resultados da extração a 700°C, com adição de CaCl<sub>2</sub> variando de 1% a 10%.

### 4.3 | Infravermelho de Amostra Natural e Calcinaada (SS 25)

Pode-se notar (Figura 9) a ocorrência de duas bandas em torno de  $3500\text{ cm}^{-1}$  que são características do estiramento da ligação O-H dos minerais constituintes das amostras. Essas bandas são observadas tanto na amostra natural, quanto na amostra SS25 (Calcinaada a  $700^\circ\text{C}$  e 5%  $\text{CaCl}_2$ ) indicando que não houve desidroxilação da amostra.

A banda em torno de  $1000\text{ cm}^{-1}$  caracteriza a estrutura do silicato que compõe a amostra e é atribuída aos modos de vibração de estiramento das ligações Si-O-Si. Percebe-se também a ocorrência de banda dos modos de deformação referente à ligação Si-O em  $468\text{ cm}^{-1}$ .



**Figura 9.** Espectros obtidos no infravermelho para amostras natural e calcinaada ( $700^\circ\text{C}$ ) com 5%  $\text{CaCl}_2$ .



Analisando os espectros, pode-se notar que ambos apresentam o mesmo perfil. Não houve alteração, deslocamento e nem mesmo formação de novas bandas. Dessa forma, pode-se afirmar que o tratamento sofrido pela amostra de partida, utilizada nesse estudo, não gerou alterações significativas na estrutura dos minerais constituintes dessa amostra.

## 5 | CONCLUSÕES

Pela composição mineralógica da rocha estudada, trata-se de um sienito. A mineralogia deste está constituída por feldspatos potássicos (microclinio e sanidina), albita (calco-sódicos: série dos plagioclásios), hornblenda e moscovita. A sua análise por fluorescência de raios X mostrou tratar-se de um material com teor relativamente alto de  $K_2O$  (7,1%), o que é importante para o objetivo do presente estudo.

Os primeiros resultados de calcinação (600 a 1000°C) com 1 a 5% de  $CaCl_2$  e extração de  $K_2O$  com as soluções extratoras estudadas (solução Mehlich, ácido nítrico e água) mostraram uma tendência geral de maior recuperação de K, com o aumento da temperatura e adição de  $CaCl_2$ , sendo de 700 a 900°C os melhores resultados obtidos de extração para todas as soluções extratoras, com o aumento da adição de  $CaCl_2$  e tempo de calcinação de uma hora. Entretanto, ao alcançar os 900°C, esses índices começaram a diminuir, atingindo seus níveis mais baixos a 1000°C.

O aumento das taxas de adição de  $CaCl_2$  também mostrou ser um indicador positivo para a extração de  $K_2O$ , exceção para os ensaios na temperatura 600°C, onde esses índices cresceram até 3% de  $CaCl_2$  e depois diminuíram. Além disso, apesar da extração de  $K_2O$  com água ter apresentado o índice mais alto, para temperatura de 700°C, acima da adição de 3%  $CaCl_2$ , esses dados não se confirmaram em ensaios posteriores, nos quais a extração com água foi inferior às outras soluções extratoras, para todas as adições de  $CaCl_2$ , onde os resultados com solução Mehlich apresentaram valores relativamente mais altos.

Os resultados otimizados para a temperatura de 700°C comprovaram essa influência do  $\text{CaCl}_2$  e mostraram o aumento contínuo de extração de  $\text{K}_2\text{O}$ , chegando a cerca de 10% para todas as soluções extratoras, no entanto para esse caso, o melhor resultado foi o da solução Mehlich, com 11,29% de  $\text{K}_2\text{O}$  obtido.

O produto obtido com a calcinação do sienito usando o cloreto de cálcio como fundente, tem potencial para ser usado como fertilizante de liberação lenta de potássio, para culturas de médio e longo ciclo.

## **6 | PLANOS PARA O FUTURO**

- a) Otimização dos ensaios de laboratório e obtenção de um produto final com cerca de 5 kg, para ensaios em casa de vegetação, no Centro de Pesquisa da Embrapa, em Seropédica-RJ ou instituição de pesquisa similar.
- b) Caso os resultados dos ensaios em casa de vegetação sejam promissores, deverá ser realizado um estudo de viabilidade econômica de um projeto conceitual, para produção de um fertilizante alternativo de potássio, a partir do sienito de Tanguá-RJ da Mineração Sartor.

## **7 | AGRADECIMENTOS**

Este projeto foi desenvolvido com recursos financeiros da FAPERJ e apoio do Departamento de Geologia da UFRJ e do Centro de Tecnologia Mineral-CETEM que disponibilizaram a sua infraestrutura laboratorial para caracterização mineralógica e realização dos ensaios de laboratório. Os autores agradecem o apoio recebido por essas instituições de pesquisa e do apoio à pesquisa-pela FAPERJ (E 26/110.257/2012). À Mineração Sartor, pelo acesso à sua unidade em Tanguá-RJ, para coleta das amostras.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARMANDO, R. S.; LUZ, A. B. (2013). Caracterização Tecnológica do Sienito da Mineração Sartor, XXI Jornada de Iniciação Científica do CETEM.
- CHAVES, A. P. (2010). Rotas Tecnológicas Convencionais e Alternativas para Produção de Fertilizantes. In: Agrominerais para o Brasil, Francisco R. C. Fernandes, Adão B. Luz e Zuleica C. Castilhos (Editores); p.45-60, CETEM/MCT, Rio de Janeiro, 2010.
- [https://sistemas.dnrm.gov.br/publicacao/mostra\\_imagem.asp?IDBancoArquivoArquivo=4004](https://sistemas.dnrm.gov.br/publicacao/mostra_imagem.asp?IDBancoArquivoArquivo=4004) (internet 15/06/2013).
- LEONARDOS O. H.; FYFE W. S and KRONBERG B. I (1987). The use of ground rocks in laterite system: an improvement to the use of conventional soluble fertilizers, /chem. Geol. 60:361-370.
- LUZ, A. B.; BERTOLINO, L. C.; COELHO, J. M.; ARMANDO, R. S. (2013). Rochas e Minerais Alternativos de Potássio para Agricultura. Relatório Científico Elaborado para a FAPERJ, Processo nº E 26/110.257/2012.
- LUZ, A. B.; BERTOLINO, L. C.; PEÇANHA, E. R. (2011-A). Processo de produção de fertilizante de potássio a partir de amazonita. Depósito de Pedido de Patente (INPI/2011).
- LUZ, A. B.; FRANÇA, S. C. A.; NOVAES, F. O. (2011-B). Processo de produção de fertilizante de potássio a partir de sienito nefelino. Depósito de Pedido de Patente (INPI/2011).
- LUZ, A. B.; LOUREIRO, F. E.; SAMPAIO, J. A.; CASTILHOS, Z. C. e BEZERRA, M. S.(2010). Rochas, Minerais e Rotas Tecnológicas para a Produção de Fertilizantes Alternativos. In: Agrominerais para o Brasil, Francisco R. C. Fernandes, Adão B. Luz e Zuleica C. Castilhos (Editores), p.61-88, CETEM/MCT, Rio de Janeiro, 2010.

MATOS, G. MELLO, I (2010). Inventário e Cartografia de Recursos Agrominerais Convencionais e Alternativos do Território Brasileiro. In: Agrominerais para o Brasil; Francisco R. C. Fernandes, Adão B. Luz e Zuleica Castilhos (Editores), CETEM/MCT, 2010.

OLIVEIRA, L. A. M. SUMÁRIO MINERAL DNPM/SE/2012.

SAMPAIO, J. A.; FRANÇA, S. C. A.; BRAGA, P. F. A. (2008). Nefelina Sienito. In: Rochas e Minerais Industriais: usos e especificações, Adão B. Luz e Fernando A. F. Lins (Editores), p. 663-680, CETEM/MCT, Rio de Janeiro, 2008.

SILVA, A. A. S.; FRANÇA, S. C. A.; RANCONI, C. M.; SAMPAIO, J. A. LUZ, A. B.; DA SILVA, D. S. (2009). Aplicação do Flogopitito como Fertilizante de Liberação Lenta de Potássio. In: XXIII Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa, Vol. 2, p. 535-541, Gramado – Rio Grande do Sul, 27/09 a 01/10 de 2009.

Van STRAATEN, P. (2007). Multi-nutrient rock fertilizers. In: Agrogeology –The use of rocks for crops, Chap. 9, p. 325-340, Department of Land Resource Science University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada, 2007.

Van STRAATEN, P. (2010). Rochas e Minerais como Fertilizantes Alternativos na Agricultura: Uma Experiência Internacional. In: Agrominerais para o Brasil; Francisco Fernandes, Adão B. Luz e Zuleica C. Castilhos (Editores), CETEM/MCT, 2010

## **SÉRIES CETEM**

As Séries Monográficas do CETEM são o principal material de divulgação da produção científica realizada no Centro. Até o final do ano de 2010, já foram publicados, eletronicamente e/ou impressos em papel, mais de 200 títulos, distribuídos entre as seis séries atualmente em circulação: Rochas e Minerais Industriais (SRMI), Tecnologia Mineral (STM), Tecnologia Ambiental (STA), Estudos e Documentos (SED), Gestão e Planejamento Ambiental (SGPA) e Inovação e Qualidade (SIQ). A Série Iniciação Científica consiste numa publicação eletrônica anual.

A lista das publicações poderá ser consultada em nossa homepage. As obras estão disponíveis em texto completo para download. Visite-nos em <http://www.cetem.gov.br/series>.

### **Últimos números da Série Rochas e Minerais Industriais**

**SRMI-16 - Alterações Causadas em Rochas Ornamentais pelo Efeito do Ácido Úrico e da Ureia Presentes na Urina.** Roberto Carlos da Conceição Ribeiro, Núria Fernández Castro, Joedy Patrícia Cruz Queiróz e Vanessa Machado Daniel, 2011.

**SRMI-15 - O Potencial dos Agrominerais Alternativos na Região Nordeste do Brasil.** Marcelo Soares Bezerra, 2010.

**SRMI-14 - Estudos de Caracterização Tecnológica e Beneficiamento do Caulim da Região Borborema - Seridó (RN).** Fernanda Arruda Nogueira Gomes da Silva, Flávio Teixeira da Silva, Adão Benvindo da Luz e João Alves Sampaio, 2008.



## **INFORMAÇÕES GERAIS**

CETEM – Centro de Tecnologia Mineral  
Avenida Pedro Calmon, 900 – Cidade Universitária  
21941-908 – Rio de Janeiro – RJ

Geral: (21) 3867-7222

Biblioteca: (21) 3865-7218 ou 3865-7233

Telefax: (21) 2260-2837

E-mail: [biblioteca@cetem.gov.br](mailto:biblioteca@cetem.gov.br)

Homepage: <http://www.cetem.gov.br>

## **NOVAS PUBLICAÇÕES**

Se você se interessar por um número maior de exemplares ou outro título de uma das nossas publicações, entre em contato com a nossa biblioteca no endereço acima.

Solicita-se permuta.

We ask for interchange.