

# ESTUDO DE OTIMIZAÇÃO DO CIRCUITO DE BENEFICIAMENTO PARA O MINÉRIO FÓSFORO URANÍFERO DE SANTA QUITÉRIA

## STUDY OF OPTIMIZATION OF PROCESS FLOWSHEET TO THE SANTA QUITERIA'S PHOSPHATE-URANIUM ORE

**Suzanne Marques Freire de Mello**

Aluno de Graduação de Engenharia Metalúrgica, 5º período, Universidade Federal do Rio de Janeiro

Período PIBITI/CETEM: fevereiro de 2017 a julho de 2018

**Elves Matiolo**

Orientador, Engenheiro de Minas, D.Sc.  
ematiolo@cetem.gov.br

**Amanda Soares de Freitas**

Co-Orientadora, Engenheira de Minas  
amandasoaresdefreitas@yahoo.com.br

### RESUMO

O circuito de processo atualmente considerado para concentração de apatita para o minério de Santa Quitéria é o desenvolvido pelo CDTN na década de 80 e consiste nas etapas de britagem, moagem, deslamagem, flotação *bulk* de calcita e apatita seguido de flotação reversa com o uso de ácidos fortes, em especial  $H_3PO_4$  e  $H_2SO_4$  como depressores de apatita. Este trabalho tem como objetivo estabelecer um fluxograma otimizado de beneficiamento incluindo as etapas britagem, deslamagem e moagem. O objetivo deste trabalho é otimizar o circuito de preparação do minério previamente a etapa de flotação avaliado por Matiolo et al (2015) considerando a classificação do minério britado em 106  $\mu m$ , seguido de moagem da fração acima deste tamanho e deslamagem da fração passante. Neste conceito, apenas a lama natural é retirada do processo e a lama gerada na etapa de moagem segue para a etapa de flotação juntamente com a fração mais grossa do minério.

**Palavras chave:** apatita, operações unitárias, moagem, deslamagem.

### ABSTRACT

The flowsheet currently considered to the apatite concentration for the Santa Quitéria's ore was developed by CDTN in the 1980s and consists in the steps of crushing, grinding, desliming, bulk flotation of calcite and apatite followed by reverse flotation with the use of strong acids, specially  $H_3PO_4$  and  $H_2SO_4$  as apatite depressants. This work aims to establish an optimized processing flowchart including the steps of crushing, desliming, and grinding. This study prove that the inversion of units fractions before the flotation process considering the removal only of the natural slime without the removal of grinding's slime results in significant gains in the mass recovery of  $P_2O_5$ .

**Keywords:** apatite, unit operations, grinding, desliming.

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo dados fornecidos pela *United States Geological Survey* - USGS no ano de 2013 países como Estados Unidos, China e Marrocos (incluindo o Saara Ocidental) foram responsáveis por cerca de 70% da produção mundial de fosfato. (DNPM, 2014). No Estado de São Paulo encontram-se outras duas minas, no Estado da Bahia duas, uma no Estado de Tocantins e finalmente outras duas no Estado do Pará (DNPM, 2015).

O circuito de processo utilizado em escala industrial para a concentração de apatita em minérios de fosfato usualmente tem como sequência de operações unitárias a britagem, moagem até obtenção de  $P_{80}$  entre 106-150  $\mu\text{m}$ , deslamagem para remoção da fração abaixo de 10  $\mu\text{m}$  seguido de flotação aniônica de apatitas. Especificamente em relação a operação unitária de deslamagem, as principais plantas de concentração realizam a retirada da lama natural (proveniente do minério ROM) e da lama gerada (produzida após a moagem secundária) em circuitos separados. A retirada da lama previamente a flotação é fundamental devido ao caráter deletério desta fração para a etapa de flotação de apatita. Matiolo et al (2015) realizaram estudos de processo focados na concentração da apatita do minério de Santa Quitéria. A etapa de preparação do minério previamente a flotação consistiu na britagem primária <3,36 mm, seguida da moagem de todo o minério ( $P_{80}$  em 106  $\mu\text{m}$ ), peneiramento cuja fração *oversize* (> 44  $\mu\text{m}$ ) foi enviada para flotação de grossos, e a fração *undersize* (<44  $\mu\text{m}$ ) foi deslamada gerando um *overflow* <10 $\mu\text{m}$  descartado em forma de lama e *underflow* (>10 $\mu\text{m}$  e <44 $\mu\text{m}$ ) de alimentação para flotação denominada "finos". Neste conceito, a lama gerada e a lama natural foram juntas e retiradas do processo em uma única operação unitária, o que levou a grandes perdas de  $\text{P}_2\text{O}_5$  (acima de 15%) na fração do minério abaixo de 10  $\mu\text{m}$ . O objetivo deste trabalho é otimizar o circuito de preparação do minério previamente a etapa de flotação avaliado por Matiolo et al (2015) considerando a classificação do minério britado em 106  $\mu\text{m}$ , seguido de moagem da fração acima deste tamanho e deslamagem da fração passante. Neste conceito, apenas a lama natural é retirada do processo e a lama gerada na etapa de moagem segue para a etapa de flotação juntamente com a fração mais grossa do minério.

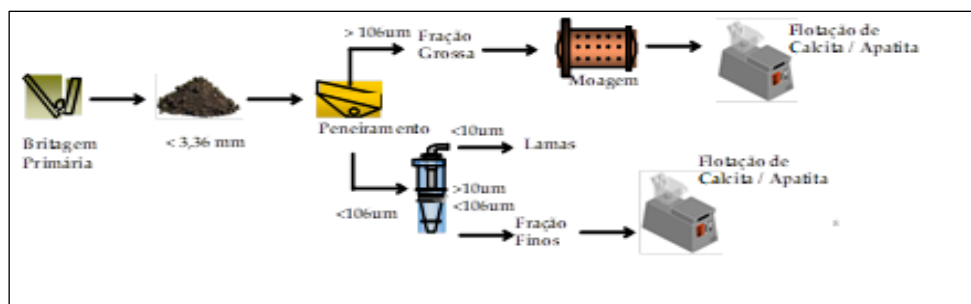
## 2. METODOLOGIA

### 2.1. Minério

Foi utilizada uma amostra de minério de aproximadamente 500 kg que foi enviada ao CETEM pela INB em tambores. A amostra foi britada em britador de mandíbulas até a obtenção de material 100% em 3,36 mm foi homogeneizada e 3 alíquotas foram retiradas para: análise química através da técnica de Fluorescência de Raios X (FRX); análise mineralógica quantitativa através da técnica de Difractometria de raios X (Refinamento de *Rietveld* (DRX) e para a análise de distribuição granulométrica.

### 2.2. Operações Unitárias: Peneiramento, Deslamagem e Moagem

Após a etapa de britagem, a preparação da amostra para os ensaios de flotação consistiu em uma etapa de peneiramento na malha de 106 $\mu\text{m}$  na qual foi obtida uma fração com tamanho entre o *top size* da amostra até >106 $\mu\text{m}$ . Essa fração após moagem em 106  $\mu\text{m}$  foi armazenada para os ensaios de flotação de calcita e apatita e denominada de fração "grossa". A fração obtida no peneiramento <106 $\mu\text{m}$  foi deslamada em hidrociclone de 40 mm e dois estágios. A fração com tamanho <106 $\mu\text{m}$  e > 10  $\mu\text{m}$  foi armazenada para os ensaios de flotação de calcita e apatita e denominada de fração "fina". A fração abaixo de 10  $\mu\text{m}$  foi descartada como rejeito do processo na forma de "lamas". A Figura 1 apresenta o fluxograma de processo aplicado para a preparação da amostra para a etapa de flotação.



**Figura 1:** Fluxograma de processo aplicado para a preparação da amostra para a etapa de flotação.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

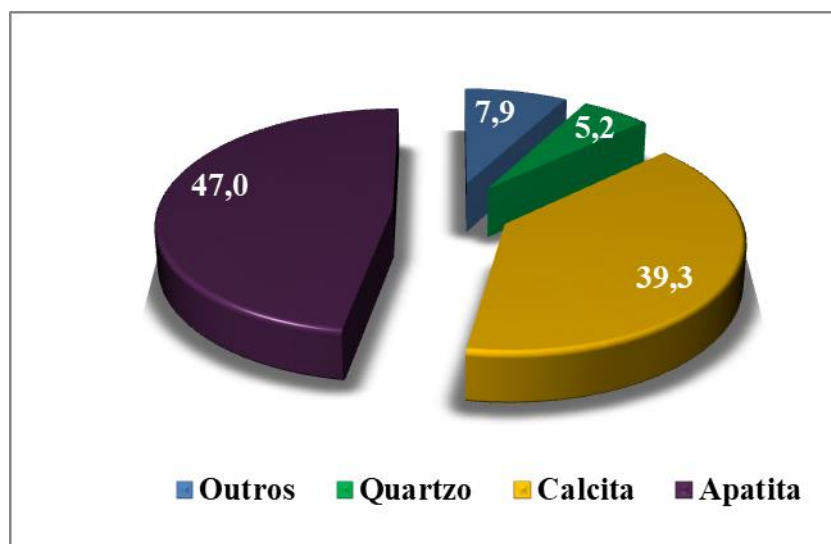
#### 3.1. Caracterização do Minério

A Tabela 1 apresenta a análise química e de perda ao fogo (PPC) da amostra global. O teor de  $P_2O_5$  analisado foi de 18%, e o teor de CaO em torno de 48%. Em relação aos principais elementos contaminantes destacam-se os teores de  $SiO_2$  de 8% e o teor de  $Al_2O_3$  de 3%.

**Tabela 1:** Análise química e de perda ao fogo (PPC) da amostra ROM do minério de Santa Quitéria.

CaO/ $P_2O_5$	MgO	$Al_2O_3$	$SiO_2$	Teor (%)				
				$P_2O_5$	CaO	$TiO_2$	$Fe_2O_3$	U
2,7	0,56	2,7	8,4	17,8	47,7	0,15	2,1	0,09

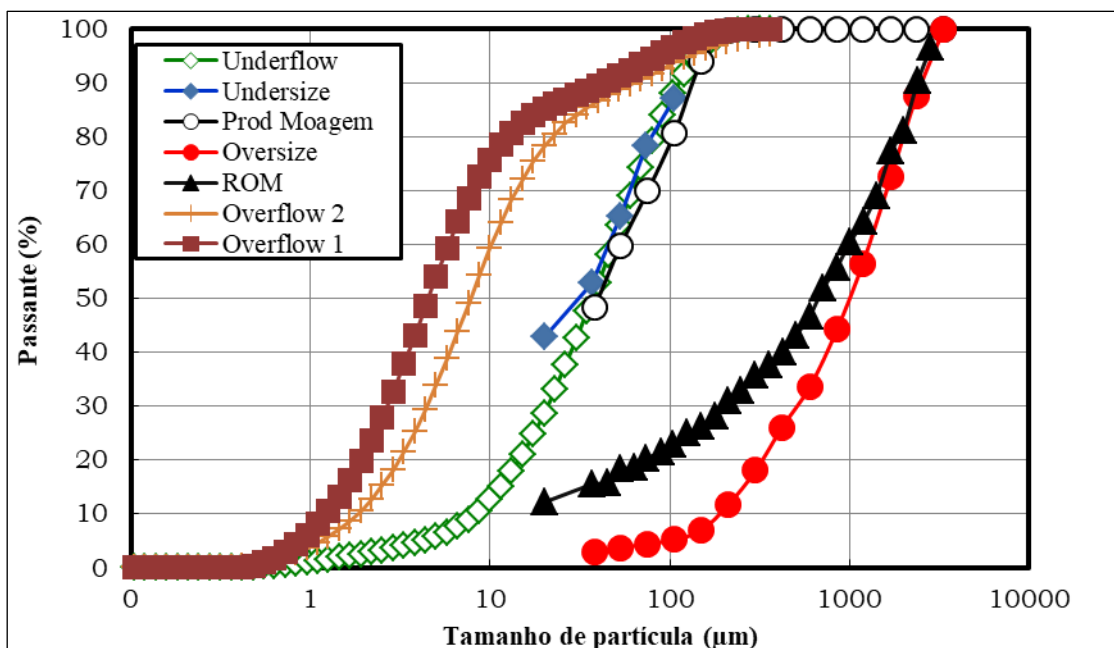
A caracterização mineralógica da amostra identificou que as principais fases minerais presentes são: Apatita- (CaF), representando 47% do total da amostra, calcita com 39% e quartzo 5%, perfazendo em torno de 91% do total da amostra. A figura 2 ilustra tais resultados.



**Figura 2:** Caracterização mineralógica da amostra ROM.

#### 3.2. Operações Unitárias: Peneiramento, Deslamagem e Moagem

A figura 3 mostra a curva de distribuição granulométrica dos produtos do peneiramento (*oversize* e *undersize*); da deslamagem (*overflow* e *underflow*) e do produto da moagem. O produto *undersize* obtido no peneiramento apresentou  $P_{80}$  em  $75\mu m$ . As frações lama, fina e grossa apresentaram  $d_{50}$  de  $8\mu m$ ,  $37\mu m$  e  $106\mu m$ , respectivamente.



**Figura 3:** Curva de distribuição granulométrica dos produtos do peneiramento, deslamagem e moagem.

A Tabela 2 apresenta o balanço de massa e metalúrgico do produto da moagem (grossos), *overflow* (lama) e *underflow* (finos). Ao redor de 7% da massa e entorno de 3,5% do  $P_2O_5$  foram perdidos na fração lama. Em relação às frações grossa e fina, a distribuição em massa foi de 77% e 16% respectivamente e a de  $P_2O_5$  foi de 15% e 82%. O teor de  $P_2O_5$  analisado para a fração fina e grossa é de 16% e 14% respectivamente.

**Tabela 2:** Balanço de massa e de  $P_2O_5$  da etapa de preparação do minério.

Fluxo	Recuperação (%)			Teor (%)	
	Massa	$P_2O_5$	$P_2O_5$	$SiO_2$	$Al_2O_3$
Lamas	6,6	3,5	9,3	28,3	12,2
Finos	16,5	14,5	15,7	10,1	4,2
Grossos	76,9	82,0	19,0	10,3	1,7

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos por Matiolo et al., (2015). É possível observar que ao redor de 18% da massa em torno de 16% de  $P_2O_5$  foram perdidos na fração lama. O teor de  $P_2O_5$  analisado na fração lama foi bastante elevado (14%) o que explica a grande perda de apatita observada nesta fração. Em relação às frações grossa e fina, a participação em massa foi de 46% e 35% respectivamente e a distribuição do  $P_2O_5$  foi de 35% e 48%. O teor de  $P_2O_5$  analisado para a fração fina e grossa é praticamente o mesmo, ficando entre 16-17%.

**Tabela 3:** Balanço de massa e de  $P_2O_5$  obtidos no estudo de Matiolo et. al.

Fluxo	Recuperação (%)			Teor (%)	
	Massa	$P_2O_5$	$P_2O_5$	$SiO_2$	$Al_2O_3$
Lamas	18,2	16,4	14,7	10,5	4,0
Finos	35,4	34,7	16,0	8,0	2,8
Grossos	46,4	48,9	17,2	6,1	1,3

#### 4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho mostram que a alteração no circuito de preparação previamente a flotação do minério de Santa Quitéria considerando apenas a retirada da lama natural sem a retirada da lama gerada após a etapa de moagem leva a ganhos significativos na recuperação de massa de  $P_2O_5$ . Esse conceito pode ser levado em consideração para futuros estudos de processo em escala piloto com amostras de minério do depósito de Santa Quitéria.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, primeiramente. Agradeço ao CNPq pela bolsa de iniciação científica; ao CETEM/MCTIC pelo suporte financeiro e infraestrutura; às Indústrias Nucleares do Brasil (INB) e à Yara-Galvani pela doação da amostra e pela permissão para publicação deste trabalho; a toda equipe da COAM pelo suporte, e aos meus orientadores pelo ensino tornando possível a execução deste.

#### 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AQUINO, J.A.; FURTADO, J.R.V. Flotação Reversa Aplicada ao Minério Fósforo-uranífero de Itaitaia- CE. In: ENCONTRO NACIONAL DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS, 1985, Natal - RN. **Proceedings do XI Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa**. Brasil: Natal, 1985.

FONSECA, S.D. Fosfato. In: Sumário Mineral. DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). Brasília, Brasil. 2014, v.34 p.76,77.

FONSECA, S.D. Fosfato. In: Sumário Mineral. DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). Brasília, Brasil. 2015, v.35 p.70,71.

MATIOLO E., GONZAGA L.M., GUEDES A.L. Flotação reversa com o uso de gás carbônico aplicada ao minério fósforo-uranífero de Santa Quitéria. In: ENCONTRO NACIONAL DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS, 2015, Poços de Caldas. **Proceedings do XXVI Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa**. Brasil: Poços de Caldas, 2015.