



**CETEM**

**Série Rochas e Minerais Industriais**

# **Beneficiamento de Diatomita da Bahia**

**Sílvia Cristina Alves França  
Adão Benvindo da Luz**

## **Presidência da República**

FERNANDO HENRIQUE CARDOSO

MARCO ANTÔNIO MACIEL

Vice-presidente

## **Ministério da Ciência e Tecnologia**

RONALDO MOTA SARDENBERG

CARLOS AMÉRICO PACHECO

Secretário Executivo

JOÃO E. STEINER

Secretário de Coordenação das Unidades de Pesquisa

## **CETEM - Centro de Tecnologia Mineral**

GILDO DE ARAÚJO SÁ CAVALCANTI DE ALBUQUERQUE

Diretor

FERNANDO A. FREITAS LINS

Coordenação de Inovação Tecnológica (CTEC)

ROBERTO C. VILLAS-BÔAS

Coordenação de Desenvolvimento Sustentável (CODS)

CARLOS CÉSAR PEITER

Coordenação de Apoio a Pequenas e Médias Empresas (CPME)

AUGUSTO WAGNER PADILHA MARTINS

Coordenação de Planejamento e Gestão Operacional (CPGO)

ARNALDO ALCOVER NETO

Coordenação de Análises Mineraias (COAM)

COSME ANTÔNIO MORAES REGLY

Coordenação de Administração (COAD)

**SÉRIE ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS**

ISSN - 1518-9155

## **Beneficiamento de Diatomita da Bahia**

**SÍLVIA CRISTINA ALVES FRANÇA**

Eng. Química - UFS, Mestre e Doutora em Engenharia Química (COPPE/UFRJ).  
Tecnologista Plena do CETEM/MCT. Tem atuado ultimamente na área de minerais industriais.

**ADÃO BENVINDO DA LUZ**

Eng. de Minas - UFPE, Mestre e Doutor em Engenharia Mineral - USP, Pesquisador Titular do CETEM/MCT.  
Tem atuado ultimamente na área de minerais industriais.

CETEM / MCT  
2002

# SÉRIE ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS

ADÃO BENVINDO DA LUZ

**Editor**

GILDO DE ARAÚJO SÁ CAVALCANTI DE ALBUQUERQUE

**Subeditor**

## CONSELHO EDITORIAL

Adriano Caranassios, Antônio Rodrigues de Campos, Francisco Wilson Hollanda Vidal, Jurgen Schnellrath, Arthur Pinto Chaves (USP), Carlos Adolpho Magalhães Baltar (UFPE), Gladstone Motta Bustamante (Consultor), Hélio Antunes Carvalho de Azevedo (CBPM), José Carlos da Rocha (INT), Marsis Cabral Júnior (IPT), Pêrsio Souza Santos (USP), Renato Ciminelli (Consultor)

---

A Série Rochas e Minerais Industriais publica trabalhos que busquem divulgar tecnologias de aproveitamento e agregação de valor a rochas e minerais industriais

---

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

Jackson de Figueiredo Neto **COORDENAÇÃO EDITORIAL**  
Vera Lúcia do E. S. Souza **EDITORAÇÃO ELETRÔNICA E CAPA**

França, Sílvia Cristina Alves

Beneficiamento de Diatomita da Bahia/Sílvia Cristina Alves França e Adão Benvindo da Luz . Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2002.

50 p. (Série Rochas e Minerais Industriais, 7)

1. Beneficiamento de minérios 2. Diatomita. I. Centro de Tecnologia Mineral. II. Título. III. Série. IV. Luz, Adão Benvindo da

ISBN 85-7227-174-0

ISSN 1518-9155

CDD 622.7

# Sumário

---

<b>Resumo</b> .....	<b>7</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>9</b>
<b>1. Introdução</b> .....	<b>11</b>
<b>2. Objetivo</b> .....	<b>13</b>
<b>3. A Diatomita no Brasil</b> .....	<b>14</b>
3.1 A Diatomita de Mucugê: Mina Ponte.....	15
3.2 Calcinação em Vitória da Conquista .....	19
<b>4. Beneficiamento da Diatomita de Mucugê</b>	
- <b>Processo CETEM</b> .....	<b>20</b>
4.1 Amostragem .....	20
4.2 Processo de Desagregação e Remoção de Argila .....	21
4.3 Operação em Batelada de Retirada da Argila .....	22
4.4 Ensaios em Escala Piloto para Remoção de Argila .....	24
4.5 Processo de Secagem da Diatomita Lavada .....	26
<b>5. Processo de Calcinação da Diatomita</b> .....	<b>31</b>
5.1 Ensaios de Calcinação em Mufla .....	31
5.2 Ensaios de Calcinação em Forno Rotativo Piloto .....	33
<b>6. Conclusões e Sugestões</b> .....	<b>45</b>
<b>Agradecimentos</b> .....	<b>48</b>
<b>Bibliografia</b> .....	<b>49</b>



# Resumo

---

No projeto Beneficiamento da Diatomita da Bahia foi estudado, em escala de bancada e piloto, a melhoria de desempenho do processo de beneficiamento da diatomita, atualmente industrializada pela CIEMIL (Comércio, Indústria e Exportação de Minérios Ltda). Foi desenvolvido pelo CETEM, NATRONTEC e parceria da CIEMIL, e financiado pelo PADCT/FINEP/FAPERJ.

A CIEMIL está localizada no Distrito Industrial de Vitória da Conquista - BA e vem lavrando, beneficiando e comercializando diatomita desde 1971.

Para realização do presente estudo, foi feita uma amostragem de 2,5 m<sup>3</sup> de diatomita "*in natura*", na frente de lavra da Mina Ponte, município de Mucugê-BA e enviados para o CETEM, no Rio de Janeiro, onde foi desenvolvida toda parte experimental.

Os estudos de caracterização mineralógica foram feitos por meio de difração de raio-X e microscopia eletrônica de varredura - MEV. Nestes, foi verificada a presença de sílica de diatomita, sílica de quartzo e caulinita. Foi também observada a predominância de carapaças das algas diatomáceas de formato navicular, das classes *Frustulia* e *Anemoeneis*.

Na composição química da diatomita foram determinados os teores das sílicas (SiO<sub>2</sub>) amorfa, de quartzo e de caulinita, bem como de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (provavelmente limonita) e Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (provavelmente caulinita), contidos na fração argila.

Visando a remoção da fração argila contida na diatomita, foram inicialmente

realizados ensaios de sedimentação em proveta, seguidos de calcinação em mufla. Na etapa de sedimentação foram estudados, em caráter exploratório, os parâmetros de percentagem de sólidos da alimentação e tempo de sedimentação. O sedimentado foi filtrado e seco em estufa (105 °C) e submetido a ensaios de calcinação em mufla, durante os quais foram estudados também, em caráter exploratório, temperatura de calcinação, tempo de residência e adição de fluxante ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ). Com base nos resultados de bancada foi concebido e estudado o fluxograma de processo que constou de: desagregação, peneiramento, sedimentação em hidroclassificador, filtragem, secagem e calcinação.

Os produtos obtidos foram avaliados por ensaios tecnológicos e as suas propriedades comparadas com as de produtos industriais de uso corrente no mercado, mostrando que novas condições operacionais podem ser implementadas pela CIEMIL, visando melhorar o desempenho do processo de beneficiamento de diatomita, atualmente empregado em sua unidade industrial, em Vitória da Conquista.

O estudo de viabilidade técnica-econômica realizado pela NATRONTEC apresentou uma taxa interna de retorno de 24,5%) no empreendimento mineiro, para a alternativa de fazer a secagem da diatomita em Vitória da Conquista, usando os gases quentes emanados do calcinador. Essa taxa interna de retorno-TIR é superior aos valores médios praticados para projetos mineiros. Esse parâmetro econômico significou uma avaliação positiva para esse empreendimento.



# Abstract

---

We studied the processing of a diatomite from Bahia State, Brazil, at bench and pilot scales for the improvement of its efficiency, which is currently conducted by CIEMIL (Comércio, Indústria e Exportação de Minérios Ltda). The project was developed by CETEM, NATRONTEC with the participation of CIEMIL, and financed by PADCT/FINEP/FAPERJ.

CIEMIL is localized in the Industrial District of Vitória da Conquista - BA, which has been mining, processing and commercializing diatomite since 1971.

For the accomplishment of this study, 2.5 m<sup>3</sup> of diatomite "*in natura*", was sampled at the mining front of Mina Ponte, municipality of Mucuge-BA. The sample were sent to CETEM, in Rio de Janeiro, where all the experimental procedures were developed.

The mineral characterization studies were conducted through X-ray and scanning electron microscopy. In these studies it was verified the presence of silicon of diatomite, silicon of quartz and kaolinite. It was also observed the predominance of a coating of diatomite algae with a navicular shape of the classes Frustulia and Anemoeneis.

The chemical composition of the diatomite consists of amorphous silica (SiO<sub>2</sub>), quartz and kaolinite, as well as Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (probably limonite) and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (probably kaolinite), in the clay fraction.

With the aim to remove the clay fraction of the diatomite, sedimentation

tests were initially conducted followed by calcination. In the sedimentation step, we studied the parameters of solid feed percentage and sedimentation time. The material settled was filtered and dried in a stove (105 °C) and submitted to tests of calcination. During these tests, we also studied the effect of temperature of calcination, the residence time and addition of the flux ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ). Based on the results of the bench scale tests we conceived the flowsheet of the process which consisted of: desegregation, screening, sedimentation in a hydro-classifier, filtering, drying and calcination.

The obtained product were evaluated by technological tests and their properties compared with those of industrial products now available at the market showing that new operational conditions can be implemented by CIEMIL, with the goal to improve the efficiency of the processing of the diatomite, currently used in its industrial unit, in Vitória da Conquista.

The technical-economical feasibility study carried out by NATRONTEC presented an internal rate of return of 24.5% to the mining enterprise, for the alternative to conduct the drying of the diatomite in Vitória da Conquista, utilizing the hot gases delivered from the calcinator. This internal rate of return is superior to the average values practiced for mining projects. This parameter signified a positive evaluation for this enterprise.

# 1. Introdução

A diatomita é uma matéria prima mineral de origem sedimentar, constituída a partir do acúmulo de carapaças de algas diatomáceas que foram se fossilizando, desde o período pré-cambriano, pelo depósito de sílica sobre a sua estrutura. A fixação desta sílica pelas algas diatomáceas está relacionada com o ciclo geoquímico de decomposição das argilas, servindo como parte do material de estrutura para estas algas (Breese, 1994).

A diatomita apresenta-se como um material leve, poroso, de estrutura alveolar, que ocorre em terrenos de origem sedimentar, especialmente em zonas de formação lacustre ou marinha. A diatomita apresenta-se disposta em camadas delgadas ou espessas, intercaladas por lentes de argilas, em ambientes aquosos fechados e tem, geralmente, como impurezas matéria orgânica, quartzo, carbonatos de cálcio, magnésio, caulinita, óxidos de ferro, entre outros. Embora ocorra em diversas partes do planeta, não há indícios de depósitos que contenham esse material com alto grau de pureza.

Algumas das propriedades físicas da diatomita que agregam valor comercial ao produto podem ser exemplificadas, tais como baixa densidade aparente, alta porosidade e área superficial, especiais para o mercado da filtração (Breese, 1994).

Outras propriedades não menos importantes também podem ser citadas, como a alta abrasividade, alta capacidade de absorção, inércia química, habilidade isolante e alvura, que também são requeridas em diversas aplicações industriais.

A produção de diatomita consiste de três etapas distintas: lavra, beneficiamento e calcinação. O processo atual de beneficiamento empregado pela CIEMIL-Comércio Indústria e Exportação de Minérios Ltda., para a diatomita de Mucugê-BA, consta de remoção da matéria orgânica por peneiramento, da argila por sedimentação e secagem ao sol; todas essas etapas são realizadas na própria mina.

A etapa de calcinação é realizada no distrito industrial de Vitória da Conquista-BA que, além da diatomita beneficiada de Mucugê, calcina também outras diatomitas provenientes do Rio Grande do Norte e do próprio município de Vitória da Conquista.

A partir de visitas técnicas prévias realizadas à unidade de beneficiamento da diatomita de Mucugê, por engenheiros do CETEM e NATRONTEC, constatou-se que o processo empregado pela CIEMIL, necessitava de melhorias, principalmente na etapa de remoção de argilas, onde as técnicas empregadas são bastante rudimentares. Além do mais, a secagem depende muito das condições climáticas, impedindo a empresa de manter uma escala de produção uniforme na lavra.

Constatou-se também que a etapa de calcinação realizada pela CIEMIL em sua unidade industrial, em Vitória da Conquista, requer maior controle das variáveis de processo. Durante a calcinação ocorre a fusão/aglomeração das partículas mais finas de diatomita, com redução da área superficial; ao mesmo tempo tem-se a fusão de impurezas, principalmente os óxidos de ferro, formando uma escória que deverá ser removida na etapa de classificação pneumática do produto calcinado. Esse processo deverá ocorrer sob condições de temperatura e tempo de residência controlados (Walker, 1978), para que sejam obtidos produtos com as propriedades requeridas para cada uso industrial.

## 2. OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo: i) desenvolver um processo de beneficiamento de diatomita mais eficiente e adequado às condições climáticas de Mucugê, em substituição ao atualmente empregado pela CIEMIL; ii) melhorar o desempenho do processo de calcinação de diatomita da unidade industrial da CIEMIL, em Vitória da Conquista, visando a obtenção de produtos que atendam às especificações para uso em filtrações industriais (de refrigerantes, cervejas, sucos, produção de açúcar, etc.) e indústrias de tintas, que sejam mais competitivos no mercado consumidor.

### 3. A Diatomita no Brasil

No Brasil, os depósitos de diatomita ocorrem em terrenos de formação lacustre e são encontrados em profundidades médias de 2 m. Esses depósitos datam da era cenozóica, a partir do período terciário (Souza, 1973), e encontram-se nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Bahia, Rio de Janeiro, Minas Gerais, São Paulo e Santa Catarina.

Os depósitos do estado da Bahia estão todos localizados no interior do estado, principalmente nos municípios de Vitória da Conquista, Mucugê, Ibicoara e Morro do Chapéu, como pode ser visualizado no mapa da Figura 1. A diatomita da região de Vitória da Conquista é muito densa e contém mais impurezas, do tipo quartzo e material orgânico; já em Ibicoara e Morro do Chapéu, a diatomita apresenta-se mais leve e branca, sendo então empregada para fins industriais mais nobres.



**Figura 1 - Mapa de localização de depósitos de diatomita na Bahia: (1) Mucugê, (2) Ibicoara, (3) Morro do Chapéu e (4) Vitória da Conquista**

### 3.1 A Diatomita de Mucugê: Mina Ponte

A Fazenda Ponte, de propriedade da CIEMIL e onde está localizada a mina de diatomita, situa-se no município de Mucugê, a 48 Km da sua sede. A diatomita dessa região ocorre em áreas alagadiças, às margens de pequenos afluentes do rio Paraguassu. A região apresenta como uma das suas principais características a abundância de chuvas e temperatura média anual de 19°C. A Mina Ponte está em lavra há dezessete anos; é tipicamente uma mina de superfície e antes de iniciar a lavra torna-se necessário o abaixamento do lençol freático. Em janeiro de 2000 - período de amostragem da diatomita, a área em lavra apresentava as dimensões de 25 m de largura, 20 m de comprimento e profundidade de cerca de 2 m. A nova área da mina, já em atividade, apresenta as

dimensões de 300 m de comprimento, 100 m de largura e profundidade de 2,0 m e está sendo lavrada desde abril de 2000.

A frente de lavra mostra a diatomita em camadas intercaladas de cores diferentes, escuras e mais claras, como pode ser observado na Figura 2. Nas camadas mais escuras, a diatomita ocorre com uma certa quantidade de argila e material orgânico (raízes e outros restos vegetais) responsável por esta coloração; as camadas mais claras são constituídas basicamente de diatomita; algumas vezes podem ocorrer algumas lentes de areia entre as camadas de diatomita.



**Figura 2 - Vista da frente de lavra da mina de diatomita - Mina Ponte**

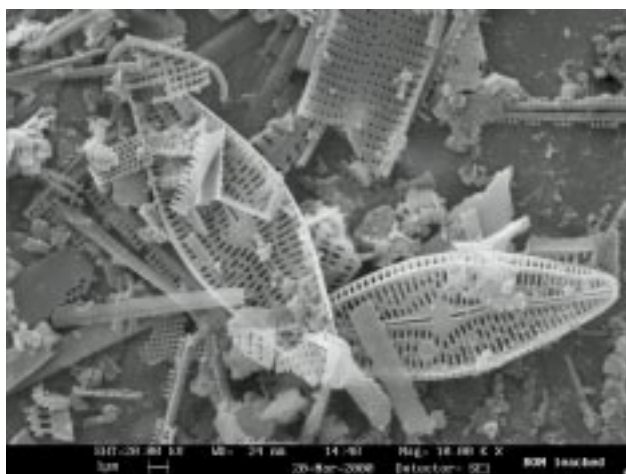
A diatomita da Mina Ponte é rica em matéria orgânica e tem uma quantidade apreciável de argila. A composição química é mostrada na Tabela 1.



**Tabela 1 - Composição química em base seca da diatomita bruta da Mina Ponte**

Compostos	(%)
SiO <sub>2</sub> total	88,2
SiO <sub>2</sub> amorfa	70,5
SiO <sub>2</sub> quartzo	7,0
SiO <sub>2</sub> caulinita	10,7
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,0
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,5
Perda ao fogo	2,2

As carapaças de diatomáceas que predominam na diatomita da Mina Ponte são de formato navicular e bastonetes e apresentam poros circulares e elípticos, típicos da família das *Naviculaceae* (Horn Filho, 1980). A Figura 3 mostra algumas carapaças da diatomita "*in natura*", fotografadas em microscópio eletrônico de varredura - MEV.

**Figura 3 - Carapaças de diatomita in natura da Mina Ponte - formato navicular**

Para a obtenção de produtos com qualidade e especificações comerciais, as impurezas presentes na diatomita devem ser removidas, pois afetam a qualidade do produto final. Os óxidos de ferro e alumínio, por exemplo, que representam a fração argila existente na diatomita, afetam as suas propriedades filtrantes, proporcionando queda da qualidade do produto final para filtração. A remoção dessas argilas deve ser feita por meio dos processos de sedimentação, calcinação e classificação, que foram estudados neste projeto.

O processo de produção de diatomita empregado pela CIEMIL consta de lavra da diatomita, remoção da argila e secagem ao sol, realizadas na Mina Ponte, e calcinação e classificação pneumática realizadas no Distrito Industrial de Vitória da Conquista.

## Lavra e Beneficiamento

A preparação da frente de lavra se inicia com a retirada da vegetação e da matéria orgânica, presente na superfície da mina. Esse material é colocado em um bota-fora e preservado para futura reabilitação da área minerada. A diatomita é lavrada de forma manual, com o auxílio de pás e colocada com água em tanques agitados (*blunger*) para formação de uma polpa. A seguir, esta é bombeada para tanques (madeira) de decantação, onde se separam a argila da diatomita.

Essa separação ocorre em batelada e o tempo de permanência da polpa nas caixas de decantação é variável (24 a 72 horas), de acordo com as condições climáticas. Decorrido esse período, o sobrenadante das caixas de sedimentação, rico em argilas e matéria orgânica, é extravasado por gravidade, retornando para as áreas já mineradas. O decantado é constituído principalmente de diatomita. Esta é retirada manualmente com o auxílio de pás, colocada na carroceria de um trator e transportada para o pátio onde é espalhada para secagem ao sol. Ao atingir a umidade entre 10 e 20% é transportada de caminhão (280 km) para a usina de calcinação em Vitória da Conquista. Como esse processo de secagem ao sol depende muito das condições climáticas, fica muito difícil manter uma escala de produção na etapa de remoção da argila e secagem.

## 3.2 Calcinação em Vitória da Conquista

A usina da CIEMIL está localizada no distrito industrial de Vitória da Conquista, sudoeste da Bahia. A diatomita, produto final da CIEMIL, é utilizada no mercado principalmente em processos de filtração de bebidas e fabricação de tintas.

A diatomita, com umidade entre 10 e 20%, é misturada com a barrilha ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) a uma concentração de 2% em peso. Este é um fundente e tem a função de auxiliar na aglomeração das partículas de diatomita, bem como na escorificação das impurezas; em seguida a mistura é alimentada ao forno de calcinação. A temperatura de calcinação varia de acordo com o teor de material orgânico na diatomita. No caso de diatomitas com teores elevados de material orgânico, tem-se uma maior quantidade de gases de combustão, fazendo com que a temperatura no interior do forno aumente, prejudicando o processo de calcinação. Por isto tem-se um temperatura de calcinação variável (800 a 1.000°C) no forno.

A diatomita calcinada, proveniente do forno, passa por um resfriador cilíndrico, cai em um ventilador para ser desagregada e segue para a etapa de classificação pneumática. Os produtos obtidos são submetidos a ensaios específicos, dependendo do tipo de utilização a que se destinam.

## 4. Beneficiamento da Diatomita de Mucugê - Processo CETEM

A partir do processo de beneficiamento de diatomita apresentado no item anterior, foi desenvolvido um processo de beneficiamento em escala piloto, com propostas de modificações e implementações que trarão melhorias à eficiência de todo o processo de beneficiamento de diatomita atualmente empregado pela CIEMIL. O processo mostrado a seguir será discutido por etapas, partindo da desagregação da diatomita "*in natura*" lavrada pela CIEMIL, sedimentação para remoção de argila, secagem e calcinação da diatomita.

A análise da qualidade dos produtos foi feita seguindo algum dos métodos utilizados pela CIEMIL ou propostos por este trabalho. Cabe ressaltar que, no processo de beneficiamento estudado no CETEM, não houve a possibilidade de se fazer a classificação pneumática dos produtos, devido à pequena quantidade de diatomita calcinada produzida.

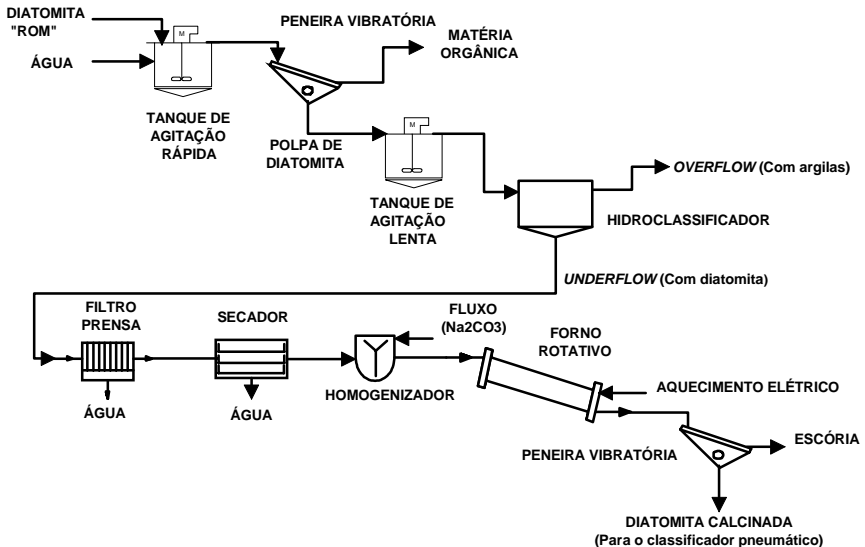
### 4.1 Amostragem

Para a realização do presente trabalho foi coletada, na frente de lavra da Mina Ponte, uma amostra de 2,5 toneladas de diatomita. A amostragem foi realizada por técnicos da CIEMIL, seguindo orientação dos pesquisadores do CETEM. A amostra foi coletada no corte vertical da frente de lavra, tomando a amostra em canais com o auxílio de pás manuais, atravessando toda a camada mineralizada em diatomita. As amostras foram acondicionadas em tambor, de forma a preservar as suas características naturais; a seguir foram enviadas para o CETEM, no Rio de Janeiro.

No CETEM, a preparação da amostra para a realização dos ensaios em escala de bancada e piloto foi realizada a partir da retirada de uma amostra representativa de diatomita de cada tambor, utilizando um trado. Os testemunhos retirados de cada tambor foram desagregados manualmente para preparação da pilha de homogeneização. Parte da pilha foi quarteada em amostras de 2 Kg, as quais foram acondicionadas em sacos plásticos; o restante do material da pilha foi acondicionado em tambores.

## 4.2 Processo de Desagregação e Remoção de Argila

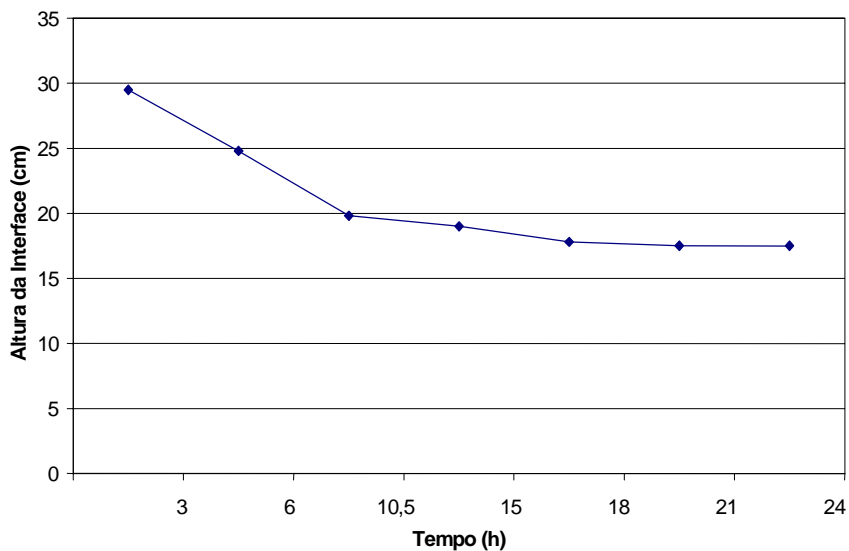
Os ensaios de remoção de argila foram realizados inicialmente em escala de laboratório, em provetas, utilizando suspensões de diatomita com concentrações de alimentação e tempos de residência variáveis. A partir dos resultados obtidos foram escolhidas as condições operacionais para os ensaios contínuos, realizados segundo o fluxograma da Figura 4.



**Figura 4 - Fluxograma da usina piloto de beneficiamento da diatomita operada no CETEM**

### 4.3 Operação em Batelada de Retirada da Argila

Foram utilizados ensaios de sedimentação em proveta para estudar o comportamento da sedimentação das suspensões. Os ensaios foram realizados para seis períodos de tempos diferentes, variando o tempo de sedimentação de 3 a 24 horas. A Figura 5 mostra alguns resultados de velocidade de sedimentação a partir desses testes em batelada.

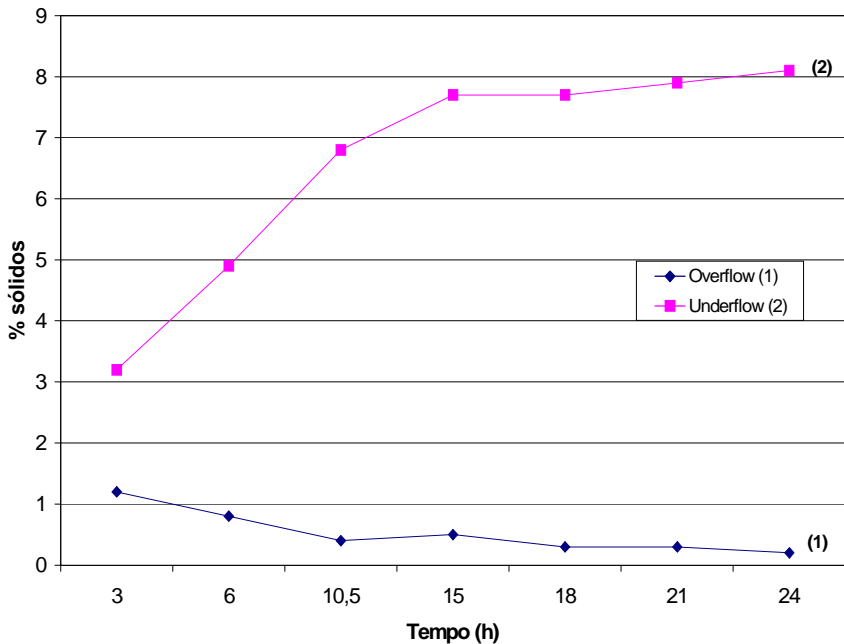


**Figura 5 - Variação da altura da interface para cada tempo de ensaio de sedimentação em batelada**

A Figura 5 mostra que, para tempos menores do que 10,5 horas a interface de sedimentação apresenta movimento descendente, indicando que os sólidos estão sedimentando, aumentando a concentração de sólidos do *underflow*. Para tempos maiores que 10,5 horas é notada uma estabilização na altura da interface, o que indica que a partir daí já não há mais aumento significativo na concentração de sólidos do *underflow*, podendo até ocorrer a sedimentação mais atenuada das pequenas partículas (argila, por exemplo) que estão dispersas no *overflow*. Com isso concluiu-se que o tempo de sedimentação necessário para a

separação da diatomita da argila é menor do que 10 horas. Para esse tempo de sedimentação, a perda de massa no *overflow* encontra-se em torno de 10%, o que é plenamente aceitável, uma vez que é possível remover boa parte da argila presente na polpa de alimentação.

A Figura 6 ilustra a variação da percentagem de sólidos no *under* e *overflow*, para os diferentes tempos de sedimentação da polpa de diatomita. Como pode ser observado, após 15 horas de teste, praticamente não há mais variação na percentagem de sólidos do *under* e *overflow*, o que fortalece a premissa de que tempos de sedimentação em torno de 10 horas são suficientes para separar a argila da diatomita.



**Figura 6 - Variação da percentagem de sólidos no *overflow* e *underflow* durante os testes de sedimentação em batelada**

Os produtos da sedimentação (*overflow* e *underflow*) foram analisados, para investigar a quantidade de ferro e alumínio presente e os resultados comparados com a alimentação (Tabela 2).

**Tabela 2 - Remoção de argilas no processo de sedimentação em batelada**

	(*)Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	(*)Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)
Alimentação	0,54	9,04
<i>Overflow</i>	0,87	17,2
<i>Underflow</i>	0,49	6,95

\* - teores expressos em base calcinada

De posse dos resultados dos ensaios de sedimentação em batelada, escolheu-se o tempo de residência da unidade contínua como sendo de 6 horas e partiu-se para os ensaios de sedimentação contínua, em hidroclassificador.

## 4.4 Ensaios em Escala Piloto para Remoção de Argila

Nos ensaios contínuos para remoção de argila foi utilizado um hidroclassificador, que é um equipamento de classificação baseado na separação de partículas, de acordo com a densidade ou tamanho de partículas. Para estes ensaios, os estudos em batelada mostraram qual o tempo necessário de sedimentação para separar a diatomita da argila. O hidroclassificador operou em sua melhor condição ao atingir o regime de equilíbrio (*steady state*).

Esta etapa do processo constou de preparação da suspensão, estoque em tanque pulmão e bombeamento da suspensão para a alimentação contínua do hidroclassificador. Quando o sistema entrou em regime, foi feita a amostragem do *underflow* (diatomita lavada) e do *overflow*, visando balanço de massa.

A diatomita in natura se apresenta na forma de blocos, cheios de raízes e pequenos pedaços de madeira. Esses blocos foram desagregados em tanques condicionadores por meio da adição de água e agitação rápida por 2 minutos, formando uma polpa com concentração de 5% de sólidos. Para a retirada de raízes existentes na polpa, foi colocada uma peneira com abertura de 10 malhas na saída do condicionador, antes da suspensão seguir para o tanque



pulmão, de agitação lenta. O objetivo desta é manter a uniformidade da suspensão que irá, então, alimentar o hidroclassificador (Figura 7).



**Figura 7 - Usina piloto utilizada nos ensaios de remoção de argila**

O tempo de residência mais adequado para a polpa foi o de 6 horas e as condições operacionais do hidroclassificador são mostradas na Tabela 3.

**Tabela 3 - Condições operacionais do hidroclassificador**

	Alimentação	<i>Underflow</i>
Concentração de sólidos (%)	5,0	12,0
Vazão (mL/min)	600	120

Embora a razão entre as vazões de retirada do *underflow* e de alimentação seja de 1:5, a razão de concentração é de aproximadamente de 1:2, devido à natureza das partículas de

diatomita, que apresentam dificuldade de formação de uma polpa mais densa. As amostras de *underflow* e sobrenadante (*overflow*) eram retiradas quando o fluxo atingia o estado estacionário, o que era verificado por meio de balanços de massa. Desta forma o hidroclassificador operado de forma contínua foi regulado para produzir a diatomita lavada (Tabela 4) nas especificações desejadas.

**Tabela 4 - Análise química de Fe e Al no *underflow* e *overflow* no processo de sedimentação contínua no hidroclassificador**

	(*)Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	(*)Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)
Alimentação	0,55	9,02
<i>Overflow</i>	0,82	16,8
<i>Underflow</i>	0,50	7,08

\* - teores expressos em base calcinada

O *underflow* do hidroclassificador encontra-se a 12% de sólidos e, após secagem, constitui-se na diatomita "crua lavada", pronta para ser submetida à etapa de calcinação.

## 4.5 Processo de Secagem da Diatomita Lavada

O *underflow* do hidroclassificador constitui a diatomita lavada e é submetido a um de desaguoamento para obter-se um produto com umidade adequada (10 a 15%) para a etapa seguinte de calcinação.

A diatomita, por ser altamente porosa, tem a propriedade de absorver água intersticial, além da água superficial que a acompanha. Desta forma, processos de desaguoamento que utilizam apenas energia mecânica (filtro prensa) não se mostraram suficientes para reduzir essa umidade a níveis desejados para a etapa de calcinação.

A Netzsch do Brasil realizou ensaios de desaguoamento da diatomita em filtro prensa piloto, utilizando o *underflow* do hidroclassificador, produto da separação da argila. Os resultados

são mostrados na Tabela 5. As características da alimentação do filtro são:

- Natureza da alimentação: polpa de diatomita
- Peso específico da suspensão: 1,060 Kg/m<sup>3</sup>
- % de sólidos da suspensão: 12,80%
- pH do meio: 6,0
- Temperatura da suspensão: ambiente

**Tabela 5 - Resultados de ensaios de desaguamento de diatomita em filtro prensa NETZSCH**

Dados da filtração	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Ensaio 4
Tipo de placa	Câmara	diafragma misto	Diafragma misto	Câmara
Pressão filtração (bar)	8	8	8	15
Tempo filtração (min)	18	20	18	30
Volume filtrado (L)	12	12	12	17
Espessura da torta (mm)	40	40	30	30

Dados da pressurização	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Ensaio 4
Press. pressur. diaf. (bar)	-	15	15	-
Tempo de pressur (min)	-	13	10	-
Vol. de polpa pressur. (L)	-	3,5	2,4	-

Dados das tortas	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Ensaio 4
Umidade* (%)	69	55,2	53,5	59,5
Peso específico. torta (Kg/L)	1,10	1,20	1,25	1,19
Espessura. tortas pressurização. (mm)	-	22	21	-
Fator de pressurização	-	0,55	0,70	-
Peso das tortas (Kg)	7,47	4,20	5,94	7,44

em filtro prensa NETZSCH

(\* ) expressa em base úmida

Os resultados mostraram que, mesmo usando o filtro prensa, não foi possível reduzir a umidade da diatomita para valores em torno de 20%. Para contornar esse problema, foram realizados ensaios de secagem em secador piloto de leiteo fluidizado. Esses ensaios de secagem foram realizados em diferentes condições de

umidade, mas principalmente com valores em torno de 50%, que foi a condição na qual as tortas de diatomita saíram do filtro prensa.

A unidade de secagem utilizada nos ensaios foi idealizada pela Rossini Engenharia. A diatomita era colocada numa caixa de alimentação com batedores para desagregá-la e alimentador de parafuso. O Secador possui um queimador a gás e um ventilador, para fornecimento do ar quente de secagem. Depois de seca, a diatomita é alimentada a um separador, que retém a fração mais grossa (*underflow*), composta por impurezas escorificadas e partículas maiores que constituem um refugio. A fração fina, que é arrastada pelo gás que sai do ciclone, é coletada em um filtro de mangas. O processo de secagem ocorre em curto espaço de tempo e o percentual de água residual chega aos níveis desejados.

Os testes foram realizados com a diatomita em quatro condições diferentes:

- a) diatomita pré-seca ao sol;
- b) diatomita desaguada em filtro prensa e com diafragma;
- c) diatomita umedecida para 70%;
- d) diatomita umedecida para 75%.

O ensaio de secagem que apresentou os melhores resultados é descrito a seguir e os resultados são apresentados nas Tabela 6 e 7.

#### Ensaio de secagem da diatomita umedecida até 70%

Neste ensaio foi utilizada a diatomita seca ao sol e re-umedecida até 70%. Embora se saiba que não é economicamente viável a secagem da diatomita neste nível de umidade, a idéia da utilização da diatomita com esta especificação foi verificar a possibilidade da secagem do material nesta faixa de umidade, na qual a diatomita se encontra quando exposto por pouco tempo ao sol. O aspecto da diatomita é semelhante ao observado no minério *run of mine*, porém com maior facilidade de desagregação.

Antes da realização desse teste foram determinadas algumas variáveis operacionais, como a vazão mássica de alimentação em função da frequência de rotação do parafuso sem fim, apresentadas na Tabela 6.

**Tabela 6 - Variação da vazão mássica com a rotação do alimentador de parafuso**

Rotação do sem-fim (Hz)	Vazão mássica de alimentação (Kg/h)
20	32,5
40	68,2
60	83,0
80	111,0

As variáveis operacionais utilizadas para o teste de secagem estão mostrados na Tabela 7.

**Tabela 7 - Variáveis operacionais do ensaio de secagem de melhor resultado**

temperatura do ar na região de secagem	160 °C
tempo de residência estimado	5-10s
umidade da diatomita antes da secagem	70%
umidade da diatomita na saída do secador	7-8%
vazão mássica de alimentação	32,5 Kg/h
vazão mássica de sólido na saída do secador	9 Kg/h

Os resultados obtidos para a umidade da diatomita após os testes de secagem mostraram que a utilização do secador de leito fluidizado é adequada para a redução desta umidade aos níveis desejados (10-15%) para o processo de calcinação. A utilização dos parâmetros operacionais (vazão mássica de alimentação, tempo de residência, temperatura de secagem, etc) da etapa de secagem será uma função dos custos operacionais envolvidos.

Na usina piloto montada no CETEM, o filtro prensa utilizado operava com capacidade de 30-35 L de polpa por batelada (Figura 8).



**Figura 8 - Unidade de filtro prensa piloto (CETEM) usada no desaguamento da diatomita**

As tortas de diatomita obtidas nos ensaios de filtração no CETEM apresentaram umidade em torno de 60%. A secagem complementar das tortas provenientes do filtro prensa foi realizada em estufa de laboratório.

## 5. Processo de Calcinação da Diatomita

Os estudos de calcinação da diatomita foram baseados na investigação da influência de três variáveis sobre a qualidade do produto final, que são temperatura, tempo de residência e adição de fluxante (barrilha). Inicialmente foram realizados ensaios de calcinação estática em mufla, para verificação das faixas ótimas de trabalho para cada uma das variáveis, para que, a partir destes resultados, fosse possível realizar os experimentos sob condições dinâmicas, em escala piloto.

### 5.1 Ensaios de Calcinação em Mufla

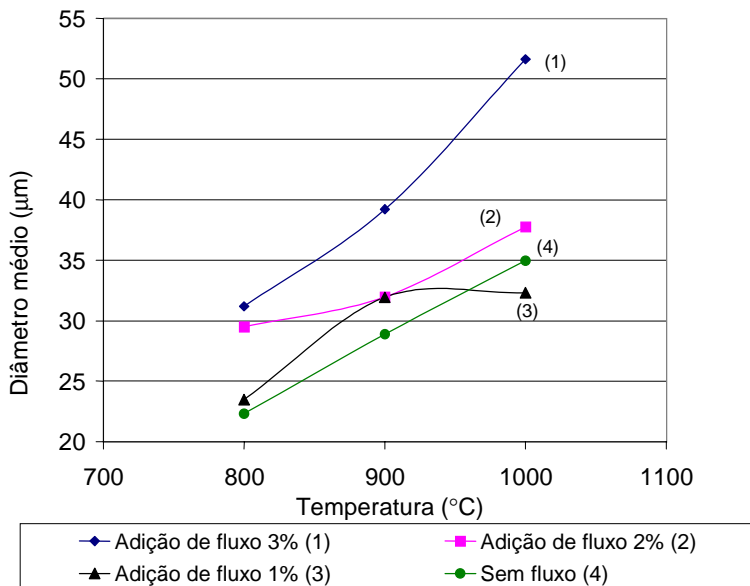
Estes foram realizados com amostras de diatomita lavada e seca e tiveram como objetivo o estudo preliminar das condições operacionais de calcinação da diatomita, tais como: temperatura, tempo de residência, adição de fluxante e umidade adequada para a adição do fluxante.

As variáveis foram investigadas em diferentes níveis (Tabela 8), para que a partir desses resultados fossem escolhidas as condições operacionais da calcinação em forno rotativo piloto. Os ensaios de calcinação em mufla tiveram a finalidade de apontar uma faixa de valores das variáveis citadas, visto que esses ensaios foram realizados sob condições estáticas, não havendo a circulação constante da amostra e exposição uniforme desta ao calor.

**Tabela 8 - Condições experimentais dos testes de calcinação em mufla**

Temperatura (°C)	800	900	1000	-
Tempo de residência (h)	0,5	1	2	-
Umidade (%)	7-10	10-15	17-20	-
Adição de fluxante (% Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	0	1	2	3

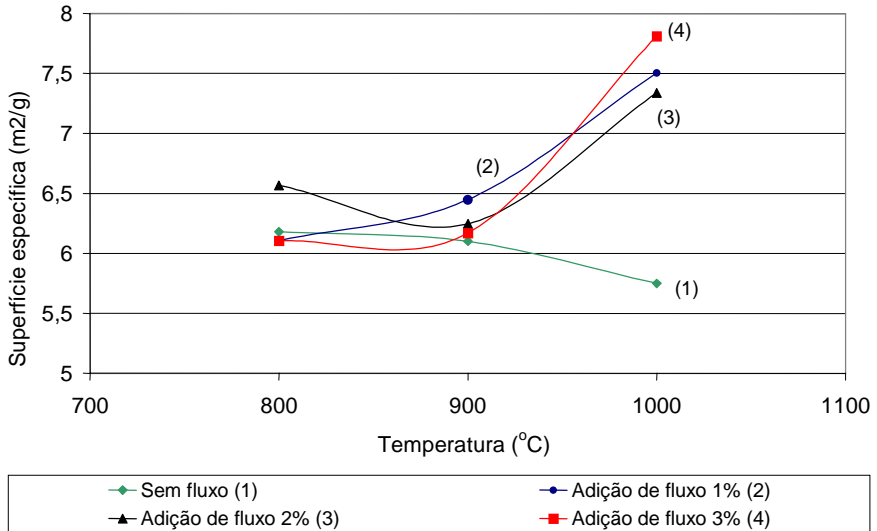
Os resultados dos ensaios foram avaliados através da verificação da superfície específica, distribuição de tamanhos das partículas e alvura do produto, conforme mostrado nas Figuras 9 a 10.



**Figura 9 - Diâmetros médios das partículas de diatomita calcinada a diferentes condições de temperatura e adição de fluxante**

Observa-se que o tamanho das partículas aumenta com a temperatura, o que indica que esta variável tem papel fundamental na fusão/aglomeração das partículas finas da diatomita, especialmente quando há a adição de fluxante que reduz a temperatura de fusão da sílica.



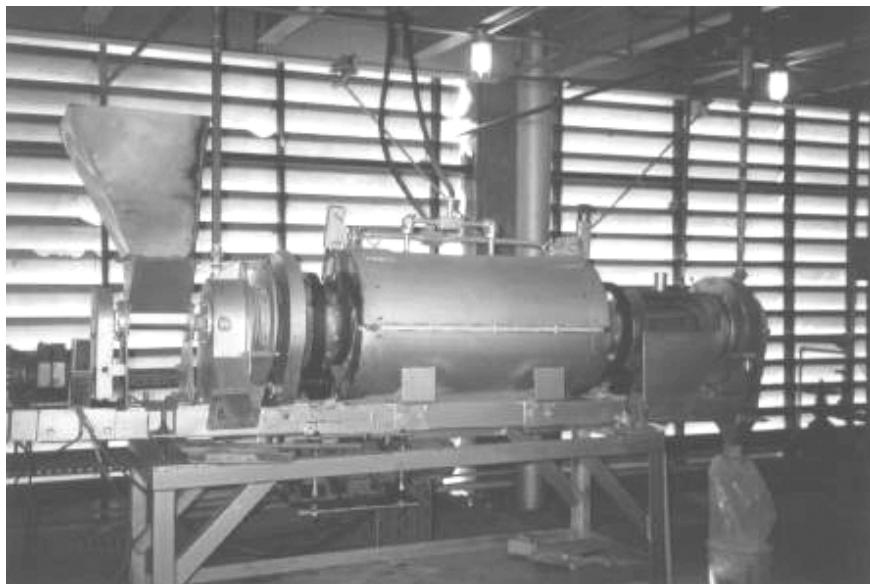


**Figura 10 - Superfície específica das partículas de diatomita calcinada a diferentes condições de temperatura e adição de fluxante**

Com estes resultados verificou-se que não há necessidade da temperatura do processo de calcinação ser superior a 1000°C. Quanto ao tempo de residência, verificou-se que em 1 h ocorre a calcinação total do material, para a massa estudada.

## 5.2 Ensaios de Calcinação em Forno Rotativo Piloto

Os ensaios de calcinação foram realizados em um forno rotativo piloto, operado em regime contínuo. O forno era aquecido por resistências elétricas, dispostas em duas carcaças que envolvem o tubo central (reator), onde ocorre a calcinação. O forno tem as dimensões de 1,5 m de comprimento e 0,25 m de diâmetro, porém a carcaça com as resistências de aquecimento recobre apenas 0,9 m do comprimento do forno, caracterizando a câmara de calcinação propriamente dita; o restante do comprimento refere-se à região de resfriamento. A quantidade de material alimentado correspondeu a 15% do volume do forno, para que houvesse espaço suficiente para circulação do material e dos gases. A Figura 11 mostra o forno rotativo piloto utilizado nos ensaios de calcinação e, na Tabela 9, as condições dos experimentos de calcinação.



**Figura 11 - Forno elétrico rotativo piloto usado nos ensaios de calcinação no CETEM**

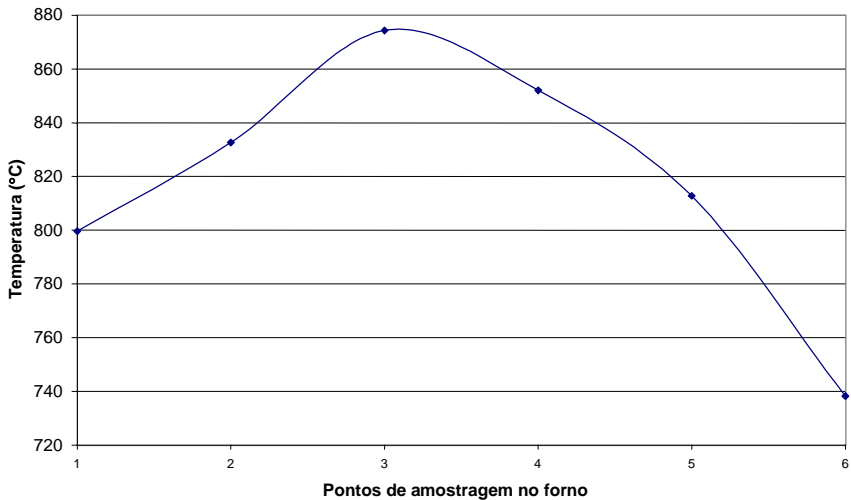
**Tabela 9 - Condições operacionais da calcinação da diatomita em forno rotativo piloto**

Temperatura (°C)	800	900	1000	-
Tempo de residência (h)	0,75	0,88	-	-
Umidade da alimentação (%)	10-12	10-12	10-12	-
Adição de fluxante (% Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	0	2	3	4

O tempo de residência da diatomita dentro do forno de calcinação foi alterado por meio da variação da inclinação do forno e da taxa de alimentação. Inicialmente tentou-se manter a alimentação e variar apenas a inclinação do forno, mas não foi suficiente para que se obtivesse uma diferença significativa na variável tempo de residência.

Para que não ocorram modificações na estrutura ou queima da diatomita, a variável mais importante a ser controlada durante

o processo de calcinação é a temperatura. A queima da matéria orgânica contida na diatomita promove um acréscimo à temperatura interna do forno, de forma que um processo controlado para ocorrer a uma temperatura de 800°C, apresenta o seguinte perfil de temperatura no interior da câmara de calcinação, ilustrado na Figura 12. Neste caso, o aumento de temperatura foi na faixa de 10%.

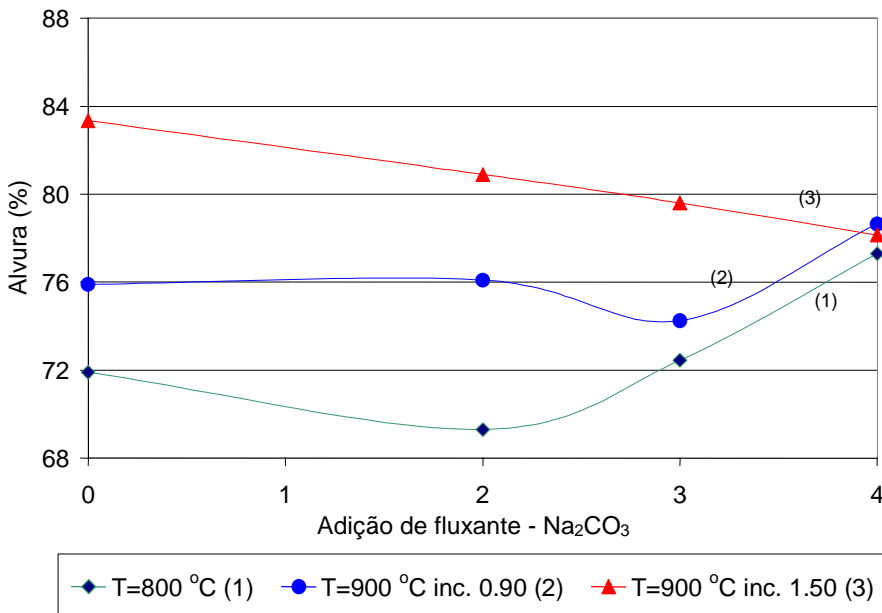


**Figura 12 - Perfil de temperatura do processo de calcinação no forno rotativo piloto**

Devido a esta variação na temperatura interna do forno de calcinação, não foi possível realizar os experimentos a 1000°C; a esta temperatura e sem adição de fluxante, o material aderiu às paredes do tubo interno, formando um anel e impedindo a troca de calor com a diatomita que estava entrando no forno e, conseqüentemente, a sua calcinação. Desta forma, o material que estava aderido à parede sofria um aquecimento excessivo, enquanto o que passava no interior do anel não era calcinado, apenas queimado.

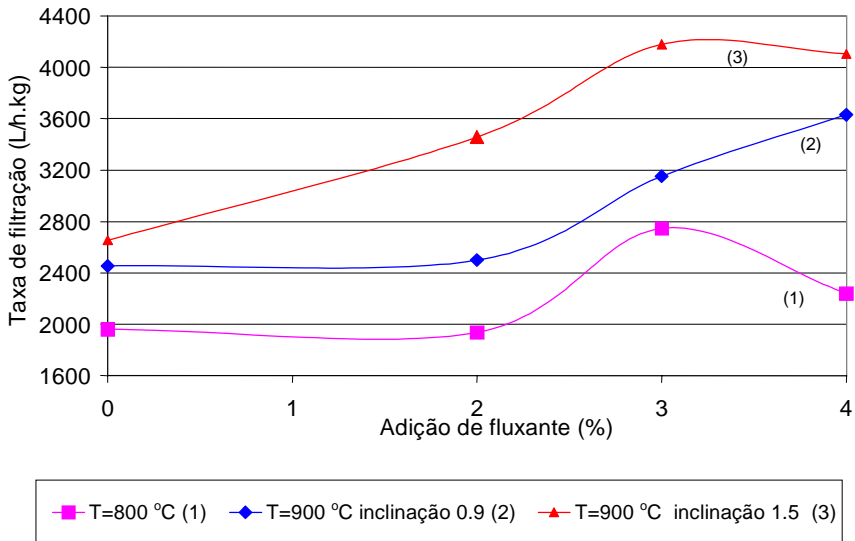
Os resultados dos ensaios de calcinação em forno rotativo piloto são mostrados nas Figuras 13 e 14. A análise da eficiência do processo é avaliada por meio da qualidade do produto final, em termos de alvura, taxa de filtração e distribuição de tamanho de partículas.

Na Figura 13 nota-se a tendência do aumento na alvura do material com o aumento da temperatura e na adição de fluxante; a Figura 14 mostra as taxas de filtração de tortas de diatomita calcinada sob diferentes condições operacionais.



**Figura 13 - Valores de alvura da diatomita calcinada em forno rotativo piloto a diferentes condições operacionais**

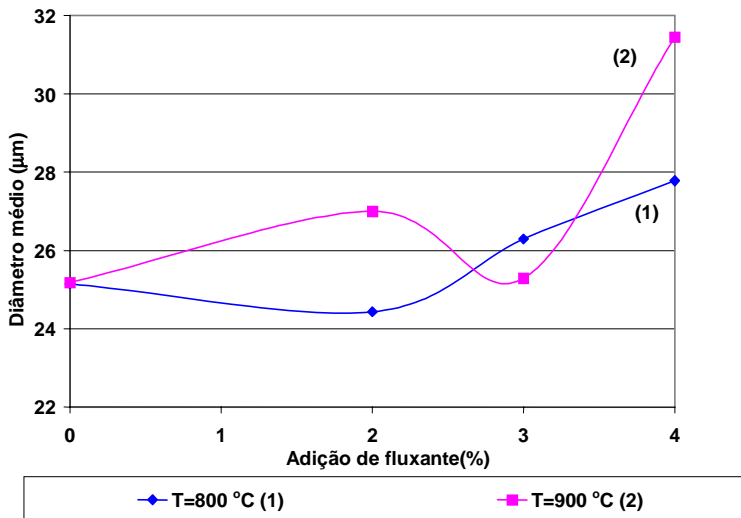
De acordo com a Figura 14, as taxas de filtração crescem a temperatura de calcinação e com a quantidade de fluxante adicionada. Essas condições promovem a aglomeração das partículas finas de diatomita, aumentando o diâmetro médio das partículas, o que favorece a velocidade de filtração.



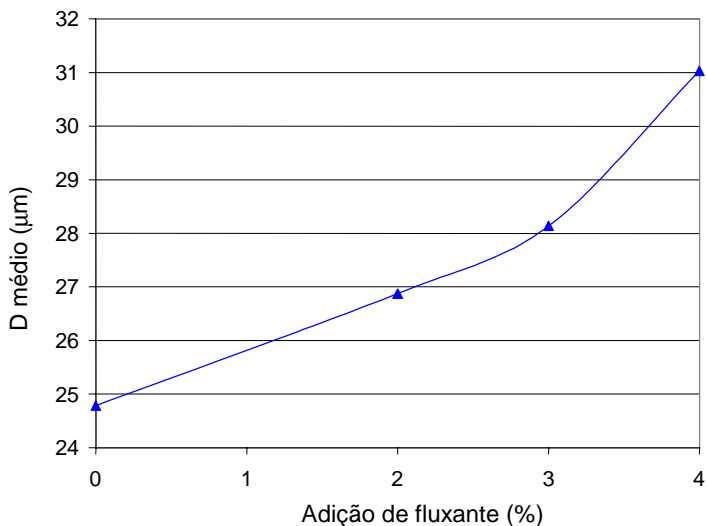
**Figura 14 - Taxas de filtração para diatomitas calcinadas a diferentes condições operacionais**

A quantidade ótima de adição de fluxante parece estar entre 3 e 4%, o que é sugerido principalmente pela curva dos experimentos a 900°C e 1,50 de inclinação do forno.

Uma das formas de comparação da eficiência de filtração de diatomitas calcinadas, obtidas a diferentes condições operacionais, é por meio da análise do tempo de saturação da torta para a filtração de 5L de água (Walker, 1978). Com relação à distribuição de tamanhos das partículas, os resultados são mostrados pela Figuras 15 e 16.

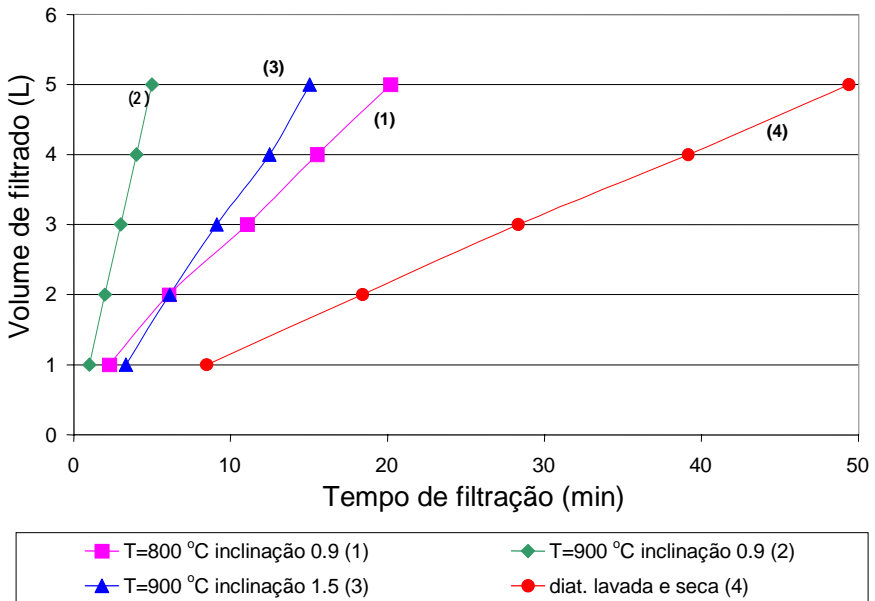


**Figura 15 - Distribuição de tamanhos de partículas de diatomita calcinadas a diferentes condições operacionais - inclinação 0,90°**



**Figura 16 - Distribuição de tamanhos de partículas de diatomita calcinadas diferentes condições operacionais: T = 900°C e inclinação 1,50°**

A taxa de saturação é um parâmetro que mede o tempo útil da torta de diatomita na filtração e é uma função do tamanho das partículas da diatomita. Os resultados na Figura 17 mostram que os produtos de calcinação (com partículas de diâmetros maiores, pelo efeito da aglomeração dessas) apresentam taxas de filtração mais altas do que a diatomita apenas seca; ou seja, as tortas de filtração formadas com a diatomita calcinada filtram um mesmo volume de líquido em tempos menores, por apresentarem uma maior porosidade.



**Figura 17 - Taxas de saturação de filtração para diatomitas calcinadas a diferentes condições operacionais**

Quando o material é constituído por partículas com pequenos diâmetros, a probabilidade de rearranjo da torta e conseqüente entupimento dos poros é maior, acarretando uma redução nas taxas de filtração.

A seguir são mostrados na Tabela 12 alguns resultados de análise química para diatomitas calcinadas na CIEMIL (CA/400), no CETEM e também alguns padrões comerciais (Celite Standard), para uma comparação entre as características de cada produto.

Vale ressaltar que são desconhecidas as condições operacionais de calcinação das diatomitas padrão, dificultando a comparação quantitativa entre as diatomitas, sendo possível apenas a comparação qualitativa.



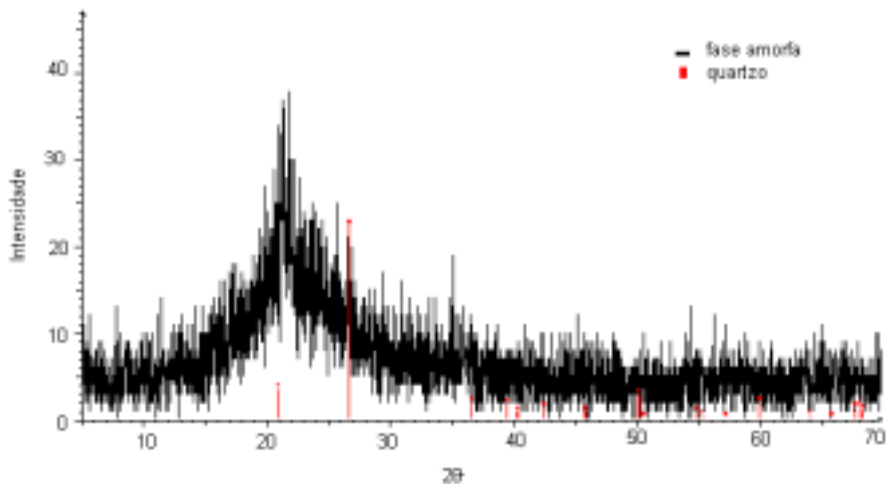
**Tabela 12 - Caracterização química da diatomita calcinada em forno rotativo dinâmico piloto**

T (°C)	Fluxante (%)	SiO <sub>2</sub> total (%)	SiO <sub>2</sub> quartzo (%)	SiO <sub>2</sub> caulinita (%)	SiO <sub>2</sub> amorfa (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	pH
Inclinação do forno – 0,9 <sup>o</sup> tempo de residência=53 min								
800	0	89,9	5,6	12,0	72,4	0,62	10,2	4,7
	2	87,9	9,9	11,9	66,0	0,62	10,1	5,3
	3	87,2	7,3	10,7	69,2	0,61	9,1	5,2
	4	86,3	6,3	12,5	67,5	0,61	10,6	5,4
900	0	88,8	6,3	11,7	70,8	0,60	9,9	4,8
	2	87,6	7,0	12,4	68,2	0,62	10,5	5,2
	3	89,9	5,2	10,4	74,2	0,56	8,8	5,0
	4	87,9	8,9	10,5	68,5	0,57	5,9	5,3
1000	0	89,2	4,5	7,5	72,7	0,50	6,4	4,4
Inclinação do forno – 1,5 <sup>o</sup> tempo de residência=45 min								
900	0	89,7	4,6	10,7	74,4	0,52	9,1	4,6
	2	87,5	6,0	9,8	71,7	0,56	8,3	4,9
	3	86,5	8,2	7,5	70,8	0,50	6,4	4,8
	4	89,2	4,5	7,5	72,7	0,50	6,3	4,8
Diatomita CA/400 CIEMIL								
-	2	81,8	5,6	9,8	66,4	0,58	8,3	5,9
Diatomita Celite Standard								
-	-	89,0	4,0	6,4	78,6	2,2	5,4	7,7

Outra forma de avaliar a qualidade dos produtos de calcinação foi por meio de análises dos difratogramas de raio-X, onde pode-se verificar os efeitos da temperatura de calcinação sobre os produtos, como a eficiência na escorificação de impurezas ou a transformação entre formas cristalinas de certos minerais presentes na amostra. A seguir são mostrados alguns difratogramas de raio-X para diatomitas calcinadas a diferentes condições operacionais.

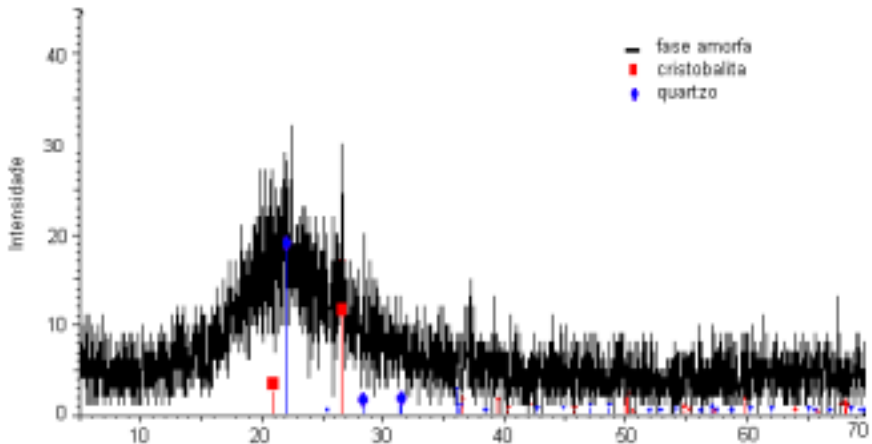
O difratograma de raio-X fornece uma análise qualitativa das fases cristalinas presentes numa determinada amostra, com uma sensibilidade acima de 0,5%, dependendo do grau de cristalinidade de cada fase. Quanto mais adequada a cristalização da fase, maior é esta sensibilidade. A seguir serão mostrados resultados para alguns dos produtos da calcinação realizada no CETEM.

Para a diatomita calcinada a 800°C e sem fluxante não foi observada a ocorrência de fases cristalinas na amostra. No entanto, quando a calcinação foi processada à mesma temperatura de 800°C, mas com adição de 4% de fluxante, foi possível notar a presença de quartzo na amostra calcinada (Figura 18).



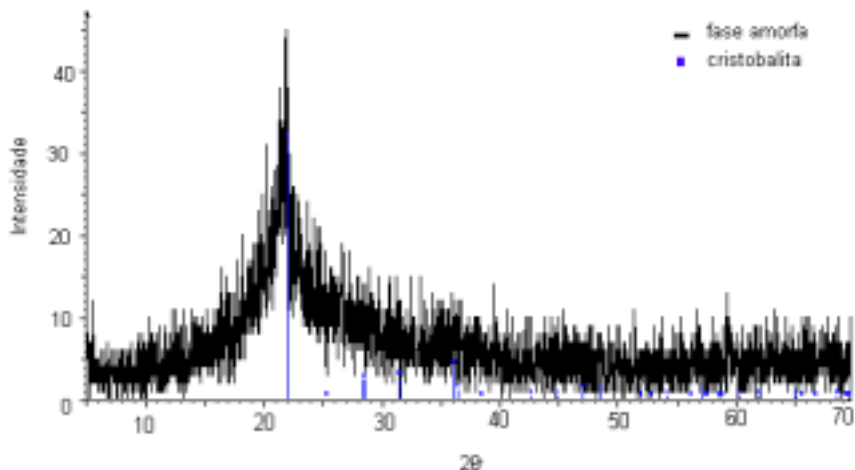
**Figura 18 - Difratograma de diatomita calcinada a 800°C e 4% de fluxante**

A temperaturas de calcinação mais elevadas pode-se observar o aparecimento de fases cristalinas no produto calcinado, o que mostra que há o efeito da temperatura na qualidade da cristalização das fases existentes na diatomita. Neste caso, foram observadas as fases cristalinas do quartzo e da cristobalita, que é uma estrutura polimorfa do quartzo que ocorre a altas temperaturas, Breese (1994).



**Figura 19 - Difratograma de diatomita calcinada a 900 °C e sem fluxante**

Nesta avaliação é importante comentar que as temperaturas no interior do forno durante a calcinação eram muito maiores do que a temperatura estabelecida para o processo. Isso se deveu à queima de matéria orgânica em excesso na câmara de calcinação. Isto pode explicar a existência de fases cristalinas que só ocorrem a altas temperaturas, como é o caso da cristobalita.



**Figura 20 - Difratograma de diatomita calcinada a 900 °C e 4% de fluxante**

Para o material calcinado sob as condições de 900 °C e 4% de fluxante, nota-se apenas a presença da fase cristalina cristobalita. Com a adição de fluxante, a temperatura de fusão da sílica é reduzida e suas formas cristalinas sofrem modificações estruturais a temperaturas mais baixas, como pode ser observado pela análise da Figura 20, onde a fase cristalina do quartzo provavelmente foi transformada em cristobalita.

## 6. Conclusões e Sugestões

Nos estudos de beneficiamento e de calcinação da diatomita da Mina Ponte, no município de Mucugê-BA, desenvolvidos no CETEM em escala de bancada e piloto, foi possível propor melhorias do processo industrial de beneficiamento e de calcinação empregados pelas CIEMIL.

Para a etapa de remoção da argila, o uso de hidroclassificador mostrou que é possível reduzir o tempo de residência da polpa de diatomita de 2 dias (processo em batelada empregado pela CIEMIL) para 6 horas (processo contínuo), mantendo a remoção de ferro e alumínio nas mesmas faixas de eficiência do processo anterior (10-12%).

Para a etapa de desaguamento da diatomita, ficou provado que usando apenas o filtro prensa não foi suficiente para retirar a água intersticial da diatomita, reduzindo sua umidade a valores aceitáveis para a calcinação. Por outro lado, as tortas de diatomita produzidas no filtro prensa, além de conterem menor umidade, são mais fáceis de manuseio e transporte do que os blocos de diatomita obtidos usando somente a secagem ao sol.

A etapa complementar à filtração para reduzir a umidade da diatomita lavada aos níveis desejados (12 a 15%) foi a secagem, que utilizou energia térmica para a redução da sua água intersticial. Os ensaios realizados em secador de leito fluidizado mostraram que é possível reduzir a umidade da torta do filtro prensa de 50% para os níveis requeridos para a calcinação (12 a 15%). Ainda para a etapa de secagem, foram estudadas condições críticas de umidade de alimentação (70%), para verificar a eficiência do secador, a qual mostrou-se viável, até para pequenos tempos de exposição do material à corrente de ar quente.

O estudo da calcinação, realizado em forno rotativo piloto, foi visto como uma das etapas mais importantes do trabalho, devido à importância deste na produção da diatomita para comercialização. É durante o processo de calcinação que o produto ganha as características desejadas para cada uso industrial. A investigação

das variáveis operacionais temperatura, tempo de residência e adição de fluxante foi primordial para o conhecimento e avaliação dos seus efeitos, em conjunto ou separadamente, nas propriedades da diatomita calcinada: diâmetro médio das partículas, alvura, taxas de filtração e porosidade.

A avaliação das propriedades do produto final obtido pelo processo desenvolvido no CETEM foi realizada mediante o uso de algumas metodologias experimentais utilizadas pela CIEMIL ou citadas nas normas da ABNT.

A microscopia eletrônica de varredura e a difração de raio-X mostraram ser ferramentas de grande importância na avaliação dos produtos da calcinação, tanto no tocante às fases componentes da diatomita quanto à classificação dos tipos de carapaças presentes na diatomita da Bahia.

A etapa de secagem para adequar a umidade da diatomita aos níveis aceitáveis pelo processo de calcinação poderá ser feita na própria mina, em Mucugê ou em Vitória da Conquista, aproveitando os gases quentes emanados do calcinador. O estudo de viabilidade técnica-econômica realizado pela NARONTEC mostrou que esta segunda alternativa apresentou maior taxa interna de retorno (24,5%) no empreendimento, comparada com a taxa interna de retorno obtida, caso a secagem fosse realizada na Mina Ponte, em Mucugê.

Essa taxa interna de retorno-TIR é superior aos valores médios praticados para projetos mineiros. Esse parâmetro econômico significou uma avaliação positiva para esse empreendimento mineiro.

Como melhoria ao processo de beneficiamento/calcinação desenvolvidos no CETEM, são feitas algumas sugestões, discutidas a seguir:

i) na etapa de remoção da argila, constatou-se que o *overflow* do classificador ainda contém cerca de 10% ( peso) da alimentação da diatomita e parte significativa dessa fração é constituída por diatomita; essa fração (*overflow*) poderá ser alimentada em um segundo hidroclassificador para a recuperação secundária da diatomita, visando outros usos menos nobres. Outra alternativa para recuperação dessa diatomita seria o seu desaguamento em

filtro prensa. Por fim, sugere-se fazer um estudo de caracterização tecnológica dessa diatomita e identificar outros usos industriais (condicionamento de solos, carreador de nutrientes, etc).

Na etapa de calcinação, seria aconselhável investigar tempos de residências menores e adições de fluxante maiores, com o objetivo de se produzir um material de melhor qualidade (tamanho de partículas, alvura, etc) com menor tempo de exposição às altas temperaturas de calcinação. Com relação ao efeito de temperatura excessiva, foi observado, como acontece na CIEMIL, a formação de um anel de diatomita calcinada na parede interna do forno de calcinação.

Recomenda-se estudar a influência de chicanas ou grades no interior do forno, para promover a movimentação do material e dificultar a sua aderência às paredes do forno. A formação de um anel de partículas de diatomita no interior do forno provoca uma exposição excessiva dessas partículas ao calor, além da troca térmica ineficiente entre as paredes do forno e a diatomita que se movimenta através desse anel.

# Agradecimentos

À Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro-FAPERJ, pelo apoio financeiro a esse projeto de pesquisa.



## Bibliografia

- ANDERSON, A.R., (1990), "Diatomaceous Earth Occurrences in Nova Scotia", Nova Scotia Department of Natural Resources Minerals and Energy Branch, Economic Geology Series ME 1990-1.
- BREESE, R.O.Y in CARR, D. D.(1994). Industrial Minerals and Rocks, Ed. SMME, 6a edition.
- CONDE-PUMPIDO R., FERRON, J.J. and GUITIAN F., (1990), "Bleaching of Kaolins of Galicia (NW Spain)-A Study of the Factors Affecting the Brightness of Industrial Fractions", Silicates Industrials, pp. 329-334
- HARBEN, P.W., (1995), "Diatomite", The Industrial Minerals Hand Book, 2nd ed., Industrial Minerals Div., Warwick, England, pp. 57-61.
- HORN FILHO, F. X., (1981) Beneficiamento do Diatomito de Canaveira - Ceará. Dissertação de Mestrado, PUC, Rio de Janeiro, 139p.
- HORN FILHO, F. X., (1983) Beneficiamento de Minério de Diatomita da Bahia. Relatório Técnico 17-83, CETEM, Rio de Janeiro.
- HORN FILHO, F. X. e FELLOWS FILHO, L. (1983), "Curso de Tratamento de Minérios - Módulo IV: Filtração e Sedimentação). Apostila de curso interno, CI 01/83, CETEM.
- KIRK, R.E. and OTHMER, D.F., (1976), "Clay", Kirk-Othmer Enciclopedia of Chemical Technology, 3th Editon, John Willey and Sons Ed, Vol. 6, pp 190-206.
- KIRK, R.E. and OTHMER, D.F., (1976), "Diatomite", Kirk-Othmer Enciclopedia of Chemical Technology, 3th Editon, John Willey and Sons Ed., Vol. 7, pp 603-614.
- KIRK, R.E. and OTHMER, D.F., (1976), "Silica", Kirk-Othmer Enciclopedia of Chemical Technology, 3th Editon, John Willey and Sons Ed, Vol.

MEISINGER, A. C. (1985), "Diatomite", Minerals Facts and Problems, 1985 ed., US Bureau of Mines.

MOREIRA, I.M.V., (1975), "Contribuição ao estudo das Bacillariophyceae (Diatomáceas) em Diatomitos Brasileiros", The Science Report of Dep. de Botânico do Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná, Brazil.

POTTER M.J., (2000), "Diatomite", Mineral Commodity Summaries, February 2000, U.S Geological Survey.

SKILLEN, A., (1995), "Diatomite-Raw Materials for Pigments, Filler & Extenders", Industrial Minerals, 2nd ed., pp 76-78.

SOUZA, J. F. (1973). Perfil Analítico da Diatomita. Boletim no 11, Ministério das Minas e Energia/DNPM, Rio de Janeiro.

WALKER, W.M., (1978), "Calcination testing of Western Australian diatomaceous earth", Amdel Bulletin, No. 23, pp. 1-6.