



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA
DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL

BENEFICIAMENTO DE DIATOMITA DO CEARÁ

Série
Tecnologia Mineral

Nº 5

Seção Beneficiamento

nº 5

Brasília

1979

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA

Cesar Cals — Ministro de Estado

DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL

Yvan Barretto de Carvalho — Diretor Geral

DIVISÃO DE FOMENTO DA PRODUÇÃO MINERAL

Manoel da Redenção e Silva — Diretor

CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL

Roberto C. Villas Bôas — Superintendente

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA
CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL — CETEM
CONVÊNIO DNPM/CPRM

Beneficiamento
nº 5

BENEFICIAMENTO DE
DIATOMITA DO CEARÁ

Publicação do Departamento Nacional da Produção Mineral
Setor de Autarquias Norte
Quadra 01 — Bloco B — Telex 0611116
70.000 — Brasília (DF) — Brasil

Copyright 1979
Reservados todos os direitos
Permitida a reprodução, desde que mencionada a fonte

Depósito Legal
Biblioteca Nacional do Rio de Janeiro
Instituto Nacional do Livro

S677b Sobrinho, José Alcício Carvalho
Beneficiamento de diatomita do Ceará | Por | José
A. C. Sobrinho e Adão B. da Luz. Brasília, DNPM,
1979.
p. il. cm (DNPM, Tecnologia Mineral, 5. Seção
Beneficiamento, 5)

1. Diatomita — Beneficiamento. 2. Diatomita —
Ceará. 3. Diatomita — Brasil. I. Luz, Adão Benvindo
da, **co-autor**. II. Título. III. Série.

CDD 622.7349 813
CDU 622-18:552.58 (813.1)

BENEFICIAMENTO
DE DIATOMITA DO CEARÁ

Autores: Eng. Minas José A. C. Sobrinho
Eng. Minas Adão B. da Luz

Elaboração do Trabalho pelo
Centro de Tecnologia Mineral-CETEM
Através do Convênio DNPM/CPRM
Execução do Trabalho pela
Paulo Abib Engenharia S.A., Belo Horizonte

SUMÁRIO

Páginas

RESUMO

ABSTRACT

1. INTRODUÇÃO

2. MATERIAL E MÉTODO	10
2.1. DEFINIÇÃO DE PRODUTOS DESEJÁVEIS	10
2.2. AMOSTRAGEM	11
2.3. CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA	11
2.4. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS E OPERAÇÕES PADRONIZADAS	13
2.5. ENSAIOS DE BENEFICIAMENTO	18
3. CONSIDERAÇÕES GERAIS	33
BIBLIOGRAFIA	34

FIGURAS

Fig. 1 — Localização das lagoas selecionadas para estudos de caracterização tecnológica	12
Fig. 2 — Conjunto de classificação pneumática	14
Fig. 3 — Resumo dos testes de caracterização	15
Fig. 4 — Resultados de análises químicas dos minérios brutos	16
Fig. 5 — Identificação mineralógica-Difração de RaiosX	17
Fig. 6 — Resumo dos testes de atrição	21
Fig. 7 — Testes de separação em hidrociclone concentrador	23
Fig. 8 — Testes de dispersão em bécher de 500ml	25
Fig. 9 — Testes de sedimentação em bécher de 500ml dispersando com silicato de sódio	26
Fig. 10 — Testes de sedimentação em bécher de 500ml dispersando com hexametáfosfato de sódio	27
Fig. 11 — Dispositivo de teste de filtragem	28
Fig. 12/15 — Teste de filtragem a vácuo	29-32
Fig. 16 — Permeabilidade relativa, pH e densidade aparente dos produtos do "underflow" do ciclone pneumático	33

RESUMO

Foi estudado o beneficiamento dos minérios de diatomita do Ceará, para a obtenção de produtos mais nobres, principalmente para utilização como filtros. O trabalho desenvolvido constou de: amostragem, caracterização tecnológica e ensaios de beneficiamento em escala de bancada.

Para os estudos de caracterização tecnológica, foram amostradas 18 (dezoito) lagoas, representativas de todos os minérios da região. Nessa caracterização foram estudados: liberação dos constituintes do minério, composição química/mineralógica, análise granulométrica e classificação em meio hídrico e ciclone pneumático.

Os resultados de caracterização tecnológica indicaram as lagoas do Araçá e Canavieira, para os estudos de beneficiamento. Foi estudada a aplicabilidade de processos tradicionais, totalmente a seco, e concentração via úmida.

O processo desenvolvido é constituído de duas etapas:

- a) concentração, via úmida, para correção dos teores de Al_2O_3 , Fe_2O_3 e quartzo;
- b) tratamento a seco do produto obtido na concentração via úmida; esse tratamento a seco seria feito de modo semelhante ao da maioria dos centros produtores.

No estudo de concentração o problema maior é a remoção da argila (Al_2O_3 e Fe_2O_3). Testes realizados mostraram que, secando previamente o material, não se consegue a liberação dos componentes, por fragmentação, em faixas granulométricas adequadas a uma boa separação. A úmida, sem secagem prévia de material, a liberação dos constituintes é facilmente conseguida mediante agitação em agitador mecânico. Utilizando hidrociclone concentrador, a retirada do quartzo se mostrou bastante satisfatória. A adição de reagentes dispersantes, seguida de sedimentação, levou a uma boa separação da argila na fase dispersa, obtendo-se um produto de diatomita com baixo teor de argila (Al_2O_3 e Fe_2O_3) no sedimentado. Há notícias de que tal processo já foi utilizado no Ceará, desenvolvido de forma empírica.

O tratamento a seco constituiu-se de: calcinação com adição de Na_2CO_3 , seguida de fragmentação e classificação.

Os produtos obtidos foram comparados com amostras de diatomita importadas, mostrando-se muito semelhantes a estas, quanto às propriedades testadas, principalmente no que se refere a granulometria, permeabilidade relativa, densidade aparente e composição química. Recomendam-se ensaios práticos de aplicação industrial, para confirmação desses dados.

ABSTRACT

In order to devise a method for obtaining filtration product, it has been studied the diatomite ore from the Ceará State. There were developed the following stages: sampling, technological characterization and bench scale tests of beneficiation.

For characterization studies samples from 18 lakes were used. This study indicated the Araçá and Canavieira lakes for beneficiation tests. It was studied the feasibility of two processes: conventional dry process and wet process.

It was established the following process:

- a) wet concentration for removing Al_2O_3 , Fe_2O_3 , and quartz;
- b) dry beneficiation for the product from wet concentration; this dry beneficiation would be similar to those used in conventional industry of diatomite.

The characteristics of the product obtained were comparable to imported filtration product. The size, permeability, bulk density and chemical composition are quite similar. To confirm this, however, application tests should be done.

1. INTRODUÇÃO

O objetivo do presente trabalho foi desenvolver um processo de beneficiamento para os minérios de diatomita do Ceará, de forma a obter produtos que possam ser utilizados em substituição aos produtos importados. Foi dada maior ênfase à obtenção de produtos para filtração, que são, entre os produtos de diatomita, os que o Brasil mais importa. Por outro lado, os produtos que se utilizam para filtração atendem às especificações da grande maioria dos produtos destinados a outras aplicações.

Diatomita é uma rocha silicosa de origem sedimentar que consiste principalmente de diátomos fossilizados. Estes são algas microscópicas da classe Bacilaria. A diatomita pura é composta de opala ou sílica amorfa hidratada, podendo conter pequenas quantidades de componentes inorgânicos associados tais como: alumina, ferro, metais alcalinos, etc. A diatomita crua (impura) pode conter quantidades variáveis de matéria orgânica e sais solúveis. Os contaminantes usuais de formações sedimentares são: quartzo, argila, carbonatos, etc. Tal qual ocorre na natureza, a diatomita contém uma quantidade apreciável de água livre, que pode variar de 10 a 60% em peso. (1,2)

O valor da diatomita e seu largo uso são determinados pelas suas propriedades de: estrutura microscópica, porosidade, densidade aparente baixa, elasticidade, capacidade de absorção, inércia química, baixa condutividade térmica, peso específico baixo, granulometria (alta superfície específica), etc. Estas se resumem, basicamente, em três fatores: forma de partículas, granulometria e composição química.

As principais aplicações⁽³⁾ da diatomita são: filtração, carga industrial, isolamento térmica, isolamento acústica, abrasivo, carreador ou suporte, absorvente, fonte de sílica reativa, etc. Além das aplicações mencionadas, há ainda uma série de aplicações de menor importância.

Consumo de Diatomita

O consumo de diatomita, de acordo com o uso, varia bastante de país a país. Dados recentes e confiáveis só existem com relação ao mercado norte-americano. Em 1973 o consumo nos Estados Unidos, por aplicação, foi⁽⁴⁾:

Filtração	— 61%
Carga industrial	— 19%
Isolação	— 4%
Diversos	— 16%

No Brasil, as estatísticas são insuficientes quanto ao uso de diatomita. Uma pesquisa realizada em São Paulo indicou os seguintes percentuais no consumo:

Filtração	— 53%
Isolação	— 40%
Carga industrial	— 7%

O item “diversos”, que engloba todas as outras aplicações, não aparece no resultado dessa pesquisa. Possivelmente a falta de diatomita de boa qualidade disponível no mercado interno teria levado ao uso de materiais substitutos, do mesmo modo que a falta de outros materiais teria levado ao uso de diatomita para isolação, numa proporção maior do que a observada no mercado mundial. A diatomita nacional estaria sendo utilizada para fins menos nobres, como a isolação, em detrimento de usos mais nobres, como filtração, carga industrial e outros que, apesar de aparecerem em “diversos”, são mais nobres ainda, como, por exemplo, para abrasivos.

2. MATERIAL E MÉTODO

2.1 — DEFINIÇÃO DE PRODUTOS DESEJÁVEIS

A maior deficiência no suprimento do mercado nacional é de diatomita para filtração. Em vista disso foi mantido contato com alguns fabricantes de cerveja e açúcar que estão entre os maiores consumidores de diatomita para filtração. Estes utilizam o produto Hiflo Super-Cel ou similar, importado principalmente dos Estados Unidos e México.

Em relação à diatomita nacional, os fabricantes de cerveja alegam, entre outras cousas, a alteração de cheiro e gosto do filtrado, presença de microrganismos e falta de uniformidade granulométrica, resultando em baixo rendimento na filtração (baixa permeabilidade).

Como meta do presente estudo e considerando o acima exposto, foi estabelecido um produto padrão com as seguintes características:

- SiO₂ — em torno de 90%
- Al₂O₃ — menor que 4%
- Fe₂O₃ — menor que 1,5%

2.2 — AMOSTRAGEM

As 18 (dezoito) lagoas selecionadas para amostragem estão localizadas (ver Fig. 1) nas imediações de Fortaleza — CE. A seleção teve por base as informações contidas nos relatórios Diatomita e Diatomita/Argila (Convênio DNPM/CPRM). (5,6) Alguns critérios foram adotados; entre outros, são enumerados: reserva, teores em Fe₂O₃ e Al₂O₃, perda ao fogo, relação carapaça/espículas, distribuição geográfica dos depósitos, etc.

A amostragem foi executada mediante a execução de furos a trado. Quando a camada de diatomita tinha menos de 50 cm de espessura, o furo era repetido ao lado para que se obtivesse um volume de material adequado. A seguir, cada amostra era identificada e embalada em saco plástico, de modo a evitar a perda de sólido e/ou umidade.

As lagoas amostradas foram:

- Lagoa da Canavieira
- Lagoa do Ipu
- Lagoa da Mangabeira
- Primeira Lagoa
- Lagoa da Moita
- Lagoa do Araçá
- Lagoa do Araçazinho
- Lagoa do Damião
- Lagoa do Pau-Pombo
- Lagoa dos Encantados
- Lagoa do Valentão
- Lagoa Seca
- Lagoa de Dentro
- Lagoa da Cana-Brava
- Lagoa das Marrecas
- Lagoa Grande
- Lagoa Grande da Malamba
- Lagoa das Mercês

2.3 — CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA

Considerando que os minérios em estudo são provavelmente semelhantes aos outros minérios brasileiros, e de qualidade inferior aos dos grandes centros produtores, decidiu-se por uma caracterização mais detalhada.

Constatou-se, por simples observação macroscópica, que o aspecto do minério pouco diz das suas características. Nem mesmo a perda ao fogo, que seria uma indicação do teor de matéria orgânica, mostrou ter relação com a cor. Todos os minérios estudados são sedimentos não consolidados, normalmente de consistência gelatinosa e cor escura.

A caracterização detalhada diz respeito também ao número de amostras estudadas, para tentar encontrar parâmetros que pudessem ser usados como critério no agrupamento dos minérios. Sendo assim, foram realizados os seguintes estudos:

- a) 9 (nove) difrações de Raios-X de minérios de lagoas diferentes, para identificação principalmente de minerais portadores de alumínio; isto porque os teores de Al₂O₃ (calculados em base calcinada) de quase todas as lagoas são muito altos, em comparação com os teores dos minérios dos grandes depósitos em produção.
- b) Estudo da liberação dos constituintes do minério.
- c) Observações ao microscópio das frações granulométricas dos produtos obtidos nos estudos de liberação, com o objetivo de avaliar os tamanhos das carapaças de diatomáceas e espículas.

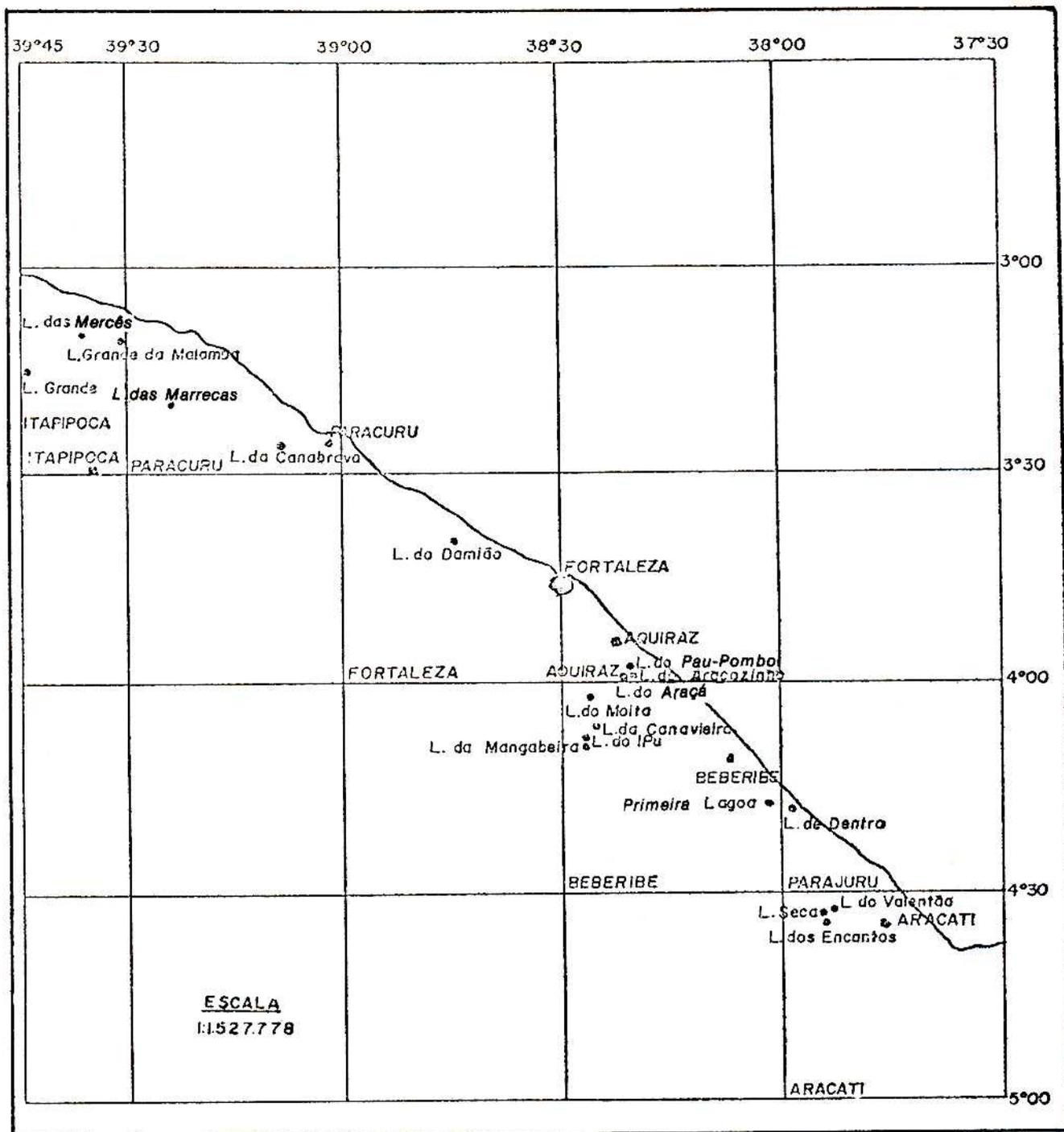


Fig. 1 — Localização das lagoas selecionadas para estudos de caracterização tecnológica.

- d) Testes de classificação: pneumática, em hidrociclone, por elutriação e sedimentação. Com isso objetivou-se estudar o comportamento dos diversos elementos do minério, frente a essas operações, principalmente visando o descarte de minerais de argila.
- e) Testes de calcinação em temperaturas de 800 a 1100°C com ou sem adição de carbonato de sódio.
- f) Testes semiquantitativos de medição de permeabilidade.
- g) Medidas de peso específico aparente.

Com a realização desses testes foi possível definir a potencialidade de uso dos minérios para as diversas aplicações industriais, bem como indicar os prováveis processos a serem estudados.

Os minérios foram classificados, segundo os teores, nas seguintes faixas:

Teor de Fe₂O₃:	menos de 0,5%	— baixo	= b
	entre 0,5% e 0,8%	— médio/baixo	= m/b
	entre 0,8% e 1,2%	— médio	= m
	entre 1,2% e 1,5%	— médio/alto	= m/a
	mais de 1,5%	— alto	= a
Teor de Al₂O₃:	menos de 2%	— baixo	= b
	entre 2% e 3%	— médio/baixo	= m/b
	entre 3% e 4%	— médio	= m
	entre 4% e 5%	— médio/alto	= m/a
	mais de 5%	— alto	= a
Perda ao Fogo:	menos de 5%	— baixo	= b
	entre 5% e 7%	— médio/baixo	= m/b
	entre 7% e 9%	— médio	= m
	entre 9% e 11%	— médio/alto	= m/a
	mais de 11%	— alto	= a

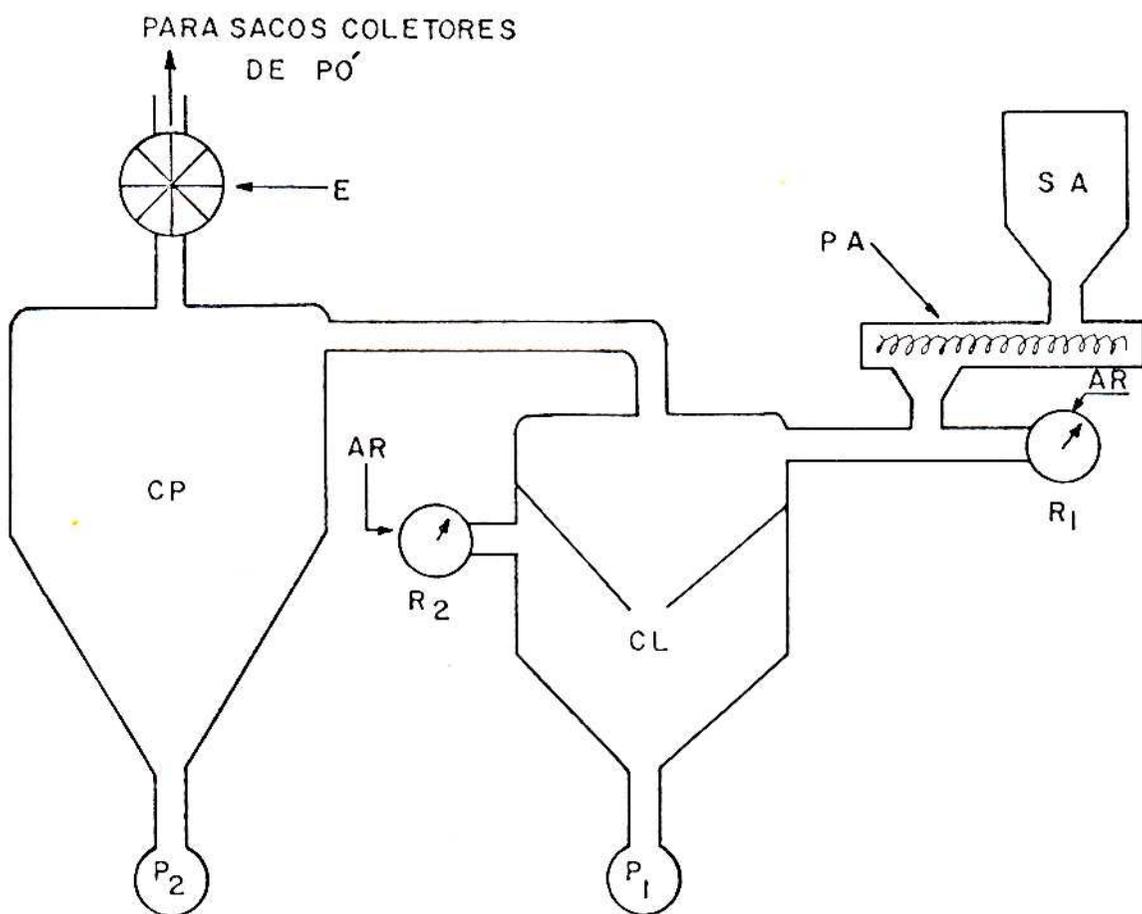
2.4 — EQUIPAMENTOS UTILIZADOS E OPERAÇÕES PADRONIZADAS

Os principais equipamentos utilizados foram:

- Conjunto de classificação pneumática, fabricado pela Federal Classifiers Systems Inc., Chicago, USA. (Fig. 2).
- Agitador mecânico — formado pela máquina de flotação Denver-Mod. D₁ com uso do rotor apropriado para atrição mecânica.
- Hidrociclone — com as seguintes dimensões:
 - diâmetro do ciclone — 30mm
 - diâmetro do orifício do apex — 4mm
 - diâmetro interno do finder do vortex — 8mm
 - diâmetro do injetor — 7mm
- Moinho de martelos de laboratório — fabricado pela Gebr. Jehmlich — Muehlenbauanstalt und Maschinenfabrik-RDA.
- Elutriador (a água) fabricado pela PAA-EIM, com 13,5 cm de diâmetro da coluna hidráulica.
- Peneira de laboratório — Série Tyler.
- Estufas.
- Mufla — temperatura até 850°C.
- Lupa estereoscópica — Zeiss/Jena — modelo SMXX, com aumentos de 16, 25, 40 e 62 vezes.
- Microscópio Universal — Zeiss/Jena, modelo ampliável, com aumentos de até 625 vezes.

Operações Padronizadas

- Classificação no ciclone pneumático — realizada no classificador com os registros R₁ e R₂ abertos totalmente, sendo o produto P₁, quando existente, juntado ao produto P₂ para formar o “underflow” do ciclone. O peso do “overflow” do ciclone pneumático geralmente foi tirado por diferença, porque as quantidades de material alimentadas no aparelho eram pequenas e nesse caso é difícil recuperar todo ou quase todo o produto retirado nos sacos coletores de pó.
- Atrição no Agitador Mecânico — realizado sempre a 1.700 rpm. As outras condições são especificadas nos testes.
- Análise granulométrica por peneiramento — devido à grande proporção de material abaixo de 400 malhas, as análises por peneiramento foram feitas a úmido e manualmente, para melhor controle.
- Secagem em estufa — sempre entre 100 e 110°C, sendo o material pesado sempre quente, por ser altamente higroscópico.



LEGENDA

SA - SILO DE ALIMENTAÇÃO

PA - PARAFUSO DE ALIMENTAÇÃO

R₁ e R₂ - REGISTROS REGULADORES DE TOMADA DE AR

CL - CLASSIFICADOR PNEUMÁTICO (8" DE DIÂMETRO)

CP - CICLONE PNEUMÁTICO (12" DE DIÂMETRO)

E - EXAUSTOR

P₁ e P₂ - VASOS COLETORES DOS PRODUTOS DO "UNDERFLOW" DO CLASSIFICADOR E CICLONE PNEUMÁTICO - AMBOS SÃO VEDADOS À ENTRADA DE AR EXTERNO.

Fig. 2 — Conjunto de classificação pneumática.

- e) Fragmentação manual — normalmente a -8 malhas, foi feita sempre com uma barra de aço, sobre superfície lisa, evitando-se superfragmentação, para não quebrar as carapaças em ação semelhante à de um britador de rolos lisos.
- f) Separação no hidrociclone — todas as operações no hidrociclone foram feitas com 20 psi na injeção e com menos de 5% de sólidos em peso na alimentação.
- g) Desagregação manual do minério — feita sobre a maior parte das amostras recebidas, suavemente, em polpa, para evitar quebra de carapaças.
- h) Composição de amostras — em amostra composta com materiais de dois ou mais furos, o peso com que o material de cada furo contribui na composição é proporcional ao peso do material recebido do furo. Por exemplo, se o material recebido de um furo A pesa 6 kg e do furo B pesa 4 kg, uma amostra composta dos dois furos tem 60% de material do furo A e 40% do furo B, em peso.
- i) Ensaio de calcinação — Estes ensaios foram realizados dentro do procedimento: — calcinação do material, com adição de 2% de carbonato de sódio, a 850°C, período de duas horas.
— passagem do produto calcinado no classificador pneumático, com o registro R₁ totalmente aberto e o registro R₂ no nível 14.
— o “underflow” do ciclone pneumático assim obtido foi quarteado e submetido a análise granulométrica (peneiramento em 150 e 325 malhas), medição de permeabilidade e peso específico aparente, conforme procedimentos seguintes:
- j) Medição de peso específico aparente — feito saturando-se uma amostra do produto com água e dividindo-se o peso do produto seco pelo volume correspondente saturado com água.
- k) Medida de permeabilidade — semiquantitativa; foram medidas vazões de água através de leitos de mesma espessura dos diversos materiais, feitos esses leitos em um funil de buchner de 45 mm de diâmetro, sobre tela de pano e submetidos a um vácuo de 20 cm de Hg. Os resultados estão apresentados em % da vazão obtida com o produto Hyflo Super-Cel, tomado como base de comparação.

OBSERVAÇÃO: Todas as amostras vieram saturadas de água, tal como foram retiradas, e não foram secadas antes dos ensaios em hidrociclone ou do peneiramento para análise granulométrica.

RESULTADOS DA CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA

A Fig. 3 apresenta um resumo geral dos resultados dos ensaios realizados na caracterização tecnológica.

LAGOA	FOLHA	TEORES				DISTRIBUIÇÃO DAS CARAPAÇAS	QUALIDADE DO PRODUTO OBTENÍVEL POR PROCESSO CONVENCIONAL
		Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	P.F.	QUARTZO		
CANAVIEIRA	Beberibe	m/b	m	a	b	+	Boa
IPU	Beberibe	a	m	m/b	a	-	Ruim
MANGABEIRA	Beberibe	a	m/b	a	m	+	Boa
PRIMEIRA LAGOA	Beberibe	a	a	a	a	-	Ruim
MOITA	Beberibe	a	m	a	m	+	Média
ARAÇÁ	Aquiraz	a	m/a	a	b	-	Ruim
ARAÇAZINHO	Aquiraz	a	m	a	m	-	Ruim
DAMIÃO	Fortaleza	a	a	a	a	-	Ruim
PAU-POMBO	Aquiraz	a	m	a	a	-	Ruim
ENCANTOS	Aracati	(-)	(-)	(-)	a	-	Ruim
VALENTÃO	Aracati	m/a	m	m/a	m/a	+	Média
SECA	Aracati	(-)	(-)	(-)	-	-	Ruim
DE DENTRO	Parajuru	a	a	m	a	-	Ruim
CANABRAVA	Paracuru	a	a	a	m	+	Ruim
MARRECAS	Paracuru	m/a	m/b	m	(-)	(-)	(-)
GRANDE	Itapipoca	m	m/b	m	m/b	+	Boa
GRANDE DA MALAMBA	Itapipoca	a	m	m	a	-	Ruim
MERCÉS	Itapipoca	m/b	m	m	(-)	(-)	(?)

Fig. 3 — Resumo dos testes de caracterização (ver comentários capítulo 3.3)

Os símbolos usados na tabela são: b, m/b, m, m/a, a (ver cap. 2.3).

+ = proporção apreciável de carapaças no + 400 malhas; segundo observações ao microscópio, trata-se de minérios que têm cerca de 20% ou mais de carapaças distribuídas na fração + 400 malhas.

- = proporção pequena de carapaças no + 400 malhas.

(-) = valores que não foram determinados.

A última coluna da Fig. 3 representa a qualidade a se esperar dos produtos a serem obtidos dos minérios.

Pelos resultados de análise química (ver Fig. 4) e observações ao microscópio conclui-se que as principais deficiências do minério dizem respeito aos altos teores de argila e quartzo. Parte do minério apresenta também alto teor de Fe_2O_3 , estando este quase totalmente disseminado na argila. Assim, uma diminuição do teor de Al_2O_3 será acompanhada por uma

Lagoa	Amostra Analisada	Nº da Amostra	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	P.F.
Canavieira	Furo JO-183C	059-Q	94,3	2,5	1,1	-	-	-	-	29,5
Canavieira	Furo JO-184B	055-Q	86,2	2,4	1,4	-	-	-	-	38,0
Canavieira	Composta dos Furos JO-183A e JO-184C	061-Q	93,7	2,5	1,0	0,26	1,2	0,14	0,18	27,9
Ipu	Furo CF-65A	003-Q	86,0	8,2	1,3	-	-	-	-	14,0
Ipu	Furo CF-66-1A	006-Q	90,4	6,3	1,2	-	-	-	-	6,2
Ipu	Composta dos Furos CF-65A, CF-66-1A, CF-68A e CF-69-1A	062-Q	90,7	6,0	1,1	0,11	0,18	0,19	0,11	6,7
Mangabeira	Furo EA-66-1A	009-Q	92,4	6,0	0,70	0,13	0,14	0,10	0,18	9,8
Mangabeira	Composta dos Furos EA-66-A e EA-66-1A	063-Q	91,9	5,7	0,56	0,16	0,16	0,15	0,11	11,5
Primeira Lagoa	Furo FM-121-1B	106-Q	77,6	11,1	3,2	-	-	-	-	24,1
Primeira Lagoa	Composta dos Furos FM-124A e FM-121-1A	064-Q	78,2	8,0	2,6	-	-	-	-	14,7
Moita	Composta dos Furos CF-75A, CF-76A, CF-77A, CF-78A e CF-79A	065-Q	85,5	10,7	1,1	-	-	-	-	46,7
Araçá	Composta dos Furos FP-77, FP-79 e FP-81	166-Q	87,6	10,4	1,4	0,20	0,70	0,07	0,13	15,4
Araçá	Do Minério em Lavra	076-Q	91,5	6,3	0,76	0,1	0,1	0,1	0,18	15,8
Araçazinho	Furo JO-181	167-Q	86,5	11,7	0,98	-	-	0,06	0,10	11,6
Araçazinho	Do Minério em Lavra	078-Q	87,8	9,2	0,75	0,10	0,10	0,25	0,32	8,1
Damião	Furo JO-036A	026-Q	81,3	11,4	2,6	0,43	0,47	0,67	0,50	22,6
Pau-Pombo	Do Minério em Lavra	002-Q	84,5	10,6	1,0	0,26	0,22	0,19	0,34	28,0
Valentão	Composta dos Furos JO-080A, JO-081A e FP-163A	170-Q	91,6	4,8	1,1	0,33	0,35	0,39	0,57	10,2
Canabrava	Furo EA-98	143-Q	87,5	7,6	1,8	-	-	-	-	22,6
Marrecas	Furo EA-109	144-Q	93,2	4,6	0,72	-	-	-	-	7,7*
Grande	Furo JO-105-2A	045-Q	94,1	3,7	0,59	0,17	0,43	0,11	0,22	7,3
Grande da Malamba	Composta dos Furos FP-241-1A, FP-241-2A, FP-241-4A	174-Q	90,9	5,2	1,1	0,16	0,63	0,46	0,18	7,1
Mercês	Furo FP-242	153-Q	96,1	2,0	1,2	0,25	0,75	0,05	0,15	7,6
De Dentro	Composta dos Furos FM-132-A, FM-132B, FM-132-4A	172-Q	82,5	9,4	2,6	0,29	0,36	0,64	0,52	8,2

Fig. 4 — Resultado de análises químicas dos minérios brutos.

correspondente diminuição do teor de Fe_2O_3 . As outras impurezas usuais em produtos de diatomita aparecem com teores geralmente baixos nos minérios estudados e aparentemente não constituem problema.

Praticamente todos os minérios estudados apresentam teor de Al_2O_3 maior que o permitido nas especificações e maior que o dosado no produto que é importado em maior quantidade.

Em sete, das nove diferentes amostras de minério analisadas através de difração de Raios-X (ver Fig. 5), foi constatada a presença de caulinita; nas outras duas o teor de Al_2O_3 era baixo. Como não foram identificados outros minerais portadores de alumínio, pode-se supor que a caulinita seja total ou quase totalmente responsável pelo Al_2O_3 do minério.

Nos ensaios realizados visando estudar o comportamento da argila, principalmente para tentar concentrá-la num produto fino, constatou-se:

- a) Em hidrociclone de 30mm, com pressão de injeção de 20 psi, verificou-se que a distribuição da caulinita se faz aproximadamente igual à distribuição da água no "overflow" e no "underflow" do ciclone; o quartzo em sua maior parte sai no "underflow"; as carapaças das diatomáceas só se submetem ao processo de classificação quando maiores que cerca de 25 a 30 microns; abaixo dessa granulometria se distribuem nos produtos segundo a distribuição da água.

AMOSTRAS	MINERAIS IDENTIFICADOS
081-01/RX-1 Lagoa do Valentão	Quartzo, Diopsídio, Keatita (SiO_2) ^K e Zirconita.
081-01/RX-2 Lagoa da Canavieira	Quartzo, Cristobalita ou Tridimita
081-01/RX-3 Lagoa do Ipu	Caulinita e Quartzo
081-01/RX-4 Lagoa de Dentro	Caulinita e Quartzo
081-01/RX-5 Lagoa da Mangabeira	Caulinita, Quartzo, Cristobalita ou Tridimita
081-01/RX-6 Lagoa do Araçazinho	Caulinita e Quartzo
081-01/RX-7 Primeira Lagoa	Larnita (BCa_2SiO_4), Caulinita e Quartzo
081-01/RX-8 Lagoa do Araçá	Diopsídio e Caulinita
081-01/RX-9 Lagoa do Pau-Pombo	Caulinita, Cristobalita ou Tridimita e Quartzo

Fig. 5 — Identificação mineralógica — difração de raios-x

- b) Fazendo-se fragmentação do minério seco ao sol e/ou estufa, seguida de classificação em ciclone pneumático, os resultados são muito semelhantes aos obtidos com hidrociclones. Nesse caso, atribuem-se os maus resultados à falta de liberação dos constituintes do minério. Constatou-se que, depois de seco e fragmentado, o minério apresenta aglomerados de carapaças cimentados por argila.

Os resultados da caracterização tecnológica dos minérios estudados indicaram a possibilidade de aplicação dos processos convencionais apenas para uma pequena parcela dos depósitos estudados (ver última coluna Fig. 3), no que se refere a obtenção de produtos para filtração ou produtos com especificação semelhante.

2.5 — ENSAIOS DE BENEFICIAMENTO

A partir dos resultados de caracterização tecnológica, foram selecionadas, para os estudos de beneficiamento, as lagoas de ARAÇÁ e CANAVIEIRA. Esse estudo foi desenvolvido segundo os fluxogramas I e II. Os equipamentos utilizados foram os mesmos dos estudos de caracterização tecnológica.

O fluxograma II é utilizado tradicionalmente (1,3,4,7), às vezes com pequenas variações. Em qualquer um dos dois fluxogramas estudados é feita adição de Na_2CO_3 ao produto a ser calcinado. Isto causa branqueamento do produto, torna o ferro presente insolúvel e aumenta a permeabilidade do produto final.

O fluxograma I consta de duas partes:

- a) concentração a úmido, com retirada do quartzo em hidrociclone concentrador e produção de um rejeito argiloso por dispersão/sedimentação.
- b) beneficiamento a seco do produto obtido na concentração a úmido; este beneficiamento a seco se faz segundo os processos tradicionais, com a diferença de que o quartzo já foi previamente retirado do material.

Em maior detalhe foram estudados: atrição, separação em hidrociclone concentrador, dispersão/sedimentação, deságüe por filtragem, adição de carbonato/calcinação e classificação pneumática.

AMOSTRAS ESTUDADAS

Lagoa da Canavieira

Neste estudo utilizou-se uma amostra de 400 kg. A análise química de uma amostra média apresentou a seguinte composição:

P.F	Al_2O_3	Fe_2O_3	SiO_2	P_2O_5	TiO_2	Na_2O	KO_2	CaO	MgO
21,1	2,7	1,1	94,6	0,55	0,39	0,14	0,09	0,65	0,16

(P.F. em base seca; demais produtos em base calcinada).

Lagoa do Araçá

Foram recebidas duas amostras: Araçá Amarelo (atualmente em lavra pela empresa Cearita) e Araçá Preto.

Uma amostra composta (Araçá Amarelo + Araçá Preto), utilizada nesse estudo, apresentou os seguintes teores:

P.F	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	K_2O	Na_2O	MgO	CaO	TiO_2	P_2O_5
21,6	83,6	11,7	1,5	0,10	0,07	0,17	0,11	0,62	<0,06

(P.F. em base seca; demais teores em base calcinada).

RESULTADOS OBTIDOS: FLUXOGRAMA I

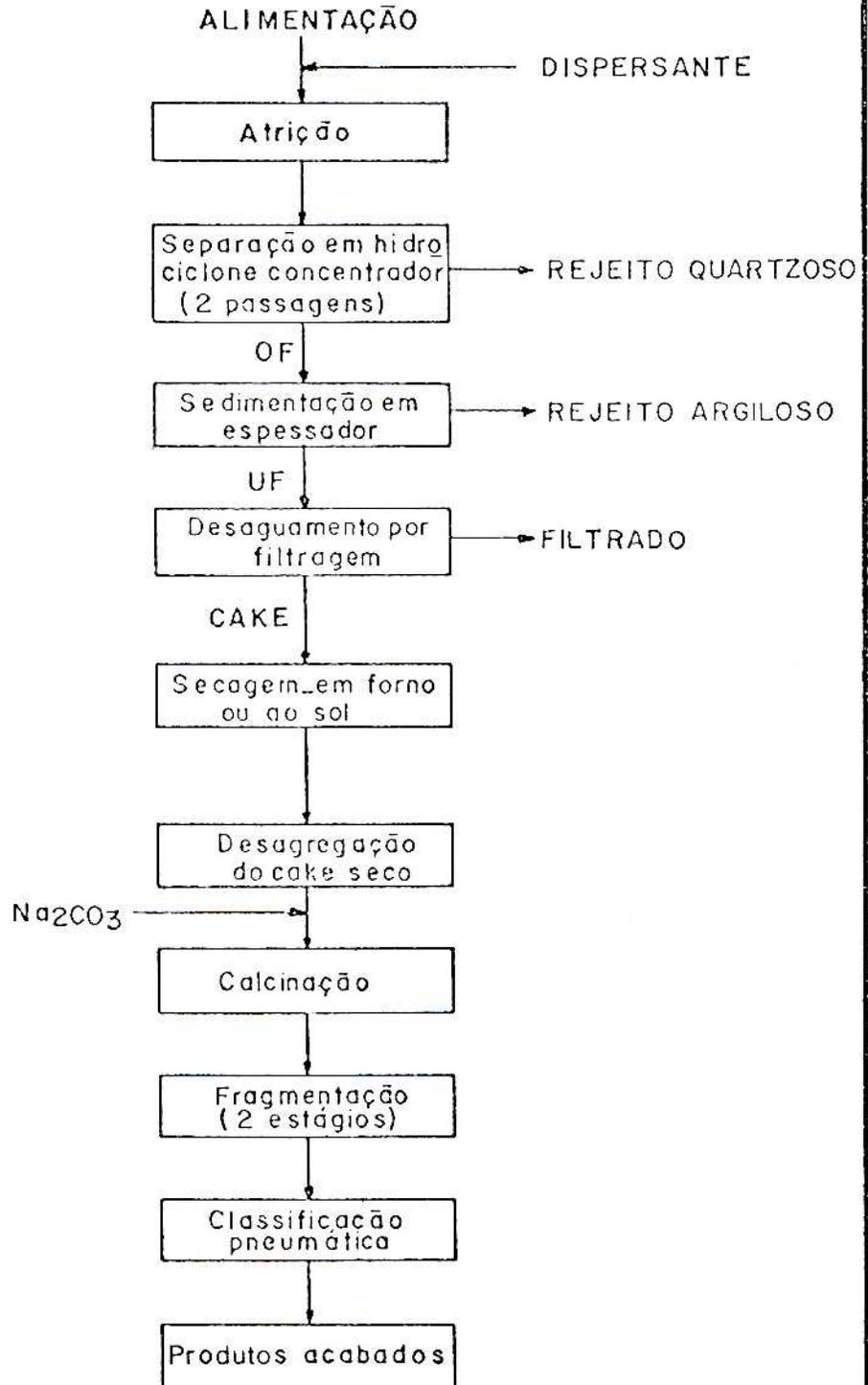
Atrição

Todos os testes foram feitos com polpa de 20% sólidos (ver Fig. 6), utilizando o equipamento Denver D-1 (rotor de escrubagem).

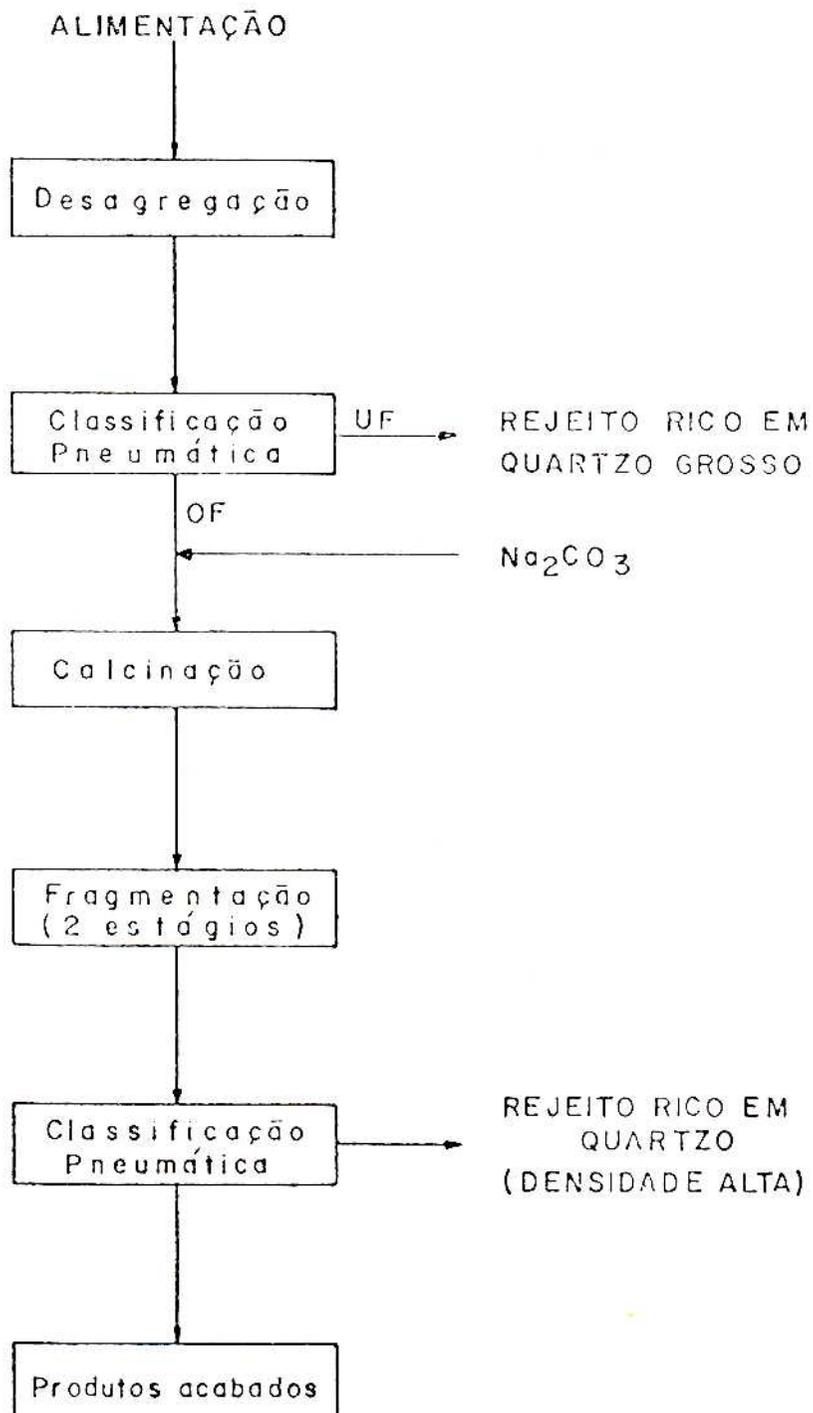
A aferição dos resultados foi feita através de observações ao microscópio e análise química das frações + 400 malhas dos produtos atritados.

No minério da Lagoa Canavieira constatou-se uma concentração de matéria orgânica na fração + 400 malhas. Observou-se também que grande parte da argila está associada à matéria orgânica. Esta associação também aparece nas outras amostras, embora em menor quantidade.

FLUXOGRAMA I



FLUXOGRAMA II



Quanto maior o tempo de atrição e velocidade de rotação, menor o teor de Al_2O_3 na fração + 400 malhas. Com 10 minutos de atrição e velocidade 2000 rpm, observou-se ao microscópio que praticamente em todas as amostras já não existem aglomerados de argila e carapaça. Para velocidades e tempos de atrição muito altos (2900 rpm e 30 min.) as carapaças aparecem muito quebradas no produto, fato esse que não se verificou para velocidade e tempos de atrição mais baixos (2000 rpm e 5 ou 10 minutos).

Em condições contínuas a atrição não deverá apresentar problemas. Prevê-se que uma atrição durante 10 minutos seja suficiente.

TESTE Nº	AMOSTRA	TEMPO DE ATRIÇÃO (MIN)	ROTAÇÃO (RPM)	FRAÇÃO + 400 MALHAS		
				P.F.	Al_2O_3	Fe_2O_3
01	Composta: A. Preto + A. Amarelo	5	1500	20,1	8,3	-
02	Composta: A. Preto + A. Amarelo	10	1500	20,7	5,9	-
03	Composta: A. Preto + A. Amarelo	5	2000	20,8	7,2	-
04	Composta: A. Preto + A. Amarelo	10	2000	22,8	5,4	0,9
05	Composta: A. Preto + A. Amarelo	20	2000	22,4	4,9	0,8
06	Composta: A. Preto + A. Amarelo	30	2000	17,6	4,4	-
07	Composta: A. Preto + A. Amarelo	5	2850	18,7	6,2	-
08	Composta: A. Preto + A. Amarelo	30	2850	17,6	3,2	-
09	Composta: A. Preto + A. Amarelo	20	2900	19,8	4,2	-
10	Composta: A. Preto + A. Amarelo	30	2900	18,2	3,6	-
11	Araçá Amarelo	5	1500	-	-	-
12	Araçá Amarelo	10	1500	21,9	3,1	-
13	Araçá Amarelo	10	2500	23,7	3,0	-
14	Araçá Preto	5	1500	8,9	6,8	-
15	Araçá Preto	10	1500	10,3	6,0	-
16	Araçá Preto	10	2500	9,1	5,0	-
17	Canavieira	5	1500	49,1	4,0	-
18	Canavieira	10	1500	42,7	2,9	-
19	Canavieira	10	2500	38,3	2,1	1,4
20	Araçá Preto + 10% Quartzo (<1mm)	5	1500	7,2	5,2	-
21	Araçá Preto + 10% Quartzo (<1mm)	10	1500	-	-	-
22	Araçá Preto + 10% Quartzo (<1mm)	5	2500	-	-	-
23	Araçá Preto + 10% Quartzo (<1mm)	10	2500	-	-	-

Fig. 6 — Resumo dos testes de atrição

Separação em Hidrociclone

O objetivo da separação em hidrociclone concentrador (ângulo do cone do ápex maior que no hidrociclone classificador) foi a remoção do quartzo. Os dados do hidrociclone utilizados são:

diâmetro = 6,3 cm

comprimento da parte cilíndrica = 6,3 cm

diâmetro do injetor = 1,0 cm

diâmetro do "finder" do "vortex" = 2,0 cm

diâmetro do ápex = testados 0,7 e 1,0 cm

comprimento do "finder" do "vortex" = testados 3,5 e 4,5 cm

ângulo da parte cônica = testados 90° e 120°

pressão de injeção = 10 psi

Os resultados obtidos estão na Fig. 7. A avaliação dos resultados se fez pelo peso do quartzo na fração + 400 malhas do produto do "underflow" do hidrociclone e através de observações ao microscópio.

A determinação do peso do quartzo na fração + 400 malhas do "underflow" foi feita tomando-se uma alíquota do produto e triturando-a com alta percentagem de sólidos, no agitador mecânico, com alta rotação, até a destruição completa das carapaças e quebra da maior parte das espículas de matéria orgânica a tamanhos — 400 malhas; neste processo o quartzo sofreu pouco os efeitos da atrição; depois de triturada, a amostra era peneirada em 400 malhas, sendo a fração + malha calcinada e pesada, constatando-se ao microscópio tratar-se de quartzo quase puro.

Em todos os testes o material foi antes triturado, com cerca de 20% sólidos (agitador/condicionador n.º 01 — Denver).

Antes de alimentar a polpa no hidrociclone, todo o material era peneirado em 8 malhas para evitar que partículas maiores obstruíssem o orifício do ápex. A quantidade de material retido em 8 malhas é desprezível (matéria orgânica).

Foram feitos testes com ângulos de 90 e 120° para a parte cônica e 3,5 cm e 4,5 cm para o "finder" do "vortex", não se observando diferença marcante entre os resultados. Finalmente adotou-se um comprimento 3,5 cm para o "finder", orifício do ápex 1,0 cm de diâmetro e ângulo de 120° para a parte cônica.

Ao microscópio verificou-se que, para os testes com o minério da Lagoa do Araçá, a fração + 400 malhas do "underflow" se constitui de material com teor altíssimo de quartzo. Como ao "underflow" acompanha um pouco de material — 400 malhas e que não é quartzo, esse poderia ser eliminado passando uma segunda vez no hidrociclone. Quanto ao "overflow", verifica-se que na faixa — 200 + 400 malhas ainda aparece uma quantidade não desprezível de quartzo. Este poderá ser retirado, em sua maior parte, mediante uma segunda passagem no hidrociclone. O quartzo do minério da Lagoa do Araçá se deve em maior parte ao minério Araçá Preto; o minério Araçá Amarelo tem um teor muito baixo de quartzo, em comparação com o Araçá Preto.

Prevê-se que não haverá problemas com a retirada de quartzo, em condições contínuas.

Constatou-se também que a presença de argila e matéria orgânica além de certos limites apresenta viscosidade elevada, quando se trabalha com concentrações de sólidos de 150 g/l. Recomenda-se uma concentração de sólidos na alimentação de 100 g/l (cerca de 10% em peso).

DISPERSÃO/SEDIMENTAÇÃO

Na dispersão/sedimentação estudaram-se principalmente os efeitos de pH, dispersante e concentração de sólidos na alimentação, sobre o teor de Al_2O_3 e Fe_2O_3 no sobrenadante. A maioria dos testes foram realizados em bécher de 500 ml.

Constatados resultados positivos, foram feitos ensaios em bécher de 3500 ml, para dimensionamento de área de sedimentação para ensaios contínuos em planta piloto e verificação de resultados possíveis da separação.

Foram realizados também ensaios de sedimentação em baldes de 60 litros, para obtenção de maior volume de sedimentos com baixo teor de argila, objetivando os ensaios de calcinação, classificação pneumática e medições de permeabilidade relativa.

Procedimento

Cerca de 500 ml de polpa eram agitadas com agitador magnético, durante 10 minutos, depois de ajustado o pH (NaOH ou HCL) e adicionado o dispersante. Após 10 minutos de agitação a polpa era deixada em repouso durante 3 horas, retirando-se então o sobrenadante até o nível 200 ml. Foram feitas determinações de P.F., Al_2O_3 e Fe_2O_3 da maioria dos sobrenadantes (ver Fig. 8).

Análise química das amostras utilizadas:

	P.F.	Al_2O_3	Fe_2O_3
AC — 1 — OF	19,5	13,0	1,5
AC — 4 — OF	20,0	11,7	1,6
CC — 4 — OF	19,1	3,0	—
CC — 5 — OF	19,7	2,8	—
DC — 2 — OF	14,9	10,8	1,9

Fig. 7 — Testes de separação em hidrociclone concentrador.

Teste N.º	Lagoa	Comprimento do Funder (mm)	Diâmetro do Orifício do Apex (mm)	Ângulo do Cone do Apex (graus)	Amostra	Alimentação				UNDER FLOW				OVERFLOW			
						Volume Alimentado (t)	Peso dos Sólidos (g)	Concentração de Sólidos (g/l)	Taxa de Alimentação Polpa (l/min)	Sólidos (g/min)	Volume (**) (*)	Peso dos Sólidos (*)	Peso do Quartzo NO + 400 m (*)	Concentração de Sólidos (g/l)	Volume (**)	Peso dos Sólidos (*)	Concentração de Sólidos (g/l)
01	Araçá	35	10	120	Tal-Qual	167	3300	20	14,4	280	1,9	-	-	98,1	-	-	AC-1-OF
02	Araçá	35	10	120	Tal-Qual	57	4560	80	18,4	1470	1,8	3,5	2,4	98,2	96,5	79	AC-2-OF
03	Araçá	35	10	120	Tal-Qual	80	4800	60	17,9	1080	1,9	4,6	3,1	98,1	95,4	59	AC-3-OF
04	Araçá	45	10	120	Tal-Qual	48	3970	83	17,7	1470	1,5	4,0	2,6	98,5	96,0	81	AC-4-OF
05	Araçá	45	10	120	Tal-Qual	51	4060	80	18,4	1480	1,4	4,1	2,5	98,6	95,9	78	AC-5-OF
06	Araçá	35	10	90	Tal-Qual	57	4150	73	19,1	1380	2,4	-	-	97,6	-	-	AC-6-OF
07	Araçá	35	10	90	Tal-Qual	97	4900	51	19,4	980	1,0	4,6	3,0	99,0	95,4	49	AC-7-OF
08	Araçá	35	10	120	Tal-Qual	129	8870	67	18,2	1220	-	3,6	2,6	98,9	96,4	65	AC-8-OF
09	Araçá	35	10	120	Tal-Qual	182	14060	77	18,3	1420	1,1	3,9	2,6	99,2	96,1	75	AC-9-OF
10	Araçá	35	10	120	AC-9-OF	203	12710	63	17,8	1120	0,8	1,8	0,8	98,0	98,2	62	AC-10-OF
11	Araçá	35	10	120	Tal-Qual	-	-	~80	-	-	-	-	-	-	-	-	AC-11-OF
12	Araçá	35	10	120	Tal-Qual	-	-	~80	-	-	-	-	-	-	-	-	AC-12-OF
13	Araçá	35	10	120	AC-12-OF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	AC-13-OF
14	Araçá	35	10	120	Tal-Qual	28	2500	89	17,9	1580	1,1	2,6	-	98,9	97,4	87	AC-14-OF
15	Araçá	35	10	120	AC-14-OF	31	2330	75	17,3	1320	2,1	2,9	-	97,9	97,1	75	AC-15-OF
16	Araçá	35	10	120	Tal-Qual e Quartzo	43	4010	93	18,9	1780	3,8	13,2	8,6	96,2	86,8	85	AQ-1-OF
17	Araçá	35	10	120	AQ-1-OF	43	3020	70	16,2	1300	1,7	3,6	1,2	98,3	96,4	79	AQ-2-OF
18	Canavieira	35	10	120	Tal-Qual	35	5000	143	18,8	2690	2,0	3,6	1,6	96,0	96,4	142	CC-1-OF
19	Canavieira	10	10	120	CC-1-OF	47	4480	95	19,0	1800	1,5	2,9	1,2	98,5	97,1	94	CC-2-OF
20	Canavieira	10	10	120	Tal-Qual	45	7000	156	19,2	2980	2,7	3,8	1,5	97,3	96,2	153	CC-3-OF
21	Canavieira	35	10	120	CC-3-OF	44	6190	141	18,3	2560	2,1	2,5	0,5	97,9	97,5	140	CC-4-OF
22	Canavieira	35	10	120	Tal-Qual	46	6140	133	19,0	2560	2,0	3,4	-	98,0	96,6	132	CC-5-OF
23	Canavieira	35	10	120	CC-5-OF	42	5300	126	18,3	2330	1,1	1,4	-	98,9	98,6	127	CC-6-OF
24	Canavieira e Araçá	35	10	120	Tal-Qual Composita	32	3040	95	18,1	1740	2,1	3,3	1,2	97,9	96,7	95	MC-1-OF
25	Canavieira e Araçá	35	10	120	Tal-Qual Composita	71	9320	131	17,8	2330	4,4	5,7	1,1	95,6	94,3	129	MC-2-OF
26	Canavieira e Araçá	35	10	120	MC-2-OF	71	8490	120	17,4	2070	3,8	4,6	1,2	96,2	95,4	118	MC-3-OF
27	Diversas	35	10	120	Tal-Qual	42	4070	97	17,1	1660	4,8	20,1	-	95,2	79,9	81	DC-1-OF
28	Diversas	35	10	120	DC-1-OF	44	3300	75	17,5	1290	1,1	4,4	-	98,9	95,6	72	DC-2-OF

OBS.: (*) Pesos dados em % do peso dos sólidos na alimentação.

(**) Volumes dos produtos em % do volume da alimentação.

Os valores não foram determinados e não foram considerados devido a alguma irregularidade do teste ou na determinação dos ditos valores.

Os resultados obtidos com os dispersantes silicato de sódio e hexametáfosfato de sódio foram praticamente iguais. O pH mostrou ser a variável mais influente, pois sem adição de dispersante obtiveram-se os mesmos resultados (ver Fig. 9 e 10).

Verifica-se que os teores de Fe_2O_3 dos sobrenadantes, para o minério do Araçá, são maiores que os da alimentação (Fig. 8 e pg. 22). O mesmo ocorre com a perda ao fogo. Desta forma, um abaixamento do teor de Al_2O_3 do sedimentado é acompanhado de um abaixamento dos teores de Fe_2O_3 e P.F.

O sedimentado do teste n.º 32 (Fig. 8) foi diluído novamente para 500 ml, o pH corrigido novamente para 7,5 e deixado em repouso por 3 horas, separando-se então um novo sedimento e um novo sobrenadante, que analisados deram os seguintes teores:

	Peso (%)	P.F.	Al_2O_3	Fe_2O_3
Sobrenadante	27,4	20,4	16,9	2,2
Sedimentado	72,6	15,4	3,4	0,8
Alim. Calcul.	100,0	16,8	7,0	1,2

Este ensaio foi realizado para avaliar os teores de Al_2O_3 e Fe_2O_3 no caso de uma "limpeza" do sedimentado, numa segunda operação de sedimentação. Posteriormente, com os testes de sedimentação em bécher de 3500 ml, verificou-se que, para amostras com cerca de 9% de Al_2O_3 , será necessária apenas uma operação de sedimentação para produzir sedimentado com teor suficientemente baixo de Al_2O_3 , para ser tomado como produto acabado, em termos de teores.

Para o minério da Lagoa da Canavieira, conforme testes 51 e 55 (Fig. 8), os teores de Al_2O_3 no sobrenadante foram cerca de 2 vezes o teor da alimentação, que por sua vez é baixo, da ordem de 3%.

Como os rendimentos ponderáveis dos sobrenadantes foram muito baixos, isto correspondeu a abaixamentos pequenos de teores de Al_2O_3 nos sedimentados. Testes posteriores em bécher de 3500 ml confirmaram essa conclusão.

ESTUDO DE DESAGUAMENTO POR FILTRAGEM

Esses estudos foram feitos para verificar a possibilidade de desaguar o sedimentado da dispersão/sedimentação por filtragem e dimensionar o filtro para planta piloto, em caso de resultado satisfatório.

Nesses ensaios foram utilizados dispositivos comuns (leaf test), ver Fig. 11. O disco de teste tem uma área de $0,1 \text{ ft}^2$

Nas Figuras 12, 13, 14 e 15 estão apresentados alguns resultados da série de testes realizados. Foram feitos cálculos do peso de sólidos secos produzidos nos testes (em $\text{kg}/\text{m}^2 \times \text{h}$) e a área unitária de filtragem contínua, se esta fosse realizada nas mesmas condições do teste. No cálculo da área unitária utilizou-se a fórmula:

$$\text{area unitária} = 1,5 \frac{ST}{P} (\text{m}^2 \times \text{h}/\text{t})$$

Sendo: 1,5 = coeficiente de correção da passagem da condição descontínua para filtragem contínua.

S = área do disco de teste (em m^2)

T = período de rotação do filtro (neste caso é igual a seis vezes o tempo de formação do "cake", em horas).

P = peso líquido dos sólidos secos produzidos no teste (em toneladas).

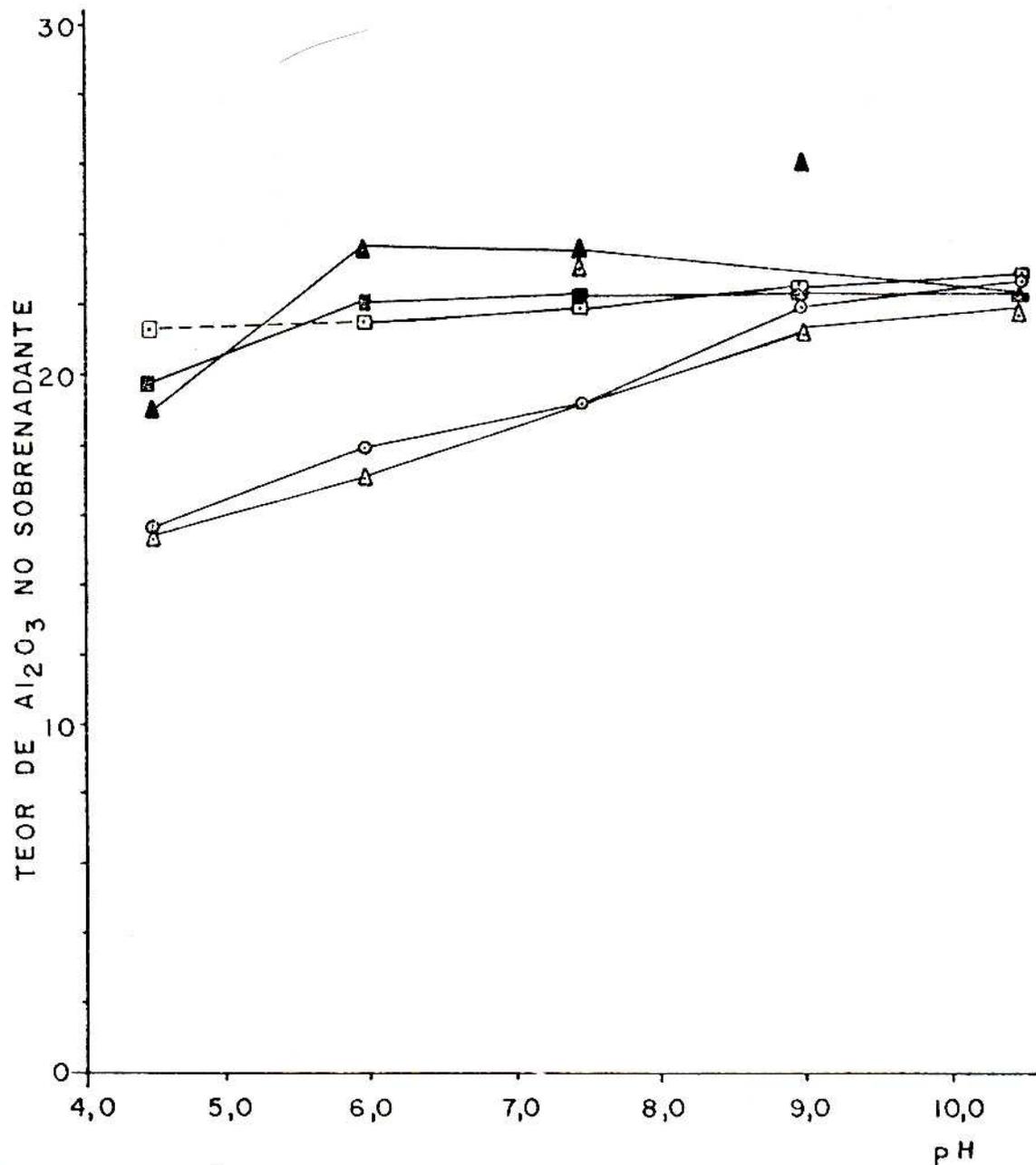
Em todos os testes a umidade do "cake" se apresentou muito alta, em torno de 70%. Parece que a maior parte dessa umidade corresponde à água que se encontra no interior das carapaças. Um "cake" com pouco mais de 70% de umidade apresenta boa aparência logo depois da secagem, porém, com pouco tempo depois de raspado, se desmancha em uma polpa pastosa.

A formação do "cake" não apresenta problemas, em pH ácido. As áreas de filtragem altas, encontradas nos testes, se devem somente à baixa densidade aparente do material.

Nº DO TESTE	AMOSTRA USADA NO TESTE	CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS *	REAGENTE USADO	QUANTIDADE DE REAGENTE **	pH	SOBRENADANTE				
						CONC. DE SÓLIDOS*	DISTRIB. DOS SÓLIDOS	TEORES		
								P.F.	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
01	AC-1-OF	20	-	-	4,5	4,3	15%	20,3	15,6	1,8
02	"	20	-	-	6,0	9,9	32%	26,5	18,9	2,1
03	"	20	-	-	7,5	9,4	36%	26,8	19,5	2,0
04	AC-15-OF	20	-	-	9,0	-	-	24,9	21,8	-
05	"	20	-	-	10,5	-	-	25,1	22,3	-
06	AC-1-OF	20	Silic. Na	2500	4,5	4,1	14%	16,3	18,9	0,9
07	"	20	"	2500	6,0	9,6	31%	23,9	23,7	2,7
08	"	20	"	2500	7,5	9,2	31%	23,8	23,4	2,4
09	"	20	"	2500	9,0	9,5	34%	23,5	26,3	2,6
10	AC-15-OF	20	"	2500	10,5	-	-	24,3	22,1	-
11	AC-1-OF	20	"	1000	4,5	3,9	14%	15,6	14,5	1,5
12	"	20	"	1000	6,0	9,6	33%	23,4	18,5	2,4
13	AC-15-OF	20	"	1000	7,5	-	-	24,3	23,1	-
14	AC-1-OF	20	"	1000	9,0	9,7	33%	23,7	21,3	2,5
15	"	20	"	1000	10,5	9,8	34%	24,1	21,9	2,6
16	AC-15-OF	20	(NaPO ₃)n	2500	4,5	-	-	22,8	22,7	-
17	"	20	"	2500	6,0	-	-	22,5	22,7	-
18	AC-1-OF	20	"	2500	7,5	8,8	34%	23,6	22,4	2,2
19	AC-15-OF	20	"	2500	9,0	-	-	23,1	22,2	-
20	AC-1-OF	20	"	2500	10,5	9,4	35%	24,0	19,2	2,1
21	"	20	"	1000	4,5	9,9	34%	24,1	17,7	2,1
22	"	20	"	1000	6,0	10,0	38%	23,9	22,2	2,3
23	"	20	"	1000	7,5	9,6	33%	25,8	21,7	2,4
24	"	20	"	1000	9,0	9,7	34%	23,8	23,4	2,3
25	"	20	"	1000	10,5	10,0	35%	23,8	20,4	2,1
26	AC-4-OF	80	-	-	7,5	38,1	36%	24,5	25,8	2,3
27	"	80	Silic. Na	1000	7,5	37,0	35%	24,6	25,1	2,2
28	"	80	(NaPO ₃)n	1000	7,5	37,9	36%	24,5	22,8	2,1
29	"	40	-	-	7,5	20,3	35%	24,1	22,8	2,2
30	"	40	(NaPO ₃)n	1000	7,5	20,5	35%	24,1	23,1	2,3
31	"	40	Silic. Na	1000	7,5	19,3	31%	24,0	23,2	2,3
32	"	40	(NaPO ₃)n	1000	7,5	19,7	48%	23,6	22,5	2,2
33	AC-13-OF	20	Silic. Na	3000	4,5	-	-	24,2	21,3	2,2
34	"	20	"	3000	6,0	-	-	25,0	21,5	2,1
35	"	20	"	3000	7,5	-	-	25,5	21,9	2,1
36	"	20	"	3000	9,0	-	-	24,8	22,3	2,3
37	"	20	"	3000	10,5	-	-	25,2	21,7	2,4
38	"	20	"	3500	4,5	-	-	24,3	21,7	2,1
39	"	20	"	3500	6,0	-	-	25,3	22,0	2,3
40	"	20	"	3500	7,5	-	-	25,5	22,1	2,4
41	"	20	"	3500	9,0	-	-	25,6	22,2	2,3
42	"	20	"	3500	10,5	-	-	25,4	22,0	2,2
43	"	20	Silic. + N25	2500 + 1000	7,5	-	-	23,0	19,4	2,1
44	CC-2-OF	50	-	-	6,0	não med.	não med.	n.a.	n.a.	n.a.
45	"	50	Silic. Na	500	6,0	não med.	não med.	n.a.	n.a.	n.a.
46	"	50	"	1000	6,0	não med.	não med.	n.a.	n.a.	n.a.
47	"	50	(NaPO ₃)n	500	6,0	6,7	9,3	n.a.	n.a.	n.a.
48	"	50	"	1000	6,0	6,4	9,0	n.a.	n.a.	n.a.
49	CC-4-OF	150	-	-	7,5	não med.	não med.	n.a.	n.a.	n.a.
50	"	150	Silic. Na	500	7,5	não med.	não med.	n.a.	n.a.	n.a.
51	"	150	"	1000	7,5	20,0	6,5	18,5	6,3	1,0
52	"	150	(NaPO ₃)n	500	7,5	14,0	4,3	18,1	6,5	1,1
53	"	150	"	1000	7,5	21,3	6,6	18,6	6,7	1,6
54	"	150	-	-	7,5	31,2	8,3	18,9	7,6	1,2
55	"	150	Silic. Na	500	7,5	32,1	9,0	20,7	5,8	1,1
56	DC-2-OF	40	(NaPO ₃)n	2500	10,5	17,7	32,9	n.a.	n.a.	n.a.
57										
58										
59										
60										
61										
62										
63										
64										
65										
66										
67										
68										
69										
70										

Fig. 8 — Testes de dispersão em bêcher de 500 ml.

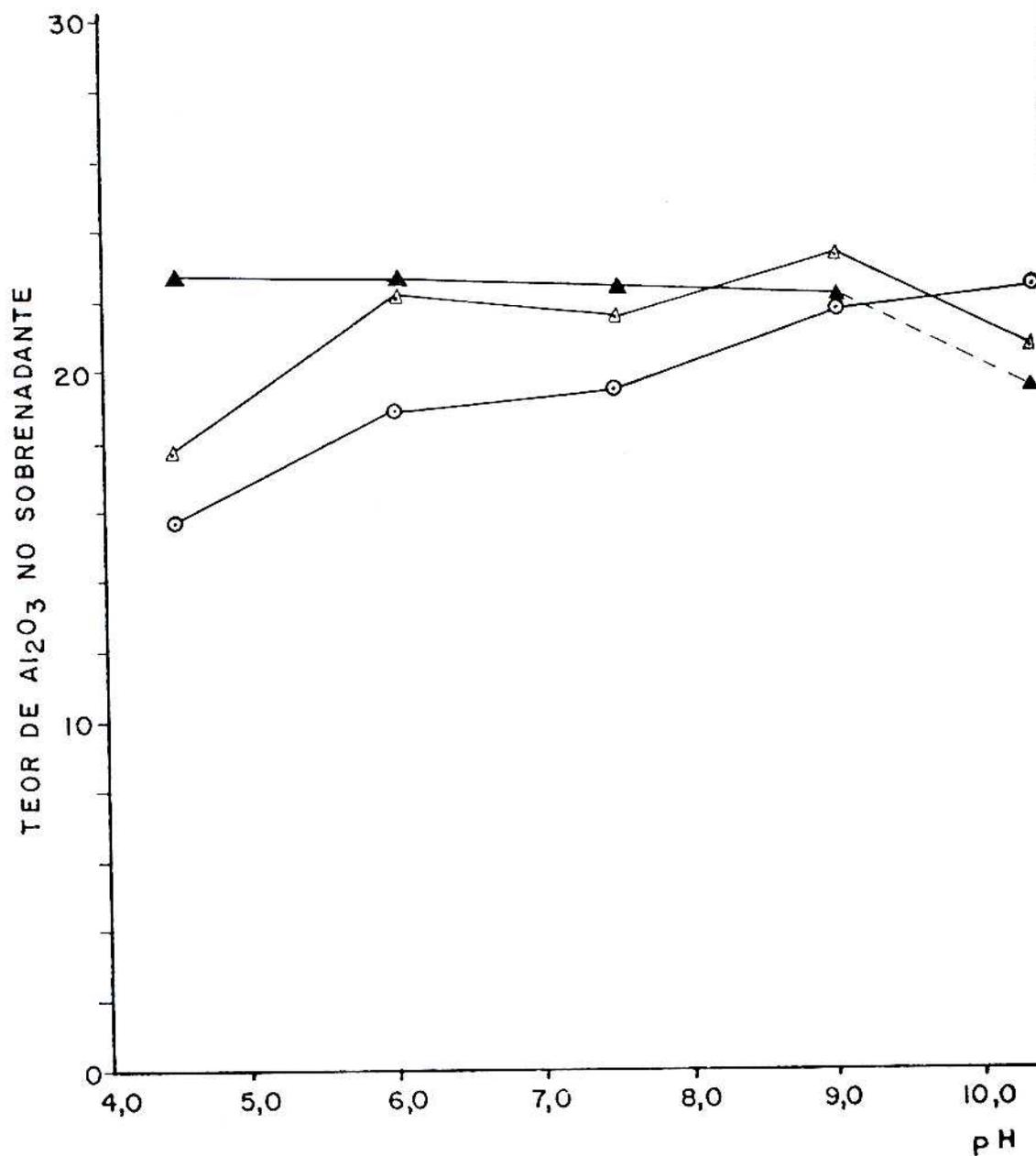
OBSERVAÇÕES: * Em gramas de sólidos por litro de polpa.
 ** Em gramas de reagente por tonelada de sólidos



- Sem adição de dispersante
- △ Adição de Silicato de Sódio - 1000 g/t
- ▲ Adição de Silicato de Sódio - 2500 g/t
- Adição de Silicato de Sódio - 3000 g/t
- Adição de Silicato de Sódio - 3500 g/t

TESTES FEITOS COM POLPA COM 20 g DE SÓLIDOS POR LITRO...
 MINÉRIO DA LAGOA DO ARAÇA-AMOSTRA COMPOSTA A.AMARE-
 LO + A.PRETO

Fig. 9 — Testes de sedimentação em bécher de 500 ml — Dispersando com silicato de sódio.



○ Sem adição de dispersante

△ Adição de Hexametáfosfato de Sódio - 1000 g/t

▲ Adição de Hexametáfosfato de Sódio - 2500 g/t

TESTES FEITOS COM POLPA COM 20g DE SÓLIDOS POR LITRO -
 MINÉRIO DA LAGOA DO ARAÇÁ - AMOSTRA COMPOSTA A.AMARELO
 +A PRETO

Fig. 10 — Teste de sedimentação em bécher de 500 ml — Dispersando com hexametáfosfato de sódio

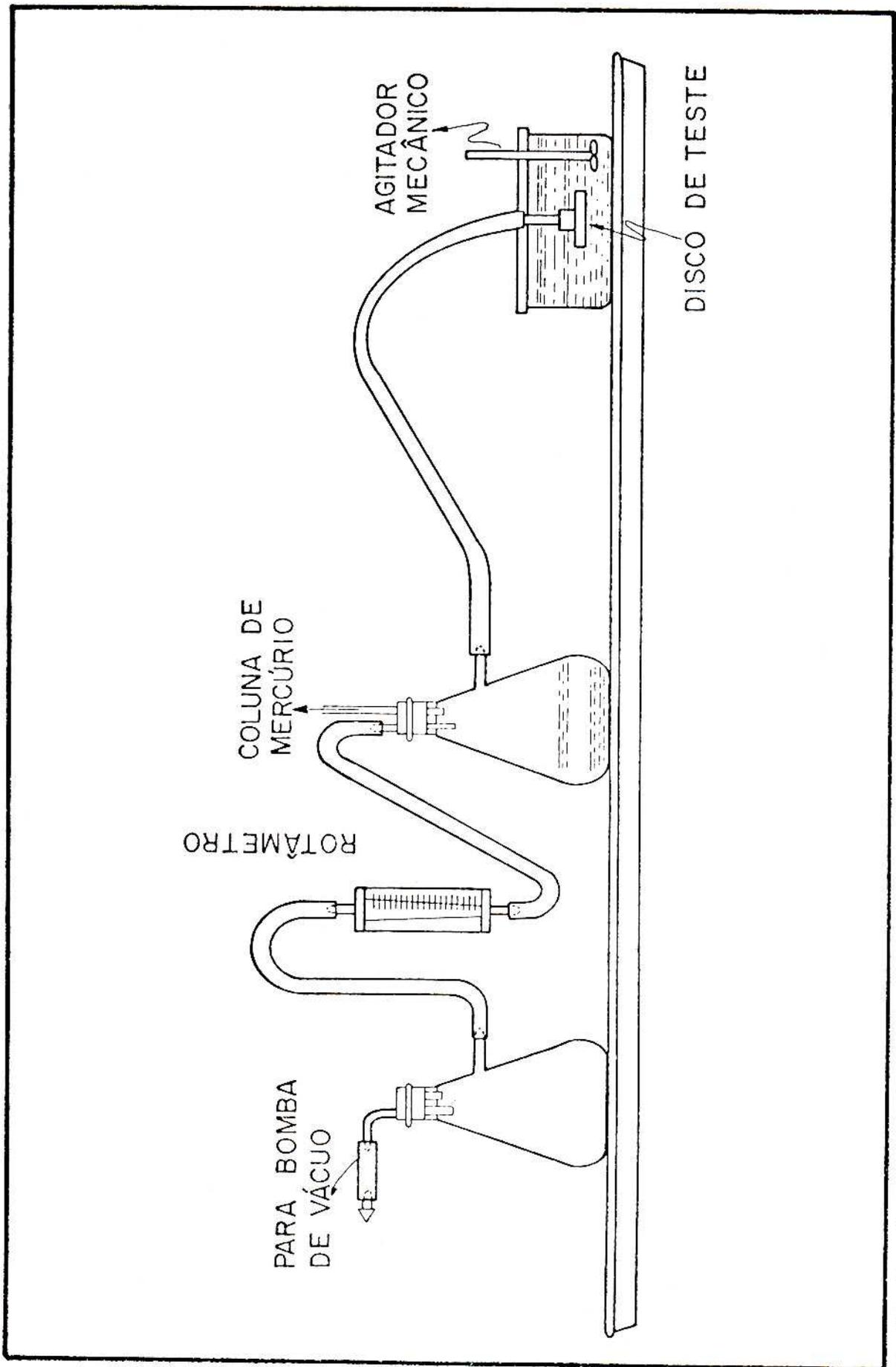


Fig. 11 — Dispositivo de teste de filtração

Os resultados sugerem para planta piloto, um filtro com área de $30 \text{ m}^2 \times \text{h/t}$. O dimensionamento do filtro para eventual instalação industrial deverá ser feito em planta piloto, utilizando polpa com características mais representativas das médias dos depósitos.

A) AMOSTRA USADA PARA O TESTE	Sedimentado do teste de sedimentação em balde.
B) CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS	120 g/l
C) TEMPERATURA DA POLPA	21°C
D) pH DA POLPA	8,0
E) REAGENTES ADICIONAIS	a) CaCl_2 — 1000 g/t b) Floculante N-25 - 10 ppm
F) TEMPO DE FORMAÇÃO DO "CAKE"	4,0 min.
G) TEMPO DE SECAGEM DO "CAKE"	12 min.
H) NÍVEL DE VÁCUO	a) FORMAÇÃO — 30 cm Hg b) SECAGEM — 30 cm Hg
I) PANO USADO	Remae 2072
J) Nº DE VEZES QUE O PANO FOI USADO ANTES SEM SER LAVADO	1 (uma)
K) VAZÃO DE AR NO FINAL DO TEMPO DE SECAGEM	4,0l/min.
L) ESPESSURA DO "CAKE"	1,9 cm
M) PESO DO "CAKE" RASPADO NA LATERAL DO DISCO	94,0g
(ÚMIDO)	
N) PESO LÍQUIDO DO "CAKE" (TOTAL-RASPADO)	Úmido — 195,2 g Seco — 47,3 g
O) UMIDADE DO "CAKE"	75,8%
P) VOLUME DE FILTRADO CORRESPONDENTE AO PESO ..	242 ml
LÍQUIDO DO "CAKE"	
Q) PESO SÓLIDOS SECOS	12,7 $\text{kg/m}^2 \times \text{h}$
R) ÁREA UNITÁRIA	118 $\text{m}^2 \times \text{h/t}$

Fig. 12 — Teste de filtração a vácuo (nº 03)

OBSERVAÇÃO: Os resultados são válidos para filtro a vácuo, de tambor, com tempo de secagem igual a 3 vezes o tempo de formação do "cake".

A) AMOSTRA USADA PARA O TESTE	Sedimentado do teste de sedimentação em balde.
B) CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS	120 g/l
C) TEMPERATURA DA POLPA	20°C
D) pH DA POLPA	5,0
E) REAGENTES ADICIONAIS	a) - b) -
F) TEMPO DE FORMAÇÃO DO "CAKE"	2,0 min.
G) TEMPO DE SECAGEM DO "CAKE"	6,0 min.
H) NÍVEL DE VÁCUO	a) FORMAÇÃO — 30 cm Hg b) SECAGEM — 30 cm Hg
I) PANO USADO	Remae 2072
J) Nº DE VEZES QUE O PANO FOI USADO ANTES SEM SER LAVADO	2 (duas)
K) VAZÃO DE AR NO FINAL DO TEMPO DE SECAGEM	4,0 l/min.
L) ESPESSURA DO "CAKE"	2,0 cm
M) PESO DO "CAKE" RASPADO NA LATERAL DO DISCO (ÚMIDO)	113,3 g
N) PESO LÍQUIDO DO "CAKE" (TOTAL-RASPADO)	ÚMIDO — 215,1 g SECO — 50,8 g
O) UMIDADE DO "CAKE"	76,4%
P) VOLUME DE FILTRADO (CORRESPONDENTE AO PESO LÍQUIDO DO "CAKE")	245 ml
Q) PESO SÓLIDOS SECOS	27,3 kg/m ² x h
R) ÁREA UNITÁRIA	54,9 m ² x h/t

Fig. 13 — Teste de filtragem a vácuo (nº 08)

OBSERVAÇÃO: Os resultados são válidos para filtro a vácuo, de tambor, com tempo de secagem igual a 3 vezes o tempo de formação do "cake".

A) AMOSTRA USADA PARA O TESTE	Sedimentado do Teste de sedimentação em balde.
B) CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS	140 g/l
C) TEMPERATURA DA POLPA	21°C
D) pH DA POLPA	5,0
E) REAGENTES ADICIONAIS	a) - b) -
F) TEMPO DE FORMAÇÃO DO "CAKE"	2,0 min.
G) TEMPO DE SECAGEM DO "CAKE"	6,0 min.
H) NÍVEL DE VÁCUO	a) FORMAÇÃO — 40 cm Hg b) SECAGEM — 40 cm Hg
I) PANO USADO	Remae 2072
J) Nº DE VEZES QUE O PANO FOI USADO ANTES SEM SER LAVADO	2 (duas)
K) VAZÃO DE AR NO FINAL DO TEMPO DE SECAGEM	4,0 l/min.
L) ESPESSURA DO "CAKE"	4,6 cm
M) PESO DO "CAKE" RASPADO NA LATERAL DO DISCO (ÚMIDO) ...	352,2 g
N) PESO LÍQUIDO DO "CAKE" (TOTAL-RASPADO)	ÚMIDO — 308,7 g SECO — 98,1 g
O) UMIDADE DO "CAKE"	68,2%
P) VOLUME DE FILTRADO (CORRESPONDENTE AO PESO LÍQUIDO DO "CAKE")	443 ml
Q) PESO SÓLIDOS SECOS	52,8 kg/m ² x h
R) ÁREA UNITÁRIA	28,4 m ² x h/t

Fig. 14 — Teste de filtração a vácuo (nº 20)

OBSERVAÇÃO: Os resultados são válidos para filtro a vácuo, de tambor, com tempo de secagem igual a 3 vezes o tempo de formação do "cake".

A) AMOSTRA USADA PARA O TESTE.....	Sedimentado do teste de sedimentação em balde.
B) CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS.....	100 g/l
C) TEMPERATURA DA POLPA.....	21°C
D) pH DA POLPA.....	5,0
E) REAGENTES ADICIONAIS.....	a) - b) -
F) TEMPO DE FORMAÇÃO DO "CAKE".....	0,5 min.
G) TEMPO DE SECAGEM DO "CAKE".....	1,5 min.
H) NÍVEL DE VÁCUO.....	a) FORMAÇÃO — 40 cm Hg b) SECAGEM — 40 cm Hg
I) PANO USADO.....	Remae 2072
J) N° DE VEZES QUE O PANO FOI USADO ANTES SEM SER LAVADO.....	1 (uma)
K) VAZÃO DE AR NO FINAL DO TEMPO DE SECAGEM.....	4 l/min
L) ESPESSURA DO "CAKE".....	2,0 cm
M) PESO DO "CAKE" RASPADA NA LATERAL DO DISCO .. (ÚMIDO)	111,2 g
N) PESO LÍQUIDO DO "CAKE" (TOTAL-RASPADO).....	ÚMIDO — 189,2 g SECO — 55,0 g
O) UMIDADE DO "CAKE".....	70,9%
P) VOLUME DE FILTRADO CORRESPONDENTE AO PESO LÍQUIDO DO "CAKE".....	não anotado
Q) PESO SÓLIDOS SECOS.....	118,5 kg/m ² × h
R) ÁREA UNITÁRIA.....	12,7 m ² × h/t

Fig. 15 — Teste de filtração a vácuo (n° 25)

OBSERVAÇÃO: Os resultados são válidos para filtro a vácuo, de tambor, com tempo de secagem igual a 3 vezes o tempo de formação do "cake".

ESTUDO DE BENEFICIAMENTO A SECO

Este foi realizado sobre produtos pré-concentrados a úmido e sobre amostras sem nenhum tratamento prévio. As operações constaram de:

- calcinação
- fragmentação
- classificação pneumática
- medidas de permeabilidade relativa
- medidas de pH
- medidas de densidade aparente

O sedimento dos testes de sedimentação (em balde) foi calcinado em forno de laboratório, a 1000°C, durante 30 minutos, com adição de Na_2CO_3 , na proporção de 4,5% sobre o peso da amostra seca. A seguir o produto foi fragmentado e classificado em classificador pneumático.

O produto, após calcinado, apresentou as seguintes características:

P.F.	Al_2O_3	Fe_2O_3	P_2O_5	TiO_2
0,2	4,1	0,6	0,16	0,1

Foram feitas medidas de permeabilidade relativa, pH e densidade aparente dos produtos de "underflow" do ciclone pneumático. (ver Fig. 16)

Teste	Peso (%) UF Ciclone p	Peso (%) 150 malhas	Peso (%) acumulado 325 malhas	Permeabilidade relativa (%)	pH	Densidade Aparente (g/cm^3)
04	62,7	4	25	101	-	0,28
05	88,0	12	35	142	-	0,28
06	39,6	2	10	-	-	0,30
07	58,5	3	11	96	7,2	0,29

Fig. 16 — Permeabilidade relativa, pH e densidade aparente dos produtos do "underflow" do ciclone pneumático.

3. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Para os produtos obtidos, foram testadas as características físicas: granulometria, densidade aparente e permeabilidade. Estas se equivalem às características dos produtos importados. Entretanto, só através de testes práticos na indústria, com os produtos obtidos em laboratório, se poderá decidir quanto à utilização da diatomita para filtração.

Nos processos de beneficiamento propostos, duas operações são particularmente importantes: concentração por dispersão/sedimentação e calcinação.

A concentração por dispersão/sedimentação apresenta alguns inconvenientes: consumo elevado d'água ($100 \text{ m}^3/\text{ton.}$ de minério tratado) e custo operacional alto. Este, como exigência de uma área de sedimentação grande.

Constatou-se que para os minérios estudados é impossível remover a argila do produto não calcinado por simples desagregação seguida de classificação pneumática.

Nos ensaios de laboratório a adição de carbonato de sódio antes da calcinação mostrou uma influência muito grande na permeabilidade dos produtos obtidos. Amostras com 6% ou menos de Al_2O_3 , calcinados em mufla, com adição de carbonato de sódio, adquirem uma estrutura quebradiça e porosa. A resistência desse material à desagregação varia segundo o teor de argila e a quantidade de Na_2CO_3 adicionada.

Em ensaios contínuos espera-se que as quantidades de Na_2CO_3 , necessárias para promover o branqueamento e a permeabilidade adequada do material, sejam inferiores às aquelas verificadas em ensaios descontínuos.

Produtos obtidos em laboratório com cerca de 5% de Al_2O_3 e com % em peso retido em 325 malhas igual ao dos produtos importados, apresentou permeabilidade muito boa. Ensaios práticos de filtração, realizados com produtos obtidos em planta piloto, permitirão definir melhor o teor limite de argila no minério para que este possa ser tratado por processo totalmente a seco.

Uma boa parte dos minérios estudados durante a caracterização apresentou teores de quartzo altos. Amostras desagregadas desses minérios foram passadas em classificador pneumático apresentando uma segregação muito pequena de quartzo no produto do "underflow". Em condições contínuas, com o material passando diretamente do moinho de martelos para o classificador pneumático, sem estocagem intermediária, poderá haver um corte mais nítido na classificação, permitindo a retirada, pelo menos, do quartzo mais grosso, acima de 100 a 150 malhas, sem perda excessiva de carapaças.

CONCLUSÕES

Os estudos realizados em escala de laboratório indicaram que há boa probabilidade de, em escala contínua, se obterem bons resultados para filtração, a partir dos minérios de diatomita do Ceará. Porém, o único modo de saber se um produto de diatomita é realmente bom para filtração, para a qual é utilizada quase toda diatomita importada, é através de ensaios industriais de filtração. Assim sendo, seria necessária a montagem de uma planta piloto para obtenção de quantidades maiores de produtos acabados, que seriam testados pelos consumidores.

Os minérios deverão ser concentrados a úmido e, em seguida, beneficiados a seco. A redução do teor de quartzo pode ser considerada concluída. Este problema foi resolvido através de hidrociclone concentrador. Por outro lado, a diminuição do teor de argila através de dispersão/sedimentação revelou um pequeno inconveniente sob o ponto de vista industrial. Além de apresentar um consumo de água elevado, exige uma área de sedimentação grande, da ordem $200 \text{ ft}^2 \times 24 \text{ h} \times t$, o que para uma alimentação de 100kg/h corresponde a um espessador de 7 m de diâmetro. Esta operação seria um dos itens mais caros da instalação. Contudo, pelas estimativas de custos feitas e pelo preço atual da diatomita no mercado interno, a construção de uma instalação industrial seria um empreendimento lucrativo, além de se suprir o mercado com produtos que atualmente são importados.

Foram desenvolvidos ensaios de floculação e coagulação objetivando uma área de sedimentação menor do que aquela conseguida com simples dispersão seguida de sedimentação. Os resultados obtidos não foram satisfatórios.

Na tentativa de melhorar os resultados obtidos na dispersão/sedimentação, ou seja, visando a redução de custos operacionais, o Centro de Tecnologia Mineral — CETEM encontra-se atualmente estudando alternativas para remoção da argila, através de centrifugação (centrífuga tipo BOWL) e espessador de lamelas.

BIBLIOGRAFIA

1. SOUZA, JOSÉ FERREIRA — Perfil Analítico da Diatomita, MME-DNPM, Boletim n° 11, Rio de Janeiro, 1973.
2. SEELEY W. MUDD SERIES — Industrial Minerals and Rocks — AIME 1960.
3. CUMMINS, A.B. — Diatomite Ch. In Industrial Minerals and Rocks. The American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, New York.
4. KARNATH, ALBERT, e outros — Estudos de Pré-Viabilidade da Exportação Econômica dos Depósitos de Diatomita no Ceará. Arthur D. Little Limitada — 1975.
5. FERREIRA, CÍCERO ALVES e outros — Projeto Diatomita, Relatório Final, MME-DNPM, Convênio DNPM-CPRM.
6. OLIVEIRA, JOÃO CAVALCANTE E MEDEIROS, MARCELO FREITAS — Projeto Diatomita/Argila, Relatório Final, 3 volumes, Convênio Governo do Estado do CEARÁ/CPRM, 1975.
7. HUTTL, JOHN B. — Diatomite its Mining and Processing, Engineering and Mining Journal, Agosto 1949.