CARLOS ALBERTO IKEDA OBA

**APROVEITAMENTO DE MATERIAIS FOSFÁTICOS MARGINAIS
PARA A PRODUÇÃO DE FERTILIZANTES
ORGÂNO-FOSFATADOS**

Tese apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de
Doutor em Engenharia.

São Paulo
2000

CARLOS ALBERTO IKEDA OBA

**APROVEITAMENTO DE MATERIAIS FOSFÁTICOS MARGINAIS
PARA A PRODUÇÃO DE FERTILIZANTES
ORGÂNICO-FOSFATADOS**

Tese apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de
Doutor em Engenharia.

Área de Concentração:
Engenharia Mineral

Orientadores:
Arthur Pinto Chaves
Jean Louis Lacout

São Paulo
2000

CARLOS ALBERTO IKEDA OBA

**APROVEITAMENTO DE MATERIAIS FOSFÁTICOS MARGINAIS
PARA A PRODUÇÃO DE FERTILIZANTES
ORGANO-FOSFATADOS**

Tese apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de
Doutor em Engenharia.

Área de Concentração:
Engenharia Mineral

Orientadores:
Arthur Pinto Chaves
Jean Louis Lacout

São Paulo
2000

Oba, Carlos Alberto Ikeda

Aproveitamento de materiais fosfáticos marginais para a produção de fertilizantes organo-fosfatados. São Paulo, 2000.
175 p.

Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
Departamento de Engenharia de Minas.

1. fosfatos marginais. 2. matéria orgânica. 3. fertilizantes organo-fosfatados.
4. ensaios agronômicos. 5. Humifert. 6. caracterização físico-química. I.
Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de
Engenharia de Minas. II. t.

*A meus queridos pais e à minha esposa Rosana
por todo apoio, confiança e amizade.*

*A meus filhos Maria Fernanda, Marcus Vinícius,
João Paulo e Ana Cláudia
para que sirva de incentivo em suas vidas.*

AGRADECIMENTOS

Com especial carinho agradeço ao Prof. Arthur, que ao passar destes anos de convivência tem me guiado pelos caminhos da pesquisa e me ensinado lições de vida.

Ao Prof. Jean Louis Lacout pelo constante apoio e orientação nas pesquisas realizadas em solo francês, que possibilitaram um bom desenvolvimento dos trabalhos.

Ao Prof. Adolpho José Melfi pelo convite em participar deste importante programa de pesquisas franco-brasileiro, ao qual se agrega mais esta tese.

Aos Profs. Helmut Born do Departamento de Engenharia de Minas e Roberto Guardani do Departamento de Engenharia Química da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo pela participação na banca do meu exame de qualificação.

Este trabalho foi executado, em diferentes etapas, nos seguintes laboratórios:

-Laboratório de Tratamento de Minérios e Resíduos Industriais-LTM do Departamento de Engenharia de Minas da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo-EPUSP, onde se desenvolveram as etapas iniciais e finais deste trabalho. No LTM gostaria de agradecer ao Prof. Eldon Masini e funcionários, assim como aos técnicos Juscelino e Rosendo e ao amigo Luiz Paulo pela ajuda e orientações.

-Laboratório de Físico-Química dos Sólidos da Escola Nacional Superior de Química de Toulouse-ENSCT do Instituto Nacional Politécnico-INP, onde gostaria de agradecer aos seguintes professores, funcionários e estudantes: Cristian, Michelle, Cristele, Gérard, Gabi, Dominique, Stéphane, Annabelle, Stéphanie, Lilian, Sophie, Maité e Dianne.

-Laboratório de Química e Física dos Solos da Escola Nacional Superior de Agronomia de Toulouse-ENSAT do Instituto Nacional Politécnico-INP, onde gostaria de agradecer ao Prof. Jean Claude Revel e ao engenheiro Jérôme Silvestre pelas orientações nos ensaios agrônômicos.

Gostaria de agradecer aos amigos geólogos Lilia, Henrique e Manuela do Laboratório de Caracterização Tecnológica-LCT/EPUSP, que coincidentemente colaboraram com o início da minha formação profissional na antiga Paulo Abib Engenharia, pelas sugestões e apoio. Ainda no LCT gostaria de agradecer à química Giuliana pelas análises por fluorescência de raios-X, à geóloga Gabriela pelas análises por difração de raios-X e à geóloga Eliana pelas análises ao microscópio eletrônico de varredura-MEV.

Ao engenheiro Gérard Chatainier do Laboratório de Materiais (UPRESA CNRS 5071) do ENSCT/INP pelas análises por espectroscopia de photoélectrons-ESCA/XPS.

Aos Profs. Jean Paul Fortuné e François Fontan do Laboratório de Mineralogia Cristalografia da Universidade Paul Sabatier de Toulouse pelas orientações e sugestões ao trabalho, assim como pela hospitalidade e amizade durante minha estadia em Toulouse. Ainda na Paul Sabatier, gostaria de agradecer à Michelle, secretária do laboratório.

À Profa. Cristina Toledo, do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo pelo constante incentivo e apoio aos trabalhos de pesquisa e pelo carinho com minha família.

Desejo agradecer ao engenheiro Félix Sternicha, pesquisador responsável pelo desenvolvimento do processo Humifert, por seus amáveis conselhos e conversas, de quem guardo agradáveis recordações.

Finalmente gostaria de agradecer às pessoas e entidades que colaboraram direta ou indiretamente para a execução deste trabalho:

- Eng. Nelson Shimabukuro, da Fertilizantes Serrana S.A.*
- Eng. Luiz Antônio Fonseca de Barros, da Fertilizantes Fosfatados S.A.-Fosfertil.*
- Geól. Carlos Cordeiro Ribeiro, da Ultrafertil S.A.*
- Maria Cristina Martinez Bonesio, da Biblioteca do Departamento de Engenharia de Minas.*
- Anne Claude Fortuné, Marie Josianne Lacout, Marie Odile Malet, Gérard Cammaupe e Pierre Monchoux, amigos queridos da cidade de Toulouse.*
- José, Viviane e Augusto Ferrari.*
- Eng. Ruy Afonso Proença, pelas sugestões, apoio e revisão do texto.*
- Rose, secretária do Laboratório de Tratamento de Minérios-LTM.*

A pesquisa objeto desta tese foi realizada com o auxílio de uma bolsa CAPES. Agradeço portanto à Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, por estes recursos e pela confiança na minha pessoa e no meu projeto.

SUMÁRIO

RESUMO

RESUME

INTRODUÇÃO..... 1

CAPÍTULO 1

FUNÇÕES DO SOLO, FÓSFORO, NITROGÊNIO E MATÉRIA ORGÂNICA PARA OS VEGETAIS..... 5

1.1	O SOLO.....	5
1.1.1	A COMPOSIÇÃO DO SOLO.....	5
1.1.2	O DESENVOLVIMENTO VEGETAL NO SOLO.....	6
1.1.3	O CLIMA E O SOLO.....	7
1.1.4	A VIDA NO SOLO.....	7
1.1.5	O SOLO E A ALIMENTAÇÃO DAS PLANTAS.....	8
1.1.6	OS SOLOS TROPICAL E TEMPERADO.....	9
1.2	O FÓSFORO.....	10
1.2.1	O FÓSFORO NO SOLO.....	11
1.2.2	A RETROGRADAÇÃO DO FÓSFORO.....	12
1.3	O NITROGÊNIO.....	14
1.4	A MATÉRIA ORGÂNICA.....	14
1.4.1	O HÚMUS.....	15
1.4.2	A TURFA.....	16
1.5	CONCLUSÕES.....	17

CAPÍTULO 2

CARACTERIZAÇÃO DOS FOSFATOS E DA MATÉRIA ORGÂNICA..... 19

2.1	AS AMOSTRAS DE FOSFATOS.....	19
2.2	A GEOLOGIA DOS DEPÓSITOS.....	22
2.2.1	O COMPLEXO ALCALINO-CARBONATÍTICO DE JACUPIRANGA.....	22
2.2.2	O COMPLEXO ALCALINO-CARBONATÍTICO DE CATALÃO.....	23
2.2.3	A JAZIDA SEDIMENTAR DE PATOS DE MINAS.....	23
2.3	CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS DE FOSFATOS.....	24
2.3.1	PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS.....	25

2.3.2	GRANULOMETRIA DAS AMOSTRAS DE FOSFATOS.....	25
2.3.3	COMPOSIÇÃO QUÍMICA DAS AMOSTRAS DE FOSFATOS.....	26
2.3.4	COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA DAS AMOSTRAS DE FOSFATOS.....	28
2.3.5	OS ENSAIOS DE SEPARAÇÕES MINERAIS.....	32
2.3.5.1	CATALÃO-COMPOSIÇÃO DE REJEITOS DA MINA (CRMINA).....	33
2.3.5.2	CATALÃO-ALIMENTAÇÃO DA USINA (AUSINA).....	33
2.3.5.3	CATALÃO- SÍLICO CARBONATADA POBRE (SCPOBRE).....	34
2.3.5.4	CATALÃO-SÍLICO CARBONATADA RICA (SCRICA).....	35
2.3.5.5	CATALÃO-REJEITO DA FLOTAÇÃO DE GROSSOS (RFG).....	35
2.3.5.6	CATALÃO-REJEITO DA FLOTAÇÃO DE FINOS (RGF).....	36
2.3.5.7	CATALÃO-DA FLOTAÇÃO DE ULTRAFINOS (RFULTRF).....	37
2.3.5.8	PATOS DE MINAS-MINÉRIO DA MINA (PM-MIN).....	37
2.3.5.8	PATOS DE MINAS-CONCENTRADO GRAVÍTICO (PM-CG).....	38
2.3.5.9	PATOS DE MINAS-CONCENTRADO DE FLOTAÇÃO (PM-CF).....	38
2.4	AS AMOSTRAS DE MATÉRIAS ORGÂNICAS.....	39
2.4.1	CLASSIFICAÇÃO DAS TURFAS.....	40
2.5	CONCLUSÕES.....	43

CAPÍTULO 3

	PRODUÇÃO DE FERTILIZANTE ORGANO-FOSFATADO.....	47
3.1	OS FERTILIZANTES FOSFATADOS.....	47
3.2	FERTILIZANTES LÍQUIDOS.....	51
3.3	SOLUBILIZAÇÃO NÍTRICA.....	51
3.4	TRATAMENTO DE MATÉRIA ORGÂNICA POR ÓXIDOS DE NITROGÊNIO.....	52
3.4.1	O PROCESSO HUMIFERT.....	53
3.4.1.1	APRESENTAÇÃO.....	53
3.4.1.2	DESCRIÇÃO DO PROCESSO E DO EQUIPAMENTO EXPERIMENTAL.....	54
3.5	ENSAIOS EM EQUIPAMENTO MICROPILOTO.....	58
3.5.1	ENSAIOS EXPLORATÓRIOS.....	60
3.5.1.1	CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO PRODUTO FINAL.....	70

3.5.2	PRODUÇÃO DE FERTILIZANTES PARA OS ENSAIOS AGRONÔMICOS.....	75
3.5.2.1	CONSUMO DE REATIVOS ÁCIDOS.....	75
3.5.2.2	MOAGEM DOS FOSFATOS.....	76
3.5.2.3	CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS DOS ENSAIOS.....	77
3.5.2.4	CARACTERIZAÇÃO DOS FERTILIZANTES PRODUZIDOS.....	78
3.5.3	MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA.....	85
3.6	CONCLUSÕES.....	91
CAPÍTULO 4		
	ENSAIOS AGRONÔMICOS.....	94
4.1	VASOS DE VEGETAÇÃO.....	94
4.1.1	SUBSTRATO INERTE.....	95
4.1.2	VEGETAL-TESTE.....	95
4.1.3	VASOS.....	96
4.1.4	SOLUÇÕES NUTRITIVAS.....	97
4.1.5	PLANEJAMENTO DA CULTURA.....	100
4.2	RESULTADOS AGRONÔMICOS.....	106
4.2.1	MATÉRIA VEGETAL SECA.....	107
4.2.2	ASSIMILAÇÃO DO FÓSFORO PELA PLANTA.....	109
4.3	CONCLUSÕES.....	110
	CONCLUSÕES GERAIS.....	111
ANEXOS		
ANEXO A - Tabelas: Resultados de separações granulométricas e análises químicas		
	Resultados de separações minerais e análises químicas.....	113
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	162
	LISTA DE TABELAS.....	168
	LISTA DE FIGURAS.....	172
	LISTA DE FOTOS.....	174

RESUMO

Foram estudadas onze amostras de fosfatos de três grandes depósitos brasileiros para produção de fertilizantes organo-fosfatados: uma amostra associada ao complexo alcalino-carbonatítico de Jacupiranga/SP, sete amostras associadas ao complexo alcalino-carbonatítico de Catalão/GO e três amostras associadas ao depósito sedimentar de Patos de Minas/MG. Com exceção de uma amostra de Catalão, alimentação da usina de concentração na data da amostragem, as demais são minérios marginais, rejeitos da lavra, rejeitos da usina e minérios complexos ao beneficiamento.

As amostras, com exceção daquela de Jacupiranga, foram submetidas à caracterização tecnológica, com realização de análises granulométricas, separações minerais (em líquido denso e magnética), análises químicas e difratométricas.

A caracterização buscou levantar as principais características destes fosfatos para a produção de um novo fertilizante organo-fosfatado. Verificou-se a grande dificuldade na obtenção de concentrados ricos em P_2O_5 com boas recuperações. Os rejeitos dos minérios oxidados de Catalão apresentam baixa liberação da apatita frente à ganga silicática e férrica, além de apresentarem um recobrimento da apatita por óxidos/hidróxidos de ferro, prejudicial à flotação. As amostras sílico-carbonatadas apresentam altos teores de carbonatos, problemáticos na separação por flotação, principalmente a dolomita. Os minérios de Patos de Minas apresentam uma íntima associação da apatita com o quartzo e outros silicatos, de difícil ou quase impossível liberação.

O novo processo de produção de fertilizante organo-fosfatado baseia-se no ataque do fosfato pelo ácido nítrico e na utilização de amônia como fonte primária do reagente ácido. A combustão do amoníaco ao ar, em temperaturas entre 650°C e 800°C se auto mantém, produzindo óxidos nítricos que, em contato com a umidade da mistura fosfato+materia orgânica, transformam-se em ácido nítrico nascente na própria superfície das partículas.

As diferentes amostras de fosfatos misturadas à turfa da região do baixo Ribeira de Iguape e a uma turfa comercial francesa foram processadas em equipamento micropiloto e os resultados agronômicos mostraram boa liberação de fósforo no primeiro mês de cultivo, assim como a continuidade de liberação, em menor escala, nos cinquenta dias seguintes. Obtiveram-se fertilizantes com teores de 12% até 73% de fósforo solúvel em ácido cítrico a 2%, que nos ensaios agronômicos permitiram a assimilação de 23% a 81% de fósforo pela planta.

RESUME

Onze échantillons de phosphates de trois importants gisements brésiliens ont été étudiés pour la production des engrais organo-phosphatés : un échantillon associé au complexe alcaline-carbonatitique de Jacupiranga/SP, sept échantillons associés au complexe alcaline-carbonatitique de Catalão/GO et trois échantillons associés au gisement sédimentaire de Patos de Minas/MG. Sauf un échantillon de Catalão, qui alimentait l'usine de concentration pendant l'échantillonnage, les autres sont minerais marginaux, rejets de la mine, rejets de l'usine et minerais complexes au traitement.

Les échantillons sauf celui de Jacupiranga, ont été caractérisés technologiquement, avec réalisation des analyses granulométriques, séparations minérales (au liquide dense et magnétique), analyses chimiques et diffractométriques.

La caractérisation a défini les principales caractéristiques des phosphates pour la production d'un nouveau engrais organo-phosphaté. On a constaté la grande difficulté en l'obtention de concentrés riches en P_2O_5 avec des bonnes récupérations. Les rejets des minerais oxydés de Catalão présentent une libération de l'apatite de la gangue siliceuse et ferreuse, et, en plus, ils présentent aussi un recouvrement de l'apatite par les oxydes/hydroxydes de fer, qui sont préjudiciables à la flottation. Les échantillons silico-carbonatés présentent de hautes teneurs des carbonates, qui sont difficiles à séparer par flottation, principalement la dolomite. Les minerais de Patos de Minas présentent une intime association de l'apatite avec le quartz et les autres silicates, de difficile ou presque impossible libération.

Le nouveau procédé de production des engrais organo-phosphatés est basé sur la dissolution du phosphate par l'acide nitrique et sur l'utilisation de gaz ammoniac comme source primaire du réactif acide. La combustion du ammoniac à l'air, en températures entre 650°C et 800°C se auto-serve produisant oxydes d'azote qui, en contact avec la humidité de la mélange phosphate + matière organique, se transforme en l'acide nitrique naissant à la surface des particules.

Les différents échantillons de phosphates mélangés à la tourbe de la région du 'Baixo Ribeira de Iguape/SP' et à une tourbe commerciale française ont été traités en équipement micro-pilote et les résultats agronomiques présentent une bonne libération du phosphore pendant le premier mois de culture, et la continuité de la libération, en mineur quantité, dans les cinquante jours suivants. Les engrais produits ont obtenu 12% jusqu'à 73% de phosphore soluble dans l'acide citrique à 2%, lesquels, pendant les essais agronomiques, ont permis l'assimilation entre 23% et 81% de phosphore par la plante.

INTRODUÇÃO

Desde os tempos pré-históricos, quando o homem começou a desenvolver a agricultura, até o século 19, a utilização de matérias orgânicas foi a única forma de fertilização das culturas. As matérias orgânicas participam da melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos com a manutenção ou aumento da estabilidade estrutural, com o aporte de elementos minerais - nitrogênio, fósforo, potássio e outros micronutrientes - assim como de compostos de carbono, fonte de energia para a microvida.

A presença de húmus, produto intermediário no ciclo decomposicional das matérias orgânicas, originado pela ação da microvida existente (oxidação biológica), tem função importante nas propriedades dos solos. A fertilidade natural dos solos está intimamente ligada à presença de húmus.

A função principal do fósforo na biosfera é bastante conhecida. Sabe-se que ele está presente no nível celular de todos os seres vivos do reino animal e vegetal, seja na composição dos ácidos nucleicos (ADN e ARN), que atuam no suporte das informações genéticas, seja na formação das moléculas de ATP (adenosina trifosfato), representando a única forma de energia diretamente utilizável pela célula.

A ausência de fósforo impede a reprodução e o crescimento de todos os seres vivos.

O fósforo, o nitrogênio e o potássio, são os macronutrientes primários necessários para as plantas. Na crosta terrestre, o fósforo é um elemento pouco abundante, concentrando-se, principalmente, em jazimentos sedimentares e secundariamente em jazimentos magmáticos.

Em solos virgens, a combinação entre a presença de matérias orgânicas e a disponibilidade de nutrientes garante a produtividade agrícola por algumas safras. A exposição direta do solo às condições climáticas, principalmente em países de clima tropical, aliada à retirada dos nutrientes pelas plantas, torna os solos muito pouco produtivos. A recuperação natural desses solos pode levar de 8 a 20 anos e, em alguns casos, torna-se impossível.

O homem intervém neste processo, adicionando artificialmente os macro e micronutrientes aos solos, principalmente na forma de fertilizantes fosfatados. Nos países ricos, notadamente de clima temperado, o aporte de fertilizantes fosfatados é maior que a quantidade absorvida pelas culturas. Formam-se, progressivamente, solos cada vez mais ricos em fósforo, principalmente sob a forma retrogradada, em associação com o cálcio, alumínio e ferro disponíveis nos solos. A forma retrogradada é pouco solúvel e pouco disponível para as plantas.

No Brasil, a implantação do parque industrial para fabricação de fertilizantes, baseou-se nos moldes das indústrias existentes em regiões temperadas, que visam atender às condições de suas matérias-primas, climas e solos. Ou seja, importou-se um modelo estrangeiro sem uma reflexão mais detida sobre a sua aplicabilidade à realidade brasileira.

A grande maioria dos fertilizantes fosfatados produzidos no Brasil apresenta alta solubilidade em água e rápida liberação de nutrientes, baseando-se, principalmente, no tratamento sulfúrico de concentrados de apatita, oriundos de jazimentos magmáticos, requerendo teores de 36-37% de P_2O_5 e baixos teores de SiO_2 , Fe_2O_3 e Al_2O_3 . A obtenção de concentrados que atendam às especificações de mercado, especialmente o elevado teor, inviabiliza a exploração mineira de muitos depósitos de rochas fosfáticas. Além disso, resulta em grandes perdas de fósforo durante o rigoroso processo de concentração. Ou seja, grandes volumes de matérias-primas minerais deixam de se constituir em jazidas, passando a serem considerados estéreis ou minérios marginais.

Outro problema decorrente da intensa aplicação de fertilizantes de alta solubilidade, evidenciado por diversos estudos recentes, é a crescente poluição das águas dos rios, riachos e lagos pelo fósforo. Em países de clima tropical, a compactação dos solos e as chuvas torrenciais agravam o arraste do fósforo para os leitos dos rios. Acredita-se mesmo que a agricultura seja hoje a atividade industrial mais poluente e a mais agressiva às águas de superfície e subterrâneas no Brasil.

O único fertilizante alternativo produzido no país, em menor escala, é o termofosfato magnésiano fundido, de solubilização lenta e com fixação reduzida nos solos. Nos últimos

anos, diversos autores estudam a produção de termofostato potássico fundido, pela incorporação de rochas ricas em potássio, o que resultaria num produto com disponibilidade de mais um macronutriente. Atualmente o país importa, sob a forma de KCl, grande parte do potássio utilizado nos fertilizantes.

A compreensão dos fatos expostos, analisados sob o atual nível do conhecimento, e principalmente sob o ponto de vista ambiental e de desenvolvimento auto-sustentável, mostra que o modelo atual, isto é, a utilização de fertilizantes de alta solubilidade em solos tropicais como o brasileiro não é o mais adequado.

O processo Humifert, desenvolvido pelos pesquisadores F. Sternicha e A. Bernard há poucos anos, propõe a elaboração de um novo fertilizante organo-fosfatado através de técnicas simples, a partir de fosfatos naturais brutos (ricos ou pobres em P_2O_5) e de matérias orgânicas umidificadas, tais como a turfas, bagaços, palhas etc.

O princípio deste novo processo consiste em tratar uma mistura de fosfato e matéria orgânica por óxidos de nitrogênio. Os óxidos de nitrogênio se transformam em ácido nítrico em contato com a umidade da mistura. O ácido nítrico ataca a apatita e também a matéria orgânica, formando ácidos orgânicos. Estes ácidos orgânicos também atuam na dissolução da apatita, sendo necessária uma quantidade estequiometricamente inferior de reativo ácido para tornar solúvel o P_2O_5 do mineral. O produto final aporta para as culturas um fosfato parcialmente solúvel, matérias orgânicas pré-humificadas e nitratos.

Em princípio seria um fertilizante muito mais adequado à agricultura brasileira que o fosfato de alta solubilidade.

O presente trabalho objetivou a produção deste novo fertilizante, através de matérias-primas disponíveis no país, assim como uma comparação agronômica frente aos fertilizantes de alta solubilidade.

Procura-se um melhor nível de conhecimento sobre a interação fosfato e matéria orgânica do ponto de vista físico-químico, objetivando reduzir a retrogradação nos solos e tornar disponíveis aqueles fosfatos que estão insolúveis, decorrente de anos de fertilização.

Espera-se, também, com a comprovação da eficiência técnica e econômica deste novo fertilizante, viabilizar diversos depósitos de fosfatos, tais como aqueles com baixos teores de P_2O_5 , aqueles com tratamento complexo, ou mesmo os subprodutos do processamento atual.

Outro resultado esperado é a possibilidade de oferecer aos agricultores um fertilizante de baixo custo, produzido em instalações de pequeno porte com um raio de abrangência de uma centena de quilômetros.

Tudo isto se encaixa dentro das idéias mais modernas de Desenvolvimento Sustentado, Conservação de Recursos Naturais e Tecnologia Limpa.

No primeiro capítulo deste trabalho apresenta-se a função do solo, fósforo, nitrogênio e da matéria orgânica na alimentação dos vegetais. No segundo, descreve-se a caracterização dos fosfatos e da matéria orgânica. A descrição do método de produção do fertilizante, assim como os ensaios realizados, resultados verificados e a caracterização do produto final serão apresentados no terceiro capítulo. No quarto capítulo apresentam-se os ensaios agronômicos e analisam-se os resultados obtidos.

CAPÍTULO 1

FUNÇÕES DO SOLO, FÓSFORO, NITROGÊNIO E MATÉRIA ORGÂNICA PARA OS VEGETAIS

Na primeira parte deste capítulo descrevem-se algumas das principais características dos solos, com ênfase nos solos tropicais. Na sequência, sempre dentro de um contexto agrônômico, apresentam-se, de forma sucinta, a função do fósforo na alimentação dos vegetais e sua interação com os solos. Na terceira parte apresentam-se a forma de ocorrência do nitrogênio e como ele se torna disponível às plantas. A seguir, discorre-se sobre as matérias orgânicas nos solos e particularmente sobre o húmus e a turfa.

1.1 O SOLO

O solo é o meio natural que sustenta os vegetais, no qual as raízes podem crescer retirando os elementos indispensáveis para seu desenvolvimento. A ação acumulada de diversos fatores origina os diferentes tipos de solos.

As características físicas, químicas e biológicas dos solos são determinadas pelo tipo de rocha-mãe e pela atividade biológica. O clima, o relevo e sobretudo o tempo atuam na evolução destes constituintes. A presença da matéria orgânica, principalmente na sua forma intermediária no ciclo decomposicional, ou seja de húmus, é de importância vital para a manutenção da bioestrutura dos solos.

1.1.1 A COMPOSIÇÃO DO SOLO

Os solos apresentam uma variação no valor de sua porosidade, mas em geral, a fração sólida não ultrapassa 50% do volume total. Os espaços livres são ocupados pela água e pelos

gases. Devido à atividade da microflora telúrica associada às raízes, a proporção de gás CO₂ é mais elevada que a de ar.

A fração sólida é constituída de matéria mineral (95-98%) e o restante de matéria orgânica. Normalmente é a fração mineral fina, como as argilas e as partículas coloidais, que condiciona a capacidade de retenção de água e os fenômenos de troca de íons (ANDRE, 1972).

Os organismos vivos, como as bactérias, fungos, toda microflora e microfauna, atuam no solo, condicionando principalmente as suas características físicas.

1.1.2 O DESENVOLVIMENTO VEGETAL NO SOLO

O bom desenvolvimento dos vegetais é condicionado pela bioestrutura do solo; devendo possibilitar o bom desenvolvimento da raízes, possuir o suficiente em nutrientes, armazenar a maior quantidade de água disponível, ser suficientemente arejado e não conter substâncias tóxicas que prejudiquem as raízes.

Nos solos de clima tropical, normalmente, o principal mineral do grupo das argilas é a caolinita, que apresenta baixa capacidade de troca de cátions. Estes solos caracterizam-se por sofrerem maior intemperismo, apresentado maior lixiviação de seus constituintes, alta solubilidade dos silicatos e acumulação de hidróxidos de ferro e alumínio.

A perda rápida da matéria orgânica nos solos tropical e subtropical, ocasionando a deterioração da bioestrutura, é um dos fatores que reduzem a produtividade destes solos. A reincorporação de matéria orgânica a estes solos é de vital importância para a agricultura intensiva.

1.1.3 O CLIMA E O SOLO

Os principais fatores climáticos que atuam no condicionamento dos solos são a temperatura e a água. Existem três modelos para o desenvolvimento dos solos.

Em regiões sem estação seca definida e com solos arenosos ou sob florestas, ocorre o fenômeno de podzolização. A predominância da infiltração das águas das chuvas provoca uma lixiviação dos nutrientes, tornando o solo muito pobre e ácido. As florestas garantem uma boa infiltração das águas, protegendo o solo do impacto direto das chuvas, mas também impedem a ascensão da temperatura acima de 24°C, evitando uma maior evaporação.

Em climas tropical e subtropical com estações secas bem pronunciadas, ocorre a laterização dos solos. Verifica-se a concentração de óxidos e hidróxidos de ferro e de alumínio na superfície destes solos, pela desilicificação intensa dos minerais, chegando à formação de espessas concreções lateríticas.

O processo de salinização ocorre em zonas com predomínio da evaporação sobre a infiltração, normalmente em climas semi-áridos a sub-úmidos, ou em regiões desérticas com chuvas concentradas em alguma época restrita do ano. Pode ocorrer também em regiões com boas precipitações mas com solos extremamente compactados, que impedem a infiltração. Devido à ascensão de soluções com Ca^{++} , Na^+ , Mg^{++} e K^+ , e com o predomínio do processo de evaporação, ocorre a precipitação de sais na superfície dos solos. A ocorrência deste fenômeno por anos seguidos pode conduzir a uma salinização definitiva.

1.1.4 A VIDA NO SOLO

A maioria dos seres vivos presentes no solo tem atividade benéfica à sua estrutura e à mobilização de nutrientes. O solo apresenta a microfauna, que somente é visível ao microscópio, a mesofauna, que é visível a uma atenta observação a olho nu, e a macrofauna, que é composta pelos seres maiores. Todos os seres influenciam-se mutuamente, ocorrendo vários tipos de simbioses, sendo o equilíbrio bastante frágil, principalmente quando da interferência humana.

Os principais condicionadores do solo atribuídos aos seres vivos são : a decomposição da matéria orgânica ou humificação, a manutenção das boas propriedades físicas e a disponibilização de nutrientes aos vegetais.

A textura, nível de umidade, porosidade, temperatura, luz e insolação são fatores que controlam a existência de vida nos solos.

A atividade agrícola intensiva no solo, com mudanças na bioestrutura, ocasiona um desequilíbrio biológico, acarretando numa proliferação exagerada de algumas espécies, muitas vezes nocivas às culturas e de difícil controle.

1.1.5 O SOLO E A ALIMENTAÇÃO DAS PLANTAS

As plantas se desenvolvem ao retirar do meio que as cerca (solo, atmosfera e água) os elementos necessários à formação de seus tecidos. Para um bom desenvolvimento as plantas necessitam de uma série de elementos químicos. A análise da matéria seca dos vegetais mostra a presença de dezesseis constituintes indispensáveis. O oxigênio, hidrogênio, carbono, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre representam 99% da massa dos tecidos vegetais. O oxigênio, o hidrogênio e o carbono são extraídos diretamente do solo, ar e água, onde existem em abundância e em formas facilmente assimiláveis.

Os macronutrientes primários (nitrogênio, fósforo e potássio) são necessários em maior quantidade que os macronutrientes secundários (cálcio, magnésio e enxofre). Todos os macronutrientes e os micronutrientes (ferro, manganês, cobre, zinco, molibdênio, boro e cobalto) são retirados essencialmente do solo pelas raízes.

A maioria dos solos contém teores destes macro e micronutrientes superiores às necessidades das culturas, no entanto, eles se encontram em uma forma indisponível ou pouco assimilável (UNIDO, 1980). O fornecimento, principalmente dos macronutrientes, em formas assimiláveis pelas culturas, é feito através da adição de fertilizantes.

1.1.6 OS SOLOS TROPICAL E TEMPERADO

As principais características dos solos de climas tropical e temperado são apresentadas na **tabela 1.1***.

Tabela 1.1

Principais características dos solos tropical e temperado.

<u>TROPICAL</u>	<u>TEMPERADO</u>
Predomínio de caulinita	Predomínio de montmorilonita
Perfil mais profundo	Perfil mais raso
Baixa CTC	Alta CTC
Mais pobre em Si e mais rico em Al e Fe	Mais rico em Si e mais pobre em Al e Fe
Pouca fixação de K e NH ₄	Apreciável capacidade de fixar K e NH ₄
Grande capacidade de fixar P	Baixa capacidade de fixar P
Mais ácido	Menos ácido
Friável	Pegajoso
Mais grumoso em estado natural	Estrutura menos grumosa
Decompõe rapidamente a matéria orgânica e raramente acumula húmus	Decompõe lentamente a matéria orgânica podendo acumular húmus em grande quantidade
Possui microvida muito ativa	Possui microvida pouco ativa
Sofre facilmente erosão por chuvas torrenciais	Raramente ocorre erosão pelas chuvas fracas
Sofre de superaquecimento, necessitando de proteção contra insolação direta	É muito frio, necessitando ser aquecido por insolação direta
Baixa capacidade de retenção de água	Alta capacidade de retenção de água

CTC-Capacidade de troca de cátions.

* FRANCHI, J.G., Curso: Turfa para fins agrícolas. MIND-Minerais Industriais Consult. & Representações Ltda, Apostila do curso, São Paulo, 1997.

A grande diferença entre as características destes solos, aliada às diferenças climáticas, das quais os solos sofrem influências, indicam a necessidade de um fertilizante mais apropriado à grande parte dos solos brasileiros. A fertilização de solos tropicais deve, no mínimo, considerar a possibilidade de utilização de um produto de solubilização mais gradual, com menores perdas por arraste pelas águas pluviais e pela retrogradação à fosfatos insolúveis, e na adição de matéria orgânica.

1.2 O FÓSFORO

O fósforo, um dos macronutrientes primários necessário às plantas, é um elemento muito mal distribuído e pouco abundante na crosta terrestre (0,12% na crosta). Estima-se que 80% das jazidas de fosfatos são de origem sedimentar, associadas a antigos litorais marinhos ou lacustres, onde houve uma deposição por precipitação química (evaporação e saturação) ou/e acumulação de esqueletos, carapaças e outros constituintes de seres vivos. As jazidas de origem magmática são mais raras, mas desempenham importante fonte de fósforo em alguns países, como o Brasil.

O fósforo ocorre, mais freqüentemente, sob a forma de cristais de estrutura complexa da família das apatitas, que apresentam a seguinte fórmula resumida:

$$\text{onde } 0,33x \leq y \leq 0,5x$$

Nos jazimentos de origem sedimentar predominam as apatitas do tipo francolita, enquanto a fluorapatita prevalece nas jazidas magmáticas, cujas composições químicas resumidas são apresentadas a seguir:

Francolita	:	$(\text{Ca}, \text{Na}, \text{Mg})_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{CO}_3)\text{F}$
Fluorapatia	:	$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$

As apatitas brasileiras, em sua maioria, são constituídas por uma mistura entre a fluorapatita e a hidroxiapatita.

A importância do fósforo nos seres vivos é vital, sob a forma de moléculas essenciais para a transferência de energia dentro das células (ATP – adenosina trifosfato) ou na composição dos ácidos nucleicos que são suporte para as informações genéticas. Estima-se que um homem de 70 kg de peso, possua cerca de 1 kg de fósforo, sobretudo na constituição do esqueleto ósseo.

As plantas absorvem o fósforo pelas raízes, principalmente sob a forma de íons H_2PO_4^- e HPO_4^{2-} . A ausência de fósforo na alimentação vegetal limita o crescimento e reprodução da planta. Os vegetais absorvem o fósforo de maneira continuada, desde a germinação até a frutificação.

O fósforo foi o primeiro elemento a ser adicionado pela fertilização artificial. Os países desenvolvidos, usualmente, fertilizam os solos com quantidades superiores às assimiláveis pelas culturas e, com isto, os solos estão se tornando progressivamente mais ricos em fósforo. Este fósforo fixa-se nos solos, sob uma forma insolúvel, pouco assimilável pelas plantas. A assimilação deste fósforo retrogradado seria suficiente à alimentação vegetal por longo período.

1.2.1 O FÓSFORO NO SOLO

O fósforo encontra-se em equilíbrio nos solos sob diferentes formas. A dinâmica deste elemento é bastante complexa, pois ela é influenciada por mecanismos físico-químicos e biológicos.

O fósforo em solução é encontrado na forma de íons ortofosfato na solução do solo. Esta é a principal fonte de fósforo das plantas, que o absorvem pelas raízes. O teor de fósforo na solução do solo é bastante baixo, sendo necessária a renovação destes íons ortofosfato à medida que as raízes os vão retirando.

Em outra forma de ocorrência, o P se apresenta adsorvido em diferentes constituintes dos solos. Ele pode estar fixado no húmus, nas argilas ou sobre diferentes minerais por intermédio de cátions, como o cálcio, alumínio e o ferro.

Na matéria orgânica fresca o fósforo está presente sob várias formas. Durante o processo decomposicional da matéria orgânica, principalmente na forma de húmus, o fósforo pode ser liberado e tornar-se disponível às plantas pela ação dos microorganismos do solo.

O fósforo ocorre também sob uma forma insolúvel, sendo imobilizado na forma de fosfatos de cálcio (solos calcários) e fosfatos de ferro e alumínio (solos ácidos).

Alguns trabalhos propõem a possibilidade das plantas assimilarem o fósforo ligado às moléculas orgânicas de pequena dimensão (SINHA, 1971).

Fósforo assimilável é definido como sendo a fração que pode ser absorvida pela planta, tendo desta forma uma conotação agronômica. Normalmente definem-se os teores de fósforo assimilável por testes químicos adaptados aos tipos de solos. Um parâmetro bastante utilizado é a solubilidade do fósforo em solução de ácido cítrico a 2%.

1.2.2 A RETROGRADAÇÃO DO FÓSFORO

Retrogradação é o fenômeno pelo qual o fósforo solúvel, normalmente adicionado ao solo pelo homem, passa a um estado insolúvel, como a apatita nos solos de climas temperados ou os fosfatos de alumínio e/ou ferro no solos tropicais, tornando-se pouco ou não assimiláveis pelas plantas.

Nos solos calcários ocorre a retrogradação apatítica, sendo que a presença de cálcio conduz à precipitação de fosfatos de cálcio sob formas cada vez mais insolúveis. A solubilidade destes fosfatos diminui frente ao aumento da relação Ca/P (AMOROS, 1987) (**Figura 1.1**).

Figura 1.1 Retrogradação apatítica.

Nos climas tropicais, em que predominam os solos ácidos, diante da carência de cálcio, o fósforo se retrograda a fosfatos de ferro e fosfatos de alumínio, que também são formas muito pouco solúveis.

Uma terceira forma de retrogradação é a fixação do fósforo ou fosfato na superfície das argilas.

Estes fosfatos retrogradados podem, ocasionalmente, participar da nutrição das plantas quando ocorrerem mudanças no pH dos solos, pela atividade microbiana e pela ação da matéria orgânica. Algumas espécies vegetais têm a capacidade de utilizar estes fosfatos pouco solúveis na sua nutrição.

1.3 O NITROGÊNIO

Diferentemente do fósforo, o nitrogênio é muito abundante, sendo o constituinte principal de nossa atmosfera. O nitrogênio constitui 78,1% do volume da atmosfera terrestre.

A maioria dos seres vivos não é capaz de absorver o nitrogênio atmosférico N_2 . No entanto, alguns microrganismos como o *Clostridium Pasteurianum* e *Azotobacter Choococcum* são capazes de absorver o nitrogênio molecular dissolvido na solução do solo. Para a transformação de nitrogênio elementar em nitrogênio na forma nítrica, os microrganismos necessitam de um grande consumo de energia. Estes microrganismos obtêm esta energia pela queima de matéria orgânica presente nos solos, produzindo gás carbônico e água.

Outros microrganismos simbióticos como o *Rhizobium* e *Bradyrhizobium* são capazes de transformar o nitrogênio gasoso elementar N_2 em nitrato, que pode ser assimilável pelos vegetais. Estes microrganismos vivem em simbiose com algumas variedades vegetais, como as Leguminosas e algumas Euforbiáceas. Os microrganismos simbióticos recebem das plantas açúcares que eles utilizam como combustível e lhes fornecem o nitrogênio.

Outra fonte natural de nitrogênio assimilável para as plantas provém dos fenômenos elétricos atmosféricos, que possibilitam a formação de óxidos de nitrogênio. Estes óxidos de nitrogênio se dissolvem nas águas das chuvas e penetram no solo.

1.4 A MATÉRIA ORGÂNICA

A importância da matéria orgânica para a sanidade dos solos já foi citada anteriormente. Além de adicionar nutrientes ao solo, especialmente o nitrogênio, a matéria orgânica humificada fornece :

- melhoria da estrutura dos solos, tornando-os grumosos, com maior volume de macroporos. A boa porosidade dos solos propicia maior penetração e circulação de oxigênio, tornando-o mais arejado para a ação benéfica dos microrganismos. Um solo mais poroso, ou

mais leve, evita o processo de compactação e possibilita um melhor desenvolvimento das raízes, na busca de nutrientes;

- aumento da capacidade de retenção de água - CRA, contribuindo para a manutenção de uma umidade razoável no solo;

- alimento aos microorganismos que atuam na decomposição, que por sua vez produzem antibióticos naturais que protegem as plantas;

- aumento da capacidade de troca de cátions - CTC do solo;

- aumento da capacidade do solo de resistir às modificações do pH, principalmente aqueles que podem ser provocados por adubação e calagem, que seriam prejudiciais à microvida;

- aumento da capacidade de respiração vegetal através da adição de fenóis;

- formação de compostos complexos com os fertilizantes químicos, protegendo-os da retrogradação e evitando a perda pela lixiviação. Mesmo em solos ricos em ferro e alumínio, a fração fina do húmus envolve e protege o fósforo/fosfato, através de processos físico-químicos, evitando/retardando a formação de fosfatos insolúveis conforme estudos de GAUR (1969), LACOUT et al. (1983), BANGAR et al. (1985) e AMOROS et al. (1986).

Outra forma de ocorrência da matéria orgânica é na forma não húmica. Estes compostos de pesos moleculares relativamente baixos são rapidamente metabolizados pelos microorganismos do solo.

1.4.1 O HÚMUS

O húmus, produto da decomposição biológica das matérias orgânicas, é uma substância agregadora de grumos, sendo este um dos principais efeitos benéficos no

condicionamento dos solos. Com a perda do húmus, perdem-se as ligações orgânicas entre as partículas minerais, ocorre o colapso dos agregados e o solo torna-se amorfo.

Em regiões de clima temperado, a maior parte da matéria orgânica encontra-se na forma humificada, em função da lentidão dos processos decompositivos.

No ciclo decompositivo da matéria orgânica, os amidos e proteínas são os primeiros a serem digeridos, seguidos da celulose. O húmus é composto por ligninas, que são complexos orgânicos de decomposição mais difícil e mais lenta. Em regiões tropicais, sob condições aeróbicas, as ligninas podem ser rapidamente decompostas por ação bacteriana, tornando praticamente impossível a formação de húmus.

1.4.2 A TURFA

A turfa é uma substância fóssil, organo-mineral, originada da decomposição incompleta de material lenhoso e de arbustos, musgos e líquens em condições de excessiva umidade (até 95%), formada nos últimos 10 mil anos, em antigos lagos rasos de regiões frias do hemisfério norte, e nas áreas de inundação ou charcos do Brasil.

O ambiente anóxico, saturado em água, inibe a decomposição biológica e promove a retenção do carbono e a perda do oxigênio, numa evolução fóssil.

A definição de turfa não é unânime, mas a grande maioria adota o critério de que é um material contendo um teor de massa inorgânica inferior a 25%, na base seca (ANDREJKO et al., 1983).

Na composição da turfa podem ser encontrados os seguintes constituintes básicos (FUCHSMAN, 1980) :

- betumes, como os ácidos graxos, ceras e esteróides (passíveis de dissolução por alguns solventes orgânicos);
- ácidos húmicos (solúveis em meio aquoso alcalino);
- carboidratos, como celulose e proteínas (passíveis de solubilização em meio ácido);

- ligninas, que são substâncias fenólicas e que atuam como um cimento nas fibras celulósicas das plantas, conferindo-lhes estabilidade estrutural.

O processo decomposicional, segundo FUCHSMAN (op. cit.), começa pela decomposição das proteínas. O baixo teor de nitrogênio encontrado nas turfas é devido à pequena porcentagem de proteínas que são preservadas. A seguir, inicia-se a decomposição da celulose, que compreende a maior fração dos carboidratos das plantas. Durante a decomposição, os triglicérides, óleos do grupo dos lipídeos, hidrolizam-se para ácidos graxos e glicerol. Este último é consumido como fonte de carbono e oxigênio pelos microorganismos. As ligninas são relativamente estáveis, mas podem ser facilmente decompostas em condições aeróbicas, e são frequentemente grupadas com os ácidos húmicos, tendo o mesmo caráter polifenólico. Os ácidos húmicos não ocorrem nas plantas vivas, e sua origem parece estar ligada às ligninas, mas apresentam alto teor de ácidos carboxílicos e significativo teor em nitrogênio.

A turfa é utilizada para fins energéticos há pelo menos 2 mil anos. Atualmente países como Finlândia, Irlanda e Rússia (com cerca de 60% das reservas mundiais) utilizam a turfa para geração de energia. Alemanha e Holanda, por lei, destinam a turfa para o uso exclusivamente agrícola (LOPES, 1984). Estados Unidos e Canadá são os países que mais a utilizam na agricultura, como condicionador dos solos (IPT, 1978).

Em função do seu elevado teor em matéria orgânica na forma de húmus, a turfa atua como condicionador dos solos e no armazenamento de nutrientes para as plantas.

1.5 CONCLUSÕES

Neste capítulo foram apresentadas as grandes diferenças entre os solos de climas tropicais e temperados e suas consequências na produtividade agrícola. Podem se destacar as seguintes conclusões principais.

1 - Nos solos de climas tropicais existe uma grande carência de matéria orgânica. Somente os solos recém-desmatados aportam quantidades de matéria orgânica suficientes à

manutenção das suas propriedades físicas e nutricionais. Infelizmente após poucas safras esgotam-se os nutrientes indispensáveis às plantas e ocorre a degradação da matéria orgânica, tornando estes solos muito pobres em nutrientes e amorfos.

2 - O aporte de fertilizantes garante a quantidade necessária de nutrientes nos solos, mas não é garantia que as plantas serão nutridas com as quantidades suficientes para seu bom desenvolvimento.

3 - Na maioria dos solos brasileiros ocorre uma baixa assimilação pelas plantas do fósforo colocado no solo. As duas principais causas destas perdas são a solubilização do fósforo e arraste pelas chuvas torrenciais em solos impermeabilizados e a retrogradação rápida destes fertilizantes fosfatados de alta solubilidade. O arraste pelas águas pode provocar a poluição pelo fósforo de lagos, rios e aquíferos. O fenômeno da retrogradação ocorre pela reação dos fosfatos solúveis com alumínio e/ou ferro presentes nos solos tropicais, ocorrendo a fixação do fósforo pela formação de fosfatos de alumínio e ferro de baixas solubilidades, que não são aproveitados pela maioria das plantas.

4 - A baixa assimilação do fósforo pelas plantas é compensada pela super dosagem de fertilizantes nas plantações, provocando maior risco de contaminação das águas e maior fixação de fósforo nos solos em formas praticamente insolúveis.

5 - Após anos de intensa adição de fertilizantes fosfatados, os países desenvolvidos já enfrentam graves problemas relacionados à poluição por fósforo, principalmente relacionados a eutrofia e consequente aumento exagerado de plantas aquáticas. Nestes países cogita-se a criação de sanções aos agricultores que causarem problemas ambientais decorrentes da utilização de fertilizantes.

6 - O modelo de fertilização implantado no Brasil é baseado em produtos de alta solubilidade, como aqueles adotados em países de clima temperado. Este modelo importado não atende às particularidades de nossos solos, gerando um desperdício desta preciosa ferramenta do aumento de produtividade agrícola e problemas ambientais evidentes.

CAPÍTULO 2

CARACTERIZAÇÃO DOS FOSFATOS E DA MATÉRIA ORGÂNICA

As amostras dos fosfatos coletadas para estudo provêm de três grandes depósitos brasileiros. A seleção das amostras procurou privilegiar os minérios de tratamento complexo, os rejeitos com teores residuais de P_2O_5 e os produtos intermediários com teores abaixo das especificações de mercado.

Este capítulo aborda a descrição dos tipos de amostras coletadas, a geologia dos depósitos, a caracterização mineralógica e tecnológica dos fosfatos e as características das matérias orgânicas utilizadas nas etapas de produção do fertilizante.

2.1 AS AMOSTRAS DE FOSFATOS

Foram estudadas onze amostras de fosfatos provenientes dos depósitos de Jacupiranga/SP, Catalão/GO e Patos de Minas/MG. A localização destes depósitos é apresentada na **figura 2.1**.

Do depósito de Jacupiranga provém a amostra JACUPIRANGA, que é um produto intermediário dentro do processo de flotação.

Do depósito de Catalão I foram amostrados rejeitos da mina, a alimentação da usina de flotação (14/10/97 Pilha 734) e rejeitos da usina (14/10/97 Pilha 734) de concentração de apatita por flotação. Desta forma foram estudadas as seguintes amostras:

- Composição de rejeitos da mina / amostra CRMINA;
- Sílico-carbonatada pobre da mina / amostra SCPOBRE;
- Sílico-carbonatada rica da mina / amostra SCRICA;
- Alimentação da usina / amostra AUSINA;

Figura 2.1 – Localização dos depósitos estudados.
(Baseado em C.B. Gomes, E. Ruberti, L. Morbidelli, 1990)

(amostras de Catalão – continuação)

- Rejeito da flotação de grossos / amostra RFG;
- Rejeito da flotação de finos / amostra RFF;
- Rejeito da flotação de ultra-finos / amostra RFULTRF.

Do depósito de Patos de Minas foram estudadas as seguintes amostras:

- Minério da mina / amostra PM-MIN;
- Concentrado gravítico / amostra PM-CG;
- Concentrado de flotação / amostra PM-CF.

A **figura 2.2** apresenta o processamento ao qual as amostras de Patos de Minas foram submetidas:

Figura 2.2 Esquema de processamento de amostras de Patos de Minas.

2.2 A GEOLOGIA DOS DEPÓSITOS

Os depósitos de Jacupiranga e Catalão são jazidas magmáticas, formadas pela intrusão de corpos alcalino-carbonatíticos sob a forma de chaminés. Estes corpos carbonatíticos foram submetidos ao intemperismo e enriquecidos em apatita na sua parte superior, pela lixiviação de parte dos silicatos e carbonatos. Estes depósitos apresentavam espessos mantos de intemperismo, chegando a ultrapassar 50 m. Atualmente os minérios oxidados mais ricos e de concentração mais simples estão se esgotando, restando minérios mineralogicamente mais complexos e de teores de P_2O_5 mais baixos.

O depósito de Patos de Minas é de origem sedimentar. Este depósito apresenta interessantes teores de P_2O_5 , sendo um dos maiores depósitos de fosfato brasileiros. No entanto, a associação da apatita com os silicatos é extremamente fina, ocasionando uma baixa recuperação por flotação, tornando a jazida tecnologicamente inviável para o beneficiamento por este processo.

2.2.1 O COMPLEXO ALCALINO-CARBONATÍTICO DE JACUPIRANGA

GASPAR e WYLLIE (1987) apresentam a seguinte evolução cronológica para as intrusões carbonatíticas de Jacupiranga: sovito, sovito dolomítico, sovito, sovito e rauhaugito, totalizando 5 fases de intrusões. MELCHER (1954, 1965, 1966), HIRANO et al. (1987) e BORN (1989) definiram 4 grupos de carbonatitos presentes no complexo alcalino-carbonatítico de Jacupiranga: calcita carbonatito, calcita carbonatito rico em magnetita, calcita carbonatito rico em apatita e dolomita carbonatito.

Os carbonatitos de Jacupiranga apresentam estrutura intrusiva em magnetita clinopiroxenitos segundo RUBERTI et al. (1991). O complexo carbonatítico de Jacupiranga apresenta dimensões de cerca de 11 X 7km, encontrando-se encaixado em rochas pré-cambrianas.

Segundo LENHARO (1994), nos concentrados apatíticos de Jacupiranga representativos do carbonatito calcítico e dolomítico, a hidróxi-flúor-apatita foi a única apatita primária identificada.

2.2.2 O COMPLEXO ALCALINO-CARBONATÍTICO DE CATALÃO

Na região de Catalão foi detectada a ocorrência de dois domos ultrabásico-alcálinos. O primeiro, denominado de Catalão I, é localizado a alguns quilômetros a norte de Ouvidor e o segundo, denominado de Catalão II, descoberto por DYER (1969), dista cerca de 20 km da cidade de Catalão, pela rodovia para Cristalina (BR-050).

O complexo alcalino-carbonatítico de Catalão I é composto por rochas ultramáficas serpentinizadas e flogopitizadas cortadas por veios carbonatíticos (CARVALHO, 1974).

As rochas deste complexo são definidas como flogopita glimeritos, ocorrendo corpos piroxeníticos e peridotíticos de maneira restrita. Estas rochas são cortadas por veios carbonatíticos de uma ou mais gerações, conforme CARVALHO e BRESSAN (1989).

A apatita primária de Catalão I foi definida por LENHARO (1994) como uma estrôncio-hidróxi-flúor-apatita e a espécie secundária como uma carbonato-flúor-apatita com provável contribuição de estrôncio.

2.2.3 A JAZIDA SEDIMENTAR DE PATOS DE MINAS

Segundo DAMASCENO (1989) e MARCIANO NETO et al. (1990), a jazida de Patos de Minas apresenta idade pré-cambriana ou eo-cambriana tendo sido submetida a metamorfismo de baixo grau. O fósforo pode ocorrer na forma de flúor-carbonato apatita ou como uma mistura de fluorapatita e carbonato-apatita. Destaca-se a dificuldade ou a impossibilidade na liberação da apatita dos minerais de ganga, dentro dos limites da prática corrente do Tratamento de Minérios.

2.3 CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS DE FOSFATOS

O esquema do procedimento experimental adotado para o estudo de caracterização mineralógica e tecnológica dos fosfatos é apresentado na **figura 2.3**.

Figura 2.3 Esquema do procedimento experimental da caracterização.

2.3.1 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

A preparação inicial das amostras consistiu da cominuição de toda a massa de cada amostra abaixo da malha 6 malhas Tyler (3,35mm). As amostras JACUPIRANGA, RFG, RFF e RFULTRF são produtos intermediários no processo de beneficiamento por flotação, já tendo passado por etapas de cominuição, apresentando, desta forma, granulometria fina e dispensando esta preparação inicial. As amostras da jazida sedimentar de Patos de Minas são naturalmente finas, ficando também isentas.

A cominuição das amostras foi realizada em britador de mandíbulas e britador de rolos de pequenas dimensões, apropriados ao uso em escala de laboratório. Esta preparação objetivou adequar granulometricamente as amostras de fosfatos para a continuidade dos estudos de caracterização.

2.3.2 GRANULOMETRIA DAS AMOSTRAS DE FOSFATOS

As distribuições granulométricas das amostras cominuídas são apresentadas na **figura 2.4**, as dos rejeitos da usina de Catalão na **figura 2.5** e as das amostras de Patos de Minas na **figura 2.6**.

Figura 2.4 Distribuições granulométricas das amostras preparadas.

Figura 2.5 Distribuições granulométricas dos rejeitos da usina de Catalão.

Figura 2.6 Distribuições granulométricas das amostras de Patos de Minas.

2.3.3 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DAS AMOSTRAS DE FOSFATOS

A composição química das amostras de fosfatos estudadas é apresentada na **tabela 2.1**.

A amostra de Jacupiranga caracteriza-se por apresentar teor de P_2O_5 ao redor de 14/15% e elevados teores de CaO (45%), MgO (6/7%) e Perda ao Fogo (23%).

Tabela 2.1

COMPOSIÇÃO QUÍMICA DAS AMOSTRAS ESTUDADAS

AMOSTRAS	TEORES									
	P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)
[1] JACUPIRANGA	14,8	***	***	3,09	2,56	***	6,34	0,56	0,64	***
[2] JACUPIRANGA	14,3	44,8	0,98	4,78	1,75	0,55	7,35	0,22	0,65	23,3
[1] COMPOSIÇÃO DE REJEITOS DA MINA (CRMINA)	7,76	3,33	2,25	20,7	46,6	***	0,22	0,04	0,04	7,42
[1] ALIMENTAÇÃO DA USINA (AUSINA)	14,7	14,9	1,72	23,4	29,6	1,00	2,28	0,35	0,10	4,33
[2] ALIMENTAÇÃO DA USINA (AUSINA)	12,4	15,7	1,80	26,3	31,6	***	1,97	***	0,14	3,92
[1] SÍLICO-CARBONATADA POBRE (SCPOBRE)	4,39	26,1	1,24	16,5	15,8	0,60	14,0	0,09	0,81	23,8
[1] SÍLICO-CARBONATADA RICA (SCRICA)	6,43	24,4	0,99	15,0	10,7	0,70	14,6	0,02	0,18	23,8
[1] REJEITO DA FLOTAÇÃO DE GROSSOS (RFG)	6,95	5,74	1,64	39,3	28,9	0,55	2,00	0,16	0,16	3,35
[1] REJEITO DA FLOTAÇÃO DE FINOS (RFF)	7,97	6,22	2,39	37,1	26,5	***	3,23	0,20	0,21	4,94
[1] REJEITO DA FLOTAÇÃO DE ULTRA-FINOS (RFULTRF)	9,21	6,37	3,11	28,2	30,0	0,63	4,99	0,30	0,22	7,41
[2] REJEITO DA FLOTAÇÃO DE ULTRA-FINOS (RFULTRF)	7,93	7,37	3,69	33,0	32,3	***	4,02	***	0,32	6,85
[1] CONCENTRADO GRAVITICO (PM-CG) [3]	27,1	32,7	4,93	25,6	2,12	1,90	0,60	0,18	0,96	3,04
[1] CONCENTRADO DE FLOTAÇÃO (PM-CF)	34,6	40,4	2,56	14,7	1,31	2,85	0,53	0,02	0,47	1,67
[2] CONCENTRADO DE FLOTAÇÃO (PM-CF)	32,7	44,8	2,16	16,1	1,43	***	0,29	***	0,50	1,34
[1] MINÉRIO DA MINA (PM-MIN)	20,9	24,5	8,86	31,6	4,24	***	0,85	0,03	2,05	5,27
AMOSTRA	TEORES									
	TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SrO (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	Nd2O5 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)
(2) JACUPIRANGA	0,24	0,09	***	***	***	***	***	***	***	***
[1] COMPOSIÇÃO DE REJEITOS DA MINA (CRMINA)	5,09	0,44	***	0,33	1,76	0,44	***	0,47	0,49	***
[1] ALIMENTAÇÃO DA USINA (AUSINA)	***	0,47	0,03	0,41	1,07	0,28	0,44	***	***	***
[2] ALIMENTAÇÃO DA USINA (AUSINA)	4,00	0,49	***	***	***	***	***	***	***	***
[1] SÍLICO-CARBONATADA POBRE (SCPOBRE)	***	0,28	***	0,33	0,25	0,09	***	***	0,17	***
[1] SÍLICO-CARBONATADA RICA (SCRICA)	1,91	0,2	***	0,58	***	***	0,14	***	***	***
[1] REJEITO DA FLOTAÇÃO DE GROSSOS (RFG)	8,05	0,67	***	0,22	1,04	0,42	***	***	0,37	***
[1] REJEITO DA FLOTAÇÃO DE FINOS (RFF)	6,23	0,76	0,04	0,28	1,65	0,38	0,53	0,19	0,28	0,08
[1] REJEITO DA FLOTAÇÃO DE ULTRA-FINOS (RFULTRF)	4,23	0,60	0,05	0,34	2,51	0,43	***	***	***	0,05
[2] REJEITO DA FLOTAÇÃO DE ULTRA-FINOS (RFULTRF)	4,60	0,70	***	***	***	***	***	***	***	***
[1] CONCENTRADO GRAVITICO (PM-CG) [3]	0,23	***	0,01	0,35	***	***	***	***	***	***
[1] CONCENTRADO DE FLOTAÇÃO (PM-CF)	0,18	***	0,01	0,41	***	***	***	***	***	***
[2] CONCENTRADO DE FLOTAÇÃO (PM-CF)	0,19	0,04	***	***	***	***	***	***	***	***
[1] MINÉRIO DA MINA (PM-MIN)	0,55	***	0,06	0,26	***	***	***	***	***	***

[1] Laboratório de Caracterização Tecnológica - USP.

[2] Centre National de la Recherche Scientifique - CRPG/SARM.

[3] Fração -200#.

As amostras de Catalão apresentam grande variação química, refletindo as variações dos diferentes tipos de amostras. Destacam-se três diferentes grupos:

- A amostra que representa a composição dos rejeitos da mina (CRMINA), embora ainda possua cerca de 8% de P_2O_5 , apresenta elevados teores de Fe_2O_3 (47%), SiO_2 (21%), além de Al_2O_3 (2,3%), TiO_2 (5%) e BaO (1,8%). A relação entre os teores de CaO e P_2O_5 indica a presença de outros fosfatos não cálcicos.

- As amostras sílico-carbonatadas, que se caracterizam pela proximidade à rocha carbonatítica, apresentam baixos teores de P_2O_5 (4/6%) e Al_2O_3 (1%). Devido à presença de carbonatos, estas amostras apresentam elevados teores de CaO (24/26%), MgO (14/15%) e Perda ao Fogo (24%).

- Quando da realização da amostragem, a usina de flotação estava sendo alimentada com minério de teor de P_2O_5 entre 12 e 15%. Este minério (AUSINA) apresenta elevados teores de Fe_2O_3 (30/32%) e SiO_2 (23/26%). Os rejeitos das etapas de concentração (RFG, RFF e RFULTRF) apresentam teores residuais de P_2O_5 entre 7 e 9%, que são crescentes rumo aos rejeitos mais finos. Estes rejeitos, embora sejam submetidos a etapas prévias de separação magnética para remoção da magnetita, ainda apresentam elevados teores de Fe_2O_3 (27/32%). Estas amostras apresentam, também, elevados teores de SiO_2 (28/39%), Al_2O_3 (2/4%), TiO_2 (4/8%) e BaO (1/2,5%).

As amostras de Catalão apresentam baixos teores de terras raras, principalmente o Cério.

As amostras de Patos de Minas (PM-MIN/CG/CF) apresentam elevados teores de P_2O_5 . Partindo-se de um minério com cerca de 21%, atinge-se um concentrado flotado com 33/35%. No entanto, as análises químicas mostram a grande dificuldade na redução dos teores de SiO_2 (15/16%) e Al_2O_3 (2/3%) no concentrado de flotação.

2.3.4 COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA DAS AMOSTRAS DE FOSFATOS.

A composição mineralógica das amostras de fosfatos é apresentada na **tabela 2.2**.

Tabela 2.2

ESTIMATIVA DA COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA DA AMOSTRAS ESTUDADAS

AMOSTRA	Ox/Hidroxidos						
	Fluorapatita	Gorceixita	Quartzo	Siilicatos [1]	de ferro [2]	Carbonatos [3]	Outros [4]
JACUPIRANGA							
COMPOSIÇÃO DE REJEITOS DA MINA (CRMINA)	34	***	4	3	2	57	Tr
ALIMENTAÇÃO DA USINA (AUSINA)	8	7	19	3	55	Tr	8
SÍLICO-CARBONATADA POBRE (SCPOBRE)	26	5	26	2	35	Tr	6
SÍLICO-CARBONATADA RICA (SCRICA)	8	2	15	6	16	51	2
REJEITO DA FLOTAÇÃO DE GROSSOS (RFG)	12	2	16	3	12	52	2
REJEITO DA FLOTAÇÃO DE FINOS (RFF)	10	6	41	2	33	Tr	9
REJEITO DA FLOTAÇÃO DE ULTRA-FINOS (RFULTRF)	14	8	37	3	32	Tr	6
MINÉRIO DA MINA (PM-MIN)	14	10	31	3	37	Tr	4
CONCENTRADO GRAVÍTICO (PM-CG)	47	***	24	24	4	***	Tr
CONCENTRADO DE FLOTAÇÃO (PM-CF)	62	***	24	12	2	***	Tr
	79	***	13	7	1	***	Tr

[1] Principalmente Vermiculita, Muscovita e Caulinita.

[2] Principalmente Goethita, Hematita, Magnetita e Ilmenita.

[3] Principalmente Calcita e Dolomita.

[4] Principalmente Anatasio, Rutilo e Monazita.

Tr - Traços.

A amostra JACUPIRANGA é composta, basicamente, por carbonato e fluorapatita, respectivamente com 57 e 34% em peso da amostra. Os carbonatos presentes nesta amostra são a calcita e dolomita. A fluorapatita é a única forma de fosfato observada pelas análises por difração de raios-X (DRX). A **figura 2.7** apresenta os diagramas das difrações de raios-X dos fosfatos.

Quando de nossa amostragem, a usina de flotação de Catalão estava sendo alimentada com minério (AUSINA) com cerca de 26% de fluorapatita. A amostra apresenta expressivos teores de ganga férrea (35%) e ganga silicática (28%), formada, principalmente por quartzo. Parcela do fósforo está na forma de gorceixita (fosfato hidratado de alumínio e bário), perfazendo cerca de 7% em peso da amostra e o restante na forma de monazita (fosfato de terras raras).

Os rejeitos da mina de Catalão, estudados neste trabalho, apresentam dois tipos bastante distintos:

- O primeiro tipo de rejeito (CRMINA) apresenta elevado teor em óxidos de ferro (55%) e quartzo (19%), estando praticamente isento de carbonatos. O fósforo apresenta-se na forma de fluorapatita (8%), gorceixita (7%) e monazita.

- O segundo tipo de material rejeitado na mina (SCPOBRE e SCRICA) é aquele situado na proximidade da rocha fresca, apresentando menor grau de alteração e menor teor em óxidos de ferro (16% e 12%). No entanto, os teores de carbonatos são bastante elevados, alcançando 52/51% em peso da amostra. Os teores de apatita são similares aos rejeitos ricos em ferro, porém a presença de gorceixita é bastante restrita nestas amostras.

Os rejeitos da usina de flotação de apatita de Catalão (RFG, RFF e RFULTRF) apresentam teores elevados de quartzo, entre 31 e 41%, e de óxidos de ferro, entre 32 a 37% em peso. Os teores de apatita e gorceixita apresentam tendência de aumentarem rumo aos rejeitos mais finos, alcançando, respectivamente, cerca de 14 e 10% no rejeito ultra-fino (RFULTRF).

Figura 2.7 - Diagramas de difração de raios-X das amostras de fosfatos.

As amostras do jazimento sedimentar de Patos de Minas apresentam uma composição mineralógica mais simples que aquelas dos depósitos magmáticos. O fósforo encontra-se na forma de fluorapatita, que mesmo no minério (PM-MIN) já alcança teores bastante significativos. Na amostra de minério estudada, o teor de apatita é ao redor de 47% em peso, sendo complementada por quartzo (24%) e silicatos (24%). Estes silicatos são compostos principalmente por muscovita. O teor de óxidos de ferro (4%) é reduzido.

A composição mineralógica do concentrado de flotação (PM-CF) mostra a grande dificuldade na concentração de apatita. A presença residual de grande quantidade de quartzo (13%) e silicatos (7%) é indicativa de um baixo grau de liberação entre a apatita e estes minerais. Este baixo grau de liberação da apatita será evidenciado no item seguinte, que abordará os ensaios de separações minerais.

2.3.5 OS ENSAIOS DE SEPARAÇÕES MINERAIS

As amostras de fosfatos caracterizadas neste trabalho, com exceção da amostra JACUPIRANGA, foram submetidas, conforme já exposto no procedimento experimental, a ensaios de separação em líquido orgânico denso. O líquido orgânico utilizado foi o bromofórmio, com densidade de $2,84 \text{ g/cm}^3$.

Os produtos flutuados, denominados de Leves, com densidades inferiores a $2,84 \text{ g/cm}^3$, foram analisados quimicamente em equipamento de fluorescência de raios-X (FRX) e mineralogicamente por difração de raios-X (DRX).

Os produtos afundados, denominados de Pesados, foram submetidos a ensaios de separação magnética em equipamento Frantz de laboratório. Os campos magnéticos utilizados para realização dos ensaios variaram conforme a amostra, visando uma partição mais uniforme de massa entre os produtos gerados. Estes produtos foram analisados quimicamente por FRX e mineralogicamente por DRX.

Desta forma apresentaremos para cada amostra estudada os resultados obtidos nestes ensaios.

2.3.5.1 CATALÃO-COMPOSIÇÃO DE REJEITOS DA MINA (CRMINA)

Os resultados de análises químicas por frações granulométricas são apresentados na **tabela 2.3 (anexo A)**. Os resultados de separações minerais e análises químicas são apresentados nas **tabelas 2.4 a 2.7 (anexo A)**.

Os teores de P_2O_5 aumentam até a fração -48+65 malhas Tyler (-0,297+0,21mm), variando de 6 a 10%. Na fração fina -400 malhas Tyler (-0,037mm) ocorre pequena queda no teor de P_2O_5 (8%). O concentrado de apatita com o mais alto teor de P_2O_5 foi obtido na fração granulométrica -100+200 malhas Tyler (-0,149+0,074mm), com valor de 30%. Este concentrado, porém, apresenta elevados teores de SiO_2 (14%), Fe_2O_3 (10%), Al_2O_3 (2%), BaO (1,7%), Ce_2O_3 (1,4%) e SrO (1%).

A amostra caracteriza-se pela intensa associação dos óxidos/hidróxidos de ferro e argilominerais com outros minerais, inclusive a apatita. Outra forma de ocorrência do fósforo é na forma de fosfatos aluminosos de bário, estrôncio e cério, tendo sido verificada a presença de gorceixita por difração de raios-X.

Estas características da amostra mostram a razão de sua rejeição frente ao processo de concentração atualmente empregado.

2.3.5.2 CATALÃO-ALIMENTAÇÃO DA USINA (AUSINA)

Os resultados de análises químicas por frações granulométricas são apresentados na **tabela 2.8 (anexo A)**. Os resultados de separações minerais e análises químicas são apresentados nas **tabelas 2.9 a 2.12 (anexo A)**.

Os teores de P_2O_5 aumentam rumo as frações intermediárias -48+65 malhas Tyler (-0,297+0,21mm) e -65+100 malhas Tyler (-0,21+0,149mm), tendendo a uma redução para as frações mais finas. Na fração -400 malhas Tyler (-0,037mm) o teor de P_2O_5 cai para 8,6% e, em contrapartida, eleva-se o teor de Fe_2O_3 (39%) e Al_2O_3 (4,3%).

Os estudos de caracterização mostram a possibilidade de obtenção de concentrados de apatita com teores de P_2O_5 superiores a 30%, mesmo nas frações granulométricas mais grossas. Teores acima de 36% em P_2O_5 são conseguidos nas frações intermediárias. Estes concentrados mais ricos em apatita atingem recuperações acima de 75% do fósforo total destas frações granulométricas. No entanto, ainda apresentam teores residuais de SiO_2 (4/5%), Fe_2O_3 (3,7%), BaO (2%) e SrO (1%).

O fósforo ocorre principalmente na forma de apatita, mas também na forma de gorceixita, verificadas pelas análises por difração de raios-X, e indicada pela relação CaO/P_2O_5 e pelos teores residuais de alumínio, bário e estrôncio nos concentrados.

Os resultados obtidos sustentam a utilização deste minério para obtenção de concentrado apatítico pelo processo de flotação.

2.3.5.3 CATALÃO-SÍLICO CARBONATADA POBRE (SCPOBRE)

Os resultados de análises químicas por frações granulométricas são apresentados na **tabela 2.13 (anexo A)**. Os resultados de separações minerais e análises químicas são apresentados nas **tabelas 2.14 a 2.17 (anexo A)**.

Ao longo das frações granulométricas, o fósforo apresenta enriquecimento em seu teor nas frações intermediárias, atingindo mais de 8% em P_2O_5 na fração -48+100 malhas Tyler (-0,297+0,149mm). Os teores de SiO_2 e MgO aumentam bruscamente nas frações abaixo de 200 malhas Tyler (-0,074mm).

Concentrados com elevados teores de P_2O_5 são viáveis de obtenção pelas técnicas empregadas durante os ensaios de separações minerais. Foram obtidos concentrados com teores acima de 34% de P_2O_5 e, relativamente, baixos teores de Fe_2O_3 (<1%), SiO_2 (1,4%) e Al_2O_3 (0,1%). O concentrado de apatita da fração -48+65 malhas Tyler (-0,297+0,21mm) apresenta recuperação de 64% do fósforo total da fração, nas condições dos ensaios.

Desta forma o desenvolvimento de uma separação eficiente e econômica entre estas fases minerais (apatita e carbonatos) poderá viabilizar grande parte destes minérios menos alterados.

2.3.5.4 CATALÃO-SÍLICO CARBONATADA RICA (SCRICA)

Os resultados de análises químicas por frações granulométricas são apresentados na **tabela 2.18 (anexo A)**. Os resultados de separações minerais e análises químicas são apresentados nas **tabelas 2.19 a 2.22 (anexo A)**.

Apresenta comportamento similar à amostra correlata pobre, com teor de P_2O_5 total (6,4%) mais elevado. Ao longo das frações granulométricas, alcança valores acima de 10% em P_2O_5 na fração -28+100 malhas Tyler (-0,595+0,149mm). Abaixo de 200 malhas Tyler (-0,074mm) ocorre aumento dos teores de alumínio, sílica e magnésio, contra uma redução do fósforo e do cálcio.

Pelos ensaios efetuados obtiveram-se concentrados com teores de P_2O_5 superiores a 36%, e baixos teores de SiO_2 (0,7%), Fe_2O_3 (<0,3%) e Al_2O_3 (<0,1%). Estes concentrados apresentam teores residuais de carbonatos, indicados pelos teores de cálcio e magnésio. A fração -100+200 malhas Tyler (-0,149+0,074mm) apresenta recuperação de 79% do fósforo da fração com teor de 36,3% em P_2O_5 .

Esta amostra, como a SCPOBRE, apresenta possibilidade técnica de obtenção de concentrado apatítico. A viabilidade econômica e tecnológica da separação da apatita dos carbonatos deverá ser estudada.

2.3.5.5 CATALÃO-REJEITO DA FLOTAÇÃO DE GROSSOS (RFG)

Os resultados de análises químicas por frações granulométricas são apresentados na **tabela 2.23 (anexo A)**. Os resultados de separações minerais e análises químicas são apresentados nas **tabelas 2.24 a 2.27 (anexo A)**.

Os teores de P_2O_5 apresentam tendência de redução (de 13 até 4,5%) rumos às frações finas, somente ocorrendo aumento na fração -400 malhas Tyler (-0,037mm) com teor de 8%. A fração acima de 150 malhas Tyler (+0,105mm) contém mais de 80% de todo P_2O_5 da amostra.

Pelos ensaios de separações minerais, obtiveram-se concentrados com teores de P_2O_5 entre 28 e 31%, nas frações granulométricas mais grossas. Estes concentrados, no entanto, apresentam elevados teores de SiO_2 (12 a 20%), Fe_2O_3 (4 a 8%) e Al_2O_3 (0,8 a 1,6%), além de baixas recuperações do P_2O_5 , menores que 62% nas frações granulométricas estudadas.

A redução dos teores destes contaminantes, com consequente aumento do teor de P_2O_5 , implicaria numa menor recuperação global do fósforo.

2.3.5.6 CATALÃO-REJEITO DA FLOTAÇÃO DE FINOS (RFF)

Os resultados de análises químicas por frações granulométricas são apresentados na **tabela 2.28 (anexo A)**. Os resultados de separações minerais e análises químicas são apresentados nas **tabelas 2.29 a 2.32 (anexo A)**.

Os teores de P_2O_5 aumentam até a fração -270+325 malhas Tyler (-0,053+0,044mm), variando de 5,5 a 9%, com ligeira redução para as frações mais finas. Os teores de silício, magnésio, alumínio e potássio apresentam tendência de redução rumo aos finos, sendo que o ferro apresenta tendência oposta, alcançando 42,2% de Fe_2O_3 na fração -400 malhas Tyler (-0,037mm).

Nas condições experimentais adotadas, os ensaios de separações minerais geraram produtos com elevados teores de fósforo, principalmente nas frações granulométricas mais grossas. O teor mais elevado em P_2O_5 é obtido na fração -100+150 malhas Tyler (-0,149+0,105mm) com valor de 31,4%, com uma recuperação de 51% do fósforo total desta fração. Este concentrado apresenta, ainda, 10% de SiO_2 , 4,6% de Fe_2O_3 e 1,2% de Al_2O_3 .

2.3.5.7 CATALÃO-REJEITO DA FLOTAÇÃO DE ULTRAFINOS (RFULTRF)

Os resultados de análises químicas por frações granulométricas são apresentados na **tabela 2.33 (anexo A)**. Os resultados de separações minerais e análises químicas são apresentados nas **tabelas 2.34 e 2.35 (anexo A)**.

Trata-se de amostra extremamente fina, na qual mais de 90% do fósforo encontra-se abaixo de 325 malhas Tyler (-0,044mm) ou mais de 80% abaixo de 400 malhas Tyler (-0,037mm).

Os ensaios em líquido denso mostram que na fração -100+400 malhas Tyler (-0,149+0,037mm), o produto pesado contém 90% do P_2O_5 da fração. Contudo, este produto contém 80% do silício e do alumínio e 77% do potássio da fração, indicando a dificuldade na liberação desses elementos frente ao fósforo.

As amostras de rejeitos da usina de flotação de Catalão (RFG, RFF e RFULTRF) apresentam forte associação da apatita com os silicatos e óxidos de ferro, implicando num baixo grau de liberação, mesmo nas frações finas. A apatita apresenta, ainda, recobrimentos por óxidos/hidróxidos de ferro e/ou argilominerais em diferentes graus de intensidade. Quando este recobrimento apresenta-se intenso, a flotação desta apatita fica muito prejudicada, influenciando o rendimento do processo.

2.3.5.8 PATOS DE MINAS-MINÉRIO DA MINA (PM-MIN)

Os resultados de análises químicas por frações granulométricas são apresentados na **tabela 2.36 (anexo A)**. Os resultados de separações minerais e análises químicas são apresentados nas **tabelas 2.37 a 2.40 (anexo A)**.

Os teores de P_2O_5 aumentam até a fração -100+200 malhas Tyler (-0,149+0,074mm), atingindo 29,1%. A fração -400 malhas Tyler (-0,037mm) apresenta o mais baixo teor em fósforo, 12,7% em P_2O_5 , ou seja, cerca de 22% do conteúdo total de fósforo da amostra. Esta

fração fina apresenta elevados teores de óxidos de silício (39,4%), alumínio (14,2%), ferro (6,28%), potássio (3,15%) e magnésio (1,14%).

Os ensaios de separações minerais geraram produtos com até 33% em P_2O_5 , mas com teores residuais de 16% em SiO_2 . Estes resultados indicam a grande dificuldade de obtenção de concentrados mais ricos em fósforo, motivados pela má liberação da apatita frente aos silicatos.

2.3.5.9 PATOS DE MINAS-CONCENTRADO GRAVÍTICO (PM-CG)

Os resultados de análises químicas por frações granulométricas são apresentados na **tabela 2.41 (anexo A)**. Os resultados de separações minerais e análises químicas são apresentados nas **tabelas 2.42 a 2.45 (anexo A)**.

Trata-se de amostra de granulometria fina, na qual 72% da amostra encontra-se abaixo de 270 malhas Tyler (-0,053mm) e cerca de 52% abaixo de 400 malhas Tyler (-0,037mm).

A fração fina -400 malhas Tyler (-0,037mm) apresenta-se empobrecida em P_2O_5 (24,4%). Tendência contrária é observada nos teores em SiO_2 (27,7%), Al_2O_3 (6,86%), Fe_2O_3 (2,82%), K_2O (1,36%) e MgO (0,75%).

Os ensaios de separações realizados mostram claramente a íntima associação entre o fósforo e o silício, ou seja, entre a apatita e os silicatos (quartzo e muscovita).

2.3.5.10 PATOS DE MINAS-CONCENTRADO DE FLOTAÇÃO (PM-CF)

Os resultados de análises químicas por frações granulométricas são apresentados na **tabela 2.46 (anexo A)**. Os resultados de separações minerais e análises químicas são apresentados nas **tabelas 2.47 a 2.50 (anexo A)**.

O concentrado de flotação apresenta granulometria muito fina, no qual cerca de 57% do fósforo encontra-se abaixo de 400 malhas Tyler (-0,037mm). Os teores de P_2O_5 oscilam

pouco ao longo das frações granulométricas, partindo de 31,4% na fração mais grossa e alcançando 35,2% na fração -270+325 malhas Tyler (-0,053+0,044mm).

Pelos ensaios de separações verifica-se que os melhores produtos gerados alcançaram teores de 35,7% em P_2O_5 , 0,3% em K_2O , 0,4% em MgO , 0,6% em Fe_2O_3 , 1,5% em Al_2O_3 e 12,5% em SiO_2 .

2.4 AS AMOSTRAS DE MATÉRIAS ORGÂNICAS

Foram utilizadas duas amostras de turfas como fonte de matéria orgânica para produção do fertilizante organo-fosfatado. Uma turfa francesa, denominada "Tourbe Brune" é comercializada para fins de jardinagem. Este produto caracteriza-se por apresentar uma umidade de 14%.

A outra amostra de turfa origina-se da região do Baixo Ribeira de Iguape, Litoral Sul do Estado de São Paulo. Conforme trabalho realizado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas-IPT (IPT, 1981), as turfeiras desta região apresentam predomínio de restos de troncos, por vezes pouco decompostos, indicando uma contribuição arbórea na sua origem.

A **tabela 2.51** apresenta as principais características da turfa brasileira.

Tabela 2.51 – Principais características da turfa brasileira.

Umidade	81,14 %
Matérias Voláteis	68,77 %
Cinzas	5,83 %
Carbono Fixo	25,40 %
Poder Calorífico Superior	5.200 kcal/kg
Densidade de Empilhamento	650,6 kg/m ³

A amostra utilizada para os ensaios foi seca ao sol, até atingir uma umidade de 10%.

2.4.1 CLASSIFICAÇÃO DAS TURFAS

Existem várias classificações, bastante semelhantes entre si, as quais procuram reconhecer o grau de humificação ou de decomposição, conforme **tabela 2.52** (IPT, 1979).

Tabela 2.52 Classificação das turfas.

Sistema Classificação	Grau de Humificação		
U.S.D.A. ⁽¹⁾	Fibrosa	Hêmica	Sáprica
Soviético ⁽²⁾	10, 20, 30	40, 50, 60	70, 80, 90, 100
Sueco ⁽³⁾	1, 2, 3	4, 5, 6	7, 8, 9, 10
I.P.S. ⁽⁴⁾	Leve > 2/3 fibras reconhecíveis	Escura 1/3 a 2/3 fibras reconhecíveis	Preta < 1/3 fibras reconhecíveis

⁽¹⁾ U. S. Department of Agriculture and Agricultural Experiment Stations

⁽²⁾ INSTORF (Instituto Soviético de Turfa)

⁽³⁾ Von Post (Suécia)

⁽⁴⁾ International Peat Society (I.P.S.)

⁽⁵⁾ Massa específica aparente

⁽⁶⁾ Poder calorífico superior

Ainda segundo o IPT (IPT, 1979), a International Peat Society-I.P.S. (1973) assim classifica a turfa:

-Turfa Leve: é pouco decomposta, geralmente marrom-avermelhada, com a porção orgânica contendo mais de 2/3 de fibras vegetais reconhecíveis, e o restante decomposto além do reconhecimento. É encontrada em ambiente ácido, formando as camadas mais superficiais das turfeiras (em geral, derivadas de musgos) tendo muito boa aceitação como substrato para formação de mudas;

-Turfa Escura: representa um grau intermediário entre a turfa leve e a preta, com tonalidade entre o marrom e o preto, apresentando 1/3 a 2/3 de fibras reconhecíveis. Normalmente é formada por gramas, arbustos, plantas rasteiras silvestres e plantas aquáticas;

-Turfa Preta: é bastante escura, contendo menos de 1/3 de fibras reconhecíveis, podendo apresentar forma gelatinosa. Algumas vezes se forma a partir da acentuada decomposição dos dois outros tipos; em outras, o processo de formação se dá a partir da sedimentação, no fundo de lagos rasos, de material orgânico morto de plantas aquáticas e algas (sapropelito). Apresentam teor bastante elevado em húmus.

Pode-se estabelecer uma correspondência entre os tipos leve, escura e preta da I.P.S. com os tipos fibrosa, hêmica e sáprica da U.S.D.A.

Entretanto, as descrições mais freqüentemente utilizadas referem-se ao modelo sueco, idealizado por Von Post, em que a turfa é descrita numa escala visual após um teste expedito. Espreme-se uma amostra fresca e molhada na mão e observa-se o aspecto do material que flui entre os dedos e o que fica retido na mão. A classificação de Von Post é apresentada na **tabela 2.53**. A um valor H4, por exemplo, atribui-se um estado de decomposição de 40% ao material analisado.

A turfa da região do Baixo Ribeira de Iguape é descrita como tendo grau 7 na escala de Von Post.

Tabela 2.53 Classificação de Von Post.

Grau de humosidade	Características	Cor da água que flue entre os dedos	Fração da turfa que flue entre os dedos	Resta na mão	
				Forma	Estrutura vegetal
H1	Sem decomposição	Incolor	Não passa sólido entre os dedos	Não tem aspecto gelatinoso	Estrutura vegetal nitidamente reconhecível
H2	Muito pouco decomposta	Ligeiramente castanha			
H3	Fracamente decomposta	Castanha fraca		Apresenta aspecto gelatinoso	Ainda poucos restos vegetais reconhecíveis
H4	Fracamente decomposta	Muito castanha			
H5	Decompоста	Líquido bem escuro	Passa pouco	Ficam na mão resíduos de fibras, raízes, etc	Restos muito pouco reconhecíveis
H6	Bem Decompоста		Passa 1/3 do volume		
H7	Fortemente decomposta		Passa a metade		
H8	Muito fortemente decomposta		Passa 3/5 do volume	Sobra muito pouco ou quase nada nas mãos	
H9	Quase integralmente decomposta		Passa quase tudo		
H10	Completamente decomposta		Flui integralmente entre os dedos		

2.5 CONCLUSÕES

Neste capítulo foram apresentadas as principais características das matérias-primas fosfatadas e da turfa brasileira utilizada na produção deste novo fertilizante organo-fosfatado. As principais conclusões são apresentadas a seguir:

1 - Os teores de P_2O_5 nas amostras estudadas variam bastante, desde valores baixos até muito ricos. As amostras apresentam os seguintes teores de P_2O_5 :

DEPÓSITO	AMOSTRA	TEOR P_2O_5 (%)	APATITA (%)
JACUPIRANGA	JACUPIRANGA	14,8	34
CATALÃO	CRMINA	7,76	8
	AUSINA	14,7	26
	SCPOBRE	4,39	8
	SCRICA	6,43	12
	RFG	6,95	10
	RFF	7,97	14
	RFULTRF	9,21	14
PATOS DE MINAS	PM-MIN	20,9	47
	PM-CG	27,1	62
	PM-CF	34,6	79

2 - De forma geral podemos subdividir as amostras em três grupos:

- 1º grupo. São as amostras ricas em carbonatos:

DEPÓSITO	AMOSTRA	CARBONATOS (%)
JACUPIRANGA	JACUPIRANGA	57
CATALÃO	SCPOBRE	51
	SCRICA	52

- 2º grupo. São as amostras ricas em quartzo e óxidos/hidróxidos de ferro:

DEPÓSITO	AMOSTRA	QUARTZO (%)	ÓX/HIDRÓX. Fe (%)
CATALÃO	CRMINA	19	55
	AUSINA	26	35
	SCPOBRE	15	16
	SCRICA	16	12
	RFG	41	33
	RFF	37	32
	RFULTRF	31	37

- 3º grupo. São as amostras ricas em apatita, quartzo e silicatos:

DEPÓSITO	AMOSTRA	APATITA (%)	QUARTZO (%)	SILICATOS (%)
PATOS DE MINAS	PM-MIN	47	24	24
	PM-CG	62	24	12
	PM-CF	79	13	7

3 - Nas amostras de Catalão detectou-se a ocorrência de gorceixita, fosfato secundário com alumínio e bário, além da apatita. Nas amostras sílico-carbonatas os teores de fosfato secundário são mais baixas (2%).

4 - Os ensaios de separações minerais indicaram que com exceção da amostra AUSINA de Catalão, onde obtiveram-se concentrados com elevados teores de apatita e baixos teores de contaminantes, as demais amostras estudadas apresentam dificuldades tecnológicas para produção de concentrados ricos em P_2O_5 :

- As amostras CRMINA e os rejeitos da usina de beneficiamento (RFG, RFF e RFULTRF) de Catalão apresentam baixos índices de liberação frente aos minerais de ganga silicatada e férrica, implicando em moagens muito finas com altos custos. Os concentrados obtidos a partir destas amostras implicariam em baixas recuperações, no caso de atender às especificações de mercado, ou concentrados de baixos teores.

- As amostras sílico-carbonatadas de Catalão apresentam resultados promissores na obtenção de concentrados ricos em P_2O_5 e com baixos teores de sílica e ferro. No entanto, estas amostras ricas em carbonatos, apresentam a dificuldade da separação destes minerais da apatita. Segundo LEAL FILHO^(*) a separação da apatita dos carbonatos depende da associação dos reagentes utilizados. A utilização do amido como depressor destes minerais de ganga tem apresentado resultados razoáveis a bons na separação da calcita e resultados deficientes na separação da dolomita. O quadro a seguir apresenta o desempenho do amido como depressor de alguns minerais de ganga na presença dos coletores utilizados nas usinas de concentração brasileiras^(*):

Minerais	Na presença de ácidos graxos ⁽¹⁾	Na presença de sulfossuccinato de alquila ⁽²⁾	Na presença de sarcosinato de alquila ⁽³⁾
óxidos de ferro	-boa depressão.		
óxidos de titânio	-depressão deficiente para anatásio; -comportamento desconhecido para perovskita.	-comportamento não estudado.	
barita ⁽⁴⁾	-má depressão.		-comportamento não estudado.
dolomita	-depressão deficiente.		
calcita	-razoável depressão.	-boa depressão.	-boa depressão.
silicatos	-péssima depressão para quartzo e alguns tipos de micas (em função do grau de alteração); -comportamento não conhecido para diopsídio e granada.	-razoável depressão para quartzo e vermiculita ⁽⁵⁾ ; -comportamento não conhecido para diopsídio e granada.	

(1) Coletor utilizado nas usinas de Tapira-MG, Araxá-MG e Catalão-GO (Copebras+Ultrafertil);

(2) Coletor utilizado nas usinas de Tapira-MG e Catalão-GO (Copebras);

(3) Coletor utilizado na usina de Cajati-SP;

(4) A deficiência na depressão de barita motiva sua flotação em separado com sulfatos de alquila nas usinas de Araxá-MG e Catalão-GO (Copebras);

(5) Estudos recentes mostraram que a inibição na flotação dos silicatos se deve à seletividade dos coletores (sulfossuccinato e sarcosinato) e não do depressor (amido).

^(*) LEAL FILHO, L.S. Comunicação pessoal, 2000.

- As amostras de Patos de Minas (PM-MIN, CG e CF) apresentam baixo grau de liberação frente ao quartzo e silicatos, mesmo em granulometrias muito finas, impossibilitando a obtenção de concentrados de apatita com elevados teores de P_2O_5 .

5 - A turfa brasileira utilizada é originária da região do baixo Ribeira de Iguape, litoral sul do estado de São Paulo. Apresenta umidade de 81%, 69% de matérias voláteis, 5,8% de cinzas, 25,4% de carbono fixo e poder calorífico de 5.200 kcal/kg. Apresenta grau 7 na escala de Von Post.

6 - As dificuldades em obtenção de concentrados ricos em apatita para a produção de fertilizantes fosfatados de alta solubilidade, ou mesmo a impossibilidade de obtenção destes concentrados inviabilizam tecnológica e economicamente estes materiais frente ao processo de beneficiamento por flotação.

7 - Evidencia-se a importância do desenvolvimento de processos de produção de fertilizantes que visem o aproveitamento destes materiais marginalizados:

- Tipos de minérios inadequados às condições usuais da usina de beneficiamento;
- Rejeitos com teores baixos de P_2O_5 (rejeitos/estéreis das frentes de lavra e rejeitos das usinas de beneficiamento);
- Minérios tecnologicamente complexos ou inviáveis à obtenção de concentrados que atendam às especificações de mercado;
- Depósitos pequenos, ricos ou pobres em P_2O_5 que não interessam às grandes mineradoras, mas podem suprir localmente a demanda por fertilizantes.

CAPÍTULO 3

PRODUÇÃO DE FERTILIZANTE ORGANO-FOSFATADO

Na primeira parte deste capítulo citam-se as principais técnicas utilizadas para a produção de fertilizantes fosfatados e breve histórico do processo Humifert, estudado neste trabalho. A seguir descrevem-se os ensaios realizados em equipamento micropiloto, com capacidade de produção de algumas centenas de gramas de produto. Os ensaios dividem-se em duas fases: na primeira foram levantados os principais parâmetros do ensaio; na segunda fase foram efetuados ensaios para produção de amostras para os testes agronômicos em vasos de vegetação. Na última parte deste capítulo apresenta-se a caracterização do produto final obtido nos ensaios micropiloto.

3.1 OS FERTILIZANTES FOSFATADOS

A utilização direta da apatita como agente fertilizante em fósforo é pouco eficaz, devido à sua baixa solubilidade.

No Brasil, a transformação da apatita em uma fase mais solúvel é realizada por duas vias principais, conforme apresentado na **figura 3.1** (CEKINSKI, 1993).

Pela via térmica, o fosfato é misturado às escórias magnesianas, sendo a mistura fundida a 1400°C e resfriada bruscamente em água. O produto final, com aspecto vítreo é seco e finalmente moído. O termofosfato é produzido no Brasil desde 1968, primeiramente pela Mitsui, e mais tarde pela Cooperativa Agrícola de Cotia e Cia. Níquel do Brasil (FIGUEIRA, 1994).

Figura 3.1 Processos de fabricação de fertilizantes fosfatados no Brasil.

Diversos autores (GUARDANI e VALARELLI, 1981 e 1982; LEITE, 1985; PEREIRA, 1987; RAHAL, 1990; RAHAL e VALARELLI, 1990 e FIGUEIRA, 1994) têm estudado a introdução de rochas com teores de K₂O no termofosfato, visando a incorporação de mais um macronutriente primário, e desta forma reduzindo a utilização de KCl importado.

Pela via úmida o fosfato é atacado pelo ácido sulfúrico produzindo o superfosfato simples (SSP – Single Super Phosphate) ou o ácido fosfórico. O teor de P_2O_5 no SSP varia conforme o teor de fósforo na rocha inicial, normalmente oscilando entre 16 e 22%. A produção do SSP a partir da fluorapatita pode ser representada pela equação geral:

Em realidade, ocorrem diversos tipos de reações intermediárias durante a produção do SSP (CEKINSKI, 1993). Ocorre primeiramente a precipitação do sulfato de cálcio liberando os ácidos fosfórico e fluorídrico:

O ácido fosfórico ataca a apatita formando o fosfato monocálcico e o ácido fluorídrico:

Parte do flúor se volatiliza sob a forma de SiF_4 , produzido pela reação do ácido fluorídrico com o silício presente na ganga do minério:

O ácido fluorídrico restante reage com a apatita formando o ácido fosfórico e o fluoreto de cálcio:

Quando o fosfato monocálcico formado se hidrolisa, ocorre a formação de fosfato bicálcico e liberação de ácido fosfórico:

Todo o ácido fosfórico produzido pode voltar a atacar a apatita.

Quando o objetivo é a produção de ácido fosfórico, a partir da fluorapatita, pode-se considerar a reação básica como sendo:

Verifica-se que para cada molécula de apatita tratada necessita-se de dez moléculas de ácido sulfúrico. Na realidade utiliza-se uma quantidade maior devido às impurezas do minério. Esta equação, também, nos indica que para seis moles de ácido fosfórico produzido, pesando 588 g, geram-se 10 moles de gipso, pesando 1.721,7 g. Estes valores nos explicam as montanhas de gipso que se acumulam nos parques industriais de fabricação de ácido fosfórico.

O ácido fosfórico pode ser utilizado para reagir com o fosfato, originando o superfosfato triplo (TSP – Triple Super Phosphate). Neste produto o teor de P_2O_5 será o dobro do obtido pelo superfosfato simples.

A neutralização do ácido fosfórico com a amônia produzirá os chamados fertilizantes binários (N-nitrogênio e P-fósforo). Os produtos assim obtidos podem ser o fosfato monoamônio (MAP) e o fosfato diamônio (DAP). O MAP, sal fortemente ácido, com teor ao redor de 52% em P_2O_5 , geralmente é utilizado como matéria-prima para fabricação de fertilizantes ternários (NPK-potássio).

O DAP, com teor ao redor de 47% em P_2O_5 , é frequentemente misturado com sais de nitrogênio e potássio para produção de diversos produtos com variadas composições dos principais nutrientes (NPK). Outros nutrientes podem ser adicionados, visando atender às necessidades particulares das diferentes culturas e dos diversos estágios de desenvolvimento do vegetal.

3.2 FERTILIZANTES LÍQUIDOS

Fertilizantes à base de polifosfatos são produzidos pela desidratação do ácido ortofosfórico, produzindo ácidos pirofosfóricos. Os sais destes ácidos ficam solúveis por longo tempo, mesmo se congelados. São pouco reativos com os cátions alcalino-terrosos ou metálicos presentes nos solos.

A alta solubilidade permite aplicar o fertilizante por pulverização ou irrigação no momento que o vegetal mais esteja necessitando, resultando numa importante economia. Os agricultores da América do Norte são os que mais utilizam estes fertilizantes líquidos. Estes fertilizantes são binários (NP), respectivamente com concentrações comerciais de 10-34.

3.3 SOLUBILIZAÇÃO NÍTRICA

Por volta de 1910, engenheiros noruegueses descreveram um método para solubilização de fosfatos por ácido nítrico.

A reação básica é semelhante à realizada com utilização de ácido sulfúrico sobre a fluorapatita. A diferença importante é que o nitrato de cálcio produzido permanece dissolvido dentro da solução de ácido fosfórico:

A separação do nitrato de cálcio do ácido fosfórico é obtida pelo resfriamento da solução até o ponto de formação dos cristais de nitrato. Os cristais finos de nitrato de cálcio são separados por centrifugação.

O nitrato de cálcio pode ser comercializado diretamente, ou transformado em nitrato de amônio, com a reação com o carbonato de amônio:

Após a retirada do nitrato de cálcio cristalizado, a solução-mãe restante contendo o ácido fosfórico e parte do nitrato de cálcio em solução é aquecida em contra-corrente e tratada com amoníaco até atingir pH de 4,5. Desta forma obtém-se um precipitado de fosfato monocálcico e uma solução de nitrato de amônio:

A pasta obtida, eventualmente acrescida de sais de potássio, é concentrada por evaporação e granulada. Desta forma obtém-se um fertilizante binário 20/20/0, ou mesmo, um ternário 15/15/15.

3.4 TRATAMENTO DE MATÉRIA ORGÂNICA POR ÓXIDOS DE NITROGÊNIO

Diversas patentes registram o interesse no tratamento de matérias orgânicas por óxidos de nitrogênio (BIDEGAIN, 1995). Assim, no começo do século a patente francesa nº 338 981 (1904), relata a mistura do produto final do ataque de fosfatos naturais por ácido sulfúrico, com a turfa contendo calcário. Em 1919, a patente francesa nº 501 668, propõe o tratamento de matérias vegetais e lixos urbanos por gás nitroso pouco concentrado, produzido em arcos elétricos. Ressalta-se nesta patente o poder desinfetante, desodorizante e o aumento do valor fertilizante pelo aumento do teor em nitrogênio.

A patente alemã nº 518 7792 (1928), preconiza o tratamento de serragem ou de turfa por gás nitroso e a neutralização da acidez pela amônia. Indica também a possibilidade de acrescentar, antes da neutralização, óxidos de fósforo de forma a produzir um fertilizante binário N-P.

A patente francesa nº 759 692 (1933) e a patente inglesa nº 424 260 (1934) propõem a preparação de fertilizantes pelo ataque de linhita ou de turfa umidificada, misturada a fosfatos, por gases contendo óxidos de nitrogênio. Contudo, a etapa seguinte preconizada pela patente, de neutralização do produto pelo amoníaco, retorna o fosfato ao estado insolúvel.

Nas patentes francesas n^{os} 799 692, 784 196 e 84-18 966, a função da matéria orgânica é dar suporte físico à mistura, garantindo a permeabilidade para passagem do gás. Como nas demais patentes, nunca foi assinalado o interesse pela presença da matéria orgânica.

A patente americana n^o 2.170843 (1936) consiste em atacar minérios fosfatados por cloretos de nitrosila, gerados a partir de cloretos alcalinos pela ação de óxidos de nitrogênio.

A patente Humifert, n^o 88 17.596 (1988), propõe o tratamento de minérios fosfatados em presença de matéria orgânica umidificada, pela passagem de óxidos de nitrogênio. A solubilização do fosfato é realizada pelo ácido nítrico e pelos ácidos orgânicos nascentes na mistura.

3.4.1 O PROCESSO HUMIFERT

O processo Humifert foi patenteado em 30/12/1988, tendo sido proposto pelos pesquisadores STERNICHA e BENARD (STERNICHA, 1988). Foi desenvolvido pela empresa SOFRECO-SOFRECHIM e o Laboratório de Físico-Química de Fosfato da Escola Nacional Superior de Química de Toulouse do Instituto Nacional Politécnico (ENSCT – INP).

3.4.1.1 APRESENTAÇÃO

O processo Humifert consiste em tratar, em reator sob ligeira pressão, uma mistura úmida de matéria orgânica triturada de origem vegetal ou animal, e fosfatos naturais moídos.

O tratamento é realizado por uma mistura gasosa de óxidos de nitrogênio e ar saturado em vapor d'água. Os óxidos de nitrogênio são obtidos pela oxidação catalítica de amônia em equipamento apropriado.

Os óxidos de nitrogênio se transformam em ácido nítrico nascente, muito reativo, na superfície da mistura sólida, produzindo o ataque ao fosfato. Paralelamente ocorre a oxidação da matéria orgânica, conduzindo à ruptura das cadeias carbônicas, produzindo moléculas mais

simples e curtas que as longas cadeias iniciais. Estas moléculas orgânicas simplificadas são semelhantes aos ácidos húmicos ou ácidos fúlvicos extraídos dos solos, apresentando a propriedade de quelação de cátions (Ca, Fe, Al, Mg). Estes compostos húmicos apresentam a capacidade de retardar a retrogradação dos fosfatos, ou mesmo remobilizar aqueles já retrogradados. A presença destes ácidos orgânicos irá contribuir para o ataque dos fosfatos, reduzindo o consumo de ácido estequiometricamente necessário.

Ao final, após maturação de alguns dias sob a forma de compostagem, o produto conterá um fosfato parcialmente solúvel, matérias orgânicas pré-humificadas e nitratos. A forma físico-química destes compostos (complexos fósforo-húmicos) é particularmente interessante, pois ocorre o envolvimento das partículas de fosfatos pelos compostos húmicos, permitindo ao fósforo ser disponível por um período relativamente prolongado, evitando-se uma rápida retrogradação.

3.4.1.2 DESCRIÇÃO DO PROCESSO E DO EQUIPAMENTO EXPERIMENTAL

As etapas químicas determinantes do processo são em número de três. Trata-se da combustão da amônia, que resulta na formação dos óxidos nitrosos, seguida da transformação oxidativa destes óxidos em óxidos nítricos e finalmente do ataque dos fosfatos.

A combustão da amônia é realizada através da oxidação de ar em excesso sobre um catalisador constituído de telas metálicas de platina. Esta reação é exotérmica e muito rápida, com um rendimento químico acima de 98%. Ela conduz à formação de monóxido de nitrogênio e água:

Os óxidos nitrosos vão sofrer oxidação pelo oxigênio do ar em excesso, transformando-se em óxidos nítricos:

O óxido nítrico produzido reage com a água da mistura, gerando o ácido nítrico e ácido nitroso:

Enquanto o ácido nítrico reage de diferentes maneiras com os compostos da mistura, o ácido nitroso sofrerá novas transformações, conduzindo aos óxidos nitrosos iniciais:

A reação do ácido nítrico com o fosfato é variável. Podem-se esquematizar três diferentes níveis de ataque:

- um ataque total:

- um ataque intermediário:

- um ataque parcial:

Desta forma, um ataque total produziria o ácido fosfórico, um ataque intermediário produziria um fosfato monocalcico (solúvel em água) e um ataque parcial produziria um fosfato bicalcico (solúvel em ácido cítrico a 2%). Na realidade é impossível orientar a reação para formação de um ou outro composto. O resultado final é uma mistura de sais,

ácido fosfórico e apatita não atacada. O ácido fosfórico produzido pode reagir com a apatita ou com o fosfato bicálcico mesmo durante a fase de maturação do produto:

O produto final, após etapa de maturação, pode ser granulado por extrusão, secado e ensacado.

Os ensaios foram realizados em equipamento micropiloto, com capacidade para algumas centenas de gramas.

As principais partes do equipamento são o forno, o recipiente oxidante e o reator (**figura 3.2**), conforme ROUQUET (1989).

A reação de oxidação da amônia no forno se auto mantém a partir de uma temperatura ao redor de 650°C. Desta forma inicia-se a reação no forno com ajuda de uma chama, produzida por um arco elétrico e alimentada por hidrogênio.

A amônia é misturada ao ar primário, numa relação de 1/10, antes de entrar no forno. A temperatura no forno é controlada por um termômetro, sendo mantida abaixo de 800°C, a fim de evitar a dissociação do monóxido de nitrogênio.

O monóxido de nitrogênio formado no forno dirige-se ao recipiente oxidante. Este recipiente tem a função de resfriar os gases do forno, que poderiam provocar a secagem e destruição da matéria orgânica. Neste recipiente ocorre a oxidação do monóxido de nitrogênio, onde seu grau de oxidação passa de ^{+II} a ^{+IV}. O óxido de nitrogênio, misturado ao ar secundário, borbulha no ácido nítrico (catalisador da reação).

O recipiente oxidante é resfriado por um trocador de calor de superfície onde circula água.

Figura 3.2 – Principais partes do equipamento para produção de fertilizante organo-fosfatado.

Os óxidos de nitrogênio passam para o reator, onde, em contato com a água da mistura, se transformam em ácido nítrico. O reator é um cilindro de aço inoxidável. Uma grelha de aço inoxidável suporta a mistura no reator e um sistema de válvulas permite a chegada do gás reativo pelo alto ou por baixo, garantindo uma homogeneização no tratamento.

No equipamento micropiloto (**fotos 3.1, 3.2 e 3.3**) o reator é substituído por uma coluna de vidro, na qual a mistura é retida numa tela de aço inoxidável.

3.5 ENSAIOS EM EQUIPAMENTO MICROPILOTO

O ensaios em equipamento micropiloto foram divididos em duas etapas. A primeira etapa consistiu em ensaios exploratórios, visando a familiarização com o equipamento e o estudo do comportamento das principais variáveis do processo, ou seja, a umidade da mistura, a temperatura de reação da amônia e a relação entre quantidades das matérias orgânicas e os fosfatos. Foram utilizados preferencialmente o fosfato de Jacupiranga e a turfa francesa, por questão de disponibilidade de amostra. A segunda etapa consistiu na elaboração de produtos finais para testes em vaso de vegetação. Para tal, foram consideradas as informações obtidas pelo estudo de caracterização dos fosfatos e dados gerados durante a primeira etapa de ensaios em micropiloto.

Foto 3.1 : Vista geral do equipamento micropiloto. Cilindros de hidrogênio e amônia à direita e compressor de ar e cilindro de vidro do reator à esquerda.

Foto 3.2 : Vista do pequeno forno e do recipiente oxidante do micropiloto.

Foto 3.3 : Vista da mistura fosfato e turfa na coluna do reator.

3.5.1 ENSAIOS EXPLORATÓRIOS

Nos primeiros ensaios (1 e 2) variou-se o teor de umidade e a quantidade de massa das misturas. Utilizou-se um reator/coluna de 7,5cm de diâmetro. As condições gerais dos ensaios são apresentadas na **tabela 3.1**.

Tabela 3.1 - Condições experimentais dos ensaios exploratórios

Ensaio	Fosfato JACUP. (g)	Turfa Francesa (g)	Umidade (%)	Duração do Ensaio		Micropiloto				Maturação (dias)
				Data	Duração (h) (*)	Ar Primário	Amoníac.	Ar Secund.	Temper. (°C)	
1	50	50	7,5 (**)	5/11	2	75	75	50	650	11
				6/11	5	75	---	0	670	10
				9/11	8	75	---	0	670	7
2	100	100	15,5	17/11	3	60	85	0	670	---
				18/11	6	80	80	0	670	---
				19/11	9	75	---	0	670	---

(*) Horas acumuladas.

(**) Umidade natural da turfa.

Os teores de P_2O_5 solúvel em água e em ácido cítrico a 2% são os parâmetros de controle para os produtos finais. Os produtos finais foram secos, homogeneizados e quarteados para as análises de solubilidade do P. A solubilização foi realizada com 1g de amostra seca em 50ml de água ou ácido cítrico, durante uma hora. A quantificação do P solubilizado foi feita por colorimetria (coloração azul e leitura no comprimento de onda de 660nm). Os resultados obtidos pelos primeiros ensaios são apresentados nas **figuras 3.3 a 3.6**.

Figura 3.3 - Ensaio 1
Solubilização do P_2O_5
Fosfato JACUPIRANGA

Figura 3.4 - Ensaio 2
Solubilização do P_2O_5 / Fosfato JACUPIRANGA

Verifica-se que a solubilidade do produto aumenta gradativamente durante os ensaios, embora com valores ainda baixos, indicando o aumento da formação de ácido nítrico e do ataque à apatita, transformando-a em fases mais solúveis.

O ensaio 1, com menor umidade, gerou maior teor em fósforo solúvel, tanto em água como em ácido cítrico. A maior quantidade de massa do ensaio 2 provavelmente deve ter influenciado negativamente a formação de ácido nítrico e, na sequência, a reação com o fosfato.

Na seqüência realizou-se a segunda bateria de ensaios (3 a 7), visando confirmar alguns resultados dos primeiros ensaios, iniciar os estudos com a turfa brasileira e a variação do tempo de maturação. O tempo de maturação oscilou de 1 a 13 dias. O controle dos ensaios foi realizado pelo teor de P_2O_5 solúvel em ácido cítrico a 2%.

As condições de execução destes ensaios, assim como o controle de massas, são apresentadas na **tabela 3.2**.

Tabela 3.2 – Condições experimentais dos ensaios 3 a 7.

Ensaio	Turfa	Turfa	Fosp.	Água	Umid.	Condições de Operação					Tempo	Massa	Ganho de
	Franc (g)	Bras. (g)	JACUP. (g)	(g)	(%)	Amon 1	Amon 2	Ar Prim	Ar Sec	Temp (°C)	Ensaio (h)	Ensaio (g)	Massa (%) Após Ensaio
3	50	---	50	---	7(*)	3	---	40	30	650	8	104	4
4	50	---	50	9	15	4	80	35	20	650	8	111	2
5	100	---	100	---	7(*)	2	95	---	20	650	8	235	18
6	---	50	50	2	7	2	100	---	20	650	8	120	18
7	---	50	50	---	5(*)	2	---	30	15	650	8	112	12

(*) Umidades naturais das turfas.

Os ensaios 3 e 4 foram realizados com variação na umidade, semelhantes aos dois primeiros ensaios, contudo com a mesma quantidade de massa. Os resultados obtidos são apresentados na **figura 3.7**. Observa-se que a variação na umidade de 7 para 15% não apresentou diferenças marcantes no teor de fósforo solúvel em ácido cítrico, e os resultados continuaram muito baixos.

Figura 3.7 - Solubilização do P₂O₅
50% Turfa Franc. / 50% Fosfato JACUPIRANGA (100g/8h/650°C)

A comparação de resultados frente à variação da quantidade de massa, com a mesma umidade de 7% (ensaios 3 e 5), pode ser verificada na **figura 3.8**.

Figura 3.8 - Solubilização do P₂O₅
Umidade de 7% (650°C/8h) Fosfato JACUPIRANGA (A)

Os melhores resultados obtidos pelo ensaio com 200g de massa total de mistura não eram esperados. Supunha-se que a menor quantidade de massa a ser tratada facilitaria a passagem dos gases ricos em óxidos de nitrogênio e por conseguinte a formação de ácido nítrico. No entanto, os resultados de ganho de massa após o ensaio, mostram que houve um ganho de 4% no ensaio com 100g e 18% no ensaio com 200g, indicando a maior formação de ácido nítrico.

A comparação entre a utilização da turfa brasileira e francesa, numa mesma condição de umidade de 7% (ensaios 3 e 6), é apresentada na **figura 3.9**.

Os resultados indicam que a turfa brasileira apresenta melhores resultados que a francesa, frente às condições experimentais adotadas. Este fato deve estar ligado às características físicas que cada tipo de turfa imprime à mistura, principalmente quanto à porosidade, influenciando na passagem e propagação dos gases no reator.

Os ensaios 7 e 6, utilizando a turfa brasileira, mostram o comportamento dos produtos finais, gerados somente com a umidade natural proveniente da turfa e com pequena adição de umidade complementar (**figura 3.10**).

Verifica-se que ocorre grande aumento da solubilidade do P_2O_5 no produto final, mesmo frente a um pequeno aumento da umidade geral da mistura tratada.

A terceira seqüência de ensaios objetivou estudar a variação na proporção entre matéria orgânica (turfa) e fosfato. Realizaram-se ensaios com fosfato sedimentar de Patos de Minas (PM-MIN), rico em P_2O_5 e sem a presença de carbonatos, assim como elevou-se a umidade até 30% e a temperatura para 750°C.

Figura 3.9 - Solubilização do P₂O₅
 Umidade de 7% (650°C/8h) Fosfato JACUPIRANGA (B)

Figura 3.10 - Solubilização do P₂O₅
 50% Turfa Bras. / 50% Fosfato JACUPIRANGA (650°C/8h)

Ensaio com a turfa brasileira com umidade global de 30% não puderam ser realizados, devido à formação de uma massa pastosa sem porosidade para passagem dos óxidos de nitrogênio.

Esta seqüência de ensaios foi realizada em colunas de 2,5cm de diâmetro, em consequência das pequenas quantidades de massas de amostras disponíveis.

A solubilidade do P_2O_5 ao ácido cítrico a 2% é o parâmetro de controle para esta série de ensaios.

As condições experimentais destes ensaios, assim como o controle dos pesos das misturas antes e após os ensaios, são apresentados na **tabela 3.3**.

Tabela 3.3 – Condições experimentais dos ensaios A1 a A6.

Ensaio	Turfa	Turfa	Fosf.	Fosf.	Água	Umidade	Condições de Operação					Tempo	Massa	Masse	Ganho
	Franc	Bras.	PM - MIN	JACUP			Amon	Amon	Ar	Ar	Temp	Do	Antes	Após	de
	(g)	(g)		(g)	(g)	(%)	1	2	Prim	Sec	(°C)	Ensaio	Ensaio	Ensaio	Massa (%) Após Ensaio
A1	45	0	0	5	15	30	2	90	80	15	750	6,5	65	84	30
A2	40	0	0	10	16	30	2	90	80	15	750	8	66	96	45
A3	30	0	0	20	17	30	2	80	60	15	750	8	67	72	7
A4	0	25	0	25	10	20	2	90	60	10	750	7,5	60	65	9
A5	0	20	30	0	10	20	1	90	70	--	750	8	60	71	19
A6	0	10	15 (*)	0	5	20	1	90	60	--	750	8	30	38	25

(*)Fosfato moido abaixo de 200#.

Os resultados obtidos com a variação na proporção entre matéria orgânica e o fosfato JACUPIRANGA (ensaios A1, A2 e A3) podem ser observados na **figura 3.11**.

Figura 3.11 - Solubilização do P_2O_5
 Relação : Matéria Orgânica / Fosfato JACUPIRANGA

Os resultados indicam que o ensaio com 20% de fosfato e 80% de matéria orgânica produziram um produto final com melhores características de solubilidade de fósforo em ácido cítrico. Contudo, mesmo as outras proporções testadas (10 e 40% de fosfato) geraram produtos com alta solubilidade. Estes resultados foram obtidos devido à combinação do aumento da umidade e da temperatura de oxidação da amônia.

A importância do teor de umidade pode, também, ser observada nos ensaios que utilizaram a turfa brasileira (ensaio 6, 7 e A4).

Verifica-se aumento significativo da solubilidade do produto final quando a umidade inicial foi levada a 20% (**figura 3.12**). Contudo, deve-se salientar que o ensaio com 20% de umidade foi realizado à temperatura de 750°C e os demais a 650°C.

Figura 3.12 - Solubilização do P₂O₅
50% Turfa Bras. / 50% Fosf. JACUPIRANGA

Os ensaios A5 e A6 objetivaram estudar o comportamento de um fosfato mais rico em P₂O₅ (21% frente aos 14/15% da amostra JACUPIRANGA) e o efeito da moagem sobre o produto final. A moagem foi realizada somente sobre a fração retida na peneira 200 mesh Tyler, produzindo uma amostra 100% abaixo desta malha (0,074mm). A umidade destes ensaios foi de 20%.

Após quatro dias de maturação, mais de 90% do fósforo total das amostras se encontrava na forma solúvel em ácido cítrico. No caso do fosfato moído, praticamente todo fósforo foi transformado da forma apatítica para fases mais solúveis (**Figura 3.13**).

Figura 3.13 - Solubilização do P_2O_5
40% Turfa Bras. / 60% Fosf.. PM-MIN

O resultado de solubilidade acima de 100% deve-se, provavelmente, a desvio no resultado de análise química na dosagem de fósforo.

3.5.1.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO PRODUTO FINAL

A partir dos produtos gerados nesta fase exploratória, realizaram-se análises de difração de raios-X e análises de infravermelho, que confirmassem a transformação da apatita em fosfatos solúveis, pois a única evidência da presença destas fases mais solúveis eram as análises de solubilidade em água e em ácido cítrico. As **figuras 3.14** e **3.15** apresentam, respectivamente, os diagramas das difrações de raios-X e os diagramas de absorção infravermelho para os produtos finais dos ensaios A-3, A-4, A-5, e para os fosfatos monocalcico e bicalcico padrão. Objetivou-se uma comparação entre seus diagramas para uma possível observação da formação destes fosfatos mais solúveis nos ensaios realizados.

Contudo, provavelmente devido ao baixos teores de P_2O_5 nos fosfatos utilizados e por conseguinte nos produtos finais, aliados à presença de grande quantidade de matéria orgânica, que mascara os resultados, não foi possível a comprovação bem caracterizada da presença destes fosfatos solúveis, pelas técnicas empregadas.

Fosfato Monocálcico Padrão.

Fosfato Bicálcico Padrão.

Produto Final A-3

Produto Final A-4.

Produto Final A-5.

Figura 3.14 – Diagramas de difração de raios-X (fosfatos solúveis e produtos finais).

Fosfato Monocálcico padrão.

Fosfato Bicálcico padrão.

Produto A-3.

Produto A-4.

Produto A-5.

Figura 3.15 - Diagramas de absorção infravermelho (fosfatos solúveis e produtos finais).

Desta forma, optou-se pela realização de ensaios com fluorapatita sintética pura, com e sem adição de matéria orgânica, visando aumentar a quantidade de fosfatos solúveis no produto final e assim obter sua caracterização.

Utilizou-se a técnica de análise por espectroscopia de elétrons para análise química ou espectroscopia de fotoelétrons (ESCA – XPS).

Realizaram-se análises por ESCA nos produtos sintéticos puros: fluorapatita, fosfato bicálcico e fosfato monocalcico. Produtos tratados no equipamento micropiloto para produção de fertilizantes também foram analisados no ESCA. Analisaram-se os seguintes produtos:

1) TB-1	tempo de ensaio	:	6 horas;
	umidade	:	40%;
	fosfato	:	fluorapatita pura;
	matéria orgânica	:	não utilizada.
2) TB-3	tempo de ensaio	:	6 horas;
	umidade	:	40%;
	fosfato	:	fluorapatita pura;
	matéria orgânica	:	25% turfa francesa; 75% turfa brasileira.

Após análises dos principais elementos (P, Ca, O, C e N), verificou-se que somente o oxigênio (**figura 3.16**) apresentava alguma diferenciação significativa na forma e intensidade de suas ligações atômicas. Ou seja, na região onde ocorre o pico do oxigênio, orbital 1s, detectou-se a ocorrência de 2 picos distanciados 1,5 a 1,9 eV entre si.

Na fluorapatita pura, o primeiro pico, de energia mais baixa, é o predominante (86% em área), sendo o segundo pico de intensidade bem menor (14% em área). Conforme a fase fosfatada vai se tornando mais solúvel, este segundo pico aumenta sua intensidade:

-fosfato bicálcico	:	primeiro pico - 77% em área; segundo pico - 23% em área;
-fosfato monocalcico	:	primeiro pico - 59% em área; segundo pico - 41% em área.

Figura 3.16 – Gráficos de espectroscopia de fotoelétrons (padrões e produtos finais).

Os resultados das análises por ESCA nos produtos TB-1 e TB-3 indicam uma forte tendência de aumento na intensidade do segundo pico do oxigênio, indicando uma semelhança com as fases fosfatadas mais solúveis (fosfatos mono e bicálcicos):

-TB-1 primeiro pico - 62% em área;
 segundo pico - 38% em área;

-TB-3 primeiro pico - 29% em área;
 segundo pico - 71% em área;

3.5.2 PRODUÇÃO DE FERTILIZANTES PARA OS ENSAIOS AGRONÔMICOS

A partir dos resultados obtidos pela caracterização dos fosfatos e matérias orgânicas, e com base nos ensaios exploratórios executados, foram definidas as condições experimentais básicas para a produção de fertilizantes, a serem utilizados nos ensaios agronômicos.

Após etapa de maturação, os fertilizantes para ensaios agronômicos foram secados e moídos abaixo de 32 mesh Tyler (0,5mm).

3.5.2.1 CONSUMO DE REATIVOS ÁCIDOS

Uma estimativa do consumo de reagentes ácidos é obtida pelo tratamento das características químicas de cada fosfato. Calculam-se as quantidades de ácido sulfúrico (H_2SO_4), ácido nítrico (HNO_3) e amônia (NH_3), estequiometricamente necessários à formação dos compostos fosfatados mais solúveis: fosfato monocalcico- $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ e fosfato bicálcico- $\text{Ca}(\text{HPO}_4)$. Os consumos são dados em gramas de reagentes necessários para tratar um kg de minério.

A **tabela 3.4** apresenta um resumo comparativo, entre os consumos de ácido sulfúrico (H_2SO_4), ácido nítrico (HNO_3) e amônia (NH_3), para obtenção do fosfato monocálcico $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$.

Tabela 3.4 – Consumo de reagentes para obtenção do fosfato monocálcico.

	H_2SO_4 (kg)	HNO_3 (kg)	NH_3 (kg)
JACUPIRANGA	1,8	2,3	0,6
CRMINA	1,8	2,4	0,6
AUSINA	1,7	2,2	0,6
SCPOBRE	2,2	2,8	0,8
SCRICO	1,9	2,4	0,7
RFG	1,3	1,7	0,5
RFF	1,3	1,7	0,5
RFULTRF	1,7	2,2	0,6
PM-MIN	1,2	1,6	0,4
PM-CG	1,1	1,4	0,4
PM-CF	1,2	1,5	0,4

Quantidade necessária para ataque de 1kg de minério.

Os resultados indicam que as amostras da jazida sedimentar de Patos de Minas (PM-MIN, CG e CF) são aquelas com mais baixos consumos de reagentes. As amostras ricas em carbonatos de Catalão (SCPOBRE e SCRICO) e JACUPIRANGA apresentam elevados consumos de reagentes ácidos para a transformação da apatita.

3.5.2.2 MOAGEM DOS FOSFATOS

Os estudos de caracterização indicaram que a granulação de moagem para uma boa liberação da apatita varia conforme a amostra. Para a produção de fertilizantes para os testes agronômicos, adotou-se o critério de procurar obter uma boa liberação das apatitas frente aos silicatos. Os carbonatos e óxidos/hidróxidos de ferro são parcialmente atacados durante o ensaio, propiciando uma liberação de parte da apatita a eles associada.

As amostras naturalmente finas, que já são produtos de etapas de moagem e concentração de apatita, não foram moídas para estes ensaios. Os ensaios com estas amostras (JACUPIRANGA, RFF, RFULTRF e PM-CF) procuraram verificar a possibilidade de utilização destes fosfatos de forma direta, sem a necessidade de moagem. As granulometrias de moagem dos fosfatos são apresentadas na **tabela 3.5**.

Tabela 3.5 - Moagem dos fosfatos para produção de fertilizantes para ensaios agronômicos.

Fosfato	Granulometria de Moagem
JACUPIRANGA	Sem Moagem
CRMINA	-60# (0,250mm)
AUSINA	-60# (0,250mm)
SCPOBRE	-60# (0,250mm)
SCRICO	-60# (0,250mm)
RFG	-60# (0,250mm)
RFF	Sem Moagem
RFULTRF	Sem Moagem
PM-MIN	-80# (0,177mm)
PM-CG	-60# (0,250mm)
PM-CF	Sem Moagem

3.5.2.3 CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS DOS ENSAIOS

Os ensaios exploratórios mostraram a importância da umidade para a obtenção de bons resultados. Desta forma optou-se pela adoção de uma umidade de 30% na produção de fertilizantes para os ensaios agronômicos.

Visto que a turfa brasileira não aceita, operacionalmente, uma umidade de 30%, devido às características pastosas geradas, optou-se pela mistura com a turfa francesa. A relação da mistura entre as turfas foi de 75% de turfa brasileira e 25% de turfa francesa.

Em função dos resultados, utilizou-se uma relação de 2 partes de matéria orgânica para uma parte de fosfato.

Visando uma eficiência máxima na produção dos óxidos de nitrogênio, o equipamento micropiloto trabalhou em uma faixa de temperatura entre 750 e 800°C. Devido à maior quantidade de massa da mistura, trabalhou-se com a coluna de 7,5 cm de diâmetro. Os tempos dos ensaios foram ao redor de 8 horas.

O tempo de maturação do produto foi de cerca de 7 dias, mesmo que os ensaios exploratórios indiquem que após o quarto dia a curva de solubilidade do fósforo começa a se estabilizar, havendo pequeno aumento na solubilidade.

A **tabela 3.6** apresenta as condições experimentais para os ensaios de produção de fertilizantes para os ensaios agronômicos.

3.5.2.4 CARACTERIZAÇÃO DOS FERTILIZANTES PRODUZIDOS

O controle de massas das misturas antes e após a passagem pelo micropiloto, assim como após o período de maturação e secagem são apresentados na **tabela 3.7**. Uma estimativa dos teores totais de P_2O_5 nos fertilizantes secos, calculados pelos teores dos minérios fosfatados, assim como resultados obtidos por análise colorimétrica, também são apresentados nesta tabela.

O ganho de massa oscilou entre 1,7% na amostra PM-MIN e 8,8% na amostra AUSINA, para um valor médio de 5,3%.

Os fertilizantes produzidos apresentam teores de P_2O_5 que oscilam entre 2,0/2,2% na amostra SCPOBRE e 14,7/16,6% na amostra PM-CF.

Os fertilizantes produzidos foram submetidos a análises de solubilidade em água e em ácido cítrico a 2%. Os resultados obtidos são apresentados na **tabela 3.8**.

Os resultados de solubilidade do P_2O_5 em ácido cítrico variaram de 11,7% na amostra JACUPIRANGA a 73,4% na amostra AUSINA.

TABELA 3.6

CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS PARA OS ENSAIOS DE PRODUÇÃO DE FERTILIZANTES PARA OS ENSAIOS AGRONÔMICOS

AMOSTRA	MASSA DE FOSFATO (g)	MASSA DE TURFA		ADICÃO DE AGUA PARA UMA UMIDADE DE 30% (g)	TEMPO DE ENSAIO (h)	MICROPILOTO				TEMP. AMBIENTE DURANTE O ENSAIO (°C)
		BRAS. (g)	FRANC. (g)			AR SECOND.	AR PRIM.	AMON.	TEMP. (°C)	
JACUPIRANGA	80,0	120,0	40,0	77,7	8	Não	80	100	780	19/32°C
CRMINA	80,0	120,0	40,0	77,7	7,3	1/4 Volta	85	110	780	15/16°C
AUSINA	80,0	120,0	40,0	77,7	7,3	1/4 Volta	80	100	780	15/16°C
SCPOBRE	80,0	120,0	40,0	77,7	7	1/4 Volta	90	100	780	16/17°C
SCRICO	80,0	120,0	40,0	77,7	9,3	Não	80	100	750/680	15/16°C
RFG	80,0	120,0	40,0	77,7	8	Não	80	100	780	15/22°C
RFF	80,0	120,0	40,0	77,7	8	Não	80	100	780	20/30°C
RFULTRF	80,0	120,0	40,0	77,7	7,3	1/4 Volta	90	100	780	17/20°C
PM-CF	80,0	120,0	40,0	77,7	7,3	1/4 Volta	90	100	780	14/15°C
PM-CG	80,0	120,0	40,0	77,7	7,5	1/4 Volta	80	100	780	12/19°C
PM-MIN	80,0	120,0	40,0	77,7	8	Não	80	90/100	780	20/30°C

TABELA 3.7

**CARACTERÍSTICAS DOS FERTILIZANTES APÓS ENSAIOS EM MICROPILOTO
E APÓS MATURAÇÃO**

FOSFATO	MASSA ANTES DO ENSAIO (g)	MASSA APÓS ENSAIO (g)	GANHO DE MASSA (%)	TEMPO DE MATURAÇÃO (dias)	MASSA SECA 70°C APOS MATURAÇÃO (g)	TEOR P ₂ O ₅ ESTIMADO/ ANALISADO PARA O PRODUTO SECO (%)	TEOR P ESTIMADO PARA O PRODUTO SECO (%)
JACUPIRANGA	317,7	327,4	3,05	7	156,2	7,3/7,3	3,2
CRMINA	317,7	344,9	8,57	6	148,9	4,2/3,3	1,8
AUSINA	317,7	345,8	8,83	6	163,2	6,1/5,7	2,7
SCPOBRE	317,7	339,3	6,78	6	162,0	2,2/2,0	1,0
SCRICA	317,7	327,2	2,97	7	158,7	3,2/3,3	1,4
RFG	317,7	330,1	3,89	7	152,8	3,6/2,5	1,6
RFF	317,7	328,6	3,41	7	155,2	4,1/3,0	1,8
RFULTRF	317,7	342,3	7,72	7	160,0	4,0/3,8	1,7
PM-CF	317,7	340,4	7,15	7	157,4	16,6/14,7	7,3
PM-CG	317,7	329,6	3,73	7	156,6	13,9/11,2	6,0
PM-MIN	317,7	323,1	1,69	7	154,2	10,9/8,9	4,7

TABELA 3.8

RESULTADOS DE ANÁLISES DE SOLUBILIDADE DO P_2O_5 EM ÁGUA E ÁCIDO
CÍTRICO 2%

AMOSTRA	% P_2O_5 SOLÚVEL		TEOR DE P_2O_5			
	EM ÁGUA	EM ÁCIDO CÍTRICO 2%	SOLÚVEL EM ÁGUA (%)	SOLÚVEL EM ÁCIDO CÍTRICO (%)	NÃO SOLÚVEL (%)	TOTAL (%)
JACUPIRANGA	2,2	11,7	0,2	0,9	6,5	7,3
CRMINA	17,9	35,4	0,8	1,5	2,7	4,2
AUSINA	52,9	73,4	3,2	4,5	1,6	6,1
SCPOBRE	3,9	32,8	0,1	0,7	1,5	2,2
SCRICA	0,2	25,5	0,01	0,8	2,4	3,2
RFG	34,3	45,3	1,2	1,6	2,0	3,6
RFF	24,9	41,1	1,0	1,7	2,4	4,1
RFULTRF	18,5	47,5	0,7	1,9	2,1	4,0
PM-CF	20,0	30,3	3,3	5,0	11,6	16,6
PM-CG	20,2	38,3	2,8	5,3	8,5	13,9
PM-MIN	18,5	39,2	2,0	4,3	6,6	10,9

Os resultados de solubilidade em ácido cítrico evidenciam a importância da moagem dos fosfatos na qualidade do produto final. As amostras de Patos da Minas ilustram o efeito da moagem: as amostras PM-MIN e PM-CG que foram moídas abaixo de 60# resultaram em produtos com solubilidade ao redor de 38/39%, enquanto que o produto obtido com a amostra PM-CF, não moída, apresentou solubilidade de 30%. Todos os produtos finais foram analisados por difração de raios-X. Os diagramas das difrações de raios-X são apresentados na **figura 3.17**.

O produto final com a amostra PM-CF foi submetido a análise por ESCA (**figura 3.18**). Os resultados indicam uma semelhança no comportamento dos picos de oxigênio com aqueles observados nos fosfatos solúveis (especialmente a fase monocálcica):

-PM-CF	primeiro pico - 58% em área;
	segundo pico - 42% em área.

Diagramas de difração de raios-X dos fertilizantes produzidos para os ensaios agronômicos.

Diagrama de difração de raios-X do fosfato monocalcico padrão.

Diagrama de difração de raios-X do fosfato bicálcico padrão.

Figura 3.17 – Diagramas de difração de raios-X dos fertilizantes finais e dos fosfatos solúveis padrões.

LAC6R.XPS	Region 3 / 5	Peak Synthesis	V.G.Scientific		
		Level 1 / 1	Point 1 / 1

Figura 3.18 – Análise por espectroscopia de fotoelétrons (produto final com fosfato de Patos de Minas-PM-CF).

3.5.3 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA

Os estudos em microscópio eletrônico de varredura foram realizados no produto final dos ensaio TB-1, no qual processou-se fluorapatita pura sem adição de matéria orgânica, e no produto final do processamento com a amostra AUSINA da jazida de Catalão.

Os aspectos micromorfológicos e de composição química da amostra TB-1 são apresentados nas **fotos 3.4 a 3.6**.

Foto 3.4 Aspecto geral do produto TB-1, apresentando feições de ataque a fluorapatita.

Foto 3.5 Detalhe da foto anterior, mostrando a formação de novas fases fosfatadas. Pontos 1 e 2 analisados quimicamente.

Foto 3.6 Partícula de fluorapatita não atacada no centro da foto.
Ponto 3 analisado quimicamente.

Resultados de análises químicas pontuais realizadas no produto TB-1 são apresentados na **tabela 3.9**.

Tabela 3.9 - Análises químicas ao microscópio eletrônico de varredura (produto TB-1).

Pontos de Análise	Elementos (%)			CaO/P ₂ O ₅
	O	P	Ca	
1	46,6	21,9	32,5	0,9
2	59,1	21,1	19,8	0,6
3	40,2	18,4	41,4	1,4
4(*)	62,2	22,1	15,7	0,4
5(*)	50,6	14,0	35,4	1,5
6(*)	41,1	10,2	48,7	2,9
7(*)	54,9	16,2	28,9	1,1
8(*)	54,5	16,8	28,8	1,1
9(*)	43,8	24,0	32,2	0,8

Ponto 1 e 2 (**Foto 3.5**).

Ponto 3 (**Foto 3.6**).

(*) Pontos não fotografados.

Os resultados de análises químicas indicam uma grande variação nos teores de cálcio e fósforo do produto final TB-1, mostrando que diversas fases fosfatas são formadas. A relação CaO/P₂O₅ mostra claramente a variedade de compostos formados a partir de uma fluorapatita

inicial. Resultados acima da relação $\text{CaO}/\text{P}_2\text{O}_5$ padrão (1,3) para a fluorapatita podem indicar a formação de nitratos de cálcio.

As **fotos 3.7 a 3.9** ilustram outras feições do produto TB-1, indicando também pontos analisados quimicamente.

Foto 3.7 Variação da composição química indicado pela variação da tonalidade.

Foto 3.8 Ilustração da morfologia e da porosidade do produto final (A).

Foto 3.9 Ilustração da morfologia e da porosidade do produto final (B).

A **tabela 3.10** apresenta a composição química de alguns pontos do produto TB-1.

Tabela 3.10 - Análises químicas pontuais do produto TB-1 ao microscópio eletrônico.

Pontos de Análise	Foto	Elementos (%)			CaO/P ₂ O ₅
		O	P	Ca	
1	3.7	25,6	13,9	60,6	2,7
2	3.7	62,4	22,3	15,3	0,4
1	3.8	35,0	26,2	38,8	0,9
2	3.8	53,7	26,3	20,0	0,5
3	3.8	60,5	14,4	25,1	1,1
4	3.8	45,0	17,5	37,5	1,3
1	3.9	43,0	18,8	38,2	1,2
2	3.9	57,8	14,5	27,7	1,2
3	3.9	60,3	16,3	23,4	0,9

A amostra AUSINA do depósito de Catalão foi peneirada em 100 mesh Tyler (0,149mm) visando a eliminação da fração fina melhorando a observação ao microscópio eletrônico.

As **fotos 3.10** a **3.12** ilustram o estudo realizado ao microscópio eletrônico com o fosfato de Catalão.

Foto 3.10 Imagem que apresenta a variação da composição química.
 Nas partículas mais claras predominam elementos mais pesados.

Foto 3.11 Ilustração da morfologia e da porosidade do fertilizante produzido com o fosfato de Catalão (A).

Foto 3.12 Ilustração da morfologia e da porosidade do fertilizante produzido com o fosfato de Catalão (B).

A **tabela 3.11** apresenta a composição química de alguns pontos analisados na amostra de Catalão (AUSINA).

Tabela 3.11 - Análises químicas pontuais do produto final com fosfato de Catalão (AUSINA)

Pontos de Análise	Foto	Elementos (%)			CaO/P ₂ O ₅
		O	P	Ca	
1	3.10	92,2	1,4	5,0	2,3
2	3.10	88,3	2,3	6,9	1,8
3	3.10	62,9	4,6	28,1	3,7
1	3.11	55,7	15,3	21,9	0,9
2	3.11	71,9	7,7	17,0	1,3
3	3.11	53,9	18,5	21,1	0,7
4	3.11	71,1	8,2	13,6	1,0
1	3.12	61,0	6,6	31,1	2,9
2	3.12	78,4	5,3	13,0	1,5
3	3.12	80,9	3,4	13,4	2,4
4	3.12	67,8	6,7	13,1	1,2

Como na amostra TB-1, as análises químicas realizadas na amostra AUSINA de Catalão indicam uma grande variedade de compostos, formados a partir dos fosfatos naturais originais. Esta variedade pode ser notada pela relação $\text{CaO}/\text{P}_2\text{O}_5$, que oscila desde 3,7 até 0,7.

A matéria orgânica foi observada recobrando parcialmente as novas fases fosfatadas (solúveis), assim como as demais fases minerais presentes nos fosfatos originais (pré-tratamento). Por vezes foi observado uma espécie de massa amorfa, rica em matéria orgânica com baixos teores de fósforo. Esta fase fosfatada ocorre completamente recoberta pela matéria orgânica, não sendo observada pelas imagens do microscópio eletrônico, mas sendo detectada pelas análises químicas pontuais (**Foto 3.10**/Pontos 1 e 2).

3.6 CONCLUSÕES

Este capítulo foi dedicado à produção do fertilizante organo-fosfatado em escala de bancada. Utilizando um equipamento micropiloto realizaram-se diversas séries de ensaios, e a produção de fertilizantes para ensaios agrônômicos com as diferentes amostras de fosfatos brasileiros. A caracterização destes produtos finais também é abordada neste capítulo. Destacam-se as seguintes conclusões principais:

1 - A operação realizada em equipamento micropiloto é bastante simples. Uma vez ajustada a temperatura de combustão da amônia, a reação se auto mantém, com produção continua de monóxido de nitrogênio. A temperatura da combustão é razão da proporção e das vazões da amônia e de ar primário.

2 - A oxidação dos monóxidos de nitrogênio pelo oxigênio do ar em excesso forma os óxidos nítricos que, em contato com a água da mistura, transformam-se em ácido nítrico.

3 - O ataque à apatita inicia-se imediatamente após o início da formação de ácido nítrico na superfície das partículas. Da mesma maneira, ocorre o início da dissolução dos outros minerais susceptíveis ao ataque ácido (carbonatos, óxidos de ferro etc.), assim como inicia-se o ataque à matéria orgânica, com formação dos ácidos orgânicos.

4 - Ocorrendo o ataque total da apatita, ocorre a formação de ácido fosfórico, que pode reagir com a apatita. Desta forma, a apatita pode ser solubilizada por uma mistura de reagentes ácidos (nítrico, fosfórico e orgânicos).

5 – Os estudos no microscópio eletrônico de varredura nos produtos finais mostram a presença de uma mistura de fosfatos, desde apatita residual que não foi atacada, fosfatos solúveis (monocálcico, bicálcico etc.), sendo possível até a ocorrência de ácido fosfórico. Este último poderá ser consumido durante o período de maturação, no eventual ataque à apatita residual.

6 - Os principais fatores condicionantes deste processo são:

- A temperatura de combustão do gás amoníaco se auto mantém acima de 650°C, ocorrendo aumento do rendimento químico conforme aumenta-se a temperatura. No entanto a temperatura não deve ultrapassar 800°C evitando-se a dissociação do monóxido de nitrogênio;
- A umidade é fator fundamental na produção de ácido nítrico. Seu teor limita-se às condições físicas da mistura formada. Nas condições dos ensaios com turfa francesa foi possível a realização de ensaios com umidade de 30%; nos ensaios com a turfa brasileira a umidade foi de 20%, devido à formação de uma mistura pastosa com 30% de umidade. Salienta-se a importância da porosidade da mistura, permitindo a passagem dos gases;
- O tempo de duração do ensaio, ou seja, o tempo de produção dos óxidos nítricos é função da massa da mistura a ser processada e das características desejadas para o produto final;
- O aumento do tempo de maturação do produto final implica em aumento da solubilidade do fósforo na mistura, indicando a continuidade das reações de ataque à apatita durante esta etapa. Nos primeiros dias de maturação (até cerca de uma semana) ocorre um aumento significativo da solubilidade do fósforo da

mistura. Após estes primeiros dias a solubilidade aumenta pouco, tendendo a um equilíbrio;

- A caracterização do produto final, realizada por análises difratométricas e infravermelho não foi conclusiva quanto aos novos fosfatos solúveis formados. Embora as análises de fósforo solúveis em água e ácido cítrico a 2% indicassem a presença destes fosfatos solúveis, os diagramas de difração e infravermelho não confirmaram estas novas fases. Conclui-se que os baixos teores de P_2O_5 dos fosfatos naturais diluídos nas misturas com matéria orgânica resultaram em teores de fosfatos solúveis não detetáveis pelos métodos utilizados. Outra possibilidade é o mascaramento destas fases mais solúveis pela matéria orgânica;
- Ensaio de produção de fertilizante com fluorapatita sintética pura e a utilização de análise por espectroscopia de fotoelétrons-ESCA/XPS indicou a presença destes fosfatos (mono e bicálcicos) mais solúveis nos produtos finais;
- Nos ensaios de produção de fertilizantes para os ensaios agrônômicos obtiveram-se produtos finais com teores de fósforo solúvel em ácido cítrico(2%) desde 12% até 73%. Esta grande variação de solubilidade deve-se às características dos fosfatos (principalmente mineralogia da ganga e liberação da apatita), à granulometria de moagem dos fosfatos e também a prováveis oscilações (principalmente da vazão da amônia e do ar, que afetam diretamente a temperatura de combustão da amônia) durante a operação do equipamento micropiloto, visto que todas as variáveis foram mantidas constantes durante estes ensaios.

CAPÍTULO 4

ENSAIOS AGRONÔMICOS

Neste capítulo são descritos o método e o material utilizado para os ensaios agronômicos. Os resultados obtidos serão apresentados e discutidos na parte final do capítulo.

4.1 VASOS DE VEGETAÇÃO

Os ensaios agronômicos enfatizaram o estudo da assimilação do fósforo pelo vegetal. Utilizou-se o método descrito por STANFORD e DE MENT (1957), que consiste em cultivar as plantas (grama italiana) dentro de vasos contendo 500g de um substrato inerte (areia silicosa), fornecendo-lhes uma solução nutritiva completa-SNC (HOAGLAND e SNYDER, 1933) ou uma solução nutritiva carente em fósforo-SNCP.

Após 10 dias de cultura, os vasos foram introduzidos dentro de um segundo vaso, que contém uma mistura de 190g de substrato inerte e o fertilizante a ser testado. Desta forma, trabalhou-se com os onze fertilizantes produzidos, mais dois testemunhos: o primeiro foi alimentado com a solução nutritiva completa e o segundo com a solução nutritiva carente em fósforo. Os vasos contendo os fertilizantes testados foram regados com a solução nutritiva carente em fósforo. Desta forma, com os ensaios sendo feitos em quadruplicata, totalizou-se o cultivo de cinquenta e dois vasos.

Após quase três meses de cultura, com a realização de três cortes nas partes aéreas das plantas, os ensaios foram finalizados. A produção de matéria seca das partes aéreas e das raízes e o teor em fósforo foram determinados. O teor residual de fósforo no substrato inerte foi calculado pela diferença entre o teor total adicionado e o contido nas matérias secas.

4.1.1 SUBSTRATO INERTE

Utilizou-se uma areia silicosa, à base de quartzo, comprada no comércio francês com a denominação "Silisable n°1", destinada à limpeza de superfícies por jateamento. As especificações comerciais do produto são apresentadas a seguir:

Granulação:	0,2 a 1,2 mm
Densidade aparente:	1,4 a 1,6
Umidade:	0,1% max.
Dureza:	Mohr 6 a 7
SiO ₂ :	≥90%

A areia foi peneirada em tela de 2mm para a retirada de eventuais partículas grossas e deixada em repouso por 24h em solução de HCl a 4,4%, visando retirar quaisquer formas de fósforos solúveis eventualmente presentes. A seguir, a areia foi lavada diversas vezes em água desmineralizada, até atingir pH 7 e então secada.

4.1.2 VEGETAL-TESTE

A utilização clássica da grama italiana (*Lolium italicum*) deve-se à conhecida assimilação dos íons PO₄³⁻, às dimensões e bom grau de germinação das sementes e rápido desenvolvimento da parte aérea da planta (BIDEGAIN, 1995). Em cada vaso foram cultivadas 90 sementes.

Embora não sejam diretamente avaliados nestes ensaios, sabe-se que grama fornece ótimas respostas quando submetida à presença de matéria orgânica, sendo considerada como planta-padrão para estes tipos de estudos (CHAMINADE e BLANCHET, 1953).

Os ensaios permitiram medir a assimilação do elemento nutritivo, neste caso o fósforo, utilizando a planta como forma de extração.

4.1.3 VASOS

Os vasos foram fabricados com canos plásticos (PVC) cortados, nos quais se colaram telas plásticas, para permitir o acesso das raízes e soluções. Eles são mostrados nas **fotos 4.1, 4.2 e 4.3**.

Foto 4.1 : Material utilizado para micro cultura.

Foto 4.2 : Disposição de sementes (vaso à esquerda) e fertilizante (centro).

Foto 4.3 : Disposição final dos vasos.

Os vasos apresentaram as seguintes dimensões:

-Primeiro vaso	Diâmetro externo:	10cm
	Diâmetro interno:	9,3cm
	Altura:	5,3cm
	Tela:	malha quadrada de 1,5mm
-Segundo vaso	Diâmetro externo:	11cm
	Diâmetro interno:	10,3cm
	Altura:	4,3cm
	Tela:	malha quadrada de 1,5mm.

4.1.4 SOLUÇÕES NUTRITIVAS

As soluções nutritivas utilizadas neste trabalho são provenientes daquelas desenvolvidas por HOAGLAND e SNYDER (1933).

As soluções finais, chamadas de soluções-filhas, que são aquelas fornecidas às culturas, são geradas a partir de cinco soluções-mães (A, B, C, D e E). Estas soluções iniciais são mantidas separadas devido ao problema de precipitação de sulfatos e fosfatos, notadamente os cálcicos.

As composições das soluções-mães foram as seguintes:

Solução-Mãe A:	KH_2PO_4	54,44 g/l
	$\text{MgSO}_4, 7\text{H}_2\text{O}$	73,94 g/l
Solução-Mãe B:	KNO_3	101,10 g/l
	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2, 4\text{H}_2\text{O}$	236,15 g/l

Solução-Mãe C:	EDTA	26,20 g
	NaOH	11,26 g
	Dissolver em 300 ml de água destilada à 70°C. (1)	
	FeSO ₄ , 7H ₂ O	24,90 g
	H ₂ SO ₄	4 ml
	Dissolver em 300 ml de água destilada à 70°C.(2)	
	Avolumar soluções (1 e 2) para 1000 ml.	
Solução-Mãe D:	KCl	29,82 g/l
	MgSO ₄ , 7H ₂ O	73,94 g/l
Solução-Mãe E:	MnSO ₄ , H ₂ O	1,50 g/l
	ZnSO ₄ , 7H ₂ O	0,50 g/l
	CuSO ₄ , 5H ₂ O	0,25 g/l
	Na ₂ MoO ₄ , 2H ₂ O	0,025 g/l
	H ₃ BO ₃	3,0 g/l.

As soluções-filhas são produzidas pela composição das soluções-mães diluídas conforme apresentado na **tabela 4.1**.

Tabela 4.1 – Composição da soluções-mães para formação das soluções nutritivas.

	Solução nutritiva completa (SNC)	Solução nutritiva carente em fósforo (SNCP)
Solução-Mãe A	5 ml/l	---
Solução-Mãe B	5 ml/l	5 ml/l
Solução-Mãe C	3 ml/l	3 ml/l
Solução-Mãe D	---	5 ml/l
Solução-Mãe E	1 ml/l	1 ml/l

Desta forma, a solução nutritiva completa apresenta na **tabela 4.2** a composição em macroelementos (meq/l).

Tabela 4.2 – Composição em macroelementos (meq/l) da solução nutritiva completa.

	NO_3^-	H_2PO_4^-	SO_4^{2-}	Total Cátion
K^+	5	2	---	7
Ca^{2+}	10	---	---	10
Mg^{2+}	---	---	3	3
Total Ânion	15	2	3	20

Assim, numa solução nutritiva padrão a soma de cátions e ânions é igual a 40 meq/l.

Da mesma maneira, a solução nutritiva carente em fósforo, apresenta na **tabela 4.3** a composição em macroelementos (meq/l).

Tabela 4.3 – Composição em macroelementos (meq/l) da solução nutritiva carente em P.

	NO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Total Cátion
K^+	5	2	---	7
Ca^{2+}	10	---	---	10
Mg^{2+}	---	---	3	3
Total Ânion	15	2	3	20

O ferro é aportado sob a forma de quelato de ferro (Fe-EDTA) com teor de 15 mg/l em Fe, tanto na solução completa quanto naquela carente em fósforo.

Da mesma forma os oligoelementos têm o mesmo teor nas duas soluções:

Mn	:	0,49 mg/l
B	:	0,52 mg/l
Zn	:	0,11 mg/l
Cu	:	0,06 mg/l
Mo	:	0,01 mg/l.

4.1.5 PLANEJAMENTO DA CULTURA

O cultivo foi realizado em salas especiais chamadas de *Phytotron*. Trata-se de salas fechadas, sem janelas, com condicionadores de ar para controle da temperatura, umidade e aeração, e iluminação programada para simulação da insolação para execução de ensaios agronômicos.

Neste ambiente, os dias iniciavam-se às nove horas da manhã com aumento gradativo da iluminação e posterior redução até a escuridão completa às vinte e uma horas. A umidade era de 70% durante a noite e 75% durante o dia. A temperatura durante o dia oscilava ao redor de 28°C e durante à noite ao redor de 24°C.

O prazo total de cultivo foi de oitenta dias, sendo que as datas importantes são apresentadas a seguir:

- 4º dia após o plantio : Início da rega com soluções nutritivas;
- 10º dia após o plantio : Introdução no segundo vaso;
- 30º dia após o plantio : 1º corte;
- 57º dia após o plantio : 2º corte;
- 80º dia após o plantio : 3º corte e separação das raízes.

Até o terceiro dia após o plantio, a rega foi efetuada somente com água desmineralizada, visto que a própria semente contém uma reserva de nutrientes para os

primeiros dias após a germinação. Do quarto dia em diante as regas foram feitas com soluções nutritivas.

Nos ensaios-testemunhos, com utilização de solução nutritiva completa, foi colocada às plantas uma quantidade igual a 10 mg de fósforo a cada corte, totalizando 30 mg de fósforo para cada vaso. Nos ensaios-testemunhos, com utilização de solução nutritiva carente em fósforo, não foi adicionada nenhuma fonte alternativa de fósforo. Estes ensaios foram realizados com a finalidade de criação de padrões para a comparação entre os resultados obtidos. Comparou-se a produção de matéria seca e a assimilação do fósforo, entre os ensaios com os fertilizantes produzidos com fosfatos brasileiros e o ensaio com ausência total de fósforo, e também, com o ensaio com quantidade máxima deste nutriente, na forma facilmente assimilável pela planta.

Nos ensaios com utilização dos fertilizantes organo-fosfatados foram colocados 10 mg de fósforo total. Desta forma, a quantidade de fertilizante adicionado variou conforme o teor de fósforo de cada produto (**tabela 4.4**).

TABELA 4.4

Características dos fertilizantes adicionados nos vasos de vegetação

AMOSTRA	Teor de P_2O_5 (%)	Teor de P (%)	Massa do produto para adicionar 10 mg de P (g)	P solúvel em água (mg)	P solúvel em ácido cítrico (mg)	P não solúvel em ácido cítrico (mg)
JACUPIRANGA	7,3	3,2	0,313	0,2	3,0	7,0
CRMINA	4,2	1,8	0,547	1,8	3,5	6,5
AUSINA	6,1	2,7	0,377	5,3	7,3	2,7
SCPOBRE	2,2	1,0	1,054	0,4	3,3	6,7
SCRICA	3,2	1,4	0,707	0,02	2,5	7,5
RFG	3,6	1,6	0,634	3,4	4,5	5,5
RFF	4,1	1,8	0,558	2,5	4,1	5,9
RFULTRF	4,0	1,7	0,580	1,9	4,8	5,2
PM-CF	16,6	7,3	0,138	2,0	3,0	7,0
PM-CG	13,9	6,0	0,166	2,0	3,8	6,2
PM-MIN	10,9	4,7	0,211	1,8	3,9	6,1

Os vasos foram numerados de 1 a 13 e as repetições denominadas A, B, C e D. A **tabela 4.5** apresenta a correlação entre a numeração dos vasos e os fosfatos e as soluções nutritivas utilizadas.

Tabela 4.5 – Correlação entre a numeração dos vasos e os fosfatos e soluções nutritivas.

NÚMERO DO VASO	FOSFATO	TIPO DE SOLUÇÃO NUTRIENTE
1	---	SNCP
2	---	SNC
3	JACUPIRANGA	SNCP
4	CRMINA	SNCP
5	AUSINA	SNCP
6	SCPOBRE	SNCP
7	SCRICA	SNCP
8	RFG	SNCP
9	RFF	SNCP
10	RFULTRF	SNCP
11	PM-MIN	SNCP
12	PM-CG	SNCP
13	PM-CF	SNCP

SNCP : Solução nutritiva carente em fósforo.

SNC : Solução nutritiva completa.

O desenvolvimento das plantas é mostrado pelas **fotos 4.4 a 4.10**.

Foto 4.4 Vista no 6º dia de cultivo.

Foto 4.5 Vasos nº 5 (AUSINA), nº 2 (SNC) e nº 3 (JACUPIRANGA) no 15º dia de cultivo.

Foto 4.6 Vasos nº 5 (AUSINA), nº 1 (SNCP) e nº 3 (JACUPIRANGA) no 15º dia de cultivo.

Foto 4.7 Vista dos vasos nº 1(SNCP), nº 7 (SCRICA) e nº 2 (SNC) no 27º dia de cultivo.

Foto 4.8 Primeiro corte. Vasos nº 1 (SNCP), nº 2 (SNC) e nº 5 (AUSINA).

Foto 4.9 Vista dos vasos 14 dias após o 1º corte. Vasos n^{os} 1, 2, 3, 4 e 6.

Foto 4.10 Data do segundo corte. Vasos n^{os} 2, 5 e 1.

Foto 4.11 Treze dias após o 2º corte. Vasos n^{os} 3, 1, 2 e 5.

4.2 RESULTADOS AGRONÔMICOS

Os resultados obtidos pelos ensaios em vasos de vegetação são avaliados pela produção de matéria vegetal seca, que indiretamente reflete a assimilação do nutriente fósforo pela planta testada, e pelos teores de fósforo contidos nestas amostras.

As amostras das partes aéreas e raízes do vegetal testado foram secadas em estufa a 80°C até peso constante e pulverizadas em moinhos de panela.

As determinações dos teores de fósforo nas matérias vegetais secas foram realizadas em colorímetro, após abertura das amostras por ácidos nítrico e clorídrico. A leitura no colorímetro foi realizada no comprimento de onda de 430nm.

4.2.1 MATÉRIA VEGETAL SECA

Os resultados da produção de matéria seca durante os ensaios agronômicos são apresentados na **figura 4.1**. A produção de matéria seca dos vasos com adição dos fertilizantes organo-fosfatados apresenta melhor rendimento no primeiro corte, com quedas no segundo e terceiro cortes. Os resultados são sempre menores que aqueles obtidos nos vasos com soluções nutritivas completas, mas sempre maiores que aqueles obtidos nos vasos com soluções nutritivas com carência de fósforo.

Verifica-se que o fósforo contido nos fertilizantes continua a ser liberado por longo período. Mesmo após o segundo corte (47º dia após a introdução dos fertilizantes) a planta continua a assimilar o fósforo colocado nos vasos, indicado pelo desenvolvimento superior aos vasos com solução nutritiva com carência de fósforo.

A **tabela 4.6** compara a produção média de matéria seca dos vasos com adição dos fertilizantes organo-fosfatados (vasos 3 a 13) frente aos vasos tratados com soluções nutritivas completas-SNC (vaso 2) e tratados com soluções nutritivas com carência de fósforo-SNCP (vaso 1). Os resultados são apresentados em variação da porcentagem de massa seca, a maior ou a menor, em comparação com os vasos testemunhos.

Tabela 4.6 – Comparação entre as produções de matérias secas.

Fertilizantes organo-fosfatados X Vasos testemunhos.

	Organo-fosfatados X SNCP	Organo-fosfatados X SNC
1º Corte	+ 93%	- 26%
2º Corte	+ 197%	- 66%
3º Corte	+ 140%	- 85%
Raízes	+ 12%	- 63%

SNCP : Solução nutritiva carente em fósforo.

SNC : Solução nutritiva completa.

Salienta-se que nos vasos tratados com soluções nutritivas completas foi colocada uma quantidade três vezes maior de fósforo que nos vasos com fertilizantes organo-fosfatados, ao decorrer do ensaio completo. O fósforo oferecido na forma de solução nutritiva é passível de assimilação total pelas plantas, enquanto que, na forma do fertilizante organo-fosfatado, somente parte dos 10 mg de fosforo pode ser aproveitado pelo vegetal.

Figura 4.1
Produção de matéria vegetal seca nos vasos de vegetação

4.2.2 ASSIMILAÇÃO DO FÓSFORO PELA PLANTA

Os resultados da assimilação de fósforo pela planta são apresentados na **figura 4.2**. Comparativamente, na mesma figura, são apresentados os teores de fósforo solúvel em ácido cítrico a 2%, em cada fertilizante. Os valores são referidos ao total de fósforo contido nos fertilizantes produzidos com os diferentes fosfatos.

Figura 4.2 - P Assimilado X P Sol. Ac. Cítrico

A comparação entre os valores de fósforo assimilado pela planta e da solubilidade em ácido cítrico (2%) mostram uma boa correlação em seus valores, indicando que o método de análise química pode ser utilizado com confiabilidade, visando prever o desempenho dos fertilizantes nos ensaios agrônômicos, nas condições experimentais adotadas.

As variações entre os resultados comparativos mostram, para a maioria dos fertilizantes produzidos, uma maior assimilação do fósforo pela planta que aqueles obtidos nas análises de solubilidade em ácido cítrico. Estes resultados indicam uma tendência de aumento da assimilação de fósforo quando colocados à disposição das plantas por um prazo mais longo. Simulações mais otimistas indicam um ganho médio de até 35% sobre a solubilidade em ácido cítrico a 2%, para o período de cultivo estudado, ou seja, 80 dias de cultura.

4.3 CONCLUSÕES

Neste capítulo foram descritos os ensaios agronômicos efetuados com os fertilizantes organo-fosfatados produzidos em equipamento micropiloto. As principais conclusões obtidas são:

1 - Os ensaios agronômicos mostraram que todos os fertilizantes organo-fosfatados apresentaram bons rendimentos na produção de matéria seca, compatíveis com aqueles obtidos com utilização de solução nutritiva completa no primeiro corte;

2 - As plantas continuaram a assimilar o fósforo dos fertilizantes organo-fosfatados por longo período, mesmo tendo-se passado mais de 50 dias de sua colocação nos vasos;

3 - Os resultados indicam que a assimilação do fósforo pelas plantas pode ser muito superior à solubilidade em ácido cítrico (2%) medida nos fertilizantes organo-fosfatados produzidos. Este fato pode indicar uma transformação suplementar de apatita em fosfatos solúveis ou a reação de fosfatos parcialmente solúveis em fases mais solúveis após a colocação do fertilizante nos vasos. Este possível aumento de solubilidade deve estar correlacionado com o contato do fertilizante com as soluções nutritivas, proporcionando, também, as condições para a matéria orgânica humificada interagir com os fosfatos. A possibilidade de haver nos fertilizantes algumas formas de recobrimento dos fosfatos solúveis, provavelmente pela matéria orgânica, dificultando a solubilização pelo ácido cítrico, poderia explicar estes resultados. A longo prazo, a reação ou decomposição desta matéria orgânica ocasionaria a liberação gradual do fósforo no solo;

4 - Os ensaios agronômicos demonstraram que a utilização destes fosfatos marginais, mesmo daqueles depósitos com baixos teores de P_2O_5 podem suprir a demanda local por fertilizantes através de um processamento simples em pequenas instalações de baixo custo, com aproveitamento das matérias orgânicas disponíveis na região.

CONCLUSÕES GERAIS

O modelo de fertilização implantado no Brasil é baseado em produtos de alta solubilidade, como aqueles adotados em países de clima temperado. Este modelo importado não atende às peculiaridades de nossos solos, gerando um desperdício desta preciosa ferramenta de aumento de produtividade agrícola e, pior ainda, problemas ambientais que se tornam cada vez mais graves e evidentes.

Nos solos de climas tropicais existe uma grande carência de matéria orgânica, importante para a manutenção das suas propriedades físicas e nutricionais

As dificuldades de obtenção de concentrados ricos em apatita para a produção de fertilizantes fosfatados de alta solubilidade, ou mesmo a impossibilidade de obtenção destes concentrados inviabilizam tecnológica e economicamente muitas reservas de minerais fosfatados frente ao processo de beneficiamento por flotação. Os estudos de caracterização realizados nos fosfatos ensaiados mostram esta dificuldade/impossibilidade na obtenção de concentrados que atendam às especificações nos concentrados de apatita.

O processo estudado oferece uma alternativa para o aproveitamento destes materiais marginalizados, com resultados comprovados, aproveitando:

- tipos de minérios inadequados às condições usuais da usina de beneficiamento;
- rejeitos com teores baixos de P_2O_5 (rejeitos/estéreis das frentes de lavra e rejeitos das usinas de beneficiamento);
- minérios tecnologicamente complexos ou inviáveis à obtenção de concentrados que atendam às especificações de mercado;
- depósitos pequenos, ricos ou pobres em P_2O_5 que não interessam às grandes mineradoras, mas capazes de suprir localmente a demanda por fertilizantes.

Os ensaios agrônômicos mostraram que os fertilizantes experimentados apresentaram bons rendimentos na produção de matéria seca, comparáveis com aqueles obtidos com utilização de solução nutritiva rica em P, para o primeiro corte;

As plantas continuaram a assimilar o fósforo do fertilizante por longo período, mesmo tendo-se passado mais de 50 dias de sua colocação nos vasos;

Os resultados indicam que a assimilação do fósforo pelas plantas, com alguns dos fertilizantes experimentados, é superior à solubilidade em ácido cítrico (2%). Este fato pode indicar uma transformação suplementar de apatita em fosfatos solúveis ou a transformação de

fosfatos parcialmente solúveis em fases mais solúveis após a colocação do fertilizante nos vasos. O recobrimento dos fosfatos solúveis pela matéria orgânica, conforme mostrado pelos estudos feitos no microscópio eletrônico de varredura, também dificultaria a solubilização pelo ácido cítrico, explicando estes resultados. A longo prazo, a reação ou decomposição desta matéria orgânica ocasionaria a liberação gradual do fósforo no solo.

O novo processo de fabricação de fertilizante organo-fosfatado apresentou as seguintes vantagens:

- O produto final contém simultaneamente o fósforo, o nitrogênio (nitratos) e matérias orgânicas pré-humificadas;
- A formação de complexos entre os fosfatos e a matéria orgânica, com o recobrimento do fosfato pela matéria orgânica, possibilita ao fósforo ficar disponível por um prazo relativamente longo, evitando sua rápida retrogradação;
- Do ponto de vista econômico, o processo pode ser interessante pois utiliza matérias primas de baixo custo. Pode ser instalado em pequenas unidades, próximas aos locais de produção de fosfato. O processo é técnico e operacionalmente simples. No entanto, existem as necessidades da coleta da matéria orgânica disponível na região e o transporte da amônia;
- Do ponto de vista agrônômico, o novo fertilizante apresenta teores menores que os fertilizantes de alta solubilidade, no entanto, seu efeito de uma liberação prolongada o torna mais assimilável;
- Do ponto de vista ambiental, o processo é pouco poluente pois os óxidos de nitrogênio formados são totalmente adsorvidos pela mistura. Permite valorizar matérias orgânicas que são geralmente inutilizadas, assim como promove a incorporação ao solo de toda a matéria fosfatada marginal, evitando geração de depósitos e/ou bacias de rejeitos/materiais marginais.

A conclusão final deste trabalho é que o novo processo de produção de fertilizante organo-fosfatado foi capaz de gerar produtos agronomicamente eficazes, mais adequados aos solos tropicais, a partir de matérias fosfatadas marginalizadas para o processo de fabricação de fertilizante de alta solubilidade. O aproveitamento destes materiais fosfatados produzirá um aumento nas reservas e vidas úteis das jazidas, exploração mais racional do bem mineral, refletindo numa redução de custos de produção, inclusive dos concentrados de apatita, naqueles empreendimentos onde operem usinas de flotação.

ANEXO A

Tabelas : Resultados de separações granulométricas e análises químicas.
Resultados de separações minerais e análises químicas.

Tabela 2.3

RESULTADOS DE SEPARAÇÃO GRANULOMÉTRICA E ANÁLISES QUÍMICAS POR FAIXA

AMOSTRA DE CATALÃO : COMPOSIÇÃO DE REJEITOS DA MINA (CRMINA)

FRAÇÃO	% PESO RETIDO	% PESO ACUM. ACIMA	% PESO ACUM. ABAIXO	TEORES										DISTRIBUIÇÃO									
				P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)	P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)
- 6 + 14#	33,03	33,03	66,97	6,02	1,88	2,04	21,7	47,9	***	0,25	0,04	0,03	7,69	25,64	18,67	30,03	34,76	33,88	***	36,88	26,70	***	34,25
- 14 + 28#	18,57	51,59	48,41	7,36	2,98	2,17	20,8	47,9	***	0,23	0,04	***	7,24	17,62	16,63	17,97	18,74	19,07	***	19,45	18,81	***	18,11
- 28 + 48#	13,96	65,55	34,45	8,96	4,53	2,12	19,8	46,3	***	0,23	0,05	0,03	7,07	16,13	19,00	13,17	13,37	13,86	***	14,37	16,14	***	13,29
- 48 + 65#	4,06	69,62	30,38	10,0	5,99	2,20	19,6	43,8	***	0,26	0,05	0,04	6,56	5,26	7,30	3,99	3,85	3,81	***	4,79	4,24	***	3,60
- 65 + 100#	5,72	75,34	24,66	9,98	5,85	2,29	19,2	43,9	***	0,24	0,06	***	6,58	7,36	10,04	5,84	5,33	5,39	***	6,02	7,16	***	5,08
- 100 + 200#	5,49	80,83	19,17	9,76	5,71	2,41	17,8	45,8	***	0,17	0,04	0,04	6,33	6,91	9,42	5,90	4,74	5,39	***	4,09	5,37	***	4,69
- 200 + 400#	6,15	86,98	13,02	9,59	4,58	2,47	18,3	45,8	***	0,16	0,04	0,03	7,05	7,61	8,45	6,77	5,45	6,05	***	4,28	5,74	***	5,85
- 400#	13,02	100,00	0,00	8,03	2,69	2,82	21,8	45,0	0,69	0,17	0,05	0,03	8,63	13,47	10,49	16,33	13,76	12,56	***	10,12	15,83	***	15,14
TOTAL	100,00	***	***	7,76	3,33	2,25	20,7	46,6	***	0,22	0,04	***	7,42	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	***	100,00

FRAÇÃO	% PESO RETIDO	% PESO ACUM. ACIMA	% PESO ACUM. ABAIXO	TEORES										DISTRIBUIÇÃO									
				TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SrO (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	Nd2O5 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)	TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SrO (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	Nd2O5 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)
- 6 + 14#	33,03	33,03	66,97	5,93	0,51	0,08	0,27	1,66	0,48	1,31	0,47	0,46	0,02	38,45	38,19	***	27,13	31,05	35,65	***	33,47	31,16	***
- 14 + 28#	18,57	51,59	48,41	4,97	0,42	0,07	0,32	1,70	0,42	1,15	0,26	0,66	0,10	18,12	18,01	***	17,80	17,89	17,80	***	10,24	24,84	***
- 28 + 48#	13,96	65,55	34,45	4,88	0,38	0,08	0,33	1,62	0,42	1,21	0,46	0,57	0,12	13,38	12,11	***	14,17	12,79	13,13	***	13,81	16,26	***
- 48 + 65#	4,06	69,62	30,38	5,16	0,39	***	0,37	1,69	0,43	1,25	0,47	0,60	0,03	4,12	3,61	***	4,56	3,90	3,99	***	4,10	4,94	***
- 65 + 100#	5,72	75,34	24,66	5,14	0,39	0,09	0,38	1,85	0,42	***	0,47	0,54	0,25	5,77	5,16	***	6,59	5,99	5,47	***	5,79	6,26	***
- 100 + 200#	5,49	80,83	19,17	5,50	0,47	***	0,39	1,90	0,41	1,33	0,48	0,49	***	5,93	5,93	***	6,48	5,92	5,15	***	5,66	5,50	***
- 200 + 400#	6,15	86,98	13,02	5,24	0,45	0,09	0,40	2,03	0,39	1,40	0,50	0,30	0,04	6,33	6,34	***	7,45	7,07	5,46	***	6,58	3,79	***
- 400#	13,02	100,00	0,00	3,09	0,36	0,09	0,40	2,09	0,45	1,67	0,73	0,27	0,04	7,91	10,64	***	15,83	15,39	13,34	***	20,35	7,27	***
TOTAL	100,00	***	***	5,09	0,44	***	0,33	1,76	0,44	***	0,47	0,49	***	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	***

Tabela 2.4

RESULTADOS DOS ENSAIOS DE SEPARAÇÃO EM LÍQUIDO ORGÂNICO DENSO (BROMOFORMIO d=2,85g/cm3) E ANÁLISES QUÍMICAS (A)

AMOSTRA DE CATALÃO : COMPOSIÇÃO DE REJEITOS DA MINA (CRMINA)

FRAÇÃO	PRODUTO	% Peso Ensaio	% Peso Amostra	TEORES							DISTRIBUIÇÃO NO ENSAIO							DISTRIBUIÇÃO NA AMOSTRA															
				P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)	P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)	P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)
- 6 + 14#	Flutuado	15,53	5,13	2,50	1,29	0,36	70,7	19,2	***	0,17	0,02	0,04	3,69	6,45	10,59	2,72	50,48	6,22	***	10,75	8,22	20,93	7,45	1,65	1,98	0,82	17,55	2,11	***	3,97	2,20	***	2,55
	Afundado	84,47	27,90	6,67	1,99	2,35	12,7	53,1	0,29	0,26	0,04	0,03	8,43	93,55	89,41	97,28	49,52	93,78	***	89,25	91,78	79,07	92,55	23,99	16,70	29,21	17,21	31,77	***	32,91	24,51	***	31,69
	Total	100,00	33,03	6,02	1,88	2,04	21,7	47,9	***	0,25	0,04	0,03	7,69	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	25,64	18,67	30,03	34,76	33,88	***	36,88	26,70	***	34,25
- 14 + 26#	Flutuado	14,59	2,71	2,36	0,99	0,50	74,1	17,0	***	0,17	0,03	0,07	3,16	4,67	4,85	3,34	51,88	5,19	***	10,77	8,43	***	6,37	0,82	0,81	0,60	9,72	0,99	***	2,09	1,59	***	1,15
	Afundado	85,41	15,86	8,22	3,32	2,46	11,7	53,2	***	0,24	0,05	***	7,93	95,33	95,15	96,66	48,12	94,81	***	89,23	91,57	***	93,63	16,80	15,82	17,37	9,02	18,08	***	17,35	17,23	***	16,86
	Total	100,00	18,57	7,36	2,98	2,17	20,8	47,9	***	0,23	0,04	***	7,24	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	***	17,62	16,63	17,97	18,74	19,07	***	19,45	18,81	***	18,11
- 28 + 48#	Flutuado	12,97	1,81	3,03	0,76	0,75	74,9	16,2	***	0,16	0,04	0,09	2,64	4,38	2,17	4,57	49,12	4,53	***	8,78	8,84	35,42	4,85	0,71	0,41	0,60	6,57	0,63	***	1,26	1,43	***	0,64
	Afundado	87,03	12,15	9,85	5,10	2,32	11,6	50,8	***	0,24	0,05	0,03	7,73	95,62	97,83	95,43	50,88	95,47	***	91,22	91,16	64,58	95,15	15,42	18,59	12,57	6,80	13,23	***	13,11	14,72	***	12,65
	Total	100,00	13,96	8,96	4,53	2,12	19,8	46,3	***	0,23	0,05	0,03	7,07	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	16,13	19,00	13,17	13,37	13,86	***	14,37	16,14	***	13,29
- 48 + 65#	Flutuado	14,88	0,60	2,88	0,61	0,73	76,5	15,2	***	0,15	0,03	0,10	2,56	4,27	1,51	4,93	58,25	5,16	***	8,46	8,68	38,95	5,81	0,22	0,11	0,20	2,24	0,20	***	0,41	0,37	***	0,21
	Afundado	85,12	3,46	11,3	6,93	2,46	9,6	48,8	***	0,28	0,05	0,03	7,26	95,73	98,49	95,07	41,75	94,84	***	91,54	91,32	61,05	94,19	5,04	7,19	3,79	1,61	3,62	***	4,39	3,87	***	3,39
	Total	100,00	4,06	10,0	5,99	2,20	19,6	43,8	***	0,26	0,05	0,04	6,56	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	5,26	7,30	3,99	3,85	3,81	***	4,79	4,24	***	3,60
65 + 100#	Flutuado	15,88	0,91	3,31	0,64	0,72	77,1	14,4	***	0,14	0,08	0,10	2,43	5,27	1,74	4,97	63,63	5,20	***	9,64	23,74	***	5,86	0,39	0,17	0,29	3,39	0,28	***	0,58	1,70	***	0,30
	Afundado	84,12	4,81	11,2	6,83	2,59	8,3	49,5	***	0,25	0,05	***	7,37	94,73	98,26	95,03	36,37	94,80	***	90,36	76,26	***	94,14	6,97	9,87	5,55	1,94	5,11	***	5,44	5,46	***	4,78
	Total	100,00	5,72	9,98	5,85	2,29	19,2	43,9	***	0,24	0,06	***	6,58	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	***	7,36	10,04	5,84	5,33	5,39	***	6,02	7,16	***	5,08
100 + 200#	Flutuado	14,07	0,77	2,89	0,53	0,61	79,2	13,1	***	0,10	0,02	0,09	2,27	4,16	1,29	3,58	62,54	4,04	***	8,44	4,86	33,58	5,04	0,29	0,12	0,21	2,96	0,22	***	0,35	0,26	***	0,24
	Afundado	85,93	4,72	10,9	6,58	2,71	7,8	51,2	***	0,18	0,05	0,03	7,00	95,84	98,71	96,42	37,46	95,96	***	91,56	95,14	66,42	94,96	6,62	9,29	5,69	1,78	5,17	***	3,75	5,11	***	4,45
	Total	100,00	5,49	9,76	5,71	2,41	17,8	45,8	***	0,17	0,04	0,04	6,33	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	6,91	9,42	5,90	4,74	5,39	***	4,09	5,37	***	4,69
200 + 400#	Flutuado	3,74	0,23	6,25	2,29	1,27	69,6	14,7	0,47	0,14	0,03	0,06	2,82	2,44	1,87	1,92	14,24	1,20	***	3,43	2,44	6,40	1,49	0,19	0,16	0,13	0,78	0,07	***	0,15	0,14	***	0,09
	Afundado	96,26	5,92	9,72	4,86	2,52	16,3	47,1	***	0,16	0,04	0,03	7,22	97,56	98,13	98,08	85,76	98,80	***	96,57	97,56	93,60	98,51	7,42	8,29	6,64	4,67	5,97	***	4,13	5,60	***	5,76
	Total	100,00	6,15	9,59	4,58	2,47	18,3	45,8	***	0,16	0,04	0,03	7,05	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	7,61	8,45	6,77	5,45	6,05	***	4,28	5,74	***	5,85
Total - 6 + 400#	Flutuado	13,99	12,17	2,72	1,03	0,53	73,4	17,2	***	0,16	0,03	0,06	3,16	4,93	4,20	3,40	50,11	5,14	***	9,79	9,12	***	6,10	4,27	3,78	2,85	43,21	4,49	***	8,80	7,68	***	5,18
	Afundado	86,01	74,82	8,53	3,82	2,43	11,9	51,7	***	0,24	0,05	***	7,90	95,07	95,80	96,60	49,89	94,86	***	90,21	90,88	***	93,90	82,26	85,75	80,82	43,03	82,95	***	81,08	76,49	***	79,68
	Total	100,00	86,98	7,72	3,43	2,16	20,5	46,9	***	0,23	0,04	***	7,24	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	***	86,53	89,51	83,67	86,24	87,44	***	89,88	84,17	***	84,86

Tabela 2.5

RESULTADOS DOS ENSAIOS DE SEPARAÇÃO EM LÍQUIDO ORGÂNICO DENSO (BROMOFORMIO d=2,85g/cm³) E ANÁLISES QUÍMICAS (B)

AMOSTRA DE CATALÃO : COMPOSIÇÃO DE REJEITOS DA MINA (CRMINA)

FRAÇÃO	PRODUTO	% Peso Ensaio	% Peso Amostra	TEORES					DISTRIBUIÇÃO NO ENSAIO										DISTRIBUIÇÃO NA AMOSTRA															
				TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SiO2 (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	Nd2O5 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)	TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SiO2 (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	Nd2O5 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)	TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SiO2 (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	Nd2O5 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)	
- 6 + 14#	Flutuado	15,53	5,13	0,69	0,10	0,04	0,06	0,13	0,20	0,26	0,06	0,28	0,02	1,80	3,01	7,10	3,68	1,17	6,35	3,06	1,80	8,82	12,71	0,69	1,15	***	***	1,00	0,36	2,26	***	0,60	2,75	***
	Atundado	84,47	27,90	6,89	0,58	0,09	0,31	1,94	0,53	1,51	0,55	0,50	0,02	98,20	96,99	92,90	96,32	98,83	93,65	96,94	98,20	91,18	87,29	37,76	37,04	***	***	26,13	30,69	33,39	***	32,87	28,41	***
	Total	100,00	33,03	5,93	0,51	0,08	0,27	1,86	0,48	1,31	0,47	0,46	0,02	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	38,45	38,19	***	***	27,13	31,05	35,65	***	33,47	31,16	***
14 + 28#	Flutuado	14,59	2,71	0,47	0,07	0,03	0,05	0,14	0,12	0,21	0,12	0,16	0,02	1,37	2,34	5,68	2,50	1,23	4,20	2,69	6,56	3,58	2,80	0,25	0,42	***	***	0,44	0,22	0,75	***	0,67	0,89	***
	Atundado	85,41	15,88	5,74	0,48	0,08	0,36	1,97	0,48	1,32	0,28	0,74	0,11	98,63	97,66	94,32	97,50	98,77	95,80	97,31	93,44	96,42	97,20	17,87	17,59	***	***	17,35	17,67	17,05	***	9,57	23,95	***
	Total	100,00	18,57	4,97	0,42	0,07	0,32	1,70	0,42	1,15	0,26	0,66	0,10	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	18,12	18,01	***	***	17,80	17,89	17,80	***	10,24	24,84	***
28 + 48#	Flutuado	12,97	1,81	0,44	0,06	0,03	0,04	0,11	0,14	0,23	0,09	0,19	0,03	1,16	2,12	4,05	1,71	0,91	4,21	2,49	2,50	4,33	2,84	0,16	0,26	***	***	0,24	0,12	0,55	***	0,34	0,70	***
	Atundado	87,03	12,15	5,54	0,43	0,09	0,38	1,84	0,46	1,36	0,52	0,83	0,13	98,84	97,88	95,95	98,29	99,09	95,79	97,51	97,50	95,67	97,16	13,22	11,85	***	***	13,92	12,67	12,58	***	13,47	15,55	***
	Total	100,00	13,96	4,88	0,38	0,08	0,33	1,62	0,42	1,21	0,46	0,57	0,12	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	13,38	12,11	***	***	14,17	12,79	13,13	***	13,81	16,26	***
48 + 65#	Flutuado	14,88	0,60	0,39	0,05	0,03	0,04	0,11	0,14	0,17	0,08	0,16	0,03	1,11	2,03	***	1,65	0,98	4,63	2,04	2,46	3,92	13,56	0,05	0,07	***	***	0,08	0,04	0,18	***	0,10	0,19	***
	Atundado	85,12	3,46	5,99	0,45	***	0,43	1,97	0,49	1,44	0,54	0,67	0,03	98,89	97,97	***	98,35	99,02	95,37	97,96	97,54	96,08	86,44	4,07	3,54	***	***	4,49	3,86	3,80	***	4,00	4,74	***
	Total	100,00	4,06	5,16	0,39	***	0,37	1,89	0,43	1,25	0,47	0,60	0,03	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	4,12	3,61	***	***	4,56	3,90	3,99	***	4,10	4,94	***
65 + 100#	Flutuado	15,88	0,91	0,37	0,05	0,02	0,03	0,05	0,12	***	0,08	0,19	0,02	1,15	2,05	4,32	1,34	0,39	4,62	***	2,72	5,74	1,20	0,07	0,11	***	***	0,09	0,02	0,25	***	0,16	0,36	***
	Atundado	84,12	4,81	6,04	0,46	0,10	0,44	2,19	0,48	1,39	0,55	0,60	0,30	98,85	97,95	95,68	98,66	99,61	95,38	***	97,28	94,26	98,80	5,71	5,06	***	***	6,50	5,97	5,22	***	5,63	5,90	***
	Total	100,00	5,72	5,14	0,39	0,09	0,38	1,85	0,42	***	0,47	0,54	0,25	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	5,77	5,16	***	***	6,59	5,99	5,47	***	5,79	6,26	***
100 + 200#	Flutuado	14,07	0,77	0,31	0,05	0,02	0,04	0,17	0,10	0,16	0,09	0,16	0,02	0,80	1,55	***	1,49	1,24	3,33	1,72	2,66	4,46	***	0,05	0,09	***	***	0,10	0,07	0,17	***	0,15	0,25	***
	Atundado	85,93	4,72	6,34	0,54	***	0,44	2,19	0,47	1,52	0,55	0,55	***	99,20	98,45	***	98,51	98,76	96,67	98,28	97,34	95,54	***	5,88	5,84	***	***	6,38	5,85	4,98	***	5,51	5,25	***
	Total	100,00	5,49	5,50	0,47	***	0,39	1,90	0,41	1,33	0,48	0,49	***	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	5,93	5,93	***	***	6,48	5,92	5,15	***	5,66	5,50	***
200 + 400#	Flutuado	3,74	0,23	0,62	0,08	0,03	0,15	0,43	0,15	0,36	0,16	0,15	0,02	0,44	0,66	1,09	1,39	0,80	1,38	0,95	1,20	1,90	1,50	0,03	0,04	***	***	0,10	0,06	0,08	***	0,08	0,07	***
	Atundado	96,26	5,92	5,42	0,46	0,09	0,41	2,09	0,40	1,44	0,51	0,31	0,04	99,56	99,34	98,91	98,61	99,20	98,62	98,05	98,80	98,10	98,50	6,30	6,30	***	***	7,35	7,01	5,39	***	6,50	3,72	***
	Total	100,00	6,15	5,24	0,45	0,09	0,40	2,03	0,39	1,40	0,50	0,30	0,04	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	6,33	6,34	***	***	7,45	7,07	5,46	***	6,58	3,79	***
Total - 6 + 400#	Flutuado	13,99	12,17	0,54	0,08	0,03	0,06	0,13	0,15	***	0,08	0,21	0,02	1,40	2,40	***	2,43	1,05	4,90	***	2,65	5,62	***	1,29	2,14	***	***	2,05	0,89	4,25	***	2,11	5,21	***
	Atundado	86,01	74,82	6,18	0,51	***	0,36	1,97	0,49	1,43	0,48	0,57	***	98,60	97,60	***	97,57	98,95	95,10	***	97,35	94,38	***	90,81	87,22	***	***	82,12	83,72	82,41	***	77,55	87,52	***
	Total	100,00	86,98	5,39	0,45	***	0,32	1,72	0,44	***	0,43	0,52	***	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	92,09	89,36	***	***	84,17	84,61	86,66	***	79,65	92,73	***

Tabela 2.6

RESULTADOS DOS ENSAIOS DE SEPARAÇÃO MAGNÉTICA (FRANTZ) NOS PRODUTOS AFUNDADOS ($d > 2,85\text{g/cm}^3$) (A)

AMOSTRA DE CATALÃO : COMPOSIÇÃO DE REJEITOS DA MINA (CRMINA)

FRAÇÃO	PRODUTO	% Peso Ensaio	% Peso Amostra	TEORES										DISTRIBUIÇÃO NO ENSAIO										DISTRIBUIÇÃO NA AMOSTRA									
				P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)	P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)	P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)
- 14 + 28#	+ 0,2 A	35,68	5,66	5,77	2,16	1,61	9,78	62,0	***	0,43	0,03	0,03	6,03	25,05	23,17	23,39	29,70	41,63	***	62,96	18,50	***	27,12	4,21	3,67	4,06	2,68	7,53	***	10,92	3,19	***	4,60
	- 0,2 + 0,3 A	42,51	6,74	7,00	0,84	3,11	9,91	56,9	***	0,08	0,05	***	10,1	36,23	10,73	53,78	35,89	45,47	***	14,06	47,59	***	54,11	6,09	1,70	9,34	3,24	8,22	***	2,44	8,20	***	9,18
	- 0,3 A	21,81	3,46	14,6	10,1	2,58	18,5	31,4	0,55	0,26	0,08	0,03	6,83	38,72	66,10	22,83	34,41	12,89	***	22,98	33,91	***	18,77	6,51	10,46	3,97	3,10	2,33	***	3,99	5,84	***	3,18
	Total	100,00	15,86	8,22	3,32	2,46	11,7	53,2	***	0,24	0,05	***	7,93	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	***	100,00	16,80	15,82	17,37	9,02	18,08	***	17,35	17,23	***
- 28 + 48#	+ 0,2 A	32,45	3,94	5,44	1,79	1,67	7,87	63,4	***	0,41	0,05	0,03	6,49	17,94	11,41	23,31	22,08	40,49	***	55,24	27,15	34,30	27,26	2,77	2,12	2,93	1,50	5,36	***	7,24	4,00	***	3,45
	- 0,2 + 0,3 A	39,10	4,75	6,82	0,83	2,83	9,02	58,5	0,56	0,14	0,06	0,02	10,2	27,07	6,35	47,62	30,49	45,02	***	23,32	42,17	36,74	51,42	4,17	1,18	5,99	2,07	5,96	***	3,06	6,21	***	6,50
	- 0,3 A	28,45	3,46	19,0	14,7	2,38	19,3	25,9	***	0,18	0,06	0,03	5,79	54,99	82,23	29,07	47,43	14,50	***	21,44	30,68	28,96	21,32	8,48	15,28	3,65	3,23	1,92	***	2,81	4,52	***	2,70
	Total	100,00	12,15	9,85	5,10	2,32	11,6	50,8	***	0,24	0,05	0,03	7,73	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	15,42	18,59	12,57	6,80	13,23	***	13,11	14,72	***	12,85
- 48 + 65#	+ 0,2 A	34,72	1,20	4,91	1,21	1,78	7,02	64,0	***	0,34	0,04	0,04	6,21	15,10	6,08	25,04	25,40	45,58	***	41,47	28,64	43,90	29,69	0,76	0,44	0,95	0,41	1,65	***	1,82	1,11	***	1,01
	- 0,2 + 0,3 A	36,11	1,25	6,96	0,72	3,07	8,22	59,0	***	0,09	0,06	0,02	10,3	22,25	3,77	45,03	30,94	43,65	***	10,94	41,42	28,70	51,32	1,12	0,27	1,71	0,50	1,58	***	0,48	1,60	***	1,74
	- 0,3 A	29,17	1,01	24,3	21,4	2,53	14,4	18,0	1,68	0,46	0,05	0,03	4,73	62,65	90,14	29,93	43,67	10,76	***	47,59	29,94	27,40	19,00	3,16	6,48	1,14	0,70	0,39	***	2,09	1,16	***	0,64
	Total	100,00	3,46	11,3	6,93	2,46	9,59	48,8	***	0,28	0,05	0,03	7,26	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	5,04	7,19	3,79	1,61	3,62	***	4,39	3,87	***	3,39
- 65 + 100#	+ 0,2 A	43,46	2,09	4,89	0,84	2,04	4,56	66,2	***	0,28	0,04	0,03	7,13	18,91	5,36	34,20	23,83	58,10	***	47,61	36,26	***	42,05	1,32	0,53	1,90	0,46	2,97	***	2,59	1,98	***	2,01
	- 0,2 + 0,3 A	33,05	1,59	7,74	0,92	3,51	9,84	54,1	***	0,08	0,05	0,03	10,2	22,76	4,43	44,81	39,10	36,12	***	10,59	34,80	***	45,61	1,59	0,44	2,49	0,76	1,85	***	0,58	1,90	***	2,18
	- 0,3 A	23,49	1,13	27,9	26,2	2,31	13,1	12,2	1,73	0,45	0,06	***	3,87	58,33	90,21	20,99	37,07	5,78	***	41,81	28,94	***	12,34	4,07	8,90	1,16	0,72	0,30	***	2,27	1,58	***	0,59
	Total	100,00	4,81	11,2	6,83	2,59	8,32	49,5	***	0,25	0,05	***	7,37	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	6,97	9,87	5,55	1,94	5,11	***	5,44	5,46	***	4,78
- 100 + 200#	+ 0,2 A	60,13	2,84	5,49	0,67	2,50	4,03	65,9	***	0,17	0,03	0,03	7,27	30,30	6,17	55,56	31,19	77,47	***	56,85	42,55	63,96	62,47	2,01	0,57	3,16	0,55	4,01	***	2,13	2,17	***	2,78
	- 0,2 + 0,3 A	21,32	1,01	9,44	1,79	3,93	13,0	45,6	0,48	0,09	0,07	0,03	9,57	18,48	5,82	30,94	35,62	19,02	***	10,80	29,28	22,68	29,16	1,22	0,54	1,76	0,63	0,98	***	0,40	1,50	***	1,30
	- 0,3 A	18,55	0,88	30,1	31,1	1,97	13,9	9,67	***	0,31	0,07	0,02	3,16	51,22	88,00	13,50	33,19	3,51	***	32,35	28,17	13,36	8,37	3,39	8,18	0,77	0,59	0,18	***	1,21	1,44	***	0,37
	Total	100,00	4,72	10,9	6,56	2,71	7,77	51,2	***	0,18	0,05	0,03	7,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	6,82	9,29	5,69	1,78	5,17	***	3,75	5,11	***	4,45
- 200 + 400#	+ 0,2 A	71,24	4,22	7,11	1,85	2,61	10,6	56,2	***	0,16	0,04	0,03	7,96	52,08	28,24	73,83	46,43	85,04	***	72,08	72,96	72,54	78,55	3,67	2,34	4,90	2,17	5,08	***	2,98	4,09	***	4,53
	- 0,2 + 0,3 A	13,40	0,79	9,12	2,35	3,33	19,7	43,5	***	0,10	0,04	0,03	9,08	12,57	6,76	17,73	16,17	12,39	***	8,15	12,77	13,24	16,86	0,93	0,56	1,18	0,76	0,74	***	0,34	0,72	***	0,97
	- 0,3 A	15,36	0,91	22,4	19,7	1,38	39,7	7,86	1,14	0,20	0,04	0,03	2,16	35,35	65,00	8,43	37,40	2,57	***	19,77	14,27	14,22	4,60	2,62	5,39	0,56	1,75	0,15	***	0,82	0,80	***	0,26
	Total	100,00	5,92	9,72	4,66	2,52	16,3	47,1	***	0,16	0,04	0,03	7,22	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	7,42	8,29	6,64	4,67	5,97	***	4,13	5,60	***	5,76
Total - 14 + 400#	+ 0,2 A	42,52	19,95	5,80	1,61	2,02	8,05	62,2	***	0,31	0,04	0,03	6,83	25,61	14,00	34,69	30,11	51,95	***	57,47	31,80	***	36,28	14,92	9,67	17,90	7,77	26,59	***	27,68	16,53	***	18,37
	- 0,2 + 0,3 A	34,38	16,13	7,27	0,97	3,13	10,2	55,9	***	0,10	0,06	***	10,1	25,96	6,79	43,52	30,81	37,76	***	15,14	38,70	***	45,57	15,12	4,69	22,46	7,95	19,32	***	7,29	20,12	***	21,87
	- 0,3 A	23,10	10,84	20,2	16,8	2,33	19,2	22,7	***	0,27	0,06	***	5,31	48,43	79,21	21,79	39,07	10,29	***	27,38	29,50	***	16,15	28,22	54,70	11,25	10,09	5,27	***	13,19	15,33	***	7,75
	Total	100,00	46,92	9,63	4,90	2,47	11,4	50,9	***	0,23	0,05	***	7,59	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	58,27	69,05	51,61	25,81	51,18	***	48,17	51,98	***	47,99

Tabela 2.7

RESULTADOS DOS ENSAIOS DE SEPARAÇÃO MAGNÉTICA (FRANTZ) NOS PRODUTOS AFUNDADOS (d>2,85g/cm3) (B)

AMOSTRA DE CATALÃO : COMPOSIÇÃO DE REJEITOS DA MINA (CRMINA)

FRAÇÃO	PRODUTO	% Peso Ensaio	% Peso Amostra	TEORES							DISTRIBUIÇÃO NO ENSAIO										DISTRIBUIÇÃO NA AMOSTRA																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
				TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)

Tabela 2.8

RESULTADOS DE SEPARAÇÃO GRANULOMÉTRICA E ANÁLISES QUÍMICAS POR FAIXA

AMOSTRA DE CATALÃO : ALIMENTAÇÃO DA USINA (AUSINA)

FRAÇÃO	% PESO PESO RETIDO	% PESO ACUM. ACIMA	% PESO ACUM. ABAIXO	TEORES										DISTRIBUIÇÃO										P.F. (%)
				P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)	P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)	
- 6 + 14#	30,88	30,88	69,12	14,8	14,5	0,68	28,3	29,9	0,87	0,75	0,34	0,04	2,96	30,94	29,97	12,13	37,39	31,23	26,81	10,13	30,01	12,99	21,10	
- 14 + 28#	12,57	43,45	56,55	14,9	15,7	1,18	24,2	30,3	1,14	1,61	0,32	0,08	3,37	12,69	13,22	8,59	13,03	12,86	14,27	8,89	11,48	9,72	9,78	
- 28 + 48#	13,41	56,86	43,14	16,8	17,1	1,33	24,8	25,9	1,33	1,58	0,41	0,09	3,38	15,26	15,36	10,31	14,21	11,73	17,75	9,29	15,65	11,17	10,47	
- 48 + 65#	5,38	62,24	37,76	17,6	19,3	1,62	20,8	26,3	1,39	2,33	0,50	0,13	3,22	6,42	6,95	5,06	4,80	4,78	7,44	5,49	7,65	6,98	4,01	
- 65 + 100#	6,96	69,20	30,80	17,5	19,4	1,62	19,1	26,1	1,36	2,57	0,55	0,14	3,44	8,28	9,06	6,53	5,69	6,13	9,44	7,85	10,98	9,68	5,53	
- 100 + 200#	8,00	77,20	22,80	16,8	18,7	1,93	17,3	26,0	1,41	3,36	0,52	0,17	3,90	9,13	10,02	8,93	5,92	7,02	11,26	11,79	11,88	13,47	7,22	
- 200 + 400#	8,48	85,68	14,32	15,5	14,8	2,68	21,3	25,2	1,01	4,94	0,31	0,21	4,81	8,95	8,41	13,16	7,72	7,21	8,53	18,36	7,40	17,07	9,43	
- 400#	14,32	100,00	0,00	8,56	7,31	4,25	18,3	39,3	0,32	4,49	0,12	0,14	9,80	8,33	7,01	35,28	11,24	19,03	4,49	28,20	4,94	18,93	32,45	
TOTAL(1)	100,00	***	***	14,7	14,9	1,72	23,4	29,6	1,00	2,28	0,35	0,10	4,33	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	
TOTAL(2)	***	***	***	12,4	15,7	1,80	26,3	31,6	***	1,97	***	0,14	3,92	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	
FRAÇÃO	% PESO PESO RETIDO	% PESO ACUM. ACIMA	% PESO ACUM. ABAIXO	TEORES										DISTRIBUIÇÃO										CuO (%)
				TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SrO (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	Nd2O5 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)	TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SrO (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	Nd2O5 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)	
- 6 + 14#	30,88	30,88	69,12	3,53	0,40	0,03	0,33	0,78	0,22	0,36	0,14	0,21	0,71	***	26,57	24,92	25,31	22,35	24,57	24,75	***	***	***	***
- 14 + 28#	12,57	43,45	56,55	3,79	0,42	0,03	0,40	0,95	0,22	0,41	0,17	0,28	***	***	11,31	9,85	12,40	11,05	9,73	11,63	***	***	***	***
- 28 + 48#	13,41	56,86	43,14	3,66	0,38	0,03	0,44	1,11	0,23	0,38	0,13	0,22	0,57	***	10,86	11,56	14,52	13,84	11,28	11,44	***	***	***	***
- 48 + 65#	5,38	62,24	37,76	***	0,44	0,03	0,48	1,27	0,25	0,35	***	0,16	0,02	***	5,10	4,67	6,38	6,37	4,90	4,28	***	***	***	***
- 65 + 100#	6,96	69,20	30,80	4,54	0,48	0,03	0,51	1,34	0,28	0,38	0,15	0,25	***	***	7,07	6,35	8,76	8,70	6,99	5,92	***	***	***	***
- 100 + 200#	8,00	77,20	22,80	5,91	0,54	0,03	0,51	1,33	0,32	0,44	0,17	0,27	0,10	***	9,24	7,45	10,08	9,88	9,05	7,90	***	***	***	***
- 200 + 400#	8,48	85,68	14,32	***	0,54	0,03	0,51	1,31	0,33	0,53	0,17	***	0,36	***	9,80	8,47	10,58	10,32	9,91	10,13	***	***	***	***
- 400#	14,32	100,00	0,00	2,48	0,66	0,06	0,34	1,31	0,46	0,74	0,30	0,30	0,07	***	20,05	26,73	11,96	17,48	23,58	23,95	***	***	***	***
TOTAL(1)	100,00	***	***	***	0,47	0,03	0,41	1,07	0,28	0,44	***	***	***	***	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	***	***	***
TOTAL(2)	***	***	***	4,00	0,49	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***

(1) Calculado (2) Analisado

Tabela 2.9

RESULTADOS DOS ENSAIOS DE SEPARAÇÃO EM LÍQUIDO ORGÂNICO DENSO (BROMOFORMIO $d=2,85\text{g/cm}^3$) E ANÁLISES QUÍMICAS (A)

AMOSTRA DE CATALÃO : ALIMENTAÇÃO DA USINA (AUSINA)

FRAÇÃO	PRODUTO	% Peso Ensaio	% Peso Amostra	TEORES										DISTRIBUIÇÃO NO ENSAIO										DISTRIBUIÇÃO NA AMOSTRA									
				P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)	P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)	P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)
- 6 + 14#	Flutuado	31,61	9,76	6,59	6,16	0,57	68,7	11,2	0,41	0,94	0,17	0,09	2,47	14,11	13,44	28,50	76,73	11,80	14,76	39,64	16,02	62,08	26,41	4,37	4,03	3,22	28,69	3,69	3,96	4,02	4,81	8,06	5,57
	Afundado	68,39	21,12	18,5	18,3	0,73	9,63	38,6	1,09	0,66	0,42	0,02	3,18	85,89	86,56	73,50	23,27	88,20	85,24	60,36	83,98	37,92	73,59	26,58	25,94	8,92	8,70	27,54	22,85	6,11	25,20	4,93	15,53
	Total	100,00	30,88	14,8	14,5	0,68	28,3	29,9	0,87	0,75	0,34	0,04	2,96	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	30,94	29,97	12,13	37,39	31,23	26,81	10,13	30,01	12,99	21,10
- 14 + 28#	Flutuado	24,45	3,07	4,88	3,66	1,91	71,7	8,99	0,47	3,37	0,12	0,22	3,21	8,03	5,69	39,68	72,39	7,26	10,08	51,16	9,30	66,68	23,31	1,02	0,75	3,41	9,43	0,93	1,44	4,55	1,07	6,48	2,28
	Afundado	75,55	9,50	18,1	19,6	0,9	8,85	37,2	1,36	1,0	0,4	0,0	3,4	91,97	94,31	60,32	27,61	92,74	89,92	48,84	90,70	33,32	76,69	11,67	12,47	5,18	3,60	11,93	12,84	4,34	10,41	3,24	7,50
	Total	100,00	12,57	14,9	15,7	1,18	24,2	30,3	1,14	1,61	0,32	0,08	3,37	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	12,69	13,22	8,59	13,03	12,86	14,27	8,89	11,48	9,72	9,78
- 28 + 48#	Flutuado	25,75	3,45	3,70	3,07	1,58	72,5	9,12	0,54	3,11	0,10	0,21	4,36	5,68	4,52	30,65	75,44	9,06	10,55	50,67	6,03	64,31	33,26	0,87	0,71	3,16	10,72	1,06	1,87	4,71	0,94	7,18	3,48
	Afundado	74,25	9,96	21,3	22,0	1,24	8,19	31,73	1,60	1,05	0,52	0,04	3,03	94,32	95,38	69,35	24,56	90,94	89,45	49,33	93,97	35,69	66,74	14,39	14,65	7,15	3,49	10,67	15,88	4,58	14,71	3,99	6,99
	Total	100,00	13,41	16,8	17,1	1,33	24,8	25,9	1,33	1,58	0,41	0,09	3,38	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	15,26	15,36	10,31	14,21	11,73	17,75	9,29	15,65	11,17	10,47
- 48 + 65#	Flutuado	23,31	1,25	3,45	2,81	3,16	68,2	9,22	0,50	6,68	0,06	0,43	4,46	4,57	3,39	45,37	76,20	8,17	8,39	66,97	2,89	75,40	32,26	0,29	0,24	2,30	3,66	0,39	0,62	3,68	0,22	5,27	1,29
	Afundado	76,69	4,13	21,9	24,3	1,16	6,47	31,5	1,66	1,00	0,63	0,04	2,85	95,43	96,61	54,63	23,80	91,83	91,61	33,03	97,11	24,60	67,74	6,13	6,72	2,77	1,14	4,39	6,82	1,81	7,43	1,72	2,72
	Total	100,00	5,38	17,6	19,3	1,62	20,8	26,3	1,39	2,33	0,50	0,13	3,22	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	6,42	6,95	5,06	4,80	4,78	7,44	5,49	7,65	6,98	4,01
- 65 + 100#	Flutuado	21,91	1,53	2,71	2,44	3,27	67,7	8,56	0,52	7,71	0,05	0,49	5,17	3,38	2,75	44,23	77,62	7,19	8,32	65,76	2,06	75,07	32,95	0,28	0,25	2,89	4,42	0,44	0,79	5,16	0,23	7,26	1,82
	Afundado	78,09	5,44	21,7	24,2	1,16	5,47	31,0	1,60	1,13	0,69	0,05	2,95	96,62	97,25	55,77	22,38	92,81	91,68	34,24	97,94	24,93	67,05	8,00	8,81	3,64	1,27	5,69	8,65	2,69	10,75	2,41	3,71
	Total	100,00	6,96	17,5	19,4	1,62	19,1	26,1	1,36	2,57	0,55	0,14	3,44	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	8,28	9,06	6,53	5,69	6,13	9,44	7,85	10,98	9,68	5,53
- 100 + 200#	Flutuado	21,33	1,71	2,59	2,73	4,37	62,7	8,93	0,47	10,4	0,03	0,58	6,11	3,29	3,11	48,41	77,38	7,33	7,09	66,13	1,19	71,01	33,39	0,30	0,31	4,32	4,58	0,51	0,80	7,80	0,14	9,56	2,41
	Afundado	78,67	6,29	20,7	23,0	1,26	4,97	30,6	1,67	1,45	0,66	0,06	3,31	96,71	96,89	51,59	22,62	92,67	92,91	33,87	98,81	28,99	66,61	8,63	9,71	4,61	1,34	6,50	10,47	3,99	11,74	3,91	4,81
	Total	100,00	8,00	16,8	18,7	1,93	17,3	26,0	1,41	3,36	0,52	0,17	3,90	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	9,13	10,02	8,93	5,92	7,02	11,26	11,79	11,88	13,47	7,22
- 200 + 400#	Flutuado	1,29	0,11	11,1	11,3	5,26	40,8	12,7	0,68	11,5	0,12	0,49	3,86	0,92	0,99	2,54	2,48	0,85	0,87	3,00	0,50	3,05	1,04	0,08	0,08	0,33	0,19	0,05	0,07	0,55	0,04	0,52	0,10
	Afundado	98,71	8,37	15,6	14,9	2,64	21,0	25,3	1,01	4,85	0,31	0,20	4,82	99,08	99,01	97,46	97,52	99,35	99,13	97,00	99,50	96,95	98,96	8,87	8,33	12,83	7,53	7,16	8,45	17,81	7,37	16,55	9,33
	Total	100,00	8,48	15,5	14,8	2,68	21,3	25,2	1,01	4,94	0,31	0,21	4,81	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	8,95	8,41	13,16	7,72	7,21	8,53	18,36	7,40	17,07	9,43
Total - 6 + 400#	Flutuado	24,37	20,88	5,08	4,56	1,62	69,0	10,0	0,46	3,33	0,13	0,22	3,51	7,86	6,85	30,33	69,50	8,74	10,00	42,42	7,83	54,69	25,11	7,21	6,37	19,63	61,69	7,08	9,55	30,45	7,45	44,34	16,96
	Afundado	75,63	64,80	19,2	20,0	1,20	9,76	33,8	1,33	1,45	0,47	0,06	3,38	92,14	93,15	69,67	30,50	91,26	90,00	57,58	92,17	45,31	74,89	84,47	86,62	45,09	27,07	73,89	85,95	41,34	87,62	36,73	50,59
	Total	100,00	85,68	15,8	16,2	1,30	24,2	28,0	1,12	1,91	0,39	0,10	3,41	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	91,67	92,99	64,72	88,76	80,97	95,51	71,80	95,06	81,07	67,55

Tabela 2.10

RESULTADOS DOS ENSAIOS DE SEPARAÇÃO EM LÍQUIDO ORGÂNICO DENSO (BROMOFORMIO d=2,85g/cm³) E ANÁLISES QUÍMICAS (B)

AMOSTRA DE CATALÃO : ALIMENTAÇÃO DA USINA (AUSINA)

FRAÇÃO	PRODUTO	% Peso Ensaio	% Peso Amostra	TEORES										DISTRIBUIÇÃO NO ENSAIO										DISTRIBUIÇÃO NA AMOSTRA											
				TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	Nd2O5 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)	TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	Nd2O5 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)	TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	Nd2O5 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)		
- 6 + 14#	Flutuado	31,61	9,76	1,11	0,17	0,01	0,17	0,37	0,14	0,28	0,10	0,20	0,02	9,99	13,03	15,99	16,53	15,07	19,52	24,46	23,44	29,59	0,85	***	3,46	3,98	4,18	3,37	4,80	6,05	***	***	***	***	***
	Afundado	68,39	21,12	4,64	0,51	0,03	0,41	0,97	0,26	0,39	0,16	0,22	1,03	90,01	86,97	84,01	83,47	84,93	80,48	75,54	76,56	70,41	99,15	***	23,11	20,93	21,13	18,98	19,77	18,70	***	***	***	***	***
	Total	100,00	30,88	3,53	0,40	0,03	0,33	0,78	0,22	0,36	0,14	0,21	0,71	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	26,57	24,92	25,31	22,35	24,57	24,75	***	***	***	***	***
- 14 + 28#	Flutuado	24,45	3,07	0,77	0,15	0,02	0,11	0,18	0,13	0,19	0,08	0,09	0,02	4,97	8,53	13,64	6,59	4,71	14,84	11,05	12,16	8,14	***	***	0,97	1,34	0,82	0,52	1,44	1,28	***	***	***	***	***
	Afundado	75,55	9,50	4,77	0,51	0,03	0,50	1,19	0,24	0,48	0,19	0,34	***	95,03	91,47	86,36	93,41	95,29	85,16	88,95	87,84	97,86	***	***	10,35	8,51	11,58	10,53	8,28	10,34	***	***	***	***	***
	Total	100,00	12,57	3,79	0,42	0,03	0,40	0,95	0,22	0,41	0,17	0,28	***	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	11,31	9,85	12,40	11,05	9,73	11,63	***	***	***	***	***
- 28 + 48#	Flutuado	25,75	3,45	0,77	0,14	0,02	0,09	0,15	0,10	0,15	0,03	0,10	0,02	5,42	9,24	18,28	5,27	3,48	11,31	10,04	4,65	11,22	0,68	***	1,00	2,11	0,77	0,48	1,28	1,15	***	***	***	***	***
	Afundado	74,25	9,96	4,66	0,46	0,03	0,56	1,44	0,28	0,46	0,17	0,27	0,76	94,58	90,78	81,72	94,73	95,52	88,69	89,96	95,15	88,78	99,32	***	9,86	9,45	13,75	13,38	10,01	10,29	***	***	***	***	***
	Total	100,00	13,41	3,66	0,38	0,03	0,44	1,11	0,23	0,38	0,13	0,22	0,57	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	10,86	11,56	14,52	13,84	11,28	11,44	***	***	***	***	***
- 48 + 65#	Flutuado	23,31	1,25	0,71	0,14	0,02	0,08	0,12	0,12	0,09	***	0,10	0,02	***	7,35	14,11	3,83	2,18	10,75	5,92	***	14,86	19,80	***	0,38	0,66	0,24	0,14	0,53	0,25	***	***	***	***	***
	Afundado	76,69	4,13	***	0,54	0,03	0,60	1,62	0,30	0,43	0,20	0,17	0,02	***	92,65	85,89	96,17	97,82	89,25	94,08	***	85,14	80,20	***	4,73	4,01	6,13	6,23	4,37	4,03	***	***	***	***	***
	Total	100,00	5,38	***	0,44	0,03	0,48	1,27	0,25	0,35	***	0,16	0,02	***	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	5,10	4,67	6,36	6,37	4,90	4,28	***	***	***	***	***
65 + 100#	Flutuado	21,91	1,53	0,67	0,14	0,02	0,07	0,13	0,11	0,08	0,04	0,07	0,02	3,22	6,27	14,71	3,00	2,10	8,38	4,46	6,29	6,20	***	***	0,44	0,93	0,26	0,18	0,59	0,26	***	***	***	***	***
	Afundado	78,09	5,44	5,63	0,57	0,03	0,63	1,69	0,33	0,46	0,18	0,30	***	96,78	93,73	85,29	97,00	97,90	91,62	95,54	93,71	93,80	***	***	6,63	5,41	8,50	8,52	6,40	5,66	***	***	***	***	***
	Total	100,00	6,96	4,54	0,48	0,03	0,51	1,34	0,28	0,38	0,15	0,25	***	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	7,07	6,35	8,76	8,70	6,99	5,92	***	***	***	***	***
100 + 200#	Flutuado	21,33	1,71	0,69	0,15	0,02	0,09	0,13	0,11	0,06	0,05	0,09	0,03	2,50	5,72	13,34	3,79	2,02	7,10	2,77	6,41	6,99	6,37	***	0,53	0,99	0,38	0,20	0,64	0,22	***	***	***	***	***
	Afundado	78,67	6,29	7,32	0,65	0,04	0,63	1,65	0,37	0,54	0,20	0,31	0,12	97,50	94,28	88,66	98,21	97,98	92,90	97,23	93,59	93,01	93,63	***	8,71	6,46	9,70	9,68	8,41	7,68	***	***	***	***	***
	Total	100,00	8,00	5,91	0,54	0,03	0,51	1,33	0,32	0,44	0,17	0,27	0,10	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	9,24	7,45	10,08	9,88	9,05	7,90	***	***	***	***	***
200 + 400#	Flutuado	1,29	0,11	1,33	0,26	0,03	0,22	0,12	0,15	0,26	0,11	***	0,04	***	0,63	1,06	0,57	0,11	0,60	0,62	0,80	***	0,14	***	0,06	0,09	0,06	0,01	0,06	0,06	***	***	***	***	***
	Afundado	98,71	8,37	***	0,54	0,03	0,51	1,32	0,33	0,54	0,17	***	0,36	***	99,37	98,94	99,43	99,89	99,40	99,38	99,20	***	99,86	***	9,74	8,38	10,52	10,31	9,85	10,07	***	***	***	***	***
	Total	100,00	8,48	***	0,54	0,03	0,51	1,31	0,33	0,53	0,17	***	0,36	***	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	9,80	8,47	10,58	10,32	9,91	10,13	***	***	***	***	***
Total - 6 + 400#	Flutuado	24,37	20,88	0,92	0,15	0,02	0,13	0,25	0,12	0,20	***	***	0,02	***	8,55	13,81	7,63	5,94	12,21	12,21	***	***	***	***	6,84	10,12	6,72	4,90	9,33	9,29	***	***	***	***	***
	Afundado	75,63	64,80	***	0,53	0,03	0,51	1,29	0,29	0,46	0,18	***	***	***	***	91,45	86,19	92,37	94,06	87,79	87,79	***	***	***	73,11	63,16	81,32	77,61	67,09	66,77	***	***	***	***	***
	Total	100,00	85,68	***	0,44	0,03	0,42	1,04	0,25	0,40	***	***	***	***	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	79,95	73,27	88,04	82,52	76,42	76,05	***	***	***	***	***

Tabela 2.11

RESULTADOS DOS ENSAIOS DE SEPARAÇÃO MAGNÉTICA (FRANTZ) NOS PRODUTOS AFUNDADOS ($d > 2,85\text{g/cm}^3$) (A)

AMOSTRA DE CATALÃO : ALIMENTAÇÃO DA USINA (AUSINA)

FRAÇÃO	PRODUTO	% Peso Ensaio	% Peso Amostra	TEORES							DISTRIBUIÇÃO NO ENSAIO										DISTRIBUIÇÃO NA AMOSTRA												
				P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)	P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)	P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)
- 14 + 28#	+ 0,2 A	52,44	4,98	9,27	10,7	0,63	8,13	55,9	0,94	1,42	0,16	0,03	2,76	26,85	28,70	34,88	48,14	78,75	36,48	71,27	21,78	40,35	42,34	3,13	3,58	1,81	1,73	9,40	4,68	3,09	2,27	1,31	3,18
	- 0,2 + 0,4 A	8,94	0,85	12,4	9,42	2,05	10,1	44,9	0,85	0,78	0,25	0,06	7,44	6,14	4,29	19,48	10,21	10,79	5,62	6,72	5,80	14,52	19,45	0,72	0,53	1,01	0,37	1,29	0,72	0,29	0,60	0,47	1,46
	- 0,4 A	38,63	3,67	31,4	34,0	1,11	9,55	10,1	2,03	0,59	0,72	0,04	3,38	67,00	67,01	45,64	41,65	10,47	57,90	22,01	72,42	45,14	38,20	7,82	8,36	2,37	1,50	1,25	7,43	0,96	7,54	1,46	2,87
	Total	100,00	9,50	18,1	19,6	0,94	8,85	37,2	1,36	1,04	0,39	0,04	3,42	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	11,67	12,47	5,18	3,60	11,93	12,84	4,34	10,41	3,24	7,50
- 28 + 48#	+ 0,2 A	41,77	4,16	11,5	9,64	1,17	9,04	54,0	0,78	1,45	0,18	0,04	2,16	22,61	18,31	39,51	46,10	71,11	20,46	57,86	14,66	41,57	29,73	3,25	2,68	2,82	1,61	7,59	3,25	2,65	2,16	1,66	2,08
	- 0,2 + 0,4 A	15,84	1,58	11,3	8,95	2,41	10,2	45,8	0,73	0,75	0,24	0,07	7,36	8,41	6,45	30,80	19,67	22,85	7,22	11,36	7,27	26,53	38,41	1,21	0,95	2,20	0,69	2,44	1,15	0,52	1,07	1,06	2,68
	- 0,4 A	42,39	4,22	34,6	39,0	0,87	6,61	4,52	2,73	0,76	0,96	0,03	2,28	68,97	75,24	29,69	34,23	6,04	72,31	30,78	78,07	31,90	31,85	9,93	11,02	2,12	1,19	0,64	11,48	1,41	11,48	1,27	2,23
	Total	100,00	9,96	21,3	22,0	1,24	8,19	31,73	1,60	1,05	0,52	0,04	3,03	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	14,39	14,65	7,15	3,49	10,67	15,88	4,58	14,71	3,99	6,99
- 48 + 65#	+ 0,2 A	39,06	1,61	6,89	6,39	0,88	5,94	61,3	0,61	1,64	0,15	0,05	2,56	12,31	10,26	29,64	35,85	76,07	14,39	63,80	8,96	44,69	35,13	0,75	0,69	0,82	0,41	3,34	0,98	1,16	0,67	0,77	0,95
	- 0,2 + 0,4 A	13,41	0,55	13,5	9,53	3,46	13,8	43,0	0,64	0,62	0,31	0,09	7,35	8,28	5,26	40,13	28,65	18,30	5,21	8,29	6,55	27,56	34,64	0,51	0,35	1,11	0,33	0,80	0,36	0,15	0,49	0,47	0,94
	- 0,4 A	47,53	1,96	36,5	43,2	0,74	4,83	3,73	2,81	0,59	1,12	0,03	1,81	79,42	84,48	30,23	35,51	5,63	80,40	27,91	84,49	27,75	30,23	4,87	5,68	0,84	0,41	0,25	5,48	0,51	6,28	0,48	0,82
	Total	100,00	4,13	21,9	24,3	1,16	6,47	31,50	1,66	1,00	0,63	0,04	2,85	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	6,13	6,72	2,77	1,14	4,39	6,82	1,81	7,43	1,72	2,72
- 65 + 100#	+ 0,2 A	36,01	1,96	6,53	5,91	0,90	4,97	62,2	0,55	1,77	0,15	0,05	2,31	10,85	8,79	28,16	32,67	72,28	12,39	56,67	7,78	42,59	28,17	0,87	0,77	1,03	0,42	4,11	1,07	1,52	0,84	1,03	1,05
	- 0,2 + 0,4 A	16,71	0,91	12,5	8,44	3,09	10,9	40,9	0,48	1,16	0,18	0,09	7,29	9,67	5,83	44,61	33,29	22,03	5,00	17,24	4,40	32,56	41,25	0,77	0,51	1,63	0,42	1,25	0,43	0,46	0,47	0,79	1,53
	- 0,4 A	47,28	2,57	36,4	43,7	0,67	3,94	3,73	2,79	0,62	1,29	0,02	1,91	79,49	85,38	27,24	34,04	5,89	82,61	26,09	87,82	24,85	30,58	6,36	7,52	0,99	0,43	0,32	7,15	0,70	9,44	0,60	1,14
	Total	100,00	5,44	21,7	24,2	1,16	5,47	31,0	1,60	1,13	0,69	0,05	2,95	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	8,00	8,81	3,64	1,27	5,69	8,65	2,69	10,75	2,41	3,71
- 100 + 200#	+ 0,2 A	40,98	2,58	7,44	7,09	1,13	4,38	55,9	0,53	2,03	0,16	0,07	2,81	14,76	12,61	36,77	36,13	74,90	13,03	57,38	10,19	43,62	34,84	1,30	1,22	1,69	0,48	4,87	1,36	2,29	1,20	1,70	1,68
	- 0,2 + 0,4 A	13,13	0,83	12,2	8,97	3,03	9,03	42,3	0,90	1,21	0,16	0,13	8,61	7,74	5,11	31,48	23,84	18,14	7,07	11,00	3,29	26,93	34,21	0,68	0,50	1,45	0,32	1,18	0,74	0,44	0,39	1,05	1,64
	- 0,4 A	45,88	2,89	34,9	41,3	0,87	4,34	4,64	2,91	1,00	1,24	0,04	2,23	77,50	82,28	31,75	40,03	6,96	79,90	31,61	86,52	29,45	30,95	6,84	7,99	1,46	0,54	0,45	8,36	1,26	10,16	1,15	1,49
	Total	100,00	6,29	20,7	23,0	1,26	4,97	30,6	1,67	1,45	0,66	0,06	3,31	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	8,83	9,71	4,61	1,34	6,50	10,47	3,99	11,74	3,91	4,81
- 200 + 400#	+ 0,2 A	47,07	3,94	11,8	10,5	2,64	20,4	33,2	0,72	4,99	0,15	0,19	4,27	35,66	33,19	47,00	45,75	61,85	33,28	48,38	22,54	43,71	41,67	3,16	2,76	6,03	3,44	4,41	2,81	8,62	1,66	7,23	3,89
	- 0,2 + 0,4 A	43,96	3,68	16,9	16,1	2,93	20,9	21,4	1,17	5,22	0,35	0,24	6,01	47,76	47,65	48,79	43,76	37,12	50,51	47,28	49,65	52,49	54,78	4,24	3,97	6,26	3,29	2,66	4,27	8,42	3,66	8,69	5,11
	- 0,4 A	8,97	0,75	28,8	31,7	1,24	24,6	3,49	1,83	2,35	0,96	0,09	1,91	16,59	19,16	4,21	10,50	1,23	16,21	4,35	27,81	3,79	3,55	1,47	1,60	0,54	0,79	0,09	1,37	0,77	2,05	0,63	0,33
	Total	100,00	8,37	15,6	14,9	2,64	21,0	25,3	1,01	4,85	0,31	0,20	4,82	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	8,87	8,33	12,83	7,53	7,16	8,45	17,81	7,37	16,55	9,33
Total - 14 + 400#	+ 0,2 A	44,02	19,23	9,55	9,10	1,27	9,84	51,9	0,74	2,29	0,16	0,07	2,88	21,55	19,30	39,26	44,06	72,76	22,44	54,88	14,07	43,06	36,56	12,48	11,71	14,20	8,09	33,72	14,16	19,33	8,78	13,70	12,82
	- 0,2 + 0,4 A	19,22	8,39	14,3	12,1	2,81	15,1	33,9	0,92	2,79	0,28	0,15	6,89	14,04	11,22	37,75	29,49	20,75	12,15	29,19	10,70	39,38	38,14	8,13	6,81	13,66	5,42	9,62	7,67	10,28	6,68	12,53	13,37
	- 0,4 A	36,77	16,06	34,2	39,2	0,89	7,07	5,54	2,58	0,80	1,03	0,04	2,39	64,41	69,47	23,00	26,45	6,49	65,41	15,93	75,23	17,56	25,29	37,29	42,16	8,32	4,86	3,01	41,28	5,61	46,96	5,59	8,87
	Total	100,00	43,68	19,5	20,8	1,43	9,83	31,4	1,45	1,84	0,50	0,07	3,47	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	57,89	60,68	36,18	18,37	46,35	63,10	35,23	62,42	31,81	35,06

Tabela 2.12

RESULTADOS DOS ENSAIOS DE SEPARAÇÃO MAGNÉTICA (FRANTZ) NOS PRODUTOS AFUNDADOS ($d > 2,85\text{g/cm}^3$) (B)

AMOSTRA DE CATALÃO : ALIMENTAÇÃO DA USINA (AUSINA)

FRAÇÃO	PRODUTO	% Peso Ensaio	% Peso Amostra	TEORES								DISTRIBUIÇÃO NO ENSAIO								DISTRIBUIÇÃO NA AMOSTRA															
				TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)	TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)	TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)					
- 14 + 28#	+ 0,2 A	52,44	4,98	6,38	0,75	0,04	0,28	0,68	0,27	0,23	0,10	0,33	0,68	70,21	77,33	63,12	29,44	25,68	59,06	24,45	28,10	50,28	***	***	***	8,00	5,37	3,41	2,71	4,89	2,53	***	***	***	
	- 0,2 + 0,4 A	8,94	0,95	6,50	0,75	0,06	0,41	1,78	0,38	0,72	0,22	0,29	0,04	12,18	13,13	18,03	7,45	13,32	14,11	13,24	9,99	7,61	***	***	***	1,36	1,53	0,86	1,40	1,17	1,37	***	***	***	
	- 0,4 A	38,63	3,67	2,17	0,13	0,02	0,81	1,88	0,17	0,78	0,31	0,37	***	17,61	9,54	18,85	63,11	61,00	26,83	62,32	61,91	42,11	***	***	***	0,99	1,60	7,31	6,43	2,22	6,45	***	***	***	
	Total	100,00	9,50	4,77	0,51	0,03	0,50	1,19	0,24	0,48	0,19	0,34	***	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	***	***	10,35	8,51	11,58	10,53	8,28	10,34	***	***	***
- 28 + 48#	+ 0,2 A	41,77	4,16	7,00	0,77	0,04	0,26	0,64	0,37	0,22	0,09	0,20	0,03	62,75	69,32	53,89	19,00	18,51	55,31	19,62	22,09	31,07	1,60	***	***	6,83	5,09	2,61	2,47	5,53	2,02	***	***	***	
	- 0,2 + 0,4 A	15,84	1,58	6,93	0,74	0,07	0,50	2,20	0,37	0,70	0,27	0,46	0,04	23,57	25,19	33,08	13,99	24,15	21,08	24,14	24,85	27,15	0,82	***	***	2,48	3,13	1,92	3,23	2,11	2,48	***	***	***	
	- 0,4 A	42,39	4,22	1,50	0,06	0,01	0,89	1,95	0,16	0,61	0,21	0,27	1,74	13,68	5,46	13,02	67,01	57,33	23,60	56,24	53,06	41,78	97,58	***	***	0,54	1,23	9,21	7,66	2,36	5,79	***	***	***	
	Total	100,00	9,96	4,66	0,46	0,03	0,56	1,44	0,28	0,46	0,17	0,27	0,76	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	***	9,86	9,45	13,75	13,36	10,01	10,29	***	***	***
- 48 + 65#	+ 0,2 A	39,06	1,61	10,4	1,02	0,05	0,20	0,65	0,39	0,16	0,09	0,17	0,03	***	74,27	60,98	12,83	15,57	51,62	14,12	17,47	39,44	56,78	***	***	***	3,51	2,44	0,79	0,97	2,25	0,57	***	***	***
	- 0,2 + 0,4 A	13,41	0,55	6,95	0,78	0,07	0,54	3,26	0,49	1,08	0,36	0,75	0,05	***	19,52	26,18	11,97	26,94	22,45	33,23	24,19	58,08	26,96	***	***	***	0,92	1,05	0,73	1,68	0,98	1,34	***	***	***
	- 0,4 A	47,53	1,96	***	0,07	0,01	0,95	1,96	0,16	0,48	0,25	0,01	0,01	***	6,21	12,84	75,21	57,49	25,93	52,65	58,34	2,48	16,26	***	***	***	0,29	0,51	4,61	3,58	1,13	2,12	***	***	***
	Total	100,00	4,13	***	0,54	0,03	0,60	1,62	0,30	0,43	0,20	0,17	0,02	***	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	***	4,73	4,01	6,13	6,23	4,37	4,03	***	***	***
- 65 + 100#	+ 0,2 A	36,01	1,96	11,7	1,12	0,06	0,20	0,64	0,44	0,19	0,07	0,19	0,03	74,85	70,35	60,08	11,40	13,66	48,46	14,54	13,71	22,10	***	***	***	4,66	3,25	0,97	1,16	3,10	0,82	***	***	***	
	- 0,2 + 0,4 A	16,71	0,91	8,19	0,83	0,06	0,50	2,81	0,52	0,82	0,27	0,39	0,05	24,31	24,35	28,85	13,13	27,90	26,35	29,40	24,81	21,45	***	***	***	1,61	1,56	1,12	2,38	1,69	1,66	***	***	***	
	- 0,4 A	47,28	2,57	0,10	0,06	0,01	1,01	2,08	0,18	0,55	0,24	0,36	***	0,84	5,30	11,07	75,46	58,45	25,19	56,05	61,47	56,46	***	***	***	0,35	0,60	6,41	4,98	1,61	3,17	***	***	***	
	Total	100,00	5,44	5,63	0,57	0,03	0,63	1,69	0,33	0,46	0,18	0,30	***	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	***	6,63	5,41	8,50	8,52	6,40	5,66	***	***	***
- 100 + 200#	+ 0,2 A	40,98	2,58	14,5	1,21	0,06	0,23	0,82	0,51	0,27	0,10	0,19	0,03	81,32	76,72	69,82	14,73	20,32	55,64	20,45	20,69	24,28	11,71	***	***	***	6,68	4,51	1,43	1,97	4,68	1,57	***	***	***
	- 0,2 + 0,4 A	13,13	0,83	5,21	0,88	0,05	0,57	2,79	0,52	0,97	0,33	0,69	0,73	9,35	17,76	19,76	12,04	22,18	18,26	23,55	22,08	28,82	83,13	***	***	***	1,55	1,28	1,17	2,15	1,54	1,81	***	***	***
	- 0,4 A	45,88	2,89	1,49	0,08	0,01	1,00	2,07	0,21	0,66	0,25	0,32	0,01	9,33	5,52	10,42	73,23	57,49	26,10	56,00	57,22	46,90	5,16	***	***	0,48	0,67	7,10	5,56	2,19	4,30	***	***	***	
	Total	100,00	6,29	7,32	0,65	0,04	0,63	1,65	0,37	0,54	0,20	0,31	0,12	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	***	8,71	6,46	9,70	9,68	8,41	7,68	***	***	***
- 200 + 400#	+ 0,2 A	47,07	3,94	6,99	0,72	0,04	0,37	1,15	0,38	0,51	0,17	0,30	0,04	***	61,81	56,19	34,40	40,90	54,08	45,18	45,89	***	4,97	***	***	***	6,02	4,71	3,62	4,22	5,33	4,55	***	***	***
	- 0,2 + 0,4 A	43,96	3,68	3,43	0,46	0,03	0,60	1,55	0,30	0,59	0,18	0,36	0,78	***	37,06	42,24	51,43	51,35	40,59	48,02	44,12	***	94,68	***	***	***	3,61	3,54	5,41	5,29	4,00	4,84	***	***	***
	- 0,4 A	8,97	0,75	***	0,07	0,01	0,81	1,14	0,20	0,41	0,19	***	0,01	***	1,14	1,57	14,17	7,75	5,33	6,80	9,98	***	0,35	***	***	0,11	0,13	1,49	0,80	0,53	0,69	***	***	***	
	Total	100,00	8,37	***	0,54	0,03	0,51	1,32	0,33	0,54	0,17	***	0,36	***	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	***	9,74	8,38	10,52	10,31	9,85	10,07	***	***	***
Total	+ 0,2 A	44,02	19,23	8,61	0,87	0,05	0,27	0,75	0,37	0,28	0,11	0,25	0,20	***	71,41	60,11	21,31	23,02	54,50	25,09	26,04	***	***	***	***	***	35,71	25,38	12,83	13,50	25,79	12,06	***	***	***
	- 0,2 + 0,4 A	19,22	8,39	5,32	0,64	0,05	0,54	2,07	0,38	0,72	0,24	0,43	0,43	***	23,06	28,63	18,64	27,51	24,26	28,09	24,44	***	***	***	***	***	11,53	12,09	11,22	16,13	11,48	13,50	***	***	***
	- 0,4 A	36,77	16,06	***	0,08	0,01	0,91	1,94	0,17	0,62	0,25	***	***	***	5,53	11,26	60,05	49,48	21,24	48,93	49,52	***	***	***	***	***	2,77	4,75	36,15	29,01	10,05	22,51	***	***	***
	Total	100,00	43,68	***	0,54	0,03	0,56	1,44	0,30	0,49	0,18	***	***	***	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	***	50,01	42,22	60,19	58,63	47,32	48,07	***	***	***

Tabela 2.13

RESULTADOS DE SEPARAÇÃO GRANULOMÉTRICA E ANÁLISES QUÍMICAS POR FAIXA

AMOSTRA DE CATALÃO : SÍLICO-CARBONATADA POBRE (SCPOBRE)

FRAÇÃO	% PESO RETIDO	% PESO ACUM. ACIMA	% PESO ACUM. ABAIXO	TEORES										DISTRIBUIÇÃO									
				P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)	P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)
- 6 + 14#	22,12	22,12	77,88	3,58	26,7	0,72	11,3	21,1	0,40	9,57	0,12	0,74	23,7	18,05	22,57	12,86	15,12	29,54	14,76	15,08	30,13	20,09	22,00
- 14 + 28#	16,91	39,03	60,97	4,36	39,3	1,04	15,8	18,0	0,49	12,6	0,10	1,05	24,3	16,81	25,43	14,21	16,14	19,26	13,88	15,16	19,07	21,86	17,27
- 28 + 48#	10,10	49,14	50,86	5,86	29,1	0,89	10,7	14,2	0,51	9,21	0,11	0,75	25,3	13,50	11,25	7,28	6,55	9,10	8,60	6,63	11,89	9,37	10,75
- 48 + 65#	4,33	53,46	46,54	8,28	28,5	1,05	10,7	15,0	0,59	10,1	0,11	0,75	21,5	8,16	4,71	3,67	2,79	4,10	4,22	3,10	5,29	4,02	3,90
- 65 + 100#	5,72	59,18	40,82	8,47	27,6	1,25	11,4	11,8	1,27	11,4	0,11	0,82	21,8	11,04	6,04	5,79	3,95	4,26	12,09	4,66	6,93	5,75	5,23
- 100 + 200#	8,19	67,37	32,63	6,30	24,3	1,65	13,5	12,5	0,64	13,2	0,10	0,95	22,9	11,76	7,63	10,95	6,71	6,47	8,76	7,73	9,42	9,58	7,88
- 200 + 400#	11,84	79,21	20,79	3,81	25,4	2,52	25,3	15,3	0,62	21,2	0,06	0,06	26,7	10,27	11,53	24,11	18,12	11,49	12,30	17,89	7,87	0,89	13,25
- 400#	20,79	100,00	0,00	2,20	13,6	1,26	24,3	12,0	0,73	20,1	0,04	1,11	22,6	10,43	10,84	21,14	30,62	15,78	25,39	29,75	9,40	28,44	19,73
TOTAL	100,00	***	***	4,39	26,1	1,24	16,5	15,8	0,60	14,0	0,09	0,81	23,8	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

FRAÇÃO	% PESO RETIDO	% PESO ACUM. ACIMA	% PESO ACUM. ABAIXO	TEORES										DISTRIBUIÇÃO										
				TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SrO (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	Nd2O5 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)	TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SrO (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	Nd2O5 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)	
- 6 + 14#	22,12	22,12	77,88	2,22	0,31	0,02	0,27	0,26	0,09	0,09	0,06	0,27	1,72	***	25,00	***	18,22	23,18	22,20	***	***	***	35,59	***
- 14 + 28#	16,91	39,03	60,97	***	0,34	***	0,40	0,24	0,09	0,11	***	0,15	0,32	***	20,88	***	20,73	16,61	17,08	***	***	***	14,78	***
- 28 + 48#	10,10	49,14	50,86	1,85	0,26	***	0,34	0,23	0,09	***	0,05	0,18	***	***	9,56	***	10,49	9,28	9,53	***	***	***	10,55	***
- 48 + 65#	4,33	53,46	46,54	2,02	0,24	***	0,39	0,20	0,10	0,10	0,06	0,13	***	***	3,81	***	5,12	3,50	4,80	***	***	***	3,45	***
- 65 + 100#	5,72	59,18	40,82	1,95	0,20	***	0,41	0,23	0,10	***	***	0,13	***	***	4,20	***	7,08	5,45	6,26	***	***	***	4,43	***
- 100 + 200#	8,19	67,37	32,63	2,23	0,25	***	0,38	0,26	0,10	0,10	0,14	0,15	***	***	7,54	***	9,34	8,61	9,42	***	***	***	7,11	***
- 200 + 400#	11,84	79,21	20,79	2,86	0,33	***	0,47	0,38	0,10	0,13	***	0,12	0,06	***	13,96	***	16,80	18,34	13,25	***	***	***	8,30	***
- 400#	20,79	100,00	0,00	0,98	0,20	0,02	0,19	0,18	0,08	0,07	0,06	0,13	0,03	***	15,06	***	12,21	15,03	17,47	***	***	***	15,78	***
TOTAL	100,00	***	***	***	0,28	***	0,33	0,25	0,09	***	***	0,17	***	***	100,00	***	100,00	100,00	100,00	***	***	***	100,00	***

Tabela 2.14

RESULTADOS DOS ENSAIOS DE SEPARAÇÃO EM LÍQUIDO ORGÂNICO DENSO (BROMOFORMIO d=2,85g/cm3) E ANÁLISES QUÍMICAS (A)

AMOSTRA DE CATALÃO : SÍLICO-CARBONATADA POBRE (SCPOBRE)

FRAÇÃO	PRODUTO	% Peso Ensaio	% Peso Amostra	TEORES										DISTRIBUIÇÃO NO ENSAIO										DISTRIBUIÇÃO NA AMOSTRA									
				P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)	P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)	P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)
- 6 + 14#	Flutuado	69,48	15,37	2,32	30,3	0,90	13,9	7,25	0,40	10,5	0,04	0,89	29,7	45,04	78,99	87,43	85,81	23,88	69,48	75,95	23,63	84,13	87,12	8,13	17,83	11,24	12,97	7,05	10,26	11,45	7,12	16,90	19,17
	Afundado	30,52	6,75	6,45	18,4	0,30	5,25	52,6	0,40	7,54	0,31	0,38	10,0	54,96	21,01	12,57	14,19	76,12	30,52	24,05	76,37	15,87	12,88	9,92	4,74	1,62	2,15	22,49	4,50	3,63	23,01	3,19	2,83
	Total	100,00	22,12	3,58	26,7	0,72	11,3	21,1	0,40	9,57	0,12	0,74	23,7	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	18,05	22,57	12,86	15,12	29,54	14,76	15,08	30,13	20,09	22,00
- 14 + 28#	Flutuado	69,82	11,64	2,83	46,7	1,34	20,1	10,3	0,48	14,4	0,04	1,33	30,0	44,60	81,83	88,91	87,61	39,50	67,13	79,03	26,93	86,99	84,88	7,50	20,81	12,64	14,14	7,61	9,32	11,98	5,14	19,01	14,66
	Afundado	31,18	5,27	7,75	22,9	0,37	6,26	34,9	0,52	8,46	0,24	0,44	11,8	55,40	18,17	11,09	12,39	60,50	32,87	20,97	73,07	13,01	15,12	9,31	4,62	1,58	2,00	11,65	4,56	3,18	13,93	2,84	2,61
	Total	100,00	16,91	4,36	39,3	1,04	15,8	18,0	0,49	12,6	0,10	1,05	24,3	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	16,81	25,43	14,21	16,14	19,26	13,88	15,16	19,07	21,86	17,27
- 28 + 48#	Flutuado	63,70	6,43	1,81	31,7	1,23	14,3	6,15	0,36	10,7	0,04	1,00	30,7	19,68	69,48	88,21	85,04	27,51	44,44	74,20	21,49	84,31	77,10	2,66	7,82	6,42	5,57	2,50	3,82	4,92	2,56	7,90	8,29
	Afundado	36,30	3,67	13,0	24,5	0,29	4,42	28,4	0,78	6,54	0,23	0,33	16,0	80,32	30,52	11,79	14,96	72,49	55,56	25,80	78,51	15,69	22,90	10,84	3,43	0,86	0,98	6,80	4,78	1,71	9,34	1,47	2,46
	Total	100,00	10,10	5,86	29,1	0,89	10,7	14,2	0,51	9,21	0,11	0,75	25,3	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	13,50	11,25	7,28	6,55	9,10	8,60	6,63	11,89	9,37	10,75
- 48 + 65#	Flutuado	58,51	2,53	1,57	28,2	1,60	16,0	5,88	0,41	13,0	0,02	1,10	30,3	11,10	57,88	89,36	87,95	22,98	41,28	75,73	12,88	85,10	82,59	0,91	2,73	3,28	2,46	0,94	1,74	2,35	0,67	3,42	3,22
	Afundado	41,49	1,80	17,7	28,9	0,27	3,10	27,8	0,83	5,89	0,23	0,27	9,01	88,90	42,12	10,64	12,05	77,02	58,72	24,27	87,32	14,90	17,41	7,26	1,98	0,99	0,34	3,16	2,48	0,75	4,62	0,80	0,88
	Total	100,00	4,33	8,28	28,5	1,05	10,7	15,0	0,59	10,1	0,11	0,75	21,5	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	8,16	4,71	3,67	2,79	4,10	4,22	3,10	5,29	4,02	3,90
- 65 + 100#	Flutuado	61,52	3,52	1,77	25,3	1,83	16,1	5,38	1,23	14,2	0,03	1,14	30,3	12,87	56,42	89,87	86,61	28,13	58,70	76,46	19,03	85,53	85,50	1,42	3,40	5,20	3,42	1,20	7,22	3,56	1,32	4,92	4,47
	Afundado	38,48	2,20	19,2	31,3	0,33	3,97	22,0	1,33	7,00	0,23	0,31	8,21	87,13	43,58	10,13	13,39	71,87	40,30	23,54	80,97	14,47	14,50	9,61	2,63	0,59	0,53	3,06	4,87	1,10	5,61	0,83	0,76
	Total	100,00	5,72	8,47	27,6	1,25	11,4	11,8	1,27	11,4	0,11	0,82	21,8	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	11,04	6,04	5,79	3,95	4,26	12,09	4,66	6,93	5,75	5,23
- 100 + 200#	Flutuado	66,93	5,48	1,58	22,5	2,26	18,1	6,75	0,37	16,1	0,02	1,24	28,9	16,82	61,87	91,50	89,81	36,17	38,45	81,50	15,42	87,64	84,33	1,98	4,72	10,02	6,02	2,34	3,37	6,30	1,45	8,40	6,85
	Afundado	33,07	2,71	15,8	28,1	0,42	4,17	24,1	1,19	7,40	0,27	0,35	10,9	83,18	38,13	8,50	10,19	63,83	61,55	18,50	84,58	12,36	15,67	9,78	2,91	0,93	0,68	4,13	5,39	1,43	7,97	1,18	1,23
	Total	100,00	8,19	6,30	24,3	1,65	13,5	12,5	0,64	13,2	0,10	0,95	22,9	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	11,76	7,63	10,95	6,71	6,47	8,76	7,73	9,42	9,58	7,88
- 200 + 400#	Flutuado	92,12	10,91	3,63	26,2	2,65	26,6	13,8	0,82	22,1	0,04	0,01	28,0	87,74	94,73	96,92	96,87	82,88	92,29	95,95	53,52	15,03	96,71	9,01	10,92	23,37	17,55	9,50	11,35	17,17	4,21	0,13	12,82
	Afundado	7,88	0,93	5,92	17,0	0,98	10,1	33,7	0,61	10,9	0,36	0,66	11,1	12,26	5,27	3,08	3,13	17,32	7,71	4,05	46,48	84,97	3,29	1,26	0,61	0,74	0,57	1,99	0,95	0,72	3,66	0,76	0,44
	Total	100,00	11,84	3,81	25,4	2,52	25,3	15,3	0,82	21,2	0,06	0,06	26,7	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	10,27	11,53	24,11	18,12	11,49	12,30	17,89	7,87	0,89	13,25
Total - 6 + 400#	Flutuado	70,55	55,88	2,48	31,9	1,60	18,4	8,81	0,50	14,5	0,04	0,88	29,5	35,27	76,53	91,50	89,56	36,98	63,09	82,18	24,80	84,80	86,28	31,59	68,23	72,16	62,14	31,14	47,08	57,73	22,46	60,68	69,26
	Afundado	29,45	23,33	10,9	23,4	0,36	5,13	35,9	0,71	7,53	0,26	0,38	11,2	64,73	23,47	8,50	10,44	63,02	36,91	17,82	75,20	15,20	13,72	57,98	20,93	6,70	7,24	53,08	27,54	12,52	68,13	10,88	11,01
	Total	100,00	79,21	4,96	29,4	1,23	14,5	16,8	0,56	12,4	0,10	0,73	24,1	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	89,57	89,16	78,86	69,38	84,22	74,61	70,25	90,60	71,56	80,27

Tabela 2.15

RESULTADOS DOS ENSAIOS DE SEPARAÇÃO EM LÍQUIDO ORGÂNICO DENSO (BROMOFORMIO d=2,85g/cm³) E ANÁLISES QUÍMICAS (B)

AMOSTRA DE CATALÃO : SÍLICO-CARBONATADA POBRE (SCPOBRE)

FRAÇÃO	PRODUTO	% Peso Ensaio	% Peso Amostra	TEORES										DISTRIBUIÇÃO NO ENSAIO										DISTRIBUIÇÃO NA AMOSTRA									
				TiO ₂	MnO	ZnO	SiO ₂	BaO	Nb ₂ O ₅	Ce ₂ O ₃	Nd ₂ O ₅	ZrO ₂	Cu ₂ O	TiO ₂	MnO	ZnO	SiO ₂	BaO	Nb ₂ O ₅	Ce ₂ O ₃	Nd ₂ O ₅	ZrO ₂	Cu ₂ O	TiO ₂	MnO	ZnO	SiO ₂	BaO	Nb ₂ O ₅	Ce ₂ O ₃	Nd ₂ O ₅	ZrO ₂	Cu ₂ O
- 6 + 14#	Flutuado	69,48	15,37	0,96	0,21	0,01	0,28	0,20	0,05	0,10	0,07	0,14	1,89	30,04	46,31	26,44	71,51	54,93	34,44	75,34	74,86	36,11	76,63	***	11,58	***	13,03	12,73	7,85	***	***	12,85	***
	Atundado	30,52	6,75	5,08	0,55	0,04	0,25	0,38	0,20	0,08	0,05	0,57	1,31	69,96	53,69	73,56	28,49	45,07	65,56	24,66	25,14	63,89	23,37	***	13,42	***	5,19	10,45	14,55	***	***	22,74	***
	Total	100,00	22,12	2,22	0,31	0,02	0,27	0,26	0,09	0,09	0,06	0,27	1,72	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	25,00	***	18,22	23,18	22,20	***	***	35,59	***
- 14 + 28#	Flutuado	68,82	11,64	1,27	0,32	0,01	0,44	0,20	0,06	0,12	***	0,10	0,02	***	63,59	***	74,47	56,92	43,70	74,86	***	47,64	4,91	***	13,28	***	15,44	9,45	7,46	***	***	7,04	***
	Atundado	31,18	5,27	***	0,40	***	0,33	0,33	0,16	0,09	***	0,25	0,98	***	36,41	***	25,53	43,08	56,30	25,14	***	52,36	95,09	***	7,60	***	5,29	7,16	9,62	***	***	7,74	***
	Total	100,00	16,91	***	0,34	***	0,40	0,24	0,09	0,11	***	0,15	0,32	***	100,00	***	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	***	20,88	***	20,73	16,61	17,08	***	***	14,78	***
- 28 + 48#	Flutuado	63,70	6,43	0,88	0,22	0,01	0,30	0,19	0,04	0,08	0,04	0,10	0,01	30,24	52,63	***	55,72	53,80	29,87	***	48,63	36,89	***	***	5,03	***	5,84	4,99	2,85	***	***	3,89	***
	Atundado	36,30	3,67	3,56	0,34	***	0,42	0,29	0,16	***	0,07	0,31	***	69,76	47,37	***	44,28	46,20	70,13	***	51,37	63,11	***	***	4,53	***	4,84	4,29	6,88	***	***	6,66	***
	Total	100,00	10,10	1,85	0,26	***	0,34	0,23	0,09	***	0,05	0,18	***	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	***	***	9,56	***	10,49	9,28	9,63	***	***	10,55	***
- 48 + 65#	Flutuado	58,51	2,53	0,87	0,16	0,08	0,27	0,16	0,04	0,07	0,03	0,05	0,01	25,29	37,56	***	39,79	46,65	23,31	38,60	28,61	20,91	***	***	1,43	***	2,04	1,63	1,12	***	***	0,72	***
	Atundado	41,49	1,80	3,63	0,37	***	0,57	0,26	0,19	0,15	0,10	0,26	***	74,71	62,42	***	60,21	53,35	76,69	61,40	71,39	79,09	***	***	2,38	***	3,09	1,87	3,66	***	***	2,73	***
	Total	100,00	4,33	2,02	0,24	***	0,39	0,20	0,10	0,10	0,06	0,13	***	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	***	3,81	***	5,12	3,50	4,80	***	***	3,45	***
- 65 + 100#	Flutuado	61,52	3,52	0,79	0,13	0,01	0,27	0,17	0,04	***	***	0,06	1,20	24,83	39,46	***	40,88	45,33	22,37	***	***	28,70	***	***	1,66	***	2,90	2,47	1,40	***	***	1,27	***
	Atundado	38,48	2,20	3,90	0,32	***	0,63	0,33	0,20	0,20	0,11	0,24	***	75,17	60,54	***	59,12	54,67	77,63	***	***	71,30	***	***	2,54	***	4,19	2,98	4,86	***	***	3,16	***
	Total	100,00	5,72	1,95	0,20	***	0,41	0,23	0,10	***	***	0,13	***	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	***	***	100,00	***	***	4,20	***	7,08	5,45	6,26	***	***	4,43	***
- 100 + 200#	Flutuado	66,93	5,48	1,06	0,17	0,01	0,27	0,20	0,05	0,04	0,15	0,06	0,01	31,81	44,80	***	48,51	50,67	30,26	26,66	72,90	28,35	***	***	3,38	***	4,53	4,36	2,85	***	***	2,02	***
	Atundado	33,07	2,71	4,60	0,42	***	0,59	0,39	0,22	0,22	0,11	0,32	***	68,19	55,20	***	51,49	49,33	69,74	73,34	27,10	71,65	***	***	4,16	***	4,81	4,25	6,57	***	***	5,10	***
	Total	100,00	8,19	2,23	0,25	***	0,36	0,26	0,10	0,10	0,14	0,15	***	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	***	7,54	***	9,34	8,61	9,42	***	***	7,11	***
- 200 + 400#	Flutuado	92,12	10,91	2,62	0,31	0,02	0,48	0,39	0,09	0,13	***	0,10	0,02	84,32	88,54	***	94,93	93,95	81,87	90,75	***	80,30	38,58	***	12,36	***	15,95	17,23	10,85	***	***	6,66	***
	Atundado	7,88	0,93	5,69	0,47	***	0,30	0,29	0,23	0,15	***	0,30	0,45	15,68	11,46	***	5,07	6,05	18,13	9,25	***	19,70	61,42	***	1,60	***	0,85	1,11	2,40	***	***	1,63	***
	Total	100,00	11,84	2,86	0,33	***	0,47	0,38	0,10	0,13	***	0,12	0,06	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	***	13,96	***	16,80	18,34	13,25	***	***	8,30	***
Total - 6 + 400#	Flutuado	70,55	55,88	1,33	0,24	0,01	0,35	0,23	0,06	***	***	0,10	0,61	***	57,35	***	68,03	62,23	41,41	***	***	40,92	***	***	48,71	***	59,73	52,88	34,17	***	***	34,46	***
	Atundado	29,45	23,33	***	0,43	***	0,40	0,34	0,19	***	***	0,36	***	***	42,65	***	31,97	37,77	58,59	***	***	59,08	***	***	36,23	***	28,06	32,09	48,36	***	***	49,76	***
	Total	100,00	79,21	***	0,30	***	0,37	0,26	0,09	***	***	0,18	***	***	100,00	***	100,00	100,00	100,00	***	***	100,00	***	***	84,94	***	87,79	84,97	82,53	***	***	84,22	***

Tabela 2.16

RESULTADOS DOS ENSAIOS DE SEPARAÇÃO MAGNÉTICA (FRANTZ) NOS PRODUTOS AFUNDADOS ($d > 2,85\text{g/cm}^3$) (A)

AMOSTRA DE CATALÃO : SÍLICO-CARBONATADA POBRE (SCPOBRE)

FRAÇÃO	PRODUTO	% Peso Ensaio	% Peso Amostra	TEORES										DISTRIBUIÇÃO NO ENSAIO										DISTRIBUIÇÃO NA AMOSTRA									
				P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)	P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)	P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)
- 14 + 28#	+ 0,1 A	85,42	4,50	5,34	19,1	0,39	6,64	39,7	0,33	8,95	0,16	0,45	11,7	58,82	71,43	90,39	90,59	97,03	54,34	90,40	55,99	87,47	84,90	5,48	3,30	1,42	1,81	11,31	2,48	2,87	7,80	2,49	2,22
	- 0,1 + 0,3 A	6,58	0,35	12,0	32,9	0,38	5,77	13,7	0,93	7,75	0,52	0,71	19,8	10,22	9,46	6,75	6,06	2,59	11,80	6,03	14,21	10,70	11,03	0,95	0,44	0,11	0,12	0,30	0,54	0,19	1,98	0,30	0,29
	- 0,3 A	8,00	0,42	30,0	54,7	0,13	2,62	1,69	2,20	3,77	0,89	0,10	6,00	30,96	19,11	2,86	3,34	0,39	33,85	3,57	29,80	1,83	4,07	2,88	0,88	0,05	0,07	0,05	1,54	0,11	4,15	0,05	0,11
	Total	100,00	5,27	7,75	22,9	0,37	6,26	34,9	0,52	8,46	0,24	0,44	11,8	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	9,31	4,62	1,56	2,00	11,65	4,56	3,18	13,93	2,84	2,61
- 28 + 48#	+ 0,1 A	68,73	2,52	5,02	15,1	0,36	5,48	39,3	0,49	7,90	0,12	0,40	19,7	26,59	42,36	85,54	85,28	95,08	42,86	82,99	36,92	84,77	84,85	2,88	1,45	0,73	0,84	6,27	2,05	1,42	3,45	1,25	2,09
	- 0,1 + 0,3 A	7,66	0,28	18,4	32,8	0,28	4,24	15,9	1,10	6,28	0,32	0,34	12,9	10,86	10,26	7,28	7,35	4,27	10,77	7,35	10,68	7,96	6,18	1,18	0,35	0,06	0,07	0,28	0,51	0,13	1,00	0,12	0,15
	- 0,3 A	23,62	0,87	34,4	49,1	0,09	1,38	0,78	1,53	2,68	0,51	0,10	6,07	62,55	47,39	7,19	7,39	0,65	46,37	9,66	52,39	7,26	8,97	6,78	1,63	0,06	0,07	0,04	2,22	0,17	4,89	0,11	0,22
	Total	100,00	3,67	13,0	24,5	0,29	4,42	28,4	0,78	6,54	0,23	0,33	16,0	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	10,84	3,43	0,86	0,98	6,60	4,78	1,71	9,34	1,47	2,46
- 48 + 65#	+ 0,1 A	54,14	0,97	6,12	14,8	0,37	4,07	48,6	0,16	7,34	0,14	0,33	10,4	18,66	27,73	75,39	71,09	94,67	10,72	67,46	33,45	66,07	62,53	1,35	0,55	0,29	0,24	2,99	0,27	0,51	1,54	0,40	0,42
	- 0,1 + 0,3 A	8,51	0,15	19,3	31,1	0,34	4,54	14,4	0,75	7,25	0,22	0,75	11,9	9,25	9,14	10,84	12,45	4,40	7,69	10,47	7,89	23,57	11,19	0,67	0,18	0,04	0,04	0,14	0,19	0,08	0,36	0,14	0,08
	- 0,3 A	37,35	0,67	34,2	48,8	0,10	1,37	0,70	1,81	3,48	0,37	0,08	6,34	72,09	63,12	13,77	16,46	0,93	81,59	22,07	58,66	10,36	26,28	5,23	1,25	0,05	0,06	0,03	2,02	0,17	2,71	0,06	0,18
	Total	100,00	1,80	17,7	28,9	0,27	3,10	27,8	0,83	5,89	0,23	0,27	9,01	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	7,26	1,98	0,39	0,34	3,16	2,48	0,75	4,62	0,80	0,68
65 + 100#	+ 0,1 A	50,07	1,10	7,18	17,1	0,53	6,17	40,7	0,45	10,1	0,10	0,47	9,38	18,73	27,32	79,94	77,79	92,69	17,08	72,05	21,64	76,51	57,20	1,80	0,72	0,47	0,41	2,84	0,83	0,79	1,21	0,64	0,43
	- 0,1 + 0,3 A	8,75	0,19	18,7	29,5	0,33	4,73	15,3	1,50	7,50	0,19	0,39	11,5	8,54	8,27	8,69	10,41	6,11	9,86	9,37	7,34	11,01	12,21	0,82	0,22	0,05	0,06	0,19	0,48	0,10	0,41	0,09	0,09
	- 0,3 A	41,18	0,91	33,9	48,9	0,09	1,14	0,64	2,36	3,16	0,40	0,09	6,10	72,73	64,41	11,37	11,79	1,20	73,06	18,58	71,02	12,48	30,59	6,99	1,69	0,07	0,06	0,04	3,56	0,20	3,99	0,10	0,23
	Total	100,00	2,20	19,2	31,3	0,33	3,97	22,0	1,33	7,00	0,23	0,31	8,21	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	9,61	2,63	0,59	0,53	3,06	4,87	1,10	5,61	0,83	0,76
100 + 200#	+ 0,1 A	50,83	1,38	6,01	14,2	0,56	5,22	44,0	0,34	8,74	0,11	0,47	10,6	19,28	25,88	67,07	63,69	92,89	14,50	60,01	20,03	67,57	49,54	1,89	0,75	0,62	0,44	3,84	0,78	0,86	1,60	0,80	0,61
	- 0,1 + 0,3 A	9,61	0,26	11,6	25,0	0,92	8,41	14,7	1,04	11,2	0,15	0,70	16,0	7,04	8,57	20,82	19,40	5,86	8,36	14,50	5,30	18,92	14,13	0,69	0,25	0,19	0,13	0,24	0,45	0,21	0,42	0,22	0,17
	- 0,3 A	39,56	1,07	29,5	46,6	0,13	1,78	0,76	2,33	4,77	0,50	0,12	10,0	73,68	65,75	12,12	16,91	1,24	77,14	25,50	74,67	13,51	36,33	7,21	1,91	0,11	0,12	0,05	4,16	0,36	5,95	0,16	0,45
	Total	100,00	2,71	15,8	28,1	0,42	4,17	24,1	1,19	7,40	0,27	0,35	10,9	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	9,78	2,91	0,93	0,68	4,13	5,39	1,43	7,97	1,18	1,23
200 + 400#	+ 0,1 A	64,67	0,60	2,23	9,2	1,03	10,4	48,8	0,34	10,5	0,07	0,73	6,78	24,35	35,12	67,77	66,99	93,63	35,65	62,30	12,75	71,06	39,44	0,31	0,21	0,50	0,38	1,86	0,34	0,45	0,47	0,54	0,17
	- 0,1 + 0,3 A	14,82	0,14	3,40	16,6	1,87	18,3	12,9	0,28	17,0	0,12	1,06	20,8	8,50	14,49	26,23	27,00	5,67	6,78	23,19	5,09	23,66	27,72	0,11	0,09	0,21	0,15	0,11	0,06	0,17	0,19	0,18	0,12
	- 0,3 A	20,51	0,19	19,4	41,8	0,19	2,95	1,15	1,71	7,71	1,42	0,17	17,8	67,14	50,39	4,00	6,01	0,70	57,57	14,52	82,16	5,28	32,84	0,85	0,31	0,03	0,03	0,01	0,55	0,11	3,00	0,04	0,14
	Total	100,00	0,93	5,92	17,0	0,98	10,1	33,7	0,61	10,9	0,36	0,66	11,1	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	1,26	0,61	0,74	0,57	1,99	0,95	0,72	3,66	0,76	0,44
Total - 14 + 400#	+ 0,1 A	66,83	11,08	5,43	16,5	0,45	6,13	41,5	0,36	8,74	0,13	0,45	12,8	28,52	43,15	79,64	80,71	95,15	29,29	77,59	35,81	79,42	72,70	13,71	6,98	4,05	4,11	29,10	6,75	6,90	16,07	6,11	5,95
	- 0,1 + 0,3 A	8,28	1,37	14,1	29,1	0,60	6,94	14,6	0,98	8,94	0,29	0,63	15,7	9,19	9,43	13,09	11,31	4,13	9,72	9,83	9,67	13,76	11,05	4,42	1,53	0,67	0,58	1,26	2,24	0,87	4,36	1,06	0,90
	- 0,3 A	24,90	4,13	31,8	48,6	0,11	1,63	0,84	2,04	3,80	0,54	0,10	7,67	62,29	47,43	7,27	7,98	0,72	60,99	12,58	54,72	6,82	16,25	29,94	7,68	0,37	0,41	0,22	14,05	1,12	24,69	0,52	1,33
	Total	100,00	16,58	12,7	25,5	0,38	5,08	29,2	0,83	7,53	0,25	0,38	11,8	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	48,06	16,18	5,08	5,10	30,59	23,03	8,89	45,12	7,69	8,18

Tabela 2.17

RESULTADOS DOS ENSAIOS DE SEPARAÇÃO MAGNÉTICA (FRANTZ) NOS PRODUTOS AFUNDADOS ($d > 2,85\text{g/cm}^3$) (B)

AMOSTRA DE CATALÃO : SÍLICO-CARBONATADA POBRE (SCPOBRE)

FRAÇÃO	PRODUTO	% Peso Ensaio	% Peso Amostra	TEORES										DISTRIBUIÇÃO NO ENSAIO										DISTRIBUIÇÃO NA AMOSTRA											
				TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)	TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)	TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)					
- 14 + 28#	+ 0,1 A	85,42	4,50	4,36	0,43	0,02	0,24	0,25	0,17	0,08	***	0,19	1,15	***	93,12	***	61,59	62,90	86,50	78,46	***	***	64,89	99,79	***	***	7,08	***	3,26	4,50	8,32	***	***	5,02	***
	- 0,1 + 0,3 A	6,58	0,35	2,79	0,30	0,03	0,56	0,50	0,17	0,07	0,13	0,53	0,02	***	5,01	***	11,04	9,87	6,87	5,30	***	***	14,12	0,13	***	***	0,38	***	0,58	0,71	0,64	***	***	1,09	***
	- 0,3 A	8,00	0,42	***	0,09	***	1,13	1,14	0,14	0,18	0,14	0,65	0,01	***	1,87	***	27,37	27,23	6,84	16,24	***	***	20,98	0,07	***	***	0,14	***	1,45	1,95	0,66	***	***	1,62	***
	Total	100,00	5,27	***	0,40	***	0,33	0,33	0,16	0,09	***	0,25	0,98	***	100,00	***	100,00	100,00	100,00	100,00	***	***	100,00	100,00	***	***	7,60	***	5,29	7,16	9,62	***	***	7,74	***
- 28 + 48#	+ 0,1 A	68,73	2,52	4,45	0,44	0,03	0,20	0,20	0,19	0,06	0,05	0,18	0,02	***	85,90	88,25	32,86	47,53	78,81	***	***	50,06	41,08	***	***	***	4,00	***	1,53	2,04	5,27	***	***	2,74	***
	- 0,1 + 0,3 A	7,66	0,28	4,99	0,33	0,02	0,59	0,25	0,24	***	0,10	0,63	0,02	***	10,73	7,32	10,73	6,68	11,01	***	***	10,43	15,80	***	***	***	0,33	***	0,50	0,29	0,74	***	***	1,05	***
	- 0,3 A	23,62	0,87	0,51	0,06	***	1,00	0,56	0,07	0,18	0,12	0,56	***	***	3,37	4,43	56,41	45,80	10,17	***	***	39,51	43,12	***	***	***	0,20	***	2,62	1,96	0,68	***	***	2,87	***
	Total	100,00	3,67	3,56	0,34	***	0,42	0,29	0,16	***	0,07	0,31	***	***	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	***	100,00	100,00	***	***	***	4,53	***	4,64	4,29	6,68	***	***	6,66	***
- 48 + 65#	+ 0,1 A	54,14	0,97	5,62	0,58	0,04	0,23	0,20	0,24	0,12	0,04	0,23	***	***	83,87	85,20	21,46	41,39	70,90	40,93	21,23	47,57	***	***	***	2,02	***	0,66	0,77	2,61	***	***	1,30	***	
	- 0,1 + 0,3 A	8,51	0,15	5,92	0,43	0,02	0,66	0,26	0,26	0,16	0,11	0,50	1,54	***	13,89	9,90	9,91	8,50	11,78	8,85	8,84	16,68	***	***	***	0,24	***	0,31	0,16	0,43	***	***	0,45	***	
	- 0,3 A	37,35	0,87	0,22	0,05	***	1,04	0,34	0,09	0,21	0,19	0,25	***	***	2,24	4,91	68,63	50,12	17,31	50,21	69,93	35,74	***	***	***	0,12	***	2,12	0,94	0,64	***	***	0,97	***	
	Total	100,00	1,80	3,63	0,37	***	0,57	0,26	0,19	0,15	0,10	0,26	***	***	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	***	***	2,38	***	3,09	1,87	3,68	***	***	2,73	***	
- 65 + 100#	+ 0,1 A	50,07	1,10	5,91	0,51	0,02	0,26	0,15	0,27	0,07	0,05	0,23	0,01	***	77,80	80,56	20,86	22,82	68,19	18,34	24,21	47,52	***	***	***	2,05	***	0,87	0,68	3,31	***	***	1,50	***	
	- 0,1 + 0,3 A	8,75	0,19	7,55	0,47	0,02	0,53	0,16	0,33	0,13	0,17	0,50	0,01	***	17,36	12,98	7,33	4,22	14,29	5,61	13,81	17,99	***	***	***	0,33	***	0,31	0,13	0,69	***	***	0,57	***	
	- 0,3 A	41,18	0,91	0,45	0,05	***	1,10	0,59	0,09	0,36	0,17	0,20	***	***	4,84	6,46	71,81	72,96	17,52	76,05	61,98	34,49	***	***	***	0,16	***	3,01	2,17	0,85	***	***	1,09	***	
	Total	100,00	2,20	3,80	0,32	***	0,63	0,33	0,20	0,20	0,11	0,24	***	***	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	***	***	2,54	***	4,19	2,98	4,86	***	***	3,16	***	
- 100 + 200#	+ 0,1 A	50,83	1,38	7,35	0,67	0,03	0,26	0,17	0,31	0,12	0,06	0,24	***	***	81,13	80,24	22,19	21,72	71,64	28,30	26,58	37,67	***	***	***	3,34	***	1,07	0,92	4,71	***	***	1,92	***	
	- 0,1 + 0,3 A	9,61	0,26	7,02	0,55	0,03	0,51	0,25	0,37	0,23	0,22	0,63	0,02	***	14,67	12,39	8,31	6,27	16,27	9,89	19,09	19,16	***	***	***	0,52	***	0,40	0,27	1,07	***	***	0,98	***	
	- 0,3 A	39,56	1,07	0,49	0,08	***	1,03	0,70	0,07	0,35	0,16	0,35	***	***	4,20	7,37	69,49	72,01	12,09	61,81	54,34	43,16	***	***	***	0,31	***	3,34	3,06	0,79	***	***	2,20	***	
	Total	100,00	2,71	4,60	0,42	***	0,59	0,39	0,22	0,22	0,11	0,32	***	***	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	***	***	4,16	***	4,81	4,25	6,57	***	***	5,10	***	
- 200 + 400#	+ 0,1 A	64,67	0,60	7,37	0,60	0,03	0,15	0,11	0,26	0,15	***	0,21	0,02	***	83,76	82,38	32,41	24,07	73,03	64,03	***	44,89	2,90	***	***	1,32	***	0,28	0,27	1,75	***	***	0,73	***	
	- 0,1 + 0,3 A	14,82	0,14	4,41	0,43	0,02	0,30	0,13	0,32	0,13	0,15	0,47	0,83	***	11,49	13,46	14,90	6,38	20,36	12,44	***	23,79	27,48	***	***	***	0,22	***	0,13	0,07	0,49	***	***	0,39	***
	- 0,3 A	20,51	0,19	1,32	0,10	***	0,77	0,99	0,08	0,18	0,14	0,45	1,52	***	4,75	4,16	52,89	69,55	6,60	23,53	***	31,32	69,62	***	***	***	0,07	***	0,45	0,77	0,16	***	***	0,51	***
	Total	100,00	0,93	5,69	0,47	***	0,30	0,29	0,23	0,15	***	0,30	0,45	***	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	***	***	1,60	***	0,85	1,11	2,40	***	***	1,63	***	
Total	+ 0,1 A	66,83	11,08	5,18	0,49	0,03	0,23	0,20	0,21	0,09	***	0,20	***	***	***	86,83	***	33,51	42,41	76,81	***	***	48,90	***	***	***	19,80	***	7,67	9,18	25,97	***	***	13,21	***
	- 0,1 + 0,3 A	8,28	1,37	5,22	0,40	0,02	0,53	0,29	0,27	***	0,15	0,56	0,27	***	***	8,80	***	9,72	7,46	12,02	***	***	16,78	***	***	***	2,01	***	2,22	1,61	4,06	***	***	4,53	***
	- 0,3 A	24,90	4,13	***	0,07	***	1,04	0,65	0,08	0,27	0,15	0,38	***	***	***	4,37	***	56,77	50,13	11,18	***	***	34,32	***	***	***	1,00	***	12,99	10,85	3,78	***	***	9,27	***
	Total	100,00	16,58	***	0,38	***	0,46	0,32	0,18	***	***	0,27	***	***	***	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	***	***	22,81	***	22,87	21,65	33,81	***	***	27,02	***

Tabela 2.18

RESULTADOS DE SEPARAÇÃO GRANULOMÉTRICA E ANÁLISES QUÍMICAS POR FAIXA

AMOSTRA DE CATALÃO : SÍLICO-CARBONATADA RICA (SCRICA)

FRAÇÃO	% PESO RETIDO	% PESO ACUM. ACIMA	% PESO ACUM. ABAIXO	TEORES										DISTRIBUIÇÃO									
				P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)	P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)
- 6 + 14#	12,67	12,67	87,33	6,59	33,2	0,53	5,68	13,3	***	7,94	0,02	0,07	25,6	12,99	17,20	6,81	4,81	15,73	***	6,91	12,41	4,95	13,64
- 14 + 28#	10,09	22,75	77,25	8,33	32,6	0,67	7,46	12,9	***	9,17	0,03	0,09	23,3	13,07	13,48	6,84	5,02	12,10	***	6,35	14,56	4,78	9,88
- 28 + 48#	11,80	34,56	65,44	10,6	33,8	0,50	6,36	10,7	***	9,56	0,04	0,02	24,1	19,44	16,35	5,99	5,01	11,76	***	7,74	18,54	1,42	11,99
- 48 + 65#	6,31	40,87	59,13	10,3	34,1	0,43	6,09	8,20	***	11,2	0,04	0,07	25,6	10,14	8,81	2,76	2,56	4,82	***	4,85	11,27	2,54	6,80
- 65 + 100#	8,62	49,48	50,52	10,2	33,9	0,45	7,23	7,67	***	11,2	0,03	0,02	25,6	13,74	11,95	3,96	4,16	6,16	***	6,60	11,58	1,16	9,27
- 100 + 200#	10,30	59,78	40,22	9,28	29,0	0,63	11,5	8,52	***	13,1	0,03	0,13	24,1	14,87	12,24	6,58	7,91	8,17	***	9,29	11,72	7,44	10,45
- 200 + 400#	16,83	76,61	23,39	3,75	16,7	1,42	22,9	9,28	***	19,6	0,01	0,26	23,1	9,81	11,49	24,15	25,69	14,55	***	22,61	7,74	23,51	16,34
- 400#	23,39	100,00	0,00	1,64	8,85	1,82	28,7	12,3	0,55	22,2	0,01	0,42	22,0	5,95	8,48	42,91	44,83	26,70	***	35,65	12,20	54,20	21,63
TOTAL	100,00	***	***	6,43	24,4	0,99	15,0	10,7	***	14,6	0,02	0,18	23,8	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	100,00

FRAÇÃO	% PESO RETIDO	% PESO ACUM. ACIMA	% PESO ACUM. ABAIXO	TEORES										DISTRIBUIÇÃO										
				TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SrO (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	Nd2O5 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)	TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SrO (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	Nd2O5 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)	
- 6 + 14#	12,67	12,67	87,33	4,20	0,37	***	0,79	0,13	0,11	0,19	***	***	0,53	27,87	19,12	***	17,24	***	***	17,79	***	***	***	***
- 14 + 28#	10,09	22,75	77,25	3,00	0,30	***	0,72	0,12	0,10	0,18	***	***	0,33	15,89	12,34	***	12,54	***	***	12,94	***	***	***	***
- 28 + 48#	11,80	34,56	65,44	2,04	0,26	***	0,78	***	0,09	0,20	***	***	0,61	12,63	12,66	***	15,99	***	***	17,21	***	***	***	***
- 48 + 65#	6,31	40,87	59,13	1,76	0,28	***	0,80	***	0,08	0,18	***	***	***	5,84	7,18	***	8,74	***	***	8,24	***	***	***	***
- 65 + 100#	8,62	49,48	50,52	1,96	0,27	***	0,83	***	0,09	0,21	***	***	***	8,87	9,50	***	12,43	***	***	13,30	***	***	***	***
- 100 + 200#	10,30	59,78	40,22	1,99	0,27	***	0,71	***	***	0,17	***	***	***	10,74	11,59	***	12,61	***	***	12,48	***	***	***	***
- 200 + 400#	16,83	76,61	23,39	0,85	0,18	***	0,45	***	0,06	0,10	***	***	***	7,49	12,63	***	13,18	***	***	12,06	***	***	***	***
- 400#	23,39	100,00	0,00	0,87	0,16	0,01	0,18	0,03	0,05	0,04	0,00	0,05	0,04	10,67	14,98	***	7,28	***	***	5,99	***	***	***	***
TOTAL	100,00	***	***	1,91	0,24	***	0,58	***	***	0,14	***	***	***	100,00	100,00	***	100,00	***	***	100,00	***	***	***	***

Tabela 2.19

RESULTADOS DOS ENSAIOS DE SEPARAÇÃO EM LÍQUIDO ORGÂNICO DENSO (BROMOFORMIO d=2,85g/cm³) E ANÁLISES QUÍMICAS (A)

AMOSTRA DE CATALÃO : SÍLICO-CARBONATADA RICA (SCRICA)

FRAÇÃO	PRODUTO	% Peso Ensaio	% Peso Amostra	TEORES										DISTRIBUIÇÃO NO ENSAIO										DISTRIBUIÇÃO NA AMOSTRA									
				P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)	P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)	P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)
- 6 + 14#	Flutuado	63,95	8,06	1,65	38,3	0,75	7,29	4,58	***	9,28	0,02	0,08	36,0	15,88	73,45	89,13	81,63	21,84	***	74,37	45,17	72,05	89,44	2,06	12,64	6,07	3,92	3,44	***	5,14	5,60	3,57	12,20
	Afundado	36,35	4,60	15,3	24,2	0,16	2,87	28,7	0,99	5,60	0,03	0,06	7,44	84,12	26,55	10,87	18,37	78,16	***	25,63	54,83	27,95	10,56	10,93	4,57	0,74	0,88	12,30	***	1,77	6,80	1,38	1,44
	Total	100,00	12,67	6,59	33,2	0,53	5,68	13,3	***	7,94	0,02	0,07	25,6	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	100,00	12,99	17,20	6,81	4,81	15,73	***	6,91	12,41	4,95	13,64
- 14 + 28#	Flutuado	59,77	6,03	1,05	34,4	0,99	10,2	4,38	***	11,6	0,02	0,11	35,5	7,53	63,08	88,14	81,37	20,32	***	75,81	34,20	74,47	91,06	0,98	8,50	6,02	4,09	2,46	***	4,81	4,98	3,56	9,00
	Afundado	40,23	4,06	19,1	29,9	0,20	3,45	25,5	***	5,51	0,05	0,06	5,18	92,47	36,92	11,86	18,63	79,68	***	24,19	65,80	25,53	8,94	12,08	4,98	0,81	0,94	9,64	***	1,54	9,58	1,22	0,88
	Total	100,00	10,09	8,33	32,6	0,87	7,46	12,9	***	8,17	0,03	0,09	23,3	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	100,00	13,07	13,48	6,84	5,02	12,10	***	6,35	14,56	4,78	9,88
- 28 + 48#	Flutuado	49,07	5,79	1,55	32,8	0,92	10,3	5,17	***	11,6	0,02	0,00	36,0	7,17	47,64	90,10	79,61	23,72	***	59,36	28,52	0,00	73,05	1,39	7,79	5,40	3,99	2,79	***	4,60	5,29	0,00	8,76
	Afundado	50,93	6,01	19,3	34,8	0,10	2,55	16,0	***	7,62	0,05	0,04	12,8	92,83	52,36	9,90	20,39	76,28	***	40,64	71,48	100,00	26,95	18,04	8,56	0,59	1,02	8,97	***	3,15	13,25	1,42	3,23
	Total	100,00	11,80	10,6	33,8	0,50	6,36	10,7	***	9,56	0,04	0,02	24,1	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	100,00	19,44	16,35	5,99	5,01	11,76	***	7,74	18,54	1,42	11,99
- 48 + 65#	Flutuado	45,41	2,97	0,57	31,4	0,85	10,8	4,41	***	13,2	0,01	0,11	37,2	2,51	41,83	89,43	80,34	24,40	***	53,54	13,26	67,90	66,02	0,25	3,68	2,47	2,06	1,18	***	2,59	1,49	1,72	4,49
	Afundado	54,59	3,45	18,4	36,3	0,08	2,19	11,4	***	9,52	0,07	0,04	15,9	97,49	58,17	10,57	19,66	75,60	***	46,46	86,74	32,10	33,98	9,88	5,12	0,29	0,50	3,64	***	2,25	9,77	0,81	2,31
	Total	100,00	6,31	10,3	34,1	0,43	6,09	8,20	***	11,2	0,04	0,07	25,6	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	100,00	10,14	8,81	2,76	2,56	4,82	***	4,85	11,27	2,54	6,80
- 65 + 100#	Flutuado	48,65	4,19	0,51	29,7	0,84	12,2	4,98	***	13,4	0,02	0,00	36,7	2,41	42,66	90,22	82,34	31,60	***	58,47	28,32	0,00	69,80	0,33	5,10	3,57	3,43	1,95	***	3,86	3,28	0,00	6,47
	Afundado	51,35	4,42	19,5	37,8	0,09	2,49	10,2	***	9,03	0,04	0,05	15,0	97,59	57,34	9,78	17,66	68,40	***	41,53	71,68	100,00	30,20	13,40	6,85	0,39	0,73	4,21	***	2,74	8,30	1,16	2,80
	Total	100,00	8,62	10,2	33,9	0,45	7,23	7,67	***	11,2	0,03	0,02	25,6	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	100,00	13,74	11,95	3,96	4,16	6,16	***	6,60	11,58	1,16	9,27
- 100 + 200#	Flutuado	61,18	6,30	1,23	23,6	0,97	17,0	7,20	***	15,9	0,01	0,19	32,5	8,13	49,77	93,51	90,52	51,70	***	73,97	25,71	86,56	82,37	1,21	6,09	6,16	7,16	4,23	***	6,87	3,01	6,44	8,61
	Afundado	38,82	4,00	22,0	37,5	0,11	2,81	10,6	***	8,81	0,05	0,05	11,0	91,87	50,23	6,49	9,48	48,30	***	26,03	74,29	13,44	17,63	13,66	6,15	0,43	0,75	3,95	***	2,42	8,71	1,00	1,84
	Total	100,00	10,30	9,28	29,0	0,63	11,5	8,52	***	13,1	0,03	0,13	24,1	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	100,00	14,87	12,24	6,58	7,91	8,17	***	9,29	11,72	7,44	10,45
- 200 + 400#	Flutuado	90,86	15,29	2,76	13,8	1,55	24,7	9,83	***	19,9	0,01	0,27	24,3	66,76	75,20	98,83	98,04	96,22	***	92,47	68,72	97,04	95,79	6,55	8,64	23,87	25,18	14,00	***	20,91	5,32	22,82	15,65
	Afundado	9,14	1,54	13,6	45,2	0,18	4,91	3,84	***	16,1	0,04	0,08	10,6	33,24	24,80	1,17	1,96	3,78	***	7,53	31,28	2,96	4,21	3,26	2,85	0,28	0,50	0,55	***	1,70	2,42	0,69	0,69
	Total	100,00	16,83	3,75	16,7	1,42	22,9	9,28	***	19,6	0,01	0,26	23,1	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	100,00	9,81	11,49	24,15	25,69	14,55	***	22,61	7,74	23,51	16,34
Total - 6 + 400#	Flutuado	63,35	48,53	1,69	26,4	1,09	15,4	6,64	***	14,6	0,01	0,14	31,9	13,59	57,30	93,81	90,33	40,98	***	75,81	33,00	83,20	83,16	12,79	52,44	53,56	49,83	30,03	***	48,78	28,97	38,11	65,18
	Afundado	36,65	28,08	18,6	34,0	0,12	2,85	16,5	***	8,08	0,05	0,05	11,2	86,41	42,70	6,19	9,67	59,02	***	24,19	67,00	16,80	16,84	81,26	39,08	3,53	5,33	43,26	***	15,57	58,83	7,70	13,19
	Total	100,00	76,61	7,89	29,2	0,74	10,8	10,3	***	12,2	0,03	0,11	24,3	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	100,00	94,05	91,52	57,09	55,17	73,30	***	64,35	87,80	45,80	78,37

Tabela 2.20

RESULTADOS DOS ENSAIOS DE SEPARAÇÃO EM LÍQUIDO ORGÂNICO DENSO (BROMOFORMIO d=2,85g/cm³) E ANÁLISES QUÍMICAS (B)

AMOSTRA DE CATALÃO : SÍLICO-CARBONATADA RICA (SCRICA)

FRAÇÃO	PRODUTO	% Peso Ensaio	% Peso Amostra	TEORES							DISTRIBUIÇÃO NO ENSAIO										DISTRIBUIÇÃO NA AMOSTRA												
				TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)	TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)	TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)			
- 6 + 14#	Flutuado	63,66	8,06	0,49	0,26	***	1,00	0,17	0,02	0,11	***	***	0,02	7,43	44,14	***	81,07	79,47	14,44	35,46	***	***	***	2,42	2,07	8,44	13,98	***	***	***	6,31	***	***
	Atundado	36,35	4,80	10,7	0,57	0,02	0,41	0,08	0,25	0,34	0,11	0,68	1,41	92,57	55,86	***	18,93	20,53	85,56	64,54	***	***	***	97,58	25,80	10,68	3,26	***	***	***	11,48	***	***
	Total	100,00	12,87	4,20	0,37	***	***	0,79	0,13	0,11	0,19	***	***	0,53	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	100,00	***	***	***	100,00	27,87	19,12	17,24	***	***	***	17,79	***
- 14 + 28#	Flutuado	59,77	6,03	0,41	0,24	***	0,80	0,15	0,02	0,08	***	***	0,02	8,24	47,54	***	66,75	78,10	12,94	25,55	***	***	***	3,46	1,31	5,87	8,37	***	***	***	3,31	***	***
	Atundado	40,23	4,06	6,85	0,39	***	0,59	0,06	0,21	0,32	0,16	***	0,79	91,76	52,46	***	33,25	21,90	87,06	74,45	***	***	***	96,54	14,58	6,47	4,17	***	***	***	9,63	***	***
	Total	100,00	10,09	3,00	0,30	***	***	0,72	0,12	0,10	0,18	***	***	0,33	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	100,00	***	***	***	100,00	15,89	12,34	12,54	***	***	***	12,94	***
- 28 + 48#	Flutuado	49,07	5,79	0,41	0,19	0,01	0,79	0,15	0,02	0,06	***	***	0,02	9,86	36,08	***	49,44	***	9,60	13,54	***	***	***	1,78	1,24	4,57	7,91	***	***	***	2,33	***	***
	Atundado	50,93	6,01	3,61	0,33	***	0,78	***	0,16	0,34	***	***	1,17	90,14	63,92	***	50,56	***	90,40	86,46	***	***	***	98,22	11,38	8,09	8,09	***	***	***	14,88	***	***
	Total	100,00	11,80	2,04	0,26	***	***	0,78	***	0,09	0,20	***	***	0,61	100,00	100,00	***	100,00	***	100,00	100,00	***	***	***	100,00	12,63	12,66	15,99	***	***	***	17,21	***
- 48 + 65#	Flutuado	45,41	2,87	0,32	0,21	***	0,76	0,10	0,02	0,04	***	***	0,02	8,31	34,57	***	42,97	***	8,43	9,41	***	***	***	***	0,49	2,48	3,76	***	***	***	0,78	***	***
	Atundado	54,59	3,45	2,96	0,33	***	0,84	***	0,14	0,30	***	***	***	91,69	65,43	***	57,03	***	91,57	90,59	***	***	***	***	5,35	4,70	4,98	***	***	***	7,47	***	***
	Total	100,00	6,31	1,76	0,28	***	***	0,80	***	0,08	0,18	***	***	***	100,00	100,00	***	100,00	***	100,00	100,00	***	***	***	***	5,84	7,18	8,74	***	***	***	8,24	***
- 65 + 100#	Flutuado	48,65	4,19	0,28	0,21	0,004	0,78	0,09	0,03	0,05	***	***	0,02	6,81	38,23	***	45,24	***	15,62	11,30	***	***	***	***	0,60	3,63	5,62	***	***	***	1,50	***	***
	Atundado	51,35	4,42	3,57	0,32	***	0,89	***	0,15	0,36	***	***	***	93,19	61,77	***	54,76	***	84,38	88,70	***	***	***	***	8,27	5,87	6,81	***	***	***	11,80	***	***
	Total	100,00	8,62	1,96	0,27	***	***	0,83	***	0,09	0,21	***	***	***	100,00	100,00	***	100,00	***	100,00	100,00	***	***	***	***	8,87	9,50	12,43	***	***	***	13,30	***
- 100 + 200#	Flutuado	61,18	6,30	0,30	0,22	0,01	0,63	0,10	0,02	0,05	***	***	0,02	9,23	49,36	***	54,25	***	18,83	***	***	***	***	***	0,99	5,72	6,84	***	***	***	2,35	***	***
	Atundado	38,82	4,00	4,65	0,36	***	0,83	***	***	0,35	0,16	***	***	90,77	50,64	***	45,75	***	81,17	***	***	***	***	***	9,75	5,87	5,77	***	***	***	10,13	***	***
	Total	100,00	10,30	1,99	0,27	***	***	0,71	***	***	0,17	***	***	***	100,00	100,00	***	100,00	***	100,00	100,00	***	***	***	***	10,74	11,59	12,61	***	***	***	12,48	***
- 200 + 400#	Flutuado	90,86	15,29	0,77	0,16	0,01	0,38	0,07	0,03	0,06	***	0,03	0,74	81,87	78,56	***	75,82	***	54,29	59,32	***	***	***	***	6,13	9,92	9,99	***	***	***	7,16	***	***
	Atundado	9,14	1,54	1,68	0,43	***	1,20	***	0,28	0,44	0,18	***	***	18,13	21,44	***	24,18	***	45,71	40,68	***	***	***	***	1,36	2,71	3,19	***	***	***	4,91	***	***
	Total	100,00	16,83	0,95	0,18	***	0,45	***	0,06	0,10	***	***	***	***	100,00	100,00	***	100,00	***	100,00	100,00	***	***	***	***	7,49	12,63	13,18	***	***	***	12,06	***
Total - 6 + 400#	Flutuado	63,35	48,53	0,50	0,20	***	0,67	0,11	0,02	0,07	***	***	0,25	14,37	47,79	***	60,89	***	***	25,24	***	***	***	***	12,84	40,63	56,46	***	***	***	23,73	***	***
	Atundado	36,65	28,08	5,20	0,38	***	0,75	***	***	0,34	***	***	***	85,63	52,21	***	39,11	***	74,76	***	***	***	***	***	76,50	44,39	36,26	***	***	***	70,29	***	***
	Total	100,00	76,61	2,22	0,27	***	***	***	***	***	0,17	***	***	***	100,00	100,00	***	100,00	***	***	100,00	***	***	***	***	89,33	85,02	92,72	***	***	***	94,01	***

Tabela 2.21

RESULTADOS DOS ENSAIOS DE SEPARAÇÃO MAGNÉTICA (FRANTZ) NOS PRODUTOS AFUNDADOS ($d > 2,85\text{g/cm}^3$) (A)

AMOSTRA DE CATALÃO : SÍLICO-CARBONATADA RICA (SCRICA)

FRAÇÃO	PRODUTO	% Peso Ensaio	% Peso Amostra	TEORES										DISTRIBUIÇÃO NO ENSAIO										DISTRIBUIÇÃO NA AMOSTRA									
				P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)	P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)	P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)
- 14 + 28#	+ 0,3 A	62,29	2,53	10,7	18,6	0,24	4,37	39,9	***	7,01	0,07	0,06	6,71	34,80	38,88	74,98	78,74	97,42	***	79,19	81,42	69,07	80,75	4,20	1,92	0,61	0,74	9,39	***	1,22	7,80	0,84	0,71
	- 0,3 + 0,8 A	7,37	0,30	21,0	38,0	0,27	4,20	6,16	***	6,33	0,03	0,06	9,98	8,09	9,35	10,14	8,97	1,78	***	8,46	4,61	7,77	14,21	0,98	0,47	0,08	0,08	0,17	***	0,13	0,44	0,09	0,13
	- 0,8 A	30,34	1,23	36,0	51,3	0,10	1,40	0,88	2,88	2,24	0,03	0,04	0,86	57,11	51,96	14,89	12,30	0,80	***	12,35	13,97	23,17	5,04	6,90	2,59	0,12	0,12	0,08	***	0,19	1,34	0,28	0,04
	Total	100,00	4,06	19,1	29,9	0,20	3,45	25,5	***	5,51	0,05	0,06	5,18	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	100,00	12,08	4,98	0,81	0,94	9,64	***	1,54	9,58	1,22	0,88
- 28 + 48#	+ 0,3 A	36,92	2,22	7,97	17,5	0,18	4,58	41,0	***	8,79	0,11	0,07	9,18	15,24	18,58	66,21	66,30	94,59	***	42,54	76,43	56,27	26,53	2,75	1,59	0,39	0,88	8,48	***	1,34	10,13	0,80	0,86
	- 0,3 + 0,8 A	6,69	0,40	11,5	33,5	0,14	4,67	7,03	***	12,5	0,03	0,05	22,1	3,99	6,44	9,52	12,27	2,93	***	10,96	3,56	7,26	11,59	0,72	0,55	0,06	0,13	0,26	***	0,34	0,47	0,10	0,37
	- 0,8 A	56,40	3,39	27,6	46,2	0,04	0,97	0,70	***	6,29	0,02	0,03	14,0	80,77	74,98	24,27	21,43	2,47	***	46,50	20,01	36,47	61,89	14,57	6,42	0,14	0,22	0,22	***	1,46	2,65	0,52	2,00
	Total	100,00	6,01	19,3	34,8	0,10	2,55	16,0	***	7,62	0,05	0,04	12,8	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	100,00	18,04	8,56	0,59	1,02	8,97	***	3,15	13,25	1,42	3,23
- 48 + 65#	+ 0,3 A	25,09	0,86	5,02	14,3	0,19	5,09	42,4	***	10,2	0,14	0,09	9,68	6,83	9,89	58,05	58,27	93,64	***	26,85	52,27	49,88	15,23	0,68	0,51	0,17	0,29	3,41	***	0,60	5,11	0,41	0,35
	- 0,3 + 0,8 A	7,17	0,25	8,04	28,6	0,14	6,11	4,28	***	22,3	0,36	0,00	25,3	3,12	5,65	12,05	20,00	2,70	***	16,77	39,42	0,00	11,38	0,31	0,29	0,04	0,10	0,10	***	0,38	3,85	0,00	0,26
	- 0,8 A	67,74	2,33	24,5	45,2	0,04	0,70	0,61	1,61	7,92	0,01	0,03	17,3	90,05	84,46	29,90	21,73	3,66	***	56,38	8,30	50,12	73,38	8,90	4,33	0,09	0,11	0,13	***	1,27	0,81	0,41	1,70
	Total	100,00	3,45	18,4	36,3	0,08	2,19	11,4	***	9,52	0,07	0,04	15,9	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	100,00	9,88	5,12	0,29	0,50	3,64	***	2,25	9,77	0,81	2,31
- 65 + 100#	+ 0,3 A	23,28	1,03	3,98	12,8	0,18	5,64	40,6	***	11,2	0,12	0,10	8,44	4,76	7,89	48,65	54,66	92,58	***	28,98	65,26	49,01	13,06	0,64	0,54	0,19	0,40	3,90	***	0,79	5,42	0,57	0,37
	- 0,3 + 0,8 A	13,91	0,62	4,21	32,7	0,09	3,90	3,03	***	17,6	0,01	0,05	34,5	3,01	12,01	15,09	21,78	4,13	***	27,19	4,19	15,65	31,91	0,40	0,82	0,06	0,16	0,17	***	0,75	0,35	0,18	0,89
	- 0,8 A	62,81	2,78	28,6	48,2	0,05	0,93	0,54	13,2	6,30	0,02	0,03	13,2	92,23	80,09	36,25	23,56	3,29	***	43,83	30,55	35,34	55,03	12,36	5,49	0,14	0,17	0,14	***	1,20	2,54	0,41	1,54
	Total	100,00	4,42	19,5	37,8	0,09	2,49	10,2	***	9,03	0,04	0,05	15,0	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	100,00	13,40	6,85	0,39	0,73	4,21	***	2,74	8,30	1,16	2,80
- 100 + 200#	+ 0,3 A	25,93	1,04	6,28	13,2	0,23	6,09	38,3	***	9,72	0,08	0,13	6,40	7,41	9,09	58,89	56,22	93,75	***	28,59	42,44	74,82	15,14	1,01	0,56	0,24	0,42	3,70	***	0,69	3,69	0,75	0,28
	- 0,3 + 0,8 A	21,71	0,87	6,21	29,0	0,13	3,92	2,38	0,53	23,4	0,09	0,00	31,5	6,13	16,77	28,28	30,27	4,88	***	57,60	37,71	0,00	62,32	0,84	1,03	0,11	0,23	0,19	***	1,39	3,28	0,00	1,15
	- 0,8 A	52,35	2,09	36,3	53,2	0,03	0,73	0,28	***	2,32	0,02	0,02	4,72	86,46	74,13	16,83	13,51	1,37	***	13,80	19,85	25,18	22,54	11,81	4,56	0,07	0,10	0,05	***	0,33	1,73	0,25	0,42
	Total	100,00	4,00	22,0	37,5	0,11	2,81	10,6	***	8,81	0,05	0,05	11,0	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	100,00	13,66	6,15	0,43	0,75	3,95	***	2,42	8,71	1,00	1,84
- 200 + 400#	+ 0,3 A	72,49	1,12	8,27	44,8	0,19	5,84	5,04	***	19,3	0,02	0,11	9,95	43,98	71,85	75,76	86,20	95,11	***	86,91	32,04	100,00	67,78	1,43	2,05	0,21	0,43	0,52	***	1,48	0,78	0,69	0,47
	- 0,3 + 0,8 A	6,98	0,11	8,42	29,0	0,51	7,70	2,69	***	20,0	0,08	0,00	29,3	4,31	4,48	19,38	10,94	4,89	***	8,65	15,80	0,00	19,22	0,14	0,13	0,05	0,06	0,03	***	0,15	0,38	0,00	0,13
	- 0,8 A	20,53	0,32	34,3	52,1	0,04	0,68	0,00	***	3,49	0,09	0,00	6,74	51,71	23,67	4,86	2,86	0,00	***	4,44	52,16	0,00	13,00	1,69	0,67	0,01	0,01	0,00	***	0,08	1,26	0,00	0,09
	Total	100,00	1,54	13,6	45,2	0,18	4,91	3,84	***	16,1	0,04	0,08	10,6	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	100,00	3,26	2,85	0,28	0,50	0,55	***	1,70	2,42	0,69	0,69
Total - 14 + 400#	+ 0,3 A	37,46	8,79	7,83	19,9	0,20	5,05	35,9	***	10,1	0,09	0,08	8,20	15,23	20,77	65,01	66,64	94,99	***	44,40	63,28	64,34	25,81	10,71	7,17	1,82	2,97	29,41	***	6,13	32,92	4,06	3,03
	- 0,3 + 0,8 A	10,81	2,54	8,58	31,6	0,16	4,44	3,92	***	18,0	0,08	0,03	27,5	4,82	9,53	14,30	16,90	2,99	***	22,74	16,87	6,01	24,99	3,39	3,29	0,40	0,75	0,93	***	3,14	8,78	0,38	2,94
	- 0,8 A	51,73	12,14	29,8	48,4	0,05	0,90	0,55	***	5,44	0,02	0,03	11,3	79,95	69,70	20,69	16,46	2,02	***	32,86	19,85	29,65	49,21	56,23	24,05	0,58	0,73	0,63	***	4,53	10,33	1,87	5,78
	Total	100,00	23,48	19,3	35,9	0,12	2,84	14,2	***	8,56	0,05	0,05	11,9	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	100,00	70,34	34,51	2,79	4,45	30,96	***	13,80	52,03	6,31	11,75

Tabela 2.22

RESULTADOS DOS ENSAIOS DE SEPARAÇÃO MAGNÉTICA (FRANTZ) NOS PRODUTOS AFUNDADOS ($d > 2,85\text{g/cm}^3$) (B)

AMOSTRA DE CATALÃO : SÍLICO-CARBONATADA RICA (SCRICA)

FRAÇÃO	PRODUTO	% Peso Ensaio	% Peso Amostra	TEORES							DISTRIBUIÇÃO NO ENSAIO										DISTRIBUIÇÃO NA AMOSTRA												
				TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SiO2 (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	ZrO2 (%)	Cu2O (%)	TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SiO2 (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	ZrO2 (%)	Cu2O (%)	TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SiO2 (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	ZrO2 (%)	Cu2O (%)			
- 14 + 28#	+ 0,3 A	62,29	2,53	10,3	0,58	0,02	0,34	0,06	0,24	0,18	0,10	0,24	0,07	93,44	92,18	***	35,12	59,41	70,02	35,12	36,88	***	5,62	13,62	5,97	***	1,46	***	***	3,38	***	***	***
	- 0,3 + 0,8 A	7,37	0,30	5,76	0,23	***	0,73	0,08	0,57	0,56	0,25	3,71	1,56	6,19	4,31	***	9,10	9,72	19,87	12,71	11,25	***	14,62	0,90	0,28	***	0,38	***	***	1,22	***	***	***
	- 0,8 A	30,34	1,23	0,08	0,05	***	1,09	0,06	0,07	0,56	0,28	***	2,07	0,37	3,51	***	55,77	30,87	10,12	52,17	51,87	***	79,76	0,05	0,23	***	2,32	***	***	5,02	***	***	***
	Total	100,00	4,06	6,85	0,39	***	0,59	0,06	0,21	0,32	0,16	***	0,79	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	14,58	6,47	***	4,17	***	***	9,63	***	***	***
- 28 + 48#	+ 0,3 A	36,92	2,22	8,84	0,63	0,02	0,34	0,06	0,24	0,13	***	0,18	0,05	90,29	70,51	***	16,03	***	53,79	13,96	***	***	1,55	10,28	5,70	***	1,30	***	***	2,08	***	***	***
	- 0,3 + 0,8 A	6,69	0,40	4,29	0,38	0,004	0,72	0,04	0,47	0,45	0,04	1,74	0,02	7,94	7,81	***	6,21	***	19,28	8,91	***	***	0,13	0,90	0,63	***	0,50	***	***	1,33	***	***	***
	- 0,8 A	56,40	3,39	0,11	0,13	***	1,07	***	0,08	0,46	0,05	***	2,04	1,76	21,68	***	77,75	***	26,93	77,13	***	***	98,32	0,20	1,75	***	6,29	***	***	11,48	***	***	***
	Total	100,00	6,01	3,61	0,33	***	0,78	***	0,16	0,34	***	***	1,17	100,00	100,00	***	100,00	***	100,00	100,00	***	***	100,00	11,38	8,09	***	8,09	***	***	14,88	***	***	***
- 48 + 65#	+ 0,3 A	25,09	0,86	11,1	0,80	0,02	0,29	0,06	0,30	0,06	***	0,15	0,05	94,08	60,65	***	8,54	***	55,17	5,33	***	***	***	5,04	2,85	***	0,43	***	***	0,40	***	***	***
	- 0,3 + 0,8 A	7,17	0,25	1,91	0,32	0,01	0,51	0,03	0,44	0,35	0,04	1,06	0,02	4,62	6,93	***	4,36	***	23,33	8,47	***	***	***	0,25	0,33	***	0,22	***	***	0,63	***	***	***
	- 0,8 A	67,74	2,33	0,06	0,16	***	1,08	***	0,04	0,38	0,20	***	***	1,30	32,43	***	87,10	***	21,50	86,20	***	***	***	0,07	1,52	***	4,34	***	***	6,44	***	***	***
	Total	100,00	3,45	2,96	0,33	***	0,84	***	0,14	0,30	***	***	***	100,00	100,00	***	100,00	***	100,00	100,00	***	***	***	5,35	4,70	***	4,98	***	***	7,47	***	***	***
- 65 + 100#	+ 0,3 A	23,28	1,03	14,6	0,87	0,03	0,23	0,06	0,38	0,12	***	0,10	0,05	95,25	62,35	***	6,12	***	59,14	7,80	***	***	***	7,88	3,66	***	0,42	***	***	0,92	***	***	***
	- 0,3 + 0,8 A	13,91	0,62	0,99	0,34	0,004	0,87	0,08	0,26	0,24	0,04	0,81	0,01	3,87	14,51	***	13,64	***	24,36	9,00	***	***	***	0,32	0,85	***	0,93	***	***	1,06	***	***	***
	- 0,8 A	62,81	2,78	0,05	0,12	***	1,14	***	0,04	0,48	0,20	***	***	0,88	23,14	***	80,24	***	16,50	83,20	***	***	***	0,07	1,36	***	5,46	***	***	9,81	***	***	***
	Total	100,00	4,42	3,57	0,32	***	0,89	***	0,15	0,36	***	***	***	100,00	100,00	***	100,00	***	100,00	100,00	***	***	***	8,27	5,87	***	6,81	***	***	11,80	***	***	***
- 100 + 200#	+ 0,3 A	25,93	1,04	17,0	1,03	0,03	0,26	0,08	0,42	0,16	0,04	0,27	0,05	94,81	74,53	***	8,02	***	***	12,05	5,97	***	***	9,24	4,37	***	0,46	***	***	1,22	***	***	***
	- 0,3 + 0,8 A	21,71	0,87	1,01	0,29	0,003	0,54	0,03	0,25	0,16	0,02	0,45	0,01	4,70	17,56	***	14,15	***	***	9,84	3,33	***	***	0,46	1,03	***	0,82	***	***	1,00	***	***	***
	- 0,8 A	52,35	2,09	0,04	0,05	***	1,24	***	***	0,52	0,27	***	***	0,48	7,91	***	77,83	***	***	78,11	90,70	***	***	0,05	0,46	***	4,49	***	***	7,91	***	***	***
	Total	100,00	4,00	4,65	0,36	***	0,83	***	***	0,35	0,16	***	***	100,00	100,00	***	100,00	***	***	100,00	100,00	***	***	9,75	5,87	***	5,77	***	***	10,13	***	***	***
- 200 + 400#	+ 0,3 A	72,49	1,12	2,24	0,56	0,01	1,27	0,09	0,35	0,43	0,18	0,95	0,01	96,36	94,22	***	77,08	***	91,32	71,96	73,29	***	***	1,31	2,55	***	2,46	***	***	3,53	***	***	***
	- 0,3 + 0,8 A	6,98	0,11	0,63	0,21	0,004	0,48	***	0,27	0,19	0,02	0,31	0,01	2,59	3,43	***	2,77	***	8,82	3,05	0,80	***	***	0,04	0,09	***	0,09	***	***	0,15	***	***	***
	- 0,8 A	20,53	0,32	0,09	0,05	***	1,18	0,04	0,03	0,53	0,22	***	***	1,05	2,35	***	20,15	***	1,86	24,99	25,91	***	***	0,01	0,06	***	0,64	***	***	1,23	***	***	***
	Total	100,00	1,54	1,68	0,43	***	1,20	***	0,28	0,44	0,18	***	***	100,00	100,00	***	100,00	***	100,00	100,00	100,00	***	***	1,36	2,71	***	3,19	***	***	4,91	***	***	***
Total	+ 0,3 A	37,46	8,79	10,3	0,70	0,02	0,43	0,07	0,29	0,18	***	0,29	0,05	93,44	74,48	***	19,76	***	***	19,61	***	***	***	47,37	25,11	***	6,52	***	***	11,53	***	***	***
	- 0,3 + 0,8 A	10,81	2,54	2,15	0,31	***	0,67	***	0,34	0,29	0,06	1,18	0,20	5,66	9,53	***	8,88	***	***	9,17	***	***	***	2,87	3,21	***	2,93	***	***	5,39	***	***	***
	- 0,8 A	51,73	12,14	0,07	0,11	***	1,12	***	***	0,47	0,18	***	***	0,91	15,99	***	71,35	***	***	71,23	***	***	***	0,46	5,39	***	23,55	***	***	41,89	***	***	***
	Total	100,00	23,48	4,12	0,35	***	0,81	***	***	0,34	***	***	***	100,00	100,00	***	100,00	***	***	100,00	***	***	***	50,69	33,71	***	33,00	***	***	58,81	***	***	***

Tabela 2.23

RESULTADOS DE SEPARAÇÃO GRANULOMÉTRICA E ANÁLISES QUÍMICAS POR FAIXA

AMOSTRA DE CATALÃO : REJEITO DA FLOTAÇÃO DE GROSSOS (RFG)

FRAÇÃO	% PESO RETIDO	% PESO ACUM. ACIMA	% PESO ACUM. ABAIXO	TEORES							DISTRIBUIÇÃO							P.F. (%)					
				P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)	P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)		Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)
+ 14#	0,29	0,29	99,71	13,1	11,4	1,96	39,1	20,6	0,47	2,67	0,23	0,18	4,34	0,55	0,58	0,35	0,29	0,21	0,25	0,39	0,44	0,34	0,38
- 14 + 28#	1,03	1,32	98,68	8,34	8,01	1,92	49,9	17,2	0,68	3,32	0,22	0,17	5,55	1,23	1,43	1,20	1,30	0,61	1,27	1,71	1,48	1,09	1,70
- 28 + 48#	12,69	14,01	85,99	7,23	6,51	2,19	58,5	13,2	0,60	3,36	0,13	0,25	4,04	13,20	14,39	16,97	18,90	5,78	13,78	21,32	10,35	20,28	15,28
- 48 + 65#	16,62	30,63	69,37	8,63	7,42	1,58	55,8	14,7	0,68	1,84	0,23	0,19	4,07	20,65	21,49	15,97	23,57	8,46	20,58	15,27	24,76	19,80	20,18
- 65 + 100#	27,34	57,97	42,03	8,12	7,05	1,70	44,9	23,4	0,61	1,68	0,13	0,16	3,84	31,97	33,62	28,43	31,25	22,11	30,20	22,96	22,87	27,27	31,29
- 100 + 150#	16,87	74,84	25,16	6,12	4,84	1,53	32,0	35,3	0,43	1,68	0,13	0,14	3,12	14,87	14,24	15,78	13,74	20,63	13,26	14,17	14,61	15,04	15,69
- 150 + 200#	10,88	85,72	14,28	4,93	3,62	1,34	22,4	44,2	0,47	1,75	0,14	0,11	2,50	7,72	6,86	8,88	6,19	16,64	9,17	9,53	9,84	7,33	8,11
- 200 + 270#	9,15	94,87	5,13	4,46	2,84	1,37	13,7	50,6	0,39	2,15	0,16	0,10	1,86	5,87	4,53	7,66	3,19	16,02	6,46	9,86	9,64	5,72	5,08
- 270 + 325#	2,64	97,51	2,49	4,60	2,53	1,42	10,6	55,9	0,52	1,62	0,16	0,10	1,01	1,75	1,16	2,29	0,71	5,10	2,48	2,14	2,64	1,62	0,80
- 325 + 400#	1,37	98,88	1,12	4,51	2,79	1,26	9,6	57,5	0,49	1,67	0,12	0,07	1,02	0,89	0,67	1,06	0,34	2,73	1,23	1,15	1,04	0,63	0,42
- 400#	1,12	100,00	0,00	8,04	5,28	2,08	18,4	44,2	0,66	2,68	0,32	0,12	3,26	1,29	1,03	1,42	0,52	1,71	1,33	1,50	2,33	0,88	1,09
TOTAL	100,00	***	***	6,95	5,74	1,64	39,3	28,9	0,55	2,00	0,16	0,16	3,35	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

FRAÇÃO	% PESO RETIDO	% PESO ACUM. ACIMA	% PESO ACUM. ABAIXO	TEORES							DISTRIBUIÇÃO							CuO (%)						
				TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SrO (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	Nd2O5 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)	TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SrO (%)		BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	Nd2O5 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)
+ 14#	0,29	0,29	99,71	4,01	0,41	0,03	0,28	0,44	0,32	0,15	0,16	0,20	0,02	0,14	0,18	***	0,38	0,12	0,22	***	***	***	0,16	***
- 14 + 28#	1,03	1,32	98,68	2,44	0,31	0,02	0,23	0,61	0,22	0,24	0,11	0,17	0,33	0,29	0,48	***	1,10	0,60	0,53	***	***	***	0,46	***
- 28 + 48#	12,69	14,01	85,99	1,70	0,22	0,02	0,20	0,72	0,18	0,27	0,11	0,15	0,08	2,54	4,11	***	11,82	8,71	5,38	***	***	***	5,14	***
- 48 + 65#	16,62	30,63	69,37	2,28	0,27	0,12	0,25	0,91	0,27	0,35	0,16	0,20	0,08	4,46	6,64	***	18,69	14,58	10,79	***	***	***	9,08	***
- 65 + 100#	27,34	57,97	42,03	4,85	0,47	0,12	0,27	1,23	0,40	0,45	0,17	0,27	0,02	15,61	19,22	***	34,22	32,15	25,72	***	***	***	20,16	***
- 100 + 150#	16,87	74,84	25,16	15,4	0,91	0,03	0,21	1,18	0,47	0,47	***	0,46	0,13	30,58	23,03	***	15,87	19,11	18,89	***	***	***	20,87	***
- 150 + 200#	10,88	85,72	14,28	14,2	1,14	0,04	0,17	1,10	0,56	0,45	0,16	0,56	***	18,13	18,64	***	8,37	11,49	14,60	***	***	***	16,48	***
- 200 + 270#	9,15	94,87	5,13	17,4	1,34	0,05	0,15	1,09	0,73	0,49	0,14	0,70	***	18,79	18,39	***	6,41	9,53	15,93	***	***	***	17,43	***
- 270 + 325#	2,64	97,51	2,49	17,0	1,33	***	0,12	0,61	0,72	0,35	0,14	0,75	0,03	5,29	5,26	***	1,45	1,54	4,51	***	***	***	5,38	***
- 325 + 400#	1,37	98,88	1,12	17,0	1,25	0,06	0,11	0,55	0,61	***	0,15	0,87	0,03	2,74	2,57	***	0,71	0,72	1,99	***	***	***	3,25	***
- 400#	1,12	100,00	0,00	10,9	0,88	0,06	0,19	1,35	0,54	0,45	0,16	0,53	0,05	1,43	1,47	***	0,98	1,45	1,43	***	***	***	1,59	***
TOTAL	100,00	***	***	8,50	0,67	***	0,22	1,04	0,42	***	***	0,37	***	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	***	***	***	100,00	***

Tabela 2.24

RESULTADOS DOS ENSAIOS DE SEPARAÇÃO EM LÍQUIDO ORGÂNICO DENSO (BROMOFORMIO d=2,85g/cm3) E ANÁLISES QUÍMICAS (A)

AMOSTRA DE CATALÃO : REJEITO DA FLOTAÇÃO DE GROSSOS (RFG)

FRAÇÃO	PRODUTO	% Peso Ensaio	% Peso Amostra	TEORES										DISTRIBUIÇÃO NO ENSAIO										DISTRIBUIÇÃO NA AMOSTRA									
				P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)	P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)	P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)
- 14 + 28#	Flutuado	70,57	0,72	3,74	3,66	1,98	65,9	11,1	0,49	4,30	0,12	0,22	5,84	31,67	32,19	72,61	93,21	45,47	50,43	91,50	38,31	90,88	74,24	0,39	0,46	0,87	1,21	0,28	0,64	1,56	0,57	0,99	1,26
	Afundado	29,43	0,30	19,4	18,5	1,79	11,5	31,8	1,15	0,96	0,47	0,05	4,86	68,33	67,81	27,39	6,79	54,53	49,57	8,50	61,69	9,32	25,76	0,84	0,97	0,33	0,09	0,33	0,63	0,15	0,92	0,10	0,44
	Total	100,00	1,03	8,34	8,01	1,92	49,9	17,2	0,88	3,32	0,22	0,17	5,55	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	1,23	1,43	1,20	1,30	0,61	1,27	1,71	1,48	1,09	1,70
- 28 + 48#	Flutuado	69,44	8,81	2,56	2,11	2,29	75,4	7,40	0,40	4,36	0,07	0,32	3,46	24,58	22,55	72,37	89,42	39,05	46,14	90,10	37,81	88,24	59,51	3,25	3,25	12,28	16,90	2,26	6,36	19,21	3,91	17,90	9,09
	Afundado	30,56	3,88	17,8	16,5	1,98	20,3	26,2	1,06	1,09	0,26	0,10	5,35	75,42	77,45	27,63	10,58	60,95	53,86	9,90	62,19	11,76	40,49	9,96	11,15	4,69	2,00	3,52	7,42	2,11	6,44	2,38	6,19
	Total	100,00	12,69	7,23	6,51	2,19	58,5	13,2	0,80	3,36	0,13	0,25	4,04	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	13,20	14,39	16,97	18,90	5,78	13,78	21,32	10,35	20,28	15,28
- 48 + 85#	Flutuado	63,33	10,53	3,24	2,21	1,38	78,9	6,73	0,44	2,40	0,25	0,25	2,68	23,80	18,85	55,63	89,59	28,97	40,43	82,78	69,20	85,10	41,69	4,92	4,05	8,89	21,12	2,45	8,32	12,64	17,14	16,85	8,41
	Afundado	36,67	6,09	17,9	16,4	1,91	15,8	28,5	1,11	0,86	0,19	0,08	6,48	76,20	81,15	44,37	10,41	71,03	59,57	17,22	30,80	14,90	58,31	15,74	17,44	7,09	2,45	6,01	12,26	2,63	7,63	2,95	11,77
	Total	100,00	16,62	8,63	7,42	1,58	55,8	14,7	0,68	1,84	0,23	0,19	4,07	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	20,65	21,49	15,97	23,57	8,46	20,58	15,27	24,76	19,80	20,18
- 65 + 100#	Flutuado	47,67	13,03	2,14	1,65	1,34	81,8	6,46	0,20	2,50	0,05	0,25	2,57	12,57	11,12	37,45	86,75	13,18	15,61	71,02	18,70	75,31	31,93	4,02	3,74	10,65	27,11	2,91	4,71	16,31	4,28	20,54	9,99
	Afundado	52,33	14,31	13,6	12,0	2,04	11,4	38,8	0,99	0,93	0,20	0,07	4,99	87,43	88,88	62,55	13,25	86,82	84,39	28,98	81,30	24,69	68,07	27,95	29,88	17,78	4,14	19,20	25,49	6,65	18,60	6,73	21,30
	Total	100,00	27,34	8,12	7,05	1,70	44,9	23,4	0,61	1,68	0,13	0,16	3,84	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	31,97	33,62	28,43	31,25	22,11	30,20	22,96	22,87	27,27	31,29
- 100 + 150#	Flutuado	32,19	5,43	1,74	1,35	1,27	83,2	6,33	0,20	2,24	0,06	0,28	2,45	9,14	8,99	26,62	83,63	5,76	14,81	43,02	13,16	63,08	25,29	1,36	1,28	4,20	11,49	1,19	1,96	6,10	1,92	9,49	3,97
	Afundado	67,81	11,44	8,20	6,50	1,66	7,7	49,1	0,55	1,41	0,17	0,08	3,44	90,86	91,01	73,38	16,37	94,24	85,19	56,98	86,84	36,92	74,71	13,51	12,96	11,58	2,25	19,44	11,30	8,08	12,69	5,55	11,72
	Total	100,00	16,87	6,12	4,84	1,53	32,0	35,3	0,43	1,68	0,13	0,14	3,12	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	14,87	14,24	15,78	13,74	20,63	13,26	14,17	14,61	15,04	15,69
- 150 + 200#	Flutuado	21,57	2,35	2,18	1,54	1,20	82,2	6,43	0,35	2,13	0,06	0,24	2,30	9,55	9,21	19,28	79,28	3,14	16,15	26,17	8,75	47,59	19,85	0,74	0,63	1,71	4,91	0,52	1,48	2,50	0,86	3,49	1,61
	Afundado	78,43	8,53	5,69	4,19	1,38	5,9	54,6	0,50	1,65	0,16	0,07	2,55	90,45	90,79	80,72	20,71	96,86	83,85	73,83	91,25	52,41	80,15	6,99	6,23	7,17	1,28	16,11	7,69	7,04	8,98	3,84	6,50
	Total	100,00	10,88	4,93	3,62	1,34	22,4	44,2	0,47	1,75	0,14	0,11	2,50	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	7,72	6,86	8,88	6,19	16,64	9,17	9,53	9,84	7,33	8,11
- 200 + 270#	Flutuado	10,42	0,95	4,30	2,84	1,91	72,7	8,21	0,41	4,10	0,05	0,33	2,86	10,06	10,42	14,51	55,31	1,69	10,95	19,84	3,37	34,60	15,99	0,59	0,47	1,11	1,76	0,27	0,71	1,96	0,33	1,98	0,81
	Afundado	89,58	8,20	4,47	2,84	1,31	6,8	55,5	0,39	1,93	0,18	0,07	1,75	89,94	89,58	85,49	44,69	98,31	89,05	80,16	96,63	65,40	84,01	5,28	4,06	6,54	1,42	15,75	5,75	7,90	9,31	3,74	4,27
	Total	100,00	9,15	4,46	2,84	1,37	13,7	50,6	0,39	2,15	0,16	0,10	1,86	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	5,87	4,53	7,66	3,19	16,02	6,46	9,86	9,64	5,72	5,08
- 270 + 325#	Flutuado	6,45	0,17	7,30	4,64	1,88	67,0	9,85	0,47	2,84	0,06	0,27	2,28	10,25	11,82	8,52	40,61	1,14	5,82	11,30	2,66	18,04	14,50	0,18	0,14	0,20	0,29	0,06	0,14	0,24	0,07	0,29	0,12
	Afundado	93,55	2,47	4,41	2,38	1,39	6,8	59,1	0,52	1,54	0,16	0,08	0,93	89,75	88,18	91,48	59,39	98,86	94,18	88,70	97,34	81,96	85,50	1,57	1,03	2,10	0,42	5,05	2,34	1,90	2,57	1,33	0,68
	Total	100,00	2,64	4,60	2,53	1,42	10,6	55,9	0,52	1,62	0,16	0,10	1,01	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	1,73	1,16	2,29	0,71	5,10	2,48	2,14	2,64	1,62	0,80
- 325 + 400#	Flutuado	6,24	0,09	10,2	6,22	1,77	44,9	19,2	1,13	1,81	0,03	0,17	3,81	14,11	13,91	8,74	29,14	2,08	14,25	6,76	1,59	14,59	23,31	0,13	0,09	0,09	0,10	0,06	0,17	0,08	0,02	0,09	0,10
	Afundado	93,76	1,29	4,13	2,56	1,23	7,3	60,0	0,45	1,66	0,12	0,07	0,83	85,89	86,09	91,26	70,86	97,92	85,75	93,24	98,41	85,41	76,69	0,76	0,57	0,96	0,24	2,67	1,05	1,07	1,02	0,54	0,32
	Total	100,00	1,37	4,51	2,79	1,26	9,6	57,5	0,49	1,67	0,12	0,07	1,02	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	0,89	0,67	1,06	0,34	2,73	1,23	1,15	1,04	0,63	0,42
Total	Flutuado	43,20	42,00	2,55	1,92	1,56	79,4	6,84	0,32	2,88	0,11	0,27	2,82	15,87	14,35	41,06	85,78	10,42	25,03	62,40	30,22	72,87	35,93	15,44	14,02	39,90	84,79	9,94	24,32	60,51	29,07	71,52	35,26
- 14 + 400#	Afundado	56,80	55,22	10,3	8,7	1,70	10,0	44,7	0,73	1,32	0,19	0,08	3,82	84,13	85,65	58,94	14,22	89,58	74,97	37,60	69,78	27,13	64,07	81,83	83,71	57,27	14,06	85,42	72,87	36,46	67,12	26,63	62,66
	Total	100,00	97,22	6,95	5,77	1,64	40,0	28,3	0,55	1,99	0,15	0,16	3,38	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	97,27	97,73	97,18	98,85	95,36	97,19	96,97	96,20	98,16	98,12

Tabela 2.25

RESULTADOS DOS ENSAIOS DE SEPARAÇÃO EM LÍQUIDO ORGÂNICO DENSO (BROMOFORMIO $d=2,85\text{g/cm}^3$) E ANÁLISES QUÍMICAS (B)

AMOSTRA DE CATALÃO : REJEITO DA FLOTAÇÃO DE GROSSOS (RFG)

FRAÇÃO	PRODUTO	% Peso Ensaio	% Peso Amostra	TEORES										DISTRIBUIÇÃO NO ENSAIO										DISTRIBUIÇÃO NA AMOSTRA											
				TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SiO2 (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ca2O3 (%)	Nd2O5 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)	TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SiO2 (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ca2O3 (%)	Nd2O5 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)	TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SiO2 (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ca2O3 (%)	Nd2O5 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)		
14 + 28#	Flutuado	70,57	0,72	1,16	0,20	0,02	0,11	0,28	0,17	0,16	0,08	0,13	0,03	33,63	45,13	62,24	32,78	29,66	56,67	46,61	49,15	53,84	5,64	0,10	0,22	***	***	0,36	0,18	0,30	***	***	***	0,25	***
	Atundido	29,43	0,30	5,49	0,59	0,03	0,54	1,46	0,32	0,43	0,20	0,26	1,04	66,37	54,87	37,76	67,22	70,34	43,33	53,39	50,85	46,16	94,36	0,20	0,27	***	***	0,74	0,42	0,23	***	***	0,21	***	
	Total	100,00	1,03	2,44	0,31	0,02	0,23	0,61	0,22	0,24	0,11	0,17	0,33	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	0,29	0,48	***	***	1,10	0,60	0,53	***	***	0,46	***	
28 + 48#	Flutuado	69,44	8,81	0,60	0,10	0,01	0,06	0,15	0,12	0,14	0,05	0,10	0,02	24,32	33,44	49,06	21,53	14,36	45,18	35,38	30,94	45,05	17,50	0,62	1,37	***	***	2,54	1,25	2,43	***	***	2,32	***	
	Atundido	30,56	3,88	4,21	0,47	0,03	0,52	2,01	0,32	0,58	0,25	0,27	0,21	75,68	66,56	50,94	78,47	85,64	54,82	64,62	69,06	54,95	82,50	1,92	2,74	***	***	9,27	7,46	2,95	***	***	2,82	***	
	Total	100,00	12,69	1,70	0,22	0,02	0,20	0,72	0,18	0,27	0,11	0,15	0,08	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	2,54	4,11	***	***	11,82	8,71	5,38	***	***	5,14	***	
48 + 65#	Flutuado	63,33	10,53	0,50	0,10	0,02	0,06	0,12	0,22	0,11	0,11	0,11	0,02	13,77	23,07	7,73	15,48	8,31	51,75	20,53	42,86	33,61	12,59	0,61	1,53	***	***	2,89	1,21	5,58	***	***	3,05	***	
	Atundido	36,67	6,09	5,36	0,56	0,31	0,57	2,29	0,36	0,76	0,24	0,37	0,19	86,23	76,93	92,27	84,52	91,69	48,25	79,47	57,14	66,39	87,41	3,85	5,11	***	***	15,80	13,37	5,21	***	***	6,03	***	
	Total	100,00	16,62	2,28	0,27	0,12	0,25	0,91	0,27	0,35	0,16	0,20	0,08	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	4,46	6,64	***	***	18,69	14,58	10,79	***	***	9,08	***	
65 + 100#	Flutuado	47,67	13,03	0,50	0,09	0,01	0,05	0,11	0,10	0,11	0,06	0,08	0,02	4,87	9,05	4,23	9,42	4,43	11,57	11,94	17,19	14,19	31,40	0,76	1,74	***	***	3,23	1,43	2,98	***	***	2,86	***	
	Atundido	52,33	14,31	8,82	0,81	0,23	0,47	2,24	0,67	0,76	0,27	0,45	0,03	95,13	90,95	95,77	90,58	95,57	88,43	88,06	82,81	85,81	68,60	14,85	17,48	***	***	31,00	30,72	22,75	***	***	17,30	***	
	Total	100,00	27,34	4,85	0,47	0,12	0,27	1,23	0,40	0,45	0,17	0,27	0,02	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	15,61	19,22	***	***	34,22	32,15	25,72	***	***	20,16	***	
100 + 150#	Flutuado	32,19	5,43	0,45	0,09	0,01	0,04	0,09	0,14	0,09	***	0,07	0,01	1,37	3,15	8,87	6,27	2,40	9,23	6,23	***	5,01	3,24	0,42	0,73	***	***	1,00	0,46	1,74	***	***	1,04	***	
	Atundido	67,81	11,44	15,4	1,30	0,04	0,28	1,70	0,63	0,64	***	0,64	0,18	98,63	96,85	91,13	93,73	97,60	90,77	93,77	***	94,99	96,76	30,16	22,31	***	***	14,88	18,65	17,15	***	***	19,82	***	
	Total	100,00	16,87	15,4	0,91	0,03	0,21	1,18	0,47	0,47	***	0,48	0,13	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	30,58	23,03	***	***	15,87	19,11	18,89	***	***	20,87	***	
150 + 200#	Flutuado	21,57	2,35	0,47	0,08	0,01	0,05	0,13	0,11	0,15	0,10	0,09	0,02	0,71	1,47	3,40	6,68	2,51	4,28	7,39	13,31	3,47	***	0,13	0,27	***	***	0,56	0,29	0,63	***	***	0,57	***	
	Atundido	78,43	8,53	17,9	1,43	0,05	0,20	1,37	0,69	0,53	0,18	0,69	***	99,28	98,53	96,60	93,32	97,49	95,72	92,61	86,69	96,53	***	18,00	18,37	***	***	7,81	11,20	13,97	***	***	15,91	***	
	Total	100,00	10,88	14,2	1,14	0,04	0,17	1,10	0,56	0,45	0,16	0,56	***	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	18,13	18,64	***	***	8,37	11,49	14,60	***	***	16,48	***	
200 + 270#	Flutuado	10,42	0,95	0,84	0,15	0,01	0,11	0,47	0,17	0,13	0,08	0,12	0,01	0,50	1,14	2,66	7,36	4,50	2,40	2,77	5,77	1,73	***	0,09	0,21	***	***	0,47	0,43	0,38	***	***	0,30	***	
	Atundido	89,58	8,20	19,4	1,48	0,05	0,16	1,16	0,80	0,53	0,15	0,77	***	99,50	98,86	97,34	92,64	95,50	97,60	97,23	94,23	98,27	***	18,69	18,18	***	***	5,93	9,10	15,55	***	***	17,13	***	
	Total	100,00	9,15	17,4	1,34	0,05	0,15	1,09	0,73	0,49	0,14	0,70	***	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	18,79	18,39	***	***	6,41	9,53	15,93	***	***	17,43	***	
270 + 325#	Flutuado	6,45	0,17	2,04	0,20	0,02	0,14	0,21	0,27	0,04	0,07	0,18	0,02	0,77	0,99	***	7,76	2,24	2,43	0,81	3,16	1,54	4,98	0,04	0,05	***	***	0,11	0,03	0,11	***	***	0,08	***	
	Atundido	93,55	2,47	18,1	1,41	***	0,12	0,64	0,75	0,37	0,14	0,79	0,03	99,23	99,01	***	92,24	97,76	97,57	99,19	96,84	98,46	95,02	5,25	5,21	***	***	1,34	1,51	4,40	***	***	5,30	***	
	Total	100,00	2,64	17,0	1,33	***	0,12	0,61	0,72	0,35	0,14	0,75	0,03	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	5,29	5,26	***	***	1,45	1,54	4,51	***	***	5,38	***	
325 + 400#	Flutuado	6,24	0,09	9,66	0,62	0,03	0,20	0,28	0,47	***	0,13	0,29	0,03	3,55	3,09	3,26	10,76	3,21	4,81	***	5,46	2,03	6,05	0,10	0,08	***	***	0,08	0,02	0,10	***	***	0,07	***	
	Atundido	93,76	1,29	17,4	1,29	0,06	0,11	0,56	0,62	0,31	0,15	0,91	0,03	96,45	96,91	96,74	89,24	96,79	95,19	***	94,54	97,97	93,95	2,64	2,49	***	***	0,64	0,70	1,89	***	***	3,18	***	
	Total	100,00	1,37	17,0	1,25	0,06	0,11	0,55	0,61	***	0,15	0,87	0,03	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	2,74	2,57	***	***	0,71	0,72	1,99	***	***	3,25	***	
Total - 14 + 400#	Flutuado	43,20	42,00	0,53	0,10	0,01	0,06	0,13	0,14	0,12	***	0,09	0,02	3,07	6,39	***	11,40	5,40	14,69	12,46	***	11,03	***	2,77	6,12	***	***	11,16	5,28	14,15	***	***	10,48	***	
	Atundido	56,80	55,22	12,8	1,08	***	0,34	1,74	0,63	0,63	***	0,57	***	96,93	93,61	***	88,60	94,60	85,31	87,54	***	88,97	***	92,92	89,65	***	***	86,77	92,44	82,21	***	***	84,53	***	
	Total	100,00	97,22	7,53	0,66	***	0,22	1,05	0,42	0,41	***	0,36	***	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	95,69	95,77	***	***	97,93	97,71	96,36	***	***	95,00	***	

Tabela 2.26

RESULTADOS DOS ENSAIOS DE SEPARAÇÃO MAGNÉTICA (FRANTZ) NOS PRODUTOS AFUNDADOS (d>2,85g/cm3) (A)

AMOSTRA DE CATALÃO : REJEITO DA FLOTAÇÃO DE GROSSOS (RFG)

FRAÇÃO	PRODUTO	% Peso Ensaio	% Peso Amostra	TEORES							DISTRIBUIÇÃO NO ENSAIO							DISTRIBUIÇÃO NA AMOSTRA							P.F. (%)
				P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)	P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)		
- 28 + 48#	+ 0,2 A	30,98	1,20	12,6	11,0	1,90	22,9	33,9	0,65	1,94	0,14	0,13	4,59	21,81	20,62	29,64	35,04	40,04	19,03	55,27	16,34	40,82	26,59	1,64	
	- 0,2 + 0,4 A	29,19	1,13	10,0	6,75	2,57	17,9	42,7	0,46	0,94	0,14	0,10	8,09	16,38	11,95	37,80	25,74	47,49	12,63	25,17	15,85	28,84	44,15	2,73	
	- 0,4 A	39,83	1,54	27,7	27,9	1,62	20,0	8,22	1,82	0,53	0,44	0,07	3,93	61,82	67,43	32,56	39,22	12,47	68,34	19,56	67,81	30,34	29,26	1,81	
	Total	100,00	3,88	17,8	16,5	1,98	20,3	26,2	1,06	1,09	0,26	0,10	5,35	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	6,19	
- 48 + 65#	+ 0,2 A	36,15	2,20	12,1	10,3	1,84	18,6	38,6	0,55	1,41	0,13	0,09	4,54	24,44	22,70	34,97	42,58	49,01	17,97	59,12	23,61	42,54	25,35	2,98	
	- 0,2 + 0,4 A	27,32	1,86	9,93	5,79	2,77	15,1	43,7	0,71	0,55	0,13	0,09	8,35	15,12	9,64	39,72	26,12	41,90	17,34	17,46	18,54	30,71	35,22	4,14	
	- 0,4 A	36,53	2,23	29,7	30,4	1,32	13,6	7,09	1,97	0,55	0,31	0,06	6,99	60,44	67,66	25,31	31,30	9,09	64,69	23,43	57,85	28,75	39,43	4,64	
	Total	100,00	6,09	17,9	16,4	1,91	15,8	28,5	1,11	0,86	0,19	0,08	6,48	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	11,77	
65 + 100#	+ 0,2 A	44,44	6,36	6,20	4,65	1,41	10,1	55,4	0,40	1,42	0,07	0,08	3,23	20,30	17,25	30,76	39,50	63,45	18,05	67,86	15,84	47,80	28,76	6,12	
	- 0,2 + 0,4 A	31,61	4,52	11,0	5,98	3,42	13,1	41,1	0,47	0,54	0,15	0,09	8,89	25,58	15,77	52,99	36,34	33,49	15,21	18,40	23,79	36,67	55,02	11,72	
	- 0,4 A	23,95	3,43	30,7	33,5	1,38	11,5	4,96	2,75	0,53	0,51	0,04	3,38	54,12	66,98	16,25	24,16	3,06	66,75	13,74	60,37	13,53	16,22	3,45	
	Total	100,00	14,31	13,6	12,0	2,04	11,4	38,8	0,99	0,93	0,20	0,07	4,99	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	21,30	
100 + 150#	+ 0,2 A	68,38	7,82	3,67	2,35	1,10	5,27	60,4	0,30	1,77	0,06	0,06	2,18	30,62	24,71	45,33	46,62	84,02	37,55	85,83	22,22	56,17	43,37	5,08	
	- 0,2 + 0,4 A	19,78	2,26	11,1	5,56	3,87	12,7	37,1	0,60	0,78	0,15	0,14	7,93	26,84	16,91	46,13	32,54	14,95	21,73	10,59	16,99	36,89	45,64	5,35	
	- 0,4 A	11,84	1,35	29,5	32,0	1,20	13,6	4,26	1,88	0,43	0,89	0,05	3,19	42,54	58,38	8,54	20,84	1,03	40,72	3,58	60,79	6,95	10,99	1,29	
	Total	100,00	11,44	8,20	6,50	1,66	7,73	49,1	0,55	1,41	0,17	0,08	3,44	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	11,72	
150 + 200#	+ 0,2 A	75,38	6,43	2,81	1,69	0,92	3,78	63,0	0,30	1,90	0,05	0,06	1,53	37,22	30,34	50,49	48,25	87,10	45,39	86,90	24,90	63,56	45,17	2,94	
	- 0,2 + 0,4 A	18,73	1,60	10,2	5,67	3,39	10,3	36,4	0,87	0,98	0,15	0,12	6,50	33,70	25,36	46,07	32,68	12,50	32,52	11,11	16,96	32,38	47,69	3,10	
	- 0,4 A	5,89	0,50	28,1	31,5	0,81	19,1	3,69	1,87	0,56	1,62	0,05	3,10	29,08	44,30	3,45	19,06	0,40	22,09	2,00	58,14	4,05	7,15	0,46	
	Total	100,00	8,53	5,69	4,19	1,38	5,90	54,6	0,50	1,65	0,16	0,07	2,55	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	6,50	
200 + 270#	+ 0,2 A	89,20	7,31	3,02	1,55	1,16	4,40	60,9	0,30	2,09	0,07	0,07	1,42	60,28	48,57	78,92	57,40	97,79	69,00	96,55	35,87	84,15	72,53	3,10	
	- 0,2 + 0,4 A	6,67	0,55	13,5	8,49	3,73	21,7	16,3	1,00	0,81	0,24	0,13	5,81	20,18	19,94	19,03	21,22	1,96	17,26	2,82	9,11	11,85	22,21	0,95	
	- 0,4 A	4,12	0,34	21,2	21,7	0,65	35,4	3,32	1,29	0,30	2,36	0,07	2,23	19,54	31,49	2,05	21,37	0,25	13,74	0,63	55,02	4,00	5,26	0,22	
	Total	100,00	8,20	4,47	2,84	1,31	6,83	55,5	0,39	1,93	0,18	0,07	1,75	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	4,27	
270 + 325#	+ 0,2 A	88,49	2,18	3,01	1,11	1,29	3,74	65,0	0,47	1,64	0,06	0,08	0,51	60,45	41,26	81,73	48,94	97,35	79,46	94,37	32,83	84,38	48,66	0,33	
	- 0,2 + 0,4 A	6,19	0,15	11,5	7,17	3,64	17,8	23,1	0,63	1,13	0,10	0,17	5,24	16,14	18,61	16,15	16,31	2,42	7,45	4,54	3,83	12,17	34,97	0,24	
	- 0,4 A	5,33	0,13	19,4	18,0	0,56	44,1	2,49	1,29	0,32	1,92	0,06	2,85	23,41	40,13	2,12	34,74	0,22	13,10	1,09	63,34	3,45	16,37	0,11	
	Total	100,00	2,47	4,41	2,38	1,39	6,76	59,1	0,52	1,54	0,16	0,08	0,93	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	0,68	
325 + 400#	+ 0,2 A	90,43	1,16	2,71	1,14	1,13	4,43	65,8	0,40	1,79	0,11	0,06	0,42	59,38	40,40	83,27	55,14	99,04	79,94	97,11	82,82	86,50	45,53	0,15	
	- 0,2 + 0,4 A	3,10	0,04	14,8	9,6	4,99	19,9	12,0	0,57	0,82	0,05	0,15	7,80	11,14	11,63	12,81	8,47	0,82	3,94	1,54	1,28	7,21	29,02	0,09	
	- 0,4 A	6,47	0,08	18,8	19,0	0,78	40,9	3,16	1,13	0,35	0,30	0,06	3,28	29,47	47,97	4,13	36,39	0,34	16,12	1,36	15,89	6,29	25,45	0,23	
	Total	100,00	1,29	4,13	2,56	1,23	7,27	60,0	0,45	1,66	0,12	0,07	0,83	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	0,32	
Total - 28 + 400#	+ 0,2 A	61,03	33,52	4,68	3,23	1,23	7,12	58,0	0,36	1,77	0,07	0,07	2,22	27,85	22,84	44,05	43,46	79,01	30,14	81,82	22,71	57,58	35,56	22,20	
	- 0,2 + 0,4 A	21,63	11,88	10,8	6,03	3,34	13,8	38,9	0,61	0,70	0,15	0,11	7,97	22,79	15,10	42,56	29,63	18,77	18,08	11,46	17,34	30,51	45,22	28,23	
	- 0,4 A	17,34	9,52	29,2	30,9	1,31	15,3	5,73	2,17	0,51	0,65	0,05	4,22	49,35	62,06	13,39	28,61	2,22	51,78	6,73	59,94	11,91	19,21	11,99	
	Total	100,00	54,92	10,2	8,64	1,70	10,0	44,8	0,73	1,32	0,19	0,08	3,81	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	62,42	

Tabela 2.27

RESULTADOS DOS ENSAIOS DE SEPARAÇÃO MAGNÉTICA (FRANTZ) NOS PRODUTOS AFUNDADOS ($d > 2,85\text{g/cm}^3$) (B)

AMOSTRA DE CATALÃO : REJEITO DA FLOTAÇÃO DE GROSSOS (RFG)

FRAÇÃO	PRODUTO	% Peso Ensaio	% Peso Amostra	TEORES							DISTRIBUIÇÃO NO ENSAIO										DISTRIBUIÇÃO NA AMOSTRA													
				TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	Ni2O5 (%)	ZrO2 (%)	CaO (%)	TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	Ni2O5 (%)	ZrO2 (%)	CaO (%)	TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Ni2O5 (%)	Ca2O3 (%)	Ni2O5 (%)	ZrO2 (%)	CaO (%)	
28 + 48#	+ 0,2 A	30,98	1,20	5,91	0,72	0,04	0,37	1,17	0,36	0,36	0,13	0,24	0,63	43,44	47,43	35,64	21,67	18,12	34,39	19,12	16,34	27,32	91,14	0,84	1,30	***	***	2,01	1,35	1,01	***	***	0,77	***
	- 0,2 + 0,4 A	29,19	1,13	4,59	0,71	0,05	0,38	2,54	0,38	0,61	0,28	0,32	0,05	31,78	43,93	45,06	21,31	36,99	34,22	31,02	33,01	34,75	6,81	0,61	1,20	***	***	1,98	2,76	1,01	***	***	0,98	***
	- 0,4 A	39,63	1,54	2,62	0,10	0,02	0,75	2,26	0,25	0,72	0,32	0,26	0,01	24,78	8,64	19,29	57,02	44,89	31,38	49,86	50,66	37,93	2,05	0,48	0,24	***	***	5,29	3,35	0,93	***	***	1,07	***
	Total	100,00	3,88	4,21	0,47	0,03	0,52	2,01	0,32	0,58	0,25	0,27	0,21	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	1,92	2,74	***	***	9,27	7,46	2,95	***	***	2,82	***
48 + 65#	+ 0,2 A	36,15	2,20	7,28	0,83	0,04	0,39	1,51	0,42	0,43	0,16	0,28	0,05	49,06	53,51	4,79	24,73	23,85	41,97	20,48	23,10	27,63	8,86	1,89	2,73	***	***	3,91	3,19	2,19	***	***	1,67	***
	- 0,2 + 0,4 A	27,32	1,66	5,79	0,81	0,06	0,41	3,01	0,44	0,84	0,27	0,40	0,63	29,49	39,50	5,47	19,80	35,96	33,31	30,30	28,76	29,85	89,43	1,13	2,02	***	***	3,13	4,81	1,73	***	***	1,80	***
	- 0,4 A	36,53	2,23	3,15	0,11	0,76	0,86	2,52	0,24	1,02	0,32	0,43	0,01	21,45	7,00	89,73	55,47	40,19	24,71	49,22	47,13	42,52	1,71	0,82	0,36	***	***	8,76	5,38	1,29	***	***	2,56	***
	Total	100,00	6,09	5,36	0,56	0,31	0,57	2,29	0,36	0,76	0,24	0,37	0,19	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	3,85	5,11	***	***	15,80	13,37	5,21	***	***	6,03	***
65 + 100#	+ 0,2 A	44,44	6,36	13,2	1,17	0,06	0,23	1,09	0,84	0,28	0,12	0,21	0,04	66,52	63,96	10,97	21,62	21,56	55,60	16,57	19,75	21,11	53,03	9,88	11,18	***	***	6,70	6,62	12,65	***	***	3,65	***
	- 0,2 + 0,4 A	31,61	4,52	8,56	0,86	0,07	0,48	3,82	0,63	1,19	0,40	0,75	0,04	23,50	33,22	9,33	32,02	53,94	29,89	49,33	47,69	53,24	38,70	3,49	5,81	***	***	9,93	16,57	6,80	***	***	9,21	***
	- 0,4 A	23,95	3,43	3,67	0,10	0,76	0,92	2,29	0,41	1,08	0,36	0,48	0,01	9,97	2,82	79,70	46,36	24,50	14,52	34,10	32,58	25,65	8,27	1,48	0,49	***	***	14,37	7,53	3,30	***	***	4,44	***
	Total	100,00	14,31	8,82	0,81	0,23	0,47	2,24	0,67	0,76	0,27	0,45	0,03	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	14,85	17,48	***	***	31,00	30,72	22,75	***	***	17,30	***
100 + 150#	+ 0,2 A	68,38	7,82	19,0	1,61	0,05	0,12	0,85	0,57	0,34	***	0,22	0,03	84,49	84,84	71,63	28,67	34,28	61,73	35,59	***	23,09	9,86	25,48	18,92	***	***	4,26	6,39	10,59	***	***	4,58	***
	- 0,2 + 0,4 A	19,78	2,26	9,36	0,96	0,06	0,51	4,09	0,66	1,60	0,45	1,74	0,04	12,03	14,56	25,68	35,34	47,64	26,93	49,05	***	53,81	4,62	3,63	3,25	***	***	5,26	8,88	4,62	***	***	10,67	***
	- 0,4 A	11,84	1,35	4,54	0,07	0,01	0,86	2,60	0,60	0,84	0,37	1,25	1,33	3,49	0,60	2,70	36,00	18,08	11,35	15,36	***	23,10	85,72	1,05	0,13	***	***	5,36	3,37	1,95	***	***	4,58	***
	Total	100,00	11,44	15,4	1,30	0,04	0,28	1,70	0,63	0,64	0,18	0,69	0,03	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	30,16	22,31	***	***	14,88	18,65	17,15	***	***	19,82	***
150 + 200#	+ 0,2 A	75,38	8,43	20,2	1,63	0,06	0,09	0,73	0,68	0,25	0,07	0,23	0,03	84,82	85,48	79,95	33,59	40,33	63,09	35,24	31,78	24,87	***	15,27	15,70	***	***	2,62	4,52	8,81	***	***	3,96	***
	- 0,2 + 0,4 A	18,73	1,60	13,5	1,10	0,06	0,47	3,59	1,05	1,59	0,54	2,04	0,03	14,10	14,31	19,19	43,71	49,18	28,47	55,98	57,32	55,51	***	2,54	2,63	***	***	3,41	5,51	3,98	***	***	8,83	***
	- 0,4 A	5,89	0,50	3,29	0,05	0,01	0,77	2,44	0,99	0,79	0,33	2,29	***	1,08	0,21	0,86	22,68	10,49	8,44	8,78	10,90	19,62	***	0,19	0,04	***	***	1,77	1,17	1,18	***	***	3,12	***
	Total	100,00	8,53	17,9	1,43	0,05	0,20	1,37	0,69	0,53	0,18	0,69	0,03	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	18,00	18,37	***	***	7,81	11,20	13,97	***	***	15,91	***
200 + 270#	+ 0,2 A	89,20	7,31	20,8	1,63	0,06	0,10	0,84	0,71	0,39	0,10	0,42	0,03	95,60	98,53	96,07	58,72	64,35	78,86	66,13	60,10	48,00	***	17,87	17,91	***	***	3,48	5,86	12,26	***	***	8,22	***
	- 0,2 + 0,4 A	6,67	0,55	11,5	0,29	0,03	0,65	4,39	1,69	2,43	0,78	3,93	0,39	3,95	1,33	3,53	27,25	25,30	14,14	30,49	34,60	33,99	***	0,74	0,24	***	***	1,62	2,30	2,20	***	***	5,82	***
	- 0,4 A	4,12	0,34	2,14	0,05	0,01	0,54	2,91	1,35	0,44	0,19	3,37	***	0,45	0,14	0,40	14,03	10,35	7,00	3,38	5,30	18,01	***	0,08	0,03	***	***	0,83	0,94	1,09	***	***	3,09	***
	Total	100,00	8,20	19,4	1,48	0,05	0,16	1,16	0,80	0,53	0,15	0,77	0,03	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	18,69	18,18	***	***	5,93	9,10	15,55	***	***	17,13	***
270 + 325#	+ 0,2 A	88,49	2,18	19,3	1,56	0,07	0,08	0,52	0,68	0,24	0,09	0,33	0,03	94,45	98,07	***	58,47	72,80	68,80	57,44	54,80	36,62	92,88	4,96	5,11	***	***	0,78	1,10	3,03	***	***	1,94	***
	- 0,2 + 0,4 A	6,19	0,15	14,1	0,40	0,03	0,51	2,13	2,35	2,47	0,92	5,36	0,02	4,83	1,76	***	26,64	20,69	19,39	40,96	39,49	41,87	4,03	0,25	0,09	***	***	0,36	0,31	0,85	***	***	2,22	***
	- 0,4 A	5,33	0,13	2,44	0,05	***	0,33	0,78	1,66	0,11	0,15	3,20	0,02	0,72	0,18	***	14,89	8,51	11,81	1,60	5,71	21,51	3,08	0,04	0,01	***	***	0,20	0,10	0,52	***	***	1,14	***
	Total	100,00	2,47	18,1	1,41	***	0,12	0,64	0,75	0,37	0,14	0,79	0,03	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	5,25	5,21	***	***	1,34	1,51	4,40	***	***	5,30	***
325 + 400#	+ 0,2 A	90,43	1,16	18,6	1,42	0,06	0,08	0,49	0,68	0,24	0,11	0,47	0,03	96,43	99,12	97,81	62,69	77,82	84,30	71,16	67,71	46,20	96,33	2,54	2,47	***	***	0,40	0,54	1,60	***	***	1,47	***
	- 0,2 + 0,4 A	3,10	0,04	13,6	0,27	0,03	0,43	0,96	2,76	2,53	1,21	6,05	0,02	2,41	0,65	1,62	12,19	5,29	13,82	25,50	24,64	20,54	2,00	0,06	0,02	***	***	0,08	0,04	0,26	***	***	0,65	***
	- 0,4 A	6,47	0,08	3,12	0,05	0,01	0,42	1,47	0,18	0,16	0,16	4,70	0,01	1,16	0,23	0,56	25,12	16,89	1,88	3,35	7,65	33,26	1,67	0,03	0,01	***	***	0,16	0,12	0,04	***	***	1,06	***
	Total	100,00	1,29	17,4	1,29	0,06	0,11	0,56	0,62	0,31	0,15	0,91	0,03	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	2,64	2,49	***	***	0,64	0,70	1,89	***	***	3,18	***
Total - 28 + 400#	+ 0,2 A	61,03	33,52	17,3	1,45	0,05	0,15	0,90	0,63	0,32	***	0,27	0,05	81,89	81,51	***	27,63	31,55	61,65	30,96	***	29,39	***	76,18	72,85	***	***	23,77	29,03	50,54	***	***	24,78	***
	- 0,2 + 0,4 A																																	

Tabela 2.28

RESULTADOS DE SEPARAÇÃO GRANULOMÉTRICA E ANÁLISES QUÍMICAS POR FAIXA
AMOSTRA DE CATALÃO : REJEITO DA FLOTAÇÃO DE FINOS (RFF)

FRAÇÃO	% PESO RETIDO	% PESO ACUM. ACIMA	% PESO ACUM. ABAIXO	TEORES										DISTRIBUIÇÃO										P.F. (%)	K2O (%)	SO3 (%)	MgO (%)	F (%)	Fe2O3 (%)	SiO2 (%)	Al2O3 (%)	CaO (%)	P2O5 (%)
				P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)	P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)										
+ 65#	3,68	3,68	96,32	5,53	5,13	3,73	56,9	11,4	***	7,55	0,10	0,44	6,15	2,56	3,04	5,75	5,65	1,58	***	8,61	1,78	7,97	4,58										
- 65 + 100#	10,68	14,36	85,64	7,00	6,93	2,86	54,3	13,8	***	4,99	0,09	0,34	4,82	9,38	11,90	12,76	15,62	5,58	***	16,50	4,85	17,76	10,43										
- 100 + 150#	11,98	26,34	73,66	7,80	7,36	2,21	48,4	18,0	***	3,18	0,14	0,23	5,51	11,73	14,19	11,07	15,62	8,15	***	11,81	8,39	13,73	13,36										
- 150 + 200#	13,14	39,48	60,52	7,82	6,54	2,52	43,2	21,4	***	3,79	0,17	0,28	5,08	12,89	13,82	13,87	15,31	10,62	***	15,43	11,15	18,31	13,52										
- 200 + 270#	20,59	60,07	39,93	8,22	6,44	2,46	38,4	25,2	0,72	3,48	0,17	0,24	4,54	21,26	21,32	21,25	21,32	19,56	***	22,23	18,07	24,18	18,94										
- 270 + 325#	12,55	72,62	27,38	8,99	6,33	2,07	32,3	29,7	***	2,24	0,19	0,14	4,63	14,16	12,78	10,88	10,93	14,07	***	8,70	12,04	8,86	11,76										
- 325 + 400#	10,14	82,77	17,23	8,78	5,96	2,05	26,2	34,0	***	1,93	0,27	0,02	4,79	11,17	9,72	8,70	7,17	13,02	***	6,05	13,99	0,93	9,83										
- 400#	17,23	100,00	0,00	7,79	4,78	2,18	18,0	42,2	***	2,00	0,34	0,10	5,04	16,85	13,24	15,71	8,37	27,41	***	10,68	29,74	8,26	17,59										
TOTAL	100,00	***	***	7,97	6,22	2,39	37,1	26,5	***	3,23	0,20	0,20	4,94	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	100,00										

FRAÇÃO	% PESO RETIDO	% PESO ACUM. ACIMA	% PESO ACUM. ABAIXO	TEORES										DISTRIBUIÇÃO										TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SrO (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	Nd2O5 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)
				TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SrO (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	Nd2O5 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)	TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SrO (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	Nd2O5 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)										
+ 65#	3,68	3,68	96,32	1,35	0,25	0,02	0,15	0,28	0,12	0,17	0,10	0,09	0,02	0,80	1,21	2,20	1,99	0,63	1,20	1,21	1,91	1,22	1,05										
- 65 + 100#	10,68	14,36	85,64	1,99	0,35	0,03	0,24	0,92	0,15	0,27	0,12	0,12	0,02	3,40	4,98	8,80	9,17	5,93	4,33	5,51	7,08	4,62	2,96										
- 100 + 150#	11,98	26,34	73,66	3,47	0,50	0,02	0,27	1,12	0,24	0,37	0,15	0,14	0,02	6,66	7,91	8,27	11,66	8,13	7,58	8,34	9,74	5,84	3,83										
- 150 + 200#	13,14	39,48	60,52	4,75	0,62	0,03	0,26	1,29	0,30	0,45	0,14	0,23	0,03	10,02	10,76	11,16	12,13	10,29	10,43	11,25	10,07	10,73	5,32										
- 200 + 270#	20,59	60,07	39,93	5,67	0,74	0,03	0,29	1,52	0,36	0,52	0,18	0,26	0,03	18,73	20,22	20,17	20,92	18,94	19,25	20,40	19,85	18,54	8,95										
- 270 + 325#	12,55	72,62	27,38	7,58	0,89	0,04	0,31	1,93	0,46	0,56	0,18	0,40	0,03	15,27	14,70	15,59	14,01	14,66	15,11	13,34	12,39	17,48	5,20										
- 325 + 400#	10,14	82,77	17,23	9,64	1,03	0,04	0,31	2,20	0,58	0,75	0,24	0,54	0,45	15,70	13,81	11,00	11,23	13,47	15,32	14,27	12,99	19,10	60,97										
- 400#	17,23	100,00	0,00	10,6	1,16	0,05	0,31	2,68	0,59	0,79	0,28	0,37	0,05	29,41	26,41	22,81	18,89	27,95	26,77	25,67	25,97	22,46	11,70										
TOTAL	100,00	***	***	6,23	0,76	0,04	0,28	1,65	0,38	0,53	0,19	0,28	0,08	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00										

Tabela 2.29

RESULTADOS DOS ENSAIOS DE SEPARAÇÃO EM LÍQUIDO ORGÂNICO DENSO (BROMOFORMIO d=2,85g/cm³) E ANÁLISES QUÍMICAS (A)

AMOSTRA DE CATALÃO : REJEITO DA FLOTAÇÃO DE FINOS (RFF)

FRAÇÃO	PRODUTO	% Peso Ensaio	% Peso Amostra	TEORES							DISTRIBUIÇÃO NO ENSAIO							DISTRIBUIÇÃO NA AMOSTRA						
				P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)	P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)	
+ 65#	Flutuado	79,16	2,91	1,85	1,57	4,07	67,2	7,77	***	9,29	0,06	0,54	5,94	26,48	24,19	86,35	93,45	53,94	***	97,39	52,97	95,91	76,51	3,51
	Afundado	20,84	0,77	19,5	18,7	2,44	17,9	25,2	***	0,95	0,22	0,09	6,93	73,52	75,81	13,65	6,55	46,06	***	2,61	47,03	4,09	23,49	1,08
	Total	100,00	3,68	5,53	5,13	3,73	56,9	11,4	***	7,55	0,10	0,44	6,15	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	100,00	4,58
- 65 + 100#	Flutuado	67,47	7,20	1,67	1,62	3,03	74,0	6,78	***	6,90	0,04	0,46	4,02	16,13	15,76	71,64	92,03	33,03	***	93,37	32,20	91,67	56,25	5,86
	Afundado	32,53	3,47	18,0	17,9	2,49	13,3	28,5	***	1,02	0,19	0,09	6,48	83,87	84,24	28,36	7,97	66,97	***	6,63	67,80	8,33	43,75	4,56
	Total	100,00	10,68	7,00	6,93	2,86	54,3	13,8	***	4,99	0,09	0,34	4,82	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	100,00	10,43
- 100 + 150#	Flutuado	57,38	6,87	1,29	1,42	1,97	76,1	7,44	***	4,79	0,05	0,34	5,11	9,48	11,08	51,22	90,23	23,65	***	86,36	19,03	82,80	53,26	7,11
	Afundado	42,62	5,11	16,6	15,4	2,53	11,1	32,3	***	1,02	0,28	0,09	6,04	90,52	88,92	48,78	9,77	76,35	***	13,64	80,97	17,20	46,74	6,24
	Total	100,00	11,98	7,80	7,36	2,21	48,4	18,0	***	3,18	0,14	0,23	5,51	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	100,00	13,36
- 150 + 200#	Flutuado	50,55	6,64	2,47	1,84	2,62	73,0	7,04	0,69	6,13	0,05	0,45	4,10	15,96	14,24	52,52	85,35	16,62	***	81,75	16,24	80,21	40,80	5,51
	Afundado	49,45	6,50	13,3	11,3	2,42	12,8	36,1	***	1,40	0,28	0,11	6,08	84,04	85,76	47,48	14,65	83,38	***	18,25	83,76	19,79	59,20	8,00
	Total	100,00	13,14	7,82	6,54	2,52	43,2	21,4	***	3,79	0,17	0,28	5,08	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	100,00	13,52
- 200 + 270#	Flutuado	43,11	8,88	3,63	2,76	2,45	70,4	7,64	0,57	6,30	0,05	0,41	3,73	19,04	18,46	42,88	79,08	13,09	34,12	77,98	12,39	74,17	35,41	6,71
	Afundado	56,89	11,72	11,7	9,23	2,47	14,1	38,5	0,84	1,35	0,27	0,11	5,16	80,96	81,54	57,12	20,92	86,91	65,88	22,02	87,61	25,83	64,59	12,23
	Total	100,00	20,59	8,22	6,44	2,46	38,4	25,2	0,72	3,48	0,17	0,24	4,54	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	18,94
- 270 + 325#	Flutuado	15,08	1,89	6,18	4,41	1,83	66,2	9,76	***	4,45	0,04	0,25	4,04	10,37	10,50	13,29	30,88	4,95	***	29,99	3,17	26,54	13,16	1,55
	Afundado	84,92	10,66	9,48	6,67	2,11	26,3	33,3	0,56	1,84	0,22	0,12	4,73	89,63	89,50	86,71	68,12	95,05	***	70,01	96,83	73,46	86,84	10,22
	Total	100,00	12,55	8,99	6,33	2,07	32,3	28,7	***	2,24	0,19	0,14	4,63	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	100,00	11,76
- 325 + 400#	Flutuado	0,26	0,03	10,4	6,72	2,51	56,9	12,9	0,92	3,46	0,27	0,22	0,82	0,30	0,29	0,32	0,56	0,10	***	0,46	0,28	2,94	0,05	0,00
	Afundado	99,74	10,11	8,77	5,96	2,05	26,2	34,1	***	1,92	0,27	0,02	4,80	99,70	99,71	99,68	98,44	99,90	***	98,54	99,74	97,06	99,95	9,82
	Total	100,00	10,14	8,78	5,96	2,05	26,2	34,0	***	1,93	0,27	0,02	4,79	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	100,00	9,83
Total + 400#	Flutuado	41,60	34,43	2,52	2,07	2,61	72,3	7,44	***	6,24	0,05	0,42	4,34	13,12	13,20	44,66	73,23	13,31	***	74,53	12,19	76,62	36,71	30,26
	Afundado	58,40	48,33	11,9	9,69	2,31	18,8	34,5	***	1,52	0,25	0,09	5,33	86,88	86,80	55,34	26,77	86,69	***	25,47	87,81	23,38	63,29	52,15
	Total	100,00	82,77	8,00	6,52	2,43	41,1	23,2	***	3,48	0,17	0,23	4,92	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	100,00	82,41

Tabela 2.30

RESULTADOS DOS ENSAIOS DE SEPARAÇÃO EM LÍQUIDO ORGÂNICO DENSO (BROMOFORMIO $d=2,85g/cm^3$) E ANÁLISES QUÍMICAS (B)

AMOSTRA DE CATALÃO : REJEITO DA FLOTAÇÃO DE FINOS (RFF)

FRAÇÃO	PRODUTO	% Peso Ensaio	% Peso Amostra	TEORES							DISTRIBUIÇÃO NO ENSAIO										DISTRIBUIÇÃO NA AMOSTRA												
				TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SiO2 (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)	TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SiO2 (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)	TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SiO2 (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)			
+ 65#	Flutuado	79,16	2,91	0,73	0,16	0,02	0,05	0,10	0,08	0,07	0,05	0,06	0,02	42,58	48,64	67,03	26,52	28,32	50,13	31,75	40,29	53,67	73,73	0,34	0,60	1,48	0,53	0,18	0,60	0,39	0,77	0,66	0,78
	Atundado	20,84	0,77	3,72	0,80	0,03	0,54	0,97	0,30	0,57	0,28	0,21	0,03	57,42	50,36	32,97	73,48	71,68	49,87	68,25	59,71	46,33	26,27	0,46	0,61	0,73	1,46	0,45	0,60	0,83	1,14	0,57	0,28
	Total	100,00	3,68	1,35	0,25	0,02	0,15	0,28	0,12	0,17	0,10	0,09	0,02	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	0,80	1,21	2,20	1,99	0,63	1,20	1,21	1,91	1,22	1,05
65 + 100#	Flutuado	67,47	7,20	0,58	0,15	0,02	0,05	0,07	0,07	0,07	0,05	0,05	0,01	19,66	29,37	55,30	12,82	4,78	28,30	16,29	26,28	29,55	45,29	0,67	1,46	4,87	1,18	0,28	1,23	0,90	1,86	1,37	1,34
	Atundado	32,53	3,47	4,91	0,77	0,04	0,65	2,69	0,34	0,70	0,28	0,27	0,04	80,34	70,63	44,70	87,18	95,22	71,70	83,71	73,72	70,45	54,71	2,73	3,52	3,94	7,98	5,65	3,11	4,61	5,22	3,26	1,62
	Total	100,00	10,68	1,99	0,35	0,03	0,24	0,92	0,15	0,27	0,12	0,12	0,02	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	3,40	4,98	8,80	9,17	5,93	4,33	5,51	7,08	4,62	2,96
100 + 150#	Flutuado	57,38	6,87	0,53	0,15	0,01	0,05	0,15	0,07	0,11	0,04	0,05	0,02	8,84	17,08	28,10	10,66	7,57	16,66	17,12	14,44	22,32	42,95	0,59	1,35	2,32	1,24	0,62	1,28	1,43	1,41	1,30	1,65
	Atundado	42,62	5,11	7,41	0,97	0,04	0,58	2,43	0,47	0,72	0,30	0,25	0,03	91,16	82,92	71,90	89,34	92,43	83,14	82,88	85,56	77,68	57,05	6,07	6,56	5,94	10,42	7,52	6,31	6,91	8,33	4,54	2,19
	Total	100,00	11,98	3,47	0,50	0,02	0,27	1,12	0,24	0,37	0,15	0,14	0,02	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	6,66	7,91	8,27	11,66	8,13	7,58	8,34	9,74	5,84	3,83
150 + 200#	Flutuado	50,55	6,64	0,55	0,15	0,02	0,06	0,14	0,11	0,08	0,04	0,07	0,02	5,81	12,30	25,13	10,88	5,39	18,85	8,81	15,26	16,09	28,24	0,58	1,32	2,81	1,32	0,55	1,97	0,99	1,54	1,73	1,50
	Atundado	49,45	6,50	9,05	1,10	0,05	0,47	2,48	0,50	0,84	0,24	0,39	0,04	94,19	87,70	74,87	88,12	94,61	81,15	91,19	84,74	83,91	71,76	9,44	9,44	8,36	10,81	9,73	8,46	10,26	8,54	9,00	3,82
	Total	100,00	13,14	4,75	0,62	0,03	0,26	1,29	0,30	0,45	0,14	0,23	0,03	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	10,02	10,78	11,16	12,13	10,29	10,43	11,25	10,07	10,73	5,32
200 + 270#	Flutuado	43,11	8,88	0,61	0,20	0,01	0,09	0,30	0,11	0,12	0,07	0,09	0,02	4,65	11,47	16,11	14,15	8,59	12,92	9,69	16,37	14,97	27,72	0,87	2,32	3,25	2,96	1,63	2,49	1,98	3,25	2,78	2,48
	Atundado	56,89	11,72	9,50	1,16	0,05	0,43	2,44	0,55	0,83	0,26	0,38	0,04	95,35	88,53	83,89	85,85	91,41	87,08	90,31	83,63	85,03	72,28	17,86	17,90	16,92	17,96	17,32	16,76	18,42	16,60	15,77	6,47
	Total	100,00	20,59	5,67	0,74	0,03	0,29	1,52	0,36	0,52	0,18	0,26	0,03	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	18,73	20,22	20,17	20,92	18,94	19,25	20,40	19,85	18,54	8,95
270 + 325#	Flutuado	15,08	1,89	1,04	0,22	0,02	0,18	0,69	0,14	0,21	0,00	0,09	0,02	2,07	3,81	7,18	8,48	5,36	4,56	5,49	0,00	3,42	10,16	0,32	0,56	1,12	1,19	0,79	0,69	0,73	0,00	0,60	0,53
	Atundado	84,92	10,66	8,74	1,01	0,05	0,34	2,15	0,52	0,63	0,22	0,45	0,03	97,93	96,19	92,82	91,52	94,64	95,44	94,51	100,00	96,58	89,84	14,96	14,14	14,47	12,83	13,87	14,42	12,61	12,39	16,89	4,67
	Total	100,00	12,55	7,58	0,89	0,04	0,31	1,93	0,46	0,56	0,18	0,40	0,03	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	15,27	14,70	15,59	14,01	14,68	15,11	13,34	12,39	17,48	5,20
325 + 400#	Flutuado	0,26	0,03	3,19	0,39	0,03	0,17	0,24	0,34	0,26	0,12	0,10	0,63	0,09	0,10	0,18	0,14	0,03	0,15	0,09	0,13	0,05	0,36	0,01	0,01	0,02	0,02	0,00	0,02	0,01	0,02	0,01	0,22
	Atundado	99,74	10,11	9,66	1,03	0,04	0,31	2,20	0,58	0,75	0,24	0,54	0,45	99,91	99,90	99,82	99,86	99,97	99,85	99,91	99,87	99,95	99,64	15,66	13,79	10,98	11,22	13,47	15,30	14,26	12,97	19,09	60,75
	Total	100,00	10,14	9,64	1,03	0,04	0,31	2,20	0,58	0,75	0,24	0,54	0,45	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	15,70	13,81	11,00	11,23	13,47	15,32	14,27	12,99	19,10	60,97
Total + 400#	Flutuado	41,60	34,43	0,61	0,17	0,02	0,07	0,19	0,09	0,10	0,05	0,07	0,02	4,79	10,37	20,55	10,39	5,62	11,30	8,64	11,94	10,88	9,62	3,38	7,63	15,86	8,43	4,05	8,27	6,42	8,84	8,44	8,50
	Atundado	58,40	48,33	8,66	1,03	0,05	0,42	2,33	0,51	0,74	0,25	0,41	0,12	95,21	89,63	79,45	89,61	94,38	88,70	91,36	88,06	89,12	90,38	67,21	65,96	61,33	72,68	68,00	64,96	67,90	65,19	69,10	79,80
	Total	100,00	82,77	5,31	0,67	0,03	0,28	1,44	0,34	0,48	0,17	0,27	0,08	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	70,59	73,59	77,19	81,11	72,05	73,23	74,33	74,03	77,54	88,30

Tabela 2.31

RESULTADOS DOS ENSAIOS DE SEPARAÇÃO MAGNÉTICA (FRANTZ) NOS PRODUTOS AFUNDADOS ($d > 2,85\text{g/cm}^3$) (A)

AMOSTRA DE CATALÃO : REJEITO DA FLOTAÇÃO DE FINOS (RFF)

FRAÇÃO	PRODUTO	% Peso Ensaio	% Peso Amostra	TEORES							DISTRIBUIÇÃO NO ENSAIO							DISTRIBUIÇÃO NA AMOSTRA															
				P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)	P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)										
+ 65#	+ 0,2 A	30,53	0,23	12,0	9,45	2,44	18,0	38,6	0,80	1,70	0,16	0,11	8,29	18,79	15,46	30,44	30,75	46,76	***	54,78	22,36	37,62	36,55	0,35	0,36	0,24	0,11	0,34	***	0,12	0,19	0,12	0,39
	- 0,2 + 0,4 A	28,24	0,22	12,3	7,49	3,63	20,9	35,7	0,54	0,88	0,13	0,09	9,27	17,76	11,33	42,02	33,04	40,02	***	26,14	17,28	30,57	37,80	0,33	0,26	0,33	0,12	0,29	***	0,06	0,14	0,10	0,41
	- 0,4 A	41,22	0,32	30,0	33,2	1,63	15,7	8,08	***	0,44	0,32	0,07	4,31	63,45	73,21	27,54	36,20	13,22	***	19,08	60,37	31,80	25,65	1,19	1,69	0,22	0,13	0,10	***	0,04	0,50	0,10	0,28
	Total	100,00	0,77	19,5	18,7	2,44	17,9	25,2	***	0,95	0,22	0,09	6,93	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	100,00	1,88	2,30	0,78	0,37	0,73	***	0,22	0,84	0,33
65 + 100#	+ 0,2 A	31,47	1,09	9,66	7,69	2,37	13,1	45,4	0,48	1,50	0,09	0,10	7,12	16,84	13,48	30,01	31,00	50,16	***	46,56	14,92	37,25	34,56	1,33	1,35	1,09	0,39	1,87	***	0,51	0,49	0,55	1,58
	- 0,2 + 0,4 A	29,68	1,03	11,4	6,68	3,84	15,8	39,0	***	0,98	0,10	0,11	9,02	18,68	11,05	45,81	35,26	40,57	***	28,69	15,33	38,20	41,29	1,47	1,11	1,66	0,44	1,52	***	0,31	0,50	0,56	1,88
	- 0,4 A	38,85	1,35	30,0	34,9	1,55	11,5	6,80	1,53	0,85	0,34	0,06	4,03	64,48	75,47	24,18	33,73	9,26	***	24,75	69,75	24,56	24,15	5,08	7,57	0,88	0,42	0,35	***	0,27	2,29	0,36	1,10
	Total	100,00	3,47	18,0	17,9	2,49	13,3	28,5	***	1,02	0,19	0,09	6,48	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	100,00	7,87	10,02	3,62	1,24	3,73	***	1,09	3,29	1,48
100 + 150#	+ 0,2 A	43,48	2,22	11,0	8,07	2,38	10,5	45,6	***	1,18	0,13	0,10	5,96	28,76	22,85	40,87	41,13	61,30	***	50,49	22,11	46,01	42,92	3,05	2,88	2,21	0,63	3,82	***	0,81	1,50	1,09	2,68
	- 0,2 + 0,4 A	29,52	1,51	11,3	6,39	4,01	13,0	38,1	0,52	1,23	0,11	0,14	8,61	20,06	12,27	46,81	34,58	34,82	***	35,61	12,21	43,42	42,10	2,13	1,55	2,53	0,53	2,17	***	0,57	0,83	1,02	2,63
	- 0,4 A	27,01	1,38	31,4	36,9	1,15	10,0	4,63	3,05	0,52	0,64	0,04	3,35	51,18	64,88	12,32	24,30	3,87	***	13,90	65,68	10,57	14,98	5,43	8,18	0,67	0,37	0,24	***	0,22	4,46	0,25	0,94
	Total	100,00	5,11	16,6	15,4	2,53	11,1	32,3	***	1,02	0,26	0,09	6,04	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	100,00	10,62	12,61	5,40	1,53	6,23	***	1,61	6,79	2,36
150 + 200#	+ 0,2 A	48,64	3,16	7,91	5,35	2,43	9,4	49,6	***	1,72	0,14	0,13	5,60	28,94	22,96	48,70	35,59	66,77	***	59,72	23,22	54,19	44,78	3,14	2,72	3,21	0,80	5,91	***	1,68	2,17	1,96	3,58
	- 0,2 + 0,4 A	14,64	0,95	10,0	6,34	3,23	13,1	40,0	***	1,62	0,11	0,15	7,89	10,97	8,19	19,54	15,01	16,22	***	16,95	5,86	18,75	18,99	1,19	0,97	1,29	0,34	1,44	***	0,48	0,55	0,88	1,52
	- 0,4 A	36,73	2,39	21,7	21,3	2,09	17,2	16,7	1,10	0,89	0,55	0,08	6,00	80,09	68,85	31,76	49,41	17,01	***	23,33	70,92	27,06	36,23	6,51	8,16	2,09	1,11	1,51	***	0,66	6,62	0,98	2,90
	Total	100,00	6,50	13,3	11,3	2,42	12,8	36,1	***	1,40	0,28	0,11	6,08	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	100,00	10,84	11,85	6,59	2,24	8,86	***	2,82	9,34	3,62
200 + 270#	+ 0,2 A	65,75	7,70	8,52	5,82	2,42	10,6	47,2	0,75	1,45	0,19	0,11	4,71	47,85	41,48	64,40	49,33	80,64	58,87	70,69	46,40	63,34	60,06	8,24	7,21	7,82	2,20	13,71	***	3,46	7,35	3,96	7,35
	- 0,2 + 0,4 A	25,66	3,01	14,9	11,7	3,17	18,0	27,6	0,77	1,34	0,31	0,14	7,19	32,71	32,58	32,85	32,71	18,43	23,50	25,42	30,09	33,20	35,79	5,63	5,66	3,99	1,46	3,13	***	1,24	4,76	2,07	4,38
	- 0,4 A	8,59	1,01	26,5	27,9	0,79	29,5	4,18	1,72	0,61	0,73	0,04	2,49	19,43	25,94	2,75	17,95	0,93	17,63	3,89	23,51	3,47	4,15	3,34	4,51	0,33	0,80	0,16	***	0,19	3,72	0,22	0,51
	Total	100,00	11,72	11,7	9,23	2,47	14,1	38,5	0,84	1,35	0,27	0,11	5,16	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	17,21	17,39	12,14	4,46	17,00	***	4,89	15,83	6,25	12,23
270 + 325#	+ 0,2 A	80,14	8,54	8,56	5,79	2,12	22,6	37,3	0,54	1,80	0,20	0,12	4,76	72,32	69,59	80,31	68,92	89,89	77,24	78,23	75,04	76,40	80,58	9,18	7,96	7,58	5,21	12,02	***	4,76	8,75	4,97	8,23
	- 0,2 + 0,4 A	15,51	1,65	12,7	9,61	2,16	38,2	19,7	0,59	1,93	0,28	0,14	4,86	20,71	22,33	15,86	22,52	9,16	16,56	16,19	19,88	17,39	15,92	2,63	2,55	1,50	1,70	1,23	***	0,99	2,32	1,13	1,63
	- 0,4 A	4,35	0,46	15,2	12,4	1,86	51,7	7,24	0,79	2,37	0,25	0,18	3,80	6,97	8,08	3,83	8,56	0,95	6,19	5,58	5,08	6,21	3,50	0,88	0,92	0,36	0,65	0,13	***	0,34	0,59	0,40	0,36
	Total	100,00	10,66	9,48	6,67	2,11	26,3	33,3	0,56	1,84	0,22	0,12	4,73	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	12,69	11,43	9,43	7,55	13,37	***	6,09	11,66	6,51	10,22
325 + 400#	+ 0,2 A	86,13	8,71	8,08	5,34	2,01	24,2	36,7	***	1,90	0,24	0,00	4,69	79,29	77,25	84,56	79,81	92,68	***	85,35	75,60	0,00	84,24	8,83	7,49	7,34	5,69	12,06	***	5,14	10,55	0,00	8,27
	- 0,2 + 0,4 A	13,25	1,34	13,0	9,66	2,34	37,2	18,6	***	2,06	0,48	0,13	5,57	19,58	21,47	15,12	18,83	7,25	***	14,23	23,26	96,11	15,39	2,18	2,08	1,31	1,34	0,94	***	0,86	3,25	0,87	1,51
	- 0,4 A	0,62	0,06	16,1	12,3	1,08	57,8	4,04	1,30	1,32	0,51	0,12	2,85	1,13	1,27	0,32	1,36	0,07	***	0,42	1,15	3,89	0,37	0,13	0,12	0,03	0,10	0,01	***	0,03	0,16	0,04	0,04
	Total	100,00	10,11	8,77	5,96	2,05	26,2	34,1	***	1,92	0,27	0,02	4,80	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	100,00	11,14	9,69	8,68	7,13	13,01	***	6,02	13,95	0,91
Total + 400#	+ 0,2 A	65,51	31,66	8,58	5,89	2,22	17,6	41,6	***	1,68	0,19	0,08	5,00	47,22	39,79	63,19	61,25	79,03	***	72,48	50,23	58,98	61,52	34,11	29,96	29,47	15,03	49,73	***	16,49	30,99	12,65	32,09
	- 0,2 + 0,4 A	20,08	9,71	12,8	9,09	3,10	22,7	29,3	***	1,50	0,25	0,14	7,10	21,54	18,84	27,01	24,17	17,02	***	19,83	20,02	30,05	26,75	15,56	14,19	12,60	5,93	10,71	***	4,51	12,35	6,45	13,95
	- 0,4 A	14,41	6,96	25,8	27,8	1,57	19,1	9,46	***	0,81	0,52	0,07	4,33	31,24	41,37	9,80	14,58	3,95	***	7,69	29,75	10,97	11,72	22,57	31,15	4,57	3,58	2,48	***	1,75	18,35	2,35	6,11
	Total	100,00	48,33	11,9	9,69	2,31	18,8	34,5	***	1,52	0,25	0,09	5,33	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	100,00	72,24	75,30	46,64	24,53	62,93	***	22,75	61,70	21,45

Tabela 2.32

RESULTADOS DOS ENSAIOS DE SEPARAÇÃO MAGNÉTICA (FRANTZ) NOS PRODUTOS AFUNDADOS ($d > 2,85 \text{ g/cm}^3$) (B)

AMOSTRA DE CATALÃO : REJEITO DA FLOTAÇÃO DE FINOS (RFF)

FRAÇÃO	PRODUTO	% Peso Ensaio	% Peso Amostra	TEORES								DISTRIBUIÇÃO NO ENSAIO								DISTRIBUIÇÃO NA AMOSTRA													
				TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)	TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)	TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)			
+ 65#	+ 0,2 A	30,53	0,23	4,85	1,11	0,04	0,33	0,74	0,35	0,17	0,16	0,20	0,04	39,83	56,38	35,41	18,80	23,37	35,71	8,87	17,71	28,95	40,62	0,18	0,34	0,26	0,27	0,11	0,21	0,07	0,20	0,16	0,11
	- 0,2 + 0,4 A	28,24	0,22	4,20	0,71	0,06	0,45	1,94	0,35	0,47	0,29	0,20	0,04	31,92	33,26	46,20	23,42	56,55	33,22	23,42	29,69	27,05	36,53	0,15	0,20	0,34	0,34	0,25	0,20	0,19	0,34	0,15	0,10
	- 0,4 A	41,22	0,32	2,55	0,15	0,02	0,76	0,47	0,23	0,94	0,35	0,22	0,02	28,25	10,35	18,39	57,98	20,08	31,08	67,71	52,60	44,00	22,85	0,13	0,06	0,13	0,85	0,09	0,19	0,56	0,60	0,25	0,06
	Total	100,00	0,77	3,72	0,80	0,03	0,54	0,97	0,30	0,57	0,28	0,21	0,03	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	0,46	0,61	0,73	1,46	0,45	0,60	0,83	1,14	0,57	0,28
65 + 100#	+ 0,2 A	31,47	1,09	7,27	1,48	0,05	0,35	1,69	0,41	0,46	0,15	0,17	0,05	46,62	60,65	36,77	17,13	19,84	37,78	20,59	16,57	20,16	45,76	1,27	2,14	1,45	1,37	1,12	1,17	0,95	0,87	0,66	0,74
	- 0,2 + 0,4 A	29,68	1,03	4,93	0,82	0,07	0,54	4,35	0,42	0,77	0,34	0,21	0,05	29,80	31,61	51,64	24,62	48,08	36,06	32,67	35,83	23,80	43,16	0,81	1,11	2,03	1,97	2,71	1,12	1,51	1,87	0,78	0,70
	- 0,4 A	38,85	1,35	2,98	0,15	0,01	0,97	2,22	0,23	0,85	0,34	0,39	0,01	23,59	7,74	11,59	58,24	32,08	26,16	46,74	47,60	56,04	11,08	0,65	0,27	0,46	4,85	1,81	0,81	2,16	2,48	1,83	0,18
	Total	100,00	3,47	4,91	0,77	0,04	0,65	2,69	0,34	0,70	0,28	0,27	0,04	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	2,73	3,52	3,94	7,99	5,65	3,11	4,61	5,22	3,26	1,62
100 + 150#	+ 0,2 A	43,48	2,22	10,5	1,49	0,05	0,34	1,16	0,52	0,22	0,22	0,19	0,03	61,81	66,44	56,80	25,62	20,73	48,32	13,59	30,98	32,13	45,92	3,75	4,36	3,38	2,67	1,56	3,05	0,94	2,58	1,46	1,00
	- 0,2 + 0,4 A	29,52	1,51	6,99	0,99	0,06	0,57	4,54	0,53	1,33	0,39	0,31	0,05	27,85	30,01	39,28	28,99	55,05	33,12	54,77	37,49	36,17	44,01	1,69	1,97	2,33	3,02	4,14	2,09	3,78	3,12	1,64	0,96
	- 0,4 A	27,01	1,38	2,84	0,13	0,01	0,97	2,18	0,32	0,84	0,35	0,30	0,01	10,34	3,55	3,92	45,39	24,22	18,56	31,65	31,53	31,70	10,07	0,63	0,23	0,23	4,73	1,82	1,17	2,19	2,63	1,44	0,22
	Total	100,00	5,11	7,41	0,97	0,04	0,58	2,43	0,47	0,72	0,30	0,25	0,03	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	6,07	6,56	5,94	10,42	7,52	6,31	6,91	8,33	4,54	2,19
150 + 200#	+ 0,2 A	46,64	3,16	12,1	1,59	0,06	0,27	1,73	0,51	0,53	0,13	0,25	0,06	65,20	70,02	60,68	28,32	33,94	50,17	30,82	26,50	30,57	64,97	6,15	6,61	5,07	3,06	3,30	4,25	3,16	2,26	2,75	2,48
	- 0,2 + 0,4 A	14,64	0,95	9,24	1,20	0,06	0,48	3,42	0,55	1,09	0,35	0,30	0,05	14,93	15,97	17,62	14,98	20,22	16,16	19,04	20,69	11,24	15,91	1,41	1,51	1,47	1,62	1,97	1,37	1,95	1,77	1,01	0,61
	- 0,4 A	36,73	2,39	4,90	0,42	0,03	0,72	3,09	0,46	1,14	0,35	0,63	0,02	19,87	14,01	21,70	56,70	45,84	33,67	50,14	52,81	58,18	18,12	1,88	1,32	1,81	6,13	4,46	2,85	5,14	4,51	5,24	0,73
	Total	100,00	6,50	9,05	1,10	0,05	0,47	2,48	0,50	0,84	0,24	0,39	0,04	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	9,44	9,44	8,36	10,81	9,73	8,46	10,26	8,54	9,00	3,82
200 + 270#	+ 0,2 A	65,75	7,70	12,1	1,48	0,06	0,31	1,94	0,57	0,73	0,23	0,26	0,05	83,44	84,12	79,48	46,71	52,28	68,00	57,78	58,20	44,11	76,07	14,91	15,06	13,45	8,39	9,05	11,40	10,65	9,66	6,95	4,92
	- 0,2 + 0,4 A	25,66	3,01	5,59	0,69	0,04	0,65	4,00	0,59	1,21	0,35	0,77	0,04	15,10	15,18	19,01	38,66	42,01	27,72	37,31	33,83	51,72	22,27	2,70	2,72	3,22	6,94	7,28	4,65	6,87	5,82	8,15	1,44
	- 0,4 A	8,59	1,01	1,61	0,09	0,01	0,74	1,62	0,27	0,48	0,24	0,19	0,01	1,45	0,68	1,51	14,63	5,71	4,28	4,91	7,96	4,17	1,66	0,26	0,12	0,26	2,63	0,99	0,72	0,90	1,32	0,66	0,11
	Total	100,00	11,72	9,50	1,16	0,05	0,43	2,44	0,55	0,83	0,26	0,38	0,04	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	17,88	17,90	16,92	17,96	17,32	18,76	18,42	16,60	15,77	6,47
270 + 325#	+ 0,2 A	80,14	8,54	9,99	1,17	0,05	0,32	2,16	0,55	0,82	0,22	0,48	0,04	91,54	92,86	76,48	74,99	80,45	85,63	79,15	81,66	85,11	85,12	13,69	13,13	11,06	9,80	11,16	12,35	9,98	10,11	14,37	3,98
	- 0,2 + 0,4 A	15,51	1,65	4,31	0,43	0,03	0,43	2,50	0,42	0,70	0,21	0,37	0,03	7,64	6,56	9,97	19,84	18,05	12,55	17,19	15,30	12,62	12,24	1,14	0,93	1,44	2,54	2,50	1,81	2,17	1,89	2,13	0,57
	- 0,4 A	4,35	0,46	1,64	0,13	0,15	0,41	0,74	0,22	0,53	0,15	0,24	0,02	0,82	0,58	13,55	5,27	1,50	1,82	3,66	3,04	2,27	2,64	0,12	0,08	1,96	0,68	0,21	0,26	0,46	0,38	0,38	0,12
	Total	100,00	10,66	8,74	1,01	0,05	0,34	2,15	0,52	0,63	0,22	0,45	0,03	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	14,96	14,14	14,47	12,83	13,87	14,42	12,61	12,39	16,89	4,67
325 + 400#	+ 0,2 A	86,13	8,71	10,6	1,13	0,04	0,29	2,07	0,59	0,74	0,24	0,53	0,52	94,43	94,45	91,61	80,18	81,02	87,42	85,48	85,32	85,30	98,25	14,81	13,03	10,06	8,99	10,91	13,37	12,19	11,07	16,28	60,30
	- 0,2 + 0,4 A	13,25	1,34	4,02	0,43	0,02	0,46	3,14	0,54	0,80	0,26	0,59	0,03	5,51	5,50	8,25	19,33	18,91	12,37	14,27	14,40	14,58	0,73	0,86	0,76	0,91	2,17	2,55	1,89	2,03	1,87	2,78	0,45
	- 0,4 A	0,62	0,06	1,01	0,09	0,01	0,25	0,25	0,20	0,30	0,11	0,10	0,01	0,06	0,05	0,14	0,49	0,07	0,22	0,25	0,28	0,12	0,02	0,01	0,01	0,02	0,05	0,01	0,03	0,04	0,04	0,02	0,01
	Total	100,00	10,11	9,66	1,03	0,04	0,31	2,20	0,58	0,75	0,24	0,54	0,45	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	15,68	13,79	10,98	11,22	13,47	15,30	14,26	12,97	19,09	60,75
Total + 400#	+ 0,2 A	65,51	31,66	10,8	1,31	0,05	0,31	1,94	0,55	0,63	0,22	0,38	0,17	81,50	82,87	72,92	47,27	54,72	70,51	55,87	56,38	61,70	92,15	54,77	54,66	44,72	34,36	37,21	45,80	37,94	36,75	42,64	73,54
	- 0,2 + 0,4 A	20,08	9,71	5,63	0,72	0,04	0,54	3,65	0,52	1,01	0,32	0,49	0,04	13,04	13,94	19,14	25,60	31,47	20,20	27,27	25,28	24,09	6,05	8,77	9,20	11,74	18,61	21,40	13,12	18,52	16,48	16,65	4,83
	- 0,4 A	14,41	6,96	3,28	0,23	0,02	0,80	2,23	0,33	0,87	0,32	0,40	0,02	5,46	3,19	7,94	27,13	13,81	9,28	16,86	18,34	14,20	1,80	3,67	2,10	4,87	19,72	9,39	6,03	11,45	11,95	9,81	1,43
	Total	100,00	48,33	8,66	1,03	0,05	0,42	2,33	0,51	0,74	0,25	0,41	0,12	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	67,21	65,96	61,33	72,68	68,00	64,96	67,90	65,19	69,10	79,80

Tabela 2.33

RESULTADOS DE SEPARAÇÃO GRANULOMÉTRICA E ANÁLISES QUÍMICAS POR FAIXA
AMOSTRA DE CATALÃO : REJEITO DA FLOTAÇÃO DE ULTRA-FINOS (RFULTRF)

FRAÇÃO	% PESO RETIDO	% PESO ACUM. ACIMA	% PESO ACUM. ABAIXO	TEORES										DISTRIBUIÇÃO									
				P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)	P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)
+ 100#	0,16	0,16	99,84	5,50	6,02	7,42	37,6	10,2	1,14	16,7	0,11	0,67	11,8	0,10	0,15	0,38	0,22	0,06	0,29	0,54	0,06	0,50	0,26
- 100 + 150#	0,45	0,61	99,39	12,2	11,4	5,77	20,3	22,7	1,06	10,7	0,36	0,59	6,67	0,60	0,81	0,84	0,33	0,34	0,76	0,97	0,55	1,23	0,41
- 150 + 200#	0,58	1,20	98,80	9,57	8,20	5,03	17,2	33,9	0,73	9,11	0,33	0,49	6,15	0,60	0,75	0,94	0,35	0,66	0,67	1,06	0,65	1,31	0,48
- 200 + 270#	2,90	4,10	95,90	9,86	8,08	4,47	21,0	33,6	0,59	7,84	0,16	0,39	5,90	3,11	3,68	4,16	2,16	3,25	2,69	4,56	1,57	5,31	2,31
- 270 + 325#	3,97	8,07	91,93	9,75	8,10	3,86	29,2	25,2	0,69	7,55	0,11	0,39	8,65	4,20	5,05	4,92	4,11	3,33	4,34	6,01	1,54	7,08	4,64
- 325 + 400#	10,76	18,82	81,18	8,90	7,20	3,92	37,3	20,8	0,60	8,49	0,09	0,41	7,45	10,39	12,16	13,55	14,23	7,43	10,24	18,31	3,41	20,24	10,82
- 400#	81,18	100,00	0,00	9,20	6,07	2,89	27,3	31,4	0,63	4,21	0,34	0,17	7,40	81,00	77,40	75,20	78,60	84,94	81,01	68,54	92,23	64,32	81,09
TOTAL(1)	100,00	***	***	9,21	6,37	3,11	28,2	30,0	0,63	4,99	0,30	0,22	7,41	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
TOTAL(2)	***	***	***	7,93	7,37	3,69	33,0	32,3	***	4,02	***	0,32	6,85	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
FRAÇÃO	% PESO RETIDO	% PESO ACUM. ACIMA	% PESO ACUM. ABAIXO	TEORES										DISTRIBUIÇÃO									
				TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SrO (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	Nd2O5 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)	TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SrO (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	Nd2O5 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)
+ 100#	0,16	0,16	99,84	1,66	0,25	0,00	0,12	0,08	0,10	0,19	0,08	0,05	0,03	0,06	0,07	0,01	0,06	0,00	0,04	***	***	***	0,09
- 100 + 150#	0,45	0,61	99,39	5,10	0,79	0,04	0,22	0,38	0,25	***	***	***	0,04	0,55	0,59	0,37	0,30	0,07	0,27	***	***	***	0,37
- 150 + 200#	0,58	1,20	98,80	5,65	1,13	0,07	0,28	0,50	0,31	***	***	0,23	0,06	0,78	1,09	0,89	0,49	0,12	0,42	***	***	***	0,75
- 200 + 270#	2,90	4,10	95,90	3,95	1,02	0,06	0,33	0,65	0,36	0,59	0,17	0,27	0,05	2,71	4,88	3,48	2,85	0,75	2,42	***	***	***	3,02
- 270 + 325#	3,97	8,07	91,93	3,07	0,68	0,04	0,31	0,51	0,34	0,51	0,20	0,22	0,05	2,88	4,45	3,10	3,64	0,81	3,13	***	***	***	4,00
- 325 + 400#	10,76	18,82	81,18	2,54	0,49	0,03	0,29	0,70	0,28	0,28	0,15	0,18	0,04	6,46	8,69	6,67	9,41	3,00	6,96	***	***	***	7,96
- 400#	81,18	100,00	0,00	4,51	0,60	0,05	0,34	2,95	0,46	0,75	0,26	0,31	0,05	86,57	80,22	85,48	83,25	95,25	86,76	***	***	***	83,81
TOTAL(1)	100,00	***	***	4,23	0,60	0,05	0,34	2,51	0,43	***	***	***	0,05	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	***	***	100,00
TOTAL(2)	***	***	***	4,60	0,70	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***

(1) Calculado (2) Analisado

Tabela 2.34

RESULTADOS DOS ENSAIOS DE SEPARAÇÃO EM LÍQUIDO ORGÂNICO DENSO (BROMOFORMIO d=2,85g/cm3) E ANÁLISES QUÍMICAS (A)

AMOSTRA DE CATALÃO : REJEITO DA FLOTAÇÃO DE ULTRA-FINOS (RFULTRF)

FRAÇÃO	PRODUTO	% Peso Ensaio	% Peso Amostra	TEORES										DISTRIBUIÇÃO NO ENSAIO										DISTRIBUIÇÃO NA AMOSTRA									
				P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)	P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)	P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)
- 100 + 150µ	Flutuado	14,59	0,07	0,68	1,45	10,12	36,4	9,2	0,78	22,1	0,03	1,08	16,4	0,81	1,87	25,80	28,07	5,92	10,78	30,14	1,27	26,95	35,97	0,00	0,02	0,21	0,09	0,02	0,08	0,29	0,01	0,33	0,15
	Afundado	85,41	0,39	14,2	13,0	5,03	17,6	25,0	1,11	8,75	0,41	0,50	5,00	99,19	98,13	74,40	73,93	94,08	89,22	69,86	98,73	73,05	64,03	0,59	0,79	0,62	0,24	0,32	0,68	0,68	0,54	0,90	0,26
	Total	100,00	0,45	12,2	11,4	5,77	20,3	22,7	1,06	10,7	0,38	0,59	6,67	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	0,60	0,81	0,84	0,33	0,34	0,76	0,97	0,55	1,23	0,41
- 150 + 200µ	Flutuado	12,28	0,07	1,11	1,82	9,42	38,5	9,5	1,04	21,4	0,03	1,09	14,3	1,43	2,72	23,00	27,56	3,43	17,52	28,82	1,16	27,46	28,65	0,01	0,02	0,22	0,10	0,02	0,12	0,31	0,01	0,36	0,14
	Afundado	87,72	0,51	10,7	9,10	4,41	14,2	37,3	0,68	7,39	0,37	0,40	5,00	98,57	97,28	77,00	72,44	96,57	82,48	71,18	98,84	72,52	71,35	0,80	0,73	0,72	0,26	0,63	0,55	0,76	0,64	0,95	0,34
	Total	100,00	0,58	9,57	8,20	5,03	17,2	33,9	0,73	9,11	0,33	0,49	6,15	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	0,80	0,75	0,94	0,35	0,66	0,67	1,06	0,65	1,31	0,48
- 200 + 270µ	Flutuado	13,65	0,40	2,42	2,78	8,26	39,5	11,4	0,90	19,7	0,02	0,96	11,6	3,34	4,69	25,25	25,71	4,62	20,94	34,30	1,63	33,10	26,80	0,10	0,17	1,05	0,56	0,15	0,56	1,57	0,02	1,76	0,62
	Afundado	86,35	2,51	11,0	8,91	3,87	18,1	37,1	0,54	5,97	0,18	0,31	5,00	96,66	95,31	74,75	74,29	95,38	79,06	65,70	98,47	66,90	73,20	3,00	3,51	3,11	1,61	3,10	2,13	3,00	1,55	3,55	1,69
	Total	100,00	2,90	9,86	8,08	4,47	21,0	33,6	0,59	7,84	0,16	0,39	5,90	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	3,11	3,68	4,16	2,16	3,25	2,69	4,56	1,57	5,31	2,31
- 270 + 325µ	Flutuado	14,88	0,59	5,43	4,95	5,46	43,2	14,0	0,69	13,7	0,02	0,70	8,44	8,29	9,10	21,04	22,01	8,25	14,87	27,10	2,98	27,06	14,52	0,35	0,46	1,04	0,91	0,27	0,65	1,63	0,05	1,92	0,67
	Afundado	85,12	3,38	10,5	8,65	3,58	26,8	27,2	0,69	6,46	0,13	0,33	8,69	91,71	90,90	78,96	77,99	91,75	85,13	72,90	97,02	72,94	85,48	3,65	4,59	3,89	3,21	3,06	3,70	4,38	1,49	5,17	3,96
	Total	100,00	3,97	9,75	8,10	3,86	29,2	25,2	0,69	7,55	0,11	0,39	8,65	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	4,20	5,05	4,92	4,11	3,33	4,34	6,01	1,54	7,08	4,64
- 325 + 400µ	Flutuado	15,88	1,71	8,03	6,63	4,38	41,3	16,2	0,82	10,6	0,07	0,47	7,51	14,33	14,62	17,71	17,58	12,41	21,61	19,80	12,33	18,18	16,00	1,49	1,78	2,40	2,50	0,92	2,21	3,63	0,42	3,68	1,73
	Afundado	84,12	9,05	9,06	7,30	3,84	36,5	21,6	0,56	8,10	0,10	0,40	7,44	85,67	85,38	82,29	82,42	87,59	78,39	80,20	87,67	81,82	84,00	8,90	10,38	11,15	11,73	6,51	8,03	14,69	2,99	16,56	9,09
	Total	100,00	10,76	8,90	7,20	3,92	37,3	20,8	0,60	8,49	0,09	0,41	7,45	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	10,39	12,16	13,55	14,23	7,43	10,24	18,31	3,41	20,24	10,82
Total - 100 + 400µ	Flutuado	15,18	2,83	6,36	5,50	5,41	41,2	14,7	0,81	13,1	0,05	0,61	8,7	10,34	10,89	20,14	19,57	9,26	19,36	23,99	6,54	22,87	17,73	1,95	2,45	4,92	4,14	1,39	3,62	7,42	0,50	8,05	3,31
	Afundado	84,82	15,83	9,86	8,04	3,84	30,3	25,8	0,60	7,40	0,13	0,37	7,18	89,66	89,11	79,86	80,43	90,74	80,64	76,01	93,46	77,13	82,27	16,94	20,00	19,50	17,04	13,62	15,08	23,50	7,20	27,13	15,35
	Total	100,00	18,66	9,33	7,66	4,07	32,0	24,2	0,63	8,26	0,12	0,41	7,41	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	18,90	22,45	24,42	21,16	15,01	18,70	30,92	7,71	35,18	18,66

Tabela 2.35

RESULTADOS DOS ENSAIOS DE SEPARAÇÃO EM LÍQUIDO ORGÂNICO DENSO (BROMOFORMIO $d=2,85\text{g/cm}^3$) E ANÁLISES QUÍMICAS (B)

AMOSTRA DE CATALÃO : REJEITO DA FLOTAÇÃO DE ULTRA-FINOS (RFULTRF)

FRAÇÃO	PRODUTO	Peso Ensaio	% Peso Amostra	TEORES										DISTRIBUIÇÃO NO ENSAIO										DISTRIBUIÇÃO NA AMOSTRA												
				TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	Ni2O5 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)	TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	Ni2O5 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)	TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	Ni2O5 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)			
100 + 150µm	Flutuado	14,59	0,07	1,06	0,17	0,05	0,03	0,05	0,05	***	***	***	0,04	3,03	3,16	17,52	1,77	1,90	2,78	***	***	***	***	13,69	0,02	0,02	0,07	0,01	0,00	0,01	***	***	***	***	0,05	
	Atundado	85,41	0,39	5,80	0,90	0,04	0,26	0,44	0,29	0,62	0,18	0,23	0,04	96,97	96,84	82,48	98,23	96,10	97,22	***	***	***	***	86,31	0,53	0,58	0,31	0,29	0,07	0,26	***	***	***	***	0,32	
	Total	100,00	0,45	5,10	0,79	0,04	0,22	0,38	0,25	***	***	***	0,04	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	***	***	***	100,00	0,55	0,59	0,37	0,30	0,07	0,27	***	***	***	***	0,37	
150 + 200µm	Flutuado	12,28	0,07	1,01	0,25	0,04	0,06	0,10	0,04	***	***	0,04	0,04	2,19	2,75	6,38	2,37	2,36	1,68	***	***	***	***	1,87	7,61	0,02	0,03	0,06	0,01	0,00	0,01	***	***	***	***	0,06
	Atundado	87,72	0,51	6,30	1,25	0,08	0,32	0,56	0,35	0,45	0,14	0,26	0,07	97,81	97,25	93,62	97,63	97,64	98,32	***	***	***	***	98,13	92,39	0,76	1,06	0,83	0,48	0,11	0,41	***	***	***	***	0,69
	Total	100,00	0,58	5,65	1,13	0,07	0,28	0,50	0,31	***	***	***	0,23	0,06	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	***	***	100,00	100,00	0,78	1,09	0,89	0,49	0,12	0,42	***	***	***	***	0,75
200 + 270µm	Flutuado	13,65	0,40	1,04	0,30	0,04	0,12	0,40	0,05	0,12	0,04	0,05	0,04	3,57	4,06	8,80	4,77	8,30	1,90	2,68	3,27	2,61	10,95	0,10	0,20	0,31	0,14	0,06	0,05	***	***	***	***	0,33		
	Atundado	86,35	2,51	4,41	1,13	0,06	0,36	0,69	0,41	0,67	0,19	0,31	0,05	96,43	95,94	91,20	95,23	91,70	98,10	97,32	96,73	97,39	89,05	2,61	4,68	3,18	2,71	0,69	2,38	***	***	***	***	2,69		
	Total	100,00	2,90	3,95	1,02	0,06	0,33	0,65	0,36	0,59	0,17	0,27	0,05	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	2,71	4,88	3,48	2,85	0,75	2,42	***	***	***	***	3,02		
270 + 325µm	Flutuado	14,88	0,59	1,20	0,37	0,02	0,21	0,70	0,12	0,24	0,09	0,10	0,04	5,83	8,21	8,61	10,06	20,35	5,08	7,08	6,43	6,58	11,14	0,17	0,37	0,27	0,37	0,16	0,16	***	***	***	***	0,45		
	Atundado	85,12	3,38	3,39	0,73	0,04	0,33	0,48	0,38	0,56	0,22	0,24	0,05	94,17	91,79	91,39	89,94	79,65	94,92	92,92	93,57	93,42	88,86	2,71	4,09	2,83	3,27	0,64	2,98	***	***	***	***	3,56		
	Total	100,00	3,97	3,07	0,68	0,04	0,31	0,51	0,34	0,61	0,20	0,22	0,05	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	2,88	4,45	3,10	3,64	0,81	3,13	***	***	***	***	4,00		
325 + 400µm	Flutuado	15,88	1,71	1,72	0,37	0,03	0,24	0,64	0,22	0,17	0,12	0,15	0,03	10,77	12,07	15,41	13,15	14,47	12,71	9,63	12,89	12,71	11,93	0,70	1,05	1,03	1,24	0,43	0,88	***	***	***	***	0,95		
	Atundado	84,12	9,05	2,70	0,51	0,03	0,30	0,71	0,28	0,30	0,15	0,19	0,04	89,23	87,93	84,59	86,85	85,53	87,29	90,37	87,31	87,29	88,07	5,76	7,64	5,64	8,17	2,57	6,08	***	***	***	***	7,01		
	Total	100,00	10,76	2,54	0,49	0,03	0,29	0,70	0,28	0,28	0,15	0,18	0,04	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	6,46	8,69	6,67	9,41	3,00	6,96	***	***	***	***	7,96		
Total 100 + 400µm	Flutuado	15,18	2,83	1,48	0,35	0,03	0,21	0,59	0,17	***	***	***	0,03	7,43	8,43	11,87	10,52	14,01	8,37	***	***	***	***	11,39	0,99	1,66	1,72	1,76	0,66	1,10	***	***	***	***	1,83	
	Atundado	84,82	15,83	3,31	0,69	0,04	0,32	0,65	0,33	0,43	0,17	0,22	0,05	92,57	91,57	88,13	89,48	85,99	91,63	***	***	***	***	88,61	12,38	18,05	12,79	14,94	4,08	12,09	***	***	***	***	14,26	
	Total	100,00	18,66	3,03	0,64	0,04	0,30	0,64	0,30	***	***	***	0,04	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	***	***	100,00	13,37	19,71	14,51	16,69	4,75	13,20	***	***	***	***	16,10	

Tabela 2.36

RESULTADOS DE SEPARAÇÃO GRANULOMÉTRICA E ANÁLISES QUÍMICAS POR FAIXA

AMOSTRA DE PATOS DE MINAS : MINÉRIO DA MINA (PM-MIN)

FRAÇÃO	% PESO RETIDO	% PESO ACUM. ACIMA	% PESO ACUM. ABAIXO	TEORES										DISTRIBUIÇÃO									
				P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)	P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)
+ 14#	15,88	15,88	84,12	22,5	30,3	6,28	28,5	3,93	***	0,66	0,03	1,78	4,68	17,07	19,62	11,26	14,31	14,73	***	12,20	19,94	13,82	14,11
- 14 + 28#	10,75	26,64	73,36	24,1	28,2	7,02	30,2	3,33	***	0,69	0,03	1,68	4,21	12,40	12,35	8,52	10,27	8,45	***	8,64	12,10	8,80	8,60
- 28 + 48#	9,40	36,04	63,96	25,1	30,3	6,08	27,1	2,90	***	0,71	0,03	1,45	4,11	11,31	11,62	6,46	8,08	6,43	***	7,80	10,29	6,64	7,33
- 48 + 65#	4,81	40,85	59,15	28,1	32,6	5,38	23,8	2,49	***	0,72	0,03	1,24	3,89	6,47	6,38	2,92	3,63	2,83	***	4,07	5,48	2,91	3,55
- 65 + 100#	7,26	48,10	51,90	28,1	33,7	4,52	23,5	2,36	***	0,76	0,02	1,00	3,29	9,76	9,95	3,70	5,39	4,03	***	6,47	6,42	3,55	4,53
- 100 + 200#	8,32	56,42	43,58	29,1	33,6	4,61	24,5	2,26	***	0,68	0,03	0,98	2,80	11,60	11,40	4,33	6,45	4,44	***	6,66	9,85	3,96	4,43
- 200 + 400#	6,84	63,26	36,74	27,5	30,7	5,32	27,8	2,87	***	0,63	0,02	1,15	3,21	9,00	8,54	4,10	6,01	4,62	***	5,02	5,46	3,84	4,17
- 400#	36,74	100,00	0,00	12,7	13,4	14,2	39,4	6,28	0,61	1,14	0,02	3,15	7,64	22,39	20,14	58,71	45,87	54,46	***	49,14	30,45	56,47	53,29
TOTAL	100,00	***	***	20,9	24,5	8,86	31,6	4,24	***	0,85	0,03	2,05	5,27	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	100,00
FRAÇÃO	% PESO RETIDO	% PESO ACUM. ACIMA	% PESO ACUM. ABAIXO	TEORES										DISTRIBUIÇÃO									
				TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SrO (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	Nd2O5 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)	TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SrO (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	Nd2O5 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)
+ 14#	15,88	15,88	84,12	0,48	0,08	0,01	0,35	***	***	***	***	***	***	13,73	***	3,11	21,17	***	***	***	***	***	***
- 14 + 28#	10,75	26,64	73,36	0,43	0,06	0,01	0,27	***	***	***	***	***	***	8,41	***	1,59	11,06	***	***	***	***	***	***
- 28 + 48#	9,40	36,04	63,96	0,37	0,06	0,08	0,32	***	***	***	***	***	0,87	6,32	***	12,04	11,44	***	***	***	***	***	***
- 48 + 65#	4,81	40,85	59,15	0,29	0,07	0,01	0,33	***	***	***	***	***	***	2,52	***	0,68	6,03	***	***	***	***	***	***
- 65 + 100#	7,26	48,10	51,90	0,27	***	0,01	0,32	***	***	***	***	***	***	3,52	***	1,03	8,80	***	***	***	***	***	***
- 100 + 200#	8,32	56,42	43,58	0,25	0,08	0,55	0,35	***	***	***	***	***	***	3,85	***	71,54	11,12	***	***	***	***	***	***
- 200 + 400#	6,84	63,26	36,74	0,35	0,09	0,01	0,30	0,03	***	***	***	***	***	4,38	***	0,85	7,79	***	***	***	***	***	***
- 400#	36,74	100,00	0,00	0,86	0,11	0,02	0,16	0,05	***	***	***	***	0,01	57,28	***	9,16	22,59	***	***	***	***	***	***
TOTAL	100,00	***	***	0,55	***	0,06	0,26	***	***	***	***	***	***	100,00	***	100,00	100,00	***	***	***	***	***	***

Tabela 2.37

RESULTADOS DOS ENSAIOS DE SEPARAÇÃO EM LÍQUIDO ORGÂNICO DENSO (BROMOFORMIO d=2,85g/cm³) E ANÁLISES QUÍMICAS (A)

AMOSTRA DE PATOS DE MINAS : MINÉRIO DA MINA (PM-MIN)

FRAÇÃO	PRODUTO	% Peso Ensaio	% Peso Amostra	TEORES										DISTRIBUIÇÃO NO ENSAIO										DISTRIBUIÇÃO NA AMOSTRA									
				P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)	P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)	P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)
+ 14#	Flutuado	78,50	12,47	20,8	28,5	6,65	31,6	4,06	***	0,68	0,04	1,93	4,74	72,52	73,76	83,16	87,23	81,03	***	81,59	83,34	84,70	79,51	12,38	14,47	9,36	12,48	11,94	***	9,95	16,62	11,70	11,22
	Atundado	21,50	3,42	28,7	37,0	4,92	16,9	3,47	1,83	0,56	0,03	1,27	4,46	27,48	26,24	16,84	12,77	18,97	***	18,41	16,66	15,30	20,49	4,69	5,15	1,90	1,83	2,80	***	2,25	3,32	2,11	2,89
	Total	100,00	15,88	22,5	30,3	6,28	28,5	3,93	***	0,66	0,03	1,78	4,68	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	100,00	17,07	19,62	11,26	14,31	14,73	***	12,20	19,94	13,82	14,11
- 14 + 28#	Flutuado	29,30	3,15	14,2	14,9	8,63	49,5	3,72	***	0,80	0,03	2,09	5,27	17,27	15,54	36,00	48,02	32,75	***	34,37	28,14	36,46	36,66	2,14	1,92	3,07	4,93	2,77	***	2,97	3,41	3,21	3,15
	Atundado	70,70	7,80	28,2	33,7	6,35	22,2	3,17	***	0,64	0,03	1,51	3,77	82,73	84,46	64,00	51,98	67,25	***	65,63	71,86	63,54	63,34	10,26	10,43	5,46	5,34	5,68	***	5,67	6,70	5,59	5,45
	Total	100,00	10,75	24,1	28,2	7,02	30,2	3,33	***	0,69	0,03	1,68	4,21	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	100,00	12,40	12,35	8,52	10,27	8,45	***	8,64	12,10	8,80	8,60
- 28 + 48#	Flutuado	31,31	2,94	15,2	16,0	8,77	46,1	3,36	0,67	0,80	0,03	2,05	5,34	18,87	16,50	45,16	53,11	36,28	***	35,52	30,91	44,27	40,71	2,14	1,92	2,92	4,29	2,33	***	2,77	3,18	2,94	2,98
	Atundado	68,69	6,46	29,7	36,9	4,86	18,5	2,69	***	0,66	0,03	1,18	3,54	81,13	83,50	54,84	46,89	63,72	***	64,48	69,09	55,73	59,29	9,18	9,70	3,54	3,79	4,10	***	5,03	7,11	3,70	4,35
	Total	100,00	9,40	25,1	30,3	6,08	27,1	2,90	***	0,71	0,03	1,45	4,11	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	100,00	11,31	11,62	6,46	8,08	6,43	***	7,80	10,29	6,64	7,33
- 48 + 65#	Flutuado	19,05	0,92	14,7	13,3	10,7	50,1	3,25	***	0,73	0,02	2,31	4,09	9,97	7,76	37,93	40,03	24,80	***	19,18	9,64	35,55	20,03	0,64	0,49	1,11	1,45	0,70	***	0,78	0,53	1,03	0,71
	Atundado	80,95	3,99	31,3	37,1	4,13	17,7	2,32	***	0,72	0,04	0,98	3,84	90,03	92,24	62,07	59,97	75,20	***	80,82	90,36	64,45	79,97	5,82	5,89	1,81	2,18	2,13	***	3,29	4,95	1,87	2,84
	Total	100,00	4,81	28,1	32,6	5,38	23,8	2,49	***	0,72	0,03	1,24	3,89	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	100,00	6,47	6,38	2,92	3,63	2,83	***	4,07	5,48	2,91	3,55
- 65 + 100#	Flutuado	16,51	1,20	13,5	14,9	7,45	52,9	3,29	***	0,76	0,04	1,80	4,58	7,93	7,30	27,22	37,27	23,07	***	16,46	24,19	29,53	22,99	0,77	0,73	1,01	2,01	0,83	***	1,07	1,55	1,05	1,04
	Atundado	83,49	6,06	31,0	37,4	3,94	17,6	2,17	***	0,76	0,02	0,85	3,03	92,07	92,70	72,78	62,73	76,93	***	83,54	75,81	70,47	77,01	8,99	9,23	2,69	3,38	3,10	***	5,41	4,87	2,50	3,49
	Total	100,00	7,26	28,1	33,7	4,52	23,5	2,36	***	0,76	0,02	1,00	3,29	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	100,00	9,76	9,95	3,70	5,39	4,03	***	6,47	6,42	3,55	4,53
- 100 + 200#	Flutuado	6,30	0,52	18,8	18,2	8,01	46,2	2,52	***	0,47	0,02	1,72	3,45	4,06	3,40	10,95	11,86	7,01	***	4,34	3,07	11,06	7,75	0,47	0,39	0,47	0,77	0,31	***	0,29	0,30	0,44	0,34
	Atundado	93,70	7,79	29,8	34,7	4,38	23,1	2,25	***	0,70	0,03	0,93	2,76	95,94	96,60	89,05	88,14	92,99	***	95,66	96,93	88,94	92,25	11,12	11,01	3,85	5,69	4,13	***	6,37	9,54	3,53	4,08
	Total	100,00	8,32	29,1	33,6	4,61	24,5	2,26	***	0,68	0,03	0,98	2,80	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	100,00	11,60	11,40	4,33	6,45	4,44	***	6,66	9,85	3,96	4,43
- 200 + 400#	Flutuado	3,00	0,21	24,3	25,5	6,34	33,4	2,73	1,66	0,66	0,02	1,26	3,26	2,65	2,50	3,58	3,62	2,86	***	3,15	3,11	3,29	3,05	0,24	0,21	0,15	0,22	0,13	***	0,16	0,17	0,13	0,13
	Atundado	97,00	6,63	27,6	30,8	5,29	27,6	2,87	***	0,63	0,02	1,15	3,21	97,35	97,50	96,42	96,38	97,14	***	96,85	96,89	96,71	96,95	8,76	8,33	3,96	5,79	4,49	***	4,86	5,29	3,71	4,04
	Total	100,00	6,84	27,5	30,7	5,32	27,8	2,87	***	0,63	0,02	1,15	3,21	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	100,00	9,00	8,54	4,10	6,01	4,62	***	5,02	5,46	3,84	4,17
Total +400#	Flutuado	33,84	21,41	18,3	23,1	7,48	38,6	3,78	***	0,72	0,03	1,96	4,82	24,20	25,20	43,79	48,30	41,97	***	35,36	37,04	47,10	41,91	18,79	20,13	18,08	26,14	19,11	***	17,99	25,76	20,50	19,58
	Atundado	66,16	41,85	29,4	35,0	4,91	21,1	2,68	***	0,67	0,03	1,13	3,42	75,80	74,80	56,21	51,70	58,03	***	64,64	62,96	52,90	58,09	58,83	59,73	23,21	27,98	26,42	***	32,88	43,79	23,03	27,14
	Total	100,00	63,26	25,6	31,0	5,78	27,0	3,05	***	0,69	0,03	1,41	3,89	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	100,00	77,61	79,86	41,29	54,13	45,54	***	50,86	69,55	43,53	46,71

Tabela 2.38

RESULTADOS DOS ENSAIOS DE SEPARAÇÃO EM LÍQUIDO ORGÂNICO DENSO (BROMOFORMIO d=2,85g/cm³) E ANÁLISES QUÍMICAS (B)

AMOSTRA DE PATOS DE MINAS : MINÉRIO DA MINA (PM-MIN)

FRAÇÃO	PRODUTO	% Peso Ensaio	% Peso Amostra	TEORES						DISTRIBUIÇÃO NO ENSAIO										DISTRIBUIÇÃO NA AMOSTRA											
				TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)	TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)	TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)	
+ 14#	Flutuado	78,50	12,47	0,51	0,08	0,01	0,35	0,06	***	***	***	***	83,44	80,25	81,18	79,61	***	***	***	***	***	11,45	2,53	16,85	***	***	***	***	***	***	***
	Afundado	21,50	3,42	0,37	0,07	0,01	0,33	***	***	0,06	0,01	16,56	19,75	18,82	20,39	***	***	***	***	***	2,27	0,59	4,32	***	***	***	***	***	***	***	
	Total	100,00	15,88	0,48	0,08	0,01	0,35	***	***	***	***	***	100,00	100,00	100,00	100,00	***	***	***	***	***	13,73	3,11	21,17	***	***	***	***	***	***	***
- 14 + 28#	Flutuado	29,30	3,15	0,49	0,09	0,01	0,15	***	***	***	0,01	33,08	43,07	27,76	16,75	***	***	***	***	***	2,78	0,44	1,85	***	***	***	***	***	***	***	
	Afundado	70,70	7,60	0,41	0,05	0,01	0,32	0,03	***	***	***	68,94	56,93	72,24	83,25	***	***	***	***	***	5,63	1,15	9,21	***	***	***	***	***	***	***	
	Total	100,00	10,75	0,43	0,06	0,01	0,27	***	***	***	***	***	100,00	100,00	100,00	100,00	***	***	***	***	***	8,41	1,59	11,06	***	***	***	***	***	***	***
- 28 + 48#	Flutuado	31,31	2,94	0,47	0,08	0,24	0,17	0,05	***	***	0,61	40,14	43,28	91,83	16,41	***	***	***	***	***	2,54	11,05	1,88	***	***	***	***	***	***	***	***
	Afundado	68,69	6,46	0,32	0,05	0,01	0,39	***	***	***	0,99	59,86	56,71	8,17	83,59	***	***	***	***	***	3,79	0,98	9,66	***	***	***	***	***	***	***	***
	Total	100,00	9,40	0,37	0,06	0,08	0,32	***	***	***	0,87	100,00	100,00	100,00	100,00	***	***	***	***	***	6,32	12,04	11,44	***	***	***	***	***	***	***	***
- 48 + 65#	Flutuado	19,05	0,92	0,51	0,08	0,01	0,17	0,04	***	***	0,01	33,55	23,34	16,76	9,58	***	***	***	***	***	0,84	0,11	0,58	***	***	***	***	***	***	***	***
	Afundado	80,95	3,89	0,24	0,06	0,01	0,37	***	***	***	***	66,45	76,66	83,24	90,42	***	***	***	***	***	1,67	0,57	5,45	***	***	***	***	***	***	***	***
	Total	100,00	4,81	0,29	0,07	0,01	0,33	***	***	***	***	***	100,00	100,00	100,00	100,00	***	***	***	***	***	2,52	0,68	6,03	***	***	***	***	***	***	***
- 65 + 100#	Flutuado	16,51	1,20	0,42	0,09	0,01	0,16	***	***	***	0,01	25,85	***	21,69	8,26	***	***	***	***	***	0,91	0,22	0,73	***	***	***	***	***	***	***	***
	Afundado	83,49	6,06	0,24	***	0,01	0,35	***	***	***	***	74,15	***	78,31	91,74	***	***	***	***	***	2,61	0,81	8,07	***	***	***	***	***	***	***	***
	Total	100,00	7,26	0,27	***	0,01	0,32	***	***	***	***	***	100,00	***	100,00	100,00	***	***	***	***	***	3,52	1,03	8,80	***	***	***	***	***	***	***
- 100 + 200#	Flutuado	6,30	0,52	0,35	0,08	0,01	0,19	0,07	***	***	***	8,61	6,38	0,09	3,35	***	***	***	***	***	0,33	0,07	0,37	***	***	***	***	***	***	***	***
	Afundado	93,70	7,79	0,25	0,08	0,59	0,36	***	***	***	***	91,39	93,62	99,91	96,65	***	***	***	***	***	3,52	71,47	10,75	***	***	***	***	***	***	***	***
	Total	100,00	8,32	0,25	0,08	0,55	0,35	***	***	***	***	***	100,00	100,00	100,00	100,00	***	***	***	***	***	3,85	71,54	11,12	***	***	***	***	***	***	***
- 200 + 400#	Flutuado	3,00	0,21	0,36	0,08	0,01	0,24	0,04	***	***	***	3,04	2,44	2,63	2,44	3,80	***	***	***	***	0,13	0,02	0,19	***	***	***	***	***	***	***	***
	Afundado	97,00	6,63	0,35	0,09	0,01	0,30	0,03	***	***	***	96,96	97,56	97,37	97,56	96,20	***	***	***	***	4,24	0,83	7,60	***	***	***	***	***	***	***	***
	Total	100,00	6,84	0,35	0,09	0,01	0,30	0,03	***	***	***	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	***	***	***	4,38	0,85	7,79	***	***	***	***	***	***	***	***
Total + 400#	Flutuado	33,84	21,41	0,49	0,08	0,04	0,27	***	***	***	***	44,45	***	15,90	29,00	***	***	***	***	***	18,99	14,45	22,45	***	***	***	***	***	***	***	***
	Afundado	66,16	41,65	0,31	***	0,12	0,34	***	***	***	***	55,55	***	84,10	71,00	***	***	***	***	***	23,73	76,39	54,96	***	***	***	***	***	***	***	***
	Total	100,00	63,26	0,37	***	0,09	0,32	***	***	***	***	100,00	***	100,00	100,00	100,00	***	***	***	***	42,72	90,84	77,41	***	***	***	***	***	***	***	***

Tabela 2.39

RESULTADOS DOS ENSAIOS DE SEPARAÇÃO MAGNÉTICA (FRANTZ) NOS PRODUTOS AFUNDADOS ($d > 2,85\text{g/cm}^3$) (A)

AMOSTRA DE PATOS DE MINAS : MINÉRIO DA MINA (PM-MIN)

FRAÇÃO	PRODUTO	% Peso Ensaio	% Peso Amostra	TEORES										DISTRIBUIÇÃO NO ENSAIO										DISTRIBUIÇÃO NA AMOSTRA									
				P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)	P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)	P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)
- 14 + 20#	+ 0,6 A	4,51	0,34	18,0	19,4	10,6	26,1	13,4	***	1,13	0,03	2,89	6,42	2,88	2,60	7,49	5,30	19,11	***	8,04	3,98	8,64	7,67	0,30	0,27	0,41	0,28	1,09	***	0,46	0,35	0,48	0,42
	- 0,6 + 1,0 A	20,70	1,57	23,0	26,4	9,94	25,7	5,22	***	1,02	0,03	2,75	4,69	16,88	16,28	32,38	24,01	34,07	***	33,18	18,26	37,74	25,72	1,73	1,70	1,77	1,28	1,94	***	1,88	1,59	2,11	1,40
	- 1,0 A	74,80	5,69	30,3	36,5	5,11	21,0	1,98	***	0,50	0,03	1,08	3,36	80,24	81,14	60,13	70,68	46,82	***	59,78	77,76	53,62	66,60	8,23	8,48	3,28	3,77	2,86	***	3,33	6,76	3,00	3,63
	Total	100,00	7,60	28,2	33,7	6,35	22,2	3,17	***	0,64	0,03	1,51	3,77	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	100,00	10,26	10,43	5,46	5,34	5,68	***	5,67	8,70	5,59	5,45
- 28 + 48#	+ 0,6 A	6,40	0,41	19,1	20,5	9,81	24,4	13,2	***	1,04	0,02	2,76	6,30	4,11	3,57	12,92	8,44	31,45	***	10,01	5,03	15,01	11,37	0,38	0,35	0,46	0,32	1,29	***	0,50	0,36	0,56	0,49
	- 0,6 + 1,0 A	18,59	1,20	25,2	29,3	8,26	22,2	4,26	0,93	1,02	0,03	2,34	4,31	15,78	14,77	31,62	22,30	29,44	***	28,55	16,43	37,06	22,60	1,45	1,43	1,12	0,84	1,21	***	1,44	1,17	1,37	0,98
	- 1,0 A	75,01	4,84	31,7	40,1	3,59	17,1	1,40	***	0,54	0,03	0,75	3,12	80,11	81,66	55,46	69,26	39,10	***	61,44	78,55	47,93	66,02	7,35	7,92	1,96	2,62	1,60	***	3,09	5,59	1,77	2,87
	Total	100,00	6,46	29,7	36,9	4,86	18,5	2,69	***	0,66	0,03	1,18	3,54	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	100,00	9,18	9,70	3,54	3,79	4,10	***	5,03	7,11	3,70	4,35
- 48 + 65#	+ 0,6 A	7,20	0,28	19,4	21,4	9,94	24,8	12,6	***	1,08	0,02	2,72	6,04	4,46	4,14	17,34	10,11	39,01	***	10,77	3,26	19,84	11,31	0,26	0,24	0,31	0,22	0,83	***	0,35	0,16	0,37	0,32
	- 0,6 + 1,0 A	14,03	0,55	26,1	31,1	7,80	23,1	4,08	***	0,86	0,03	2,14	3,75	11,72	11,74	26,54	18,31	24,72	***	16,65	11,92	30,35	13,68	0,68	0,69	0,48	0,40	0,53	***	0,55	0,59	0,57	0,39
	- 1,0 A	78,78	3,07	33,3	39,6	2,94	16,0	1,07	***	0,67	0,04	0,62	3,66	83,82	84,11	56,13	71,58	36,28	***	72,58	84,81	49,81	75,01	4,88	4,95	1,02	1,56	0,77	***	2,39	4,20	0,93	2,13
	Total	100,00	3,89	31,3	37,1	4,13	17,7	2,32	***	0,72	0,04	0,99	3,84	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	100,00	5,82	5,89	1,81	2,18	2,13	***	3,29	4,95	1,87	2,84
- 65 + 100#	+ 0,6 A	7,85	0,48	19,0	20,4	10,5	26,0	11,8	***	1,15	0,02	2,86	6,10	4,82	4,30	21,00	11,58	42,84	***	11,80	5,28	26,51	15,79	0,43	0,40	0,57	0,39	1,33	***	0,64	0,28	0,66	0,55
	- 0,6 + 1,0 A	13,97	0,85	25,7	30,4	7,33	22,7	3,46	1,35	0,90	0,02	1,86	4,02	11,60	11,38	26,00	18,03	22,25	***	16,46	10,65	30,61	18,51	1,04	1,05	0,70	0,61	0,89	***	0,89	0,52	0,77	0,65
	- 1,0 A	76,17	4,74	33,1	40,3	2,67	15,9	0,97	2,91	0,70	0,02	0,47	2,55	83,57	84,32	53,00	70,39	34,90	***	71,74	84,08	42,88	65,70	7,51	7,78	1,43	2,38	1,08	***	3,88	4,10	1,07	2,29
	Total	100,00	6,06	31,0	37,4	3,94	17,6	2,17	***	0,76	0,02	0,85	3,03	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	100,00	8,99	9,23	2,69	3,38	3,10	***	5,41	4,87	2,50	3,49
- 100 + 200#	+ 0,6 A	7,40	0,58	17,2	17,5	11,2	28,2	12,3	***	1,01	0,02	2,89	6,88	4,26	3,73	19,00	9,04	40,64	***	10,77	5,01	23,08	18,45	0,47	0,41	0,73	0,51	1,68	***	0,69	0,48	0,81	0,75
	- 0,6 + 1,0 A	15,94	1,24	22,9	26,9	8,92	28,9	4,01	***	0,91	0,02	2,21	4,17	12,23	12,37	32,49	19,98	28,43	***	20,85	7,04	38,01	24,08	1,36	1,36	1,25	1,14	1,17	***	1,33	0,67	1,34	0,98
	- 1,0 A	76,65	5,97	32,5	37,9	2,77	21,3	0,91	***	0,62	0,04	0,47	2,07	83,51	83,90	48,51	70,98	30,93	***	68,38	87,95	38,91	57,47	9,29	9,24	1,87	4,04	1,28	***	4,36	8,39	1,37	2,35
	Total	100,00	7,79	29,8	34,7	4,38	23,1	2,25	***	0,70	0,03	0,93	2,76	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	100,00	11,12	11,01	3,85	5,69	4,13	***	6,37	9,54	3,53	4,08
- 200 + 400#	+ 0,6 A	11,01	0,73	15,8	15,7	12,3	29,6	13,0	***	1,13	0,02	3,04	7,15	6,29	5,61	25,63	11,83	49,73	***	19,93	8,45	29,12	24,54	0,55	0,47	1,01	0,68	2,23	***	0,97	0,45	1,08	0,99
	- 0,6 + 1,0 A	18,48	1,23	22,3	24,8	9,45	30,8	4,02	***	0,91	0,02	2,22	4,44	14,89	14,88	33,02	20,66	25,85	***	26,86	18,35	35,77	25,57	1,31	1,24	1,31	1,20	1,16	***	1,31	0,97	1,33	1,03
	- 1,0 A	70,51	4,68	30,9	34,8	3,10	26,4	0,99	***	0,47	0,02	0,57	2,27	78,81	79,51	41,35	67,51	24,42	***	53,22	73,20	35,11	49,89	6,91	6,62	1,64	3,91	1,10	***	2,59	3,87	1,30	2,01
	Total	100,00	6,63	27,6	30,8	5,29	27,6	2,87	***	0,63	0,02	1,15	3,21	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	100,00	8,76	8,33	3,96	5,79	4,49	***	4,86	5,29	3,71	4,04
Total - 14 + 400#	+ 0,6 A	7,33	2,82	17,7	18,6	11,0	27,0	12,7	***	1,09	0,02	2,89	6,59	4,42	3,91	16,39	9,23	35,74	***	11,77	5,06	19,98	14,55	2,39	2,14	3,49	2,41	8,44	***	3,61	2,05	3,97	3,53
	- 0,6 + 1,0 A	17,28	6,63	23,9	27,6	8,85	26,0	4,28	***	0,95	0,02	2,31	4,31	13,99	13,69	31,09	20,90	28,33	***	24,12	13,61	35,80	22,41	7,57	7,47	6,63	5,47	6,69	***	7,39	5,51	7,49	5,43
	- 1,0 A	75,41	28,98	31,9	38,1	3,42	19,9	1,24	***	0,58	0,03	0,67	2,78	81,80	82,40	52,52	69,88	35,93	***	64,10	81,33	45,22	63,03	44,17	44,98	11,20	18,28	8,49	***	19,63	32,91	9,46	15,28
	Total	100,00	38,44	29,4	34,8	4,91	21,5	2,61	***	0,68	0,03	1,12	3,32	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	100,00	100,00	100,00	100,00	54,14	54,59	21,32	26,16	23,63	***	30,63	40,47	20,91	24,24

Tabela 2.40

RESULTADOS DOS ENSAIOS DE SEPARAÇÃO MAGNÉTICA (FRANTZ) NOS PRODUTOS AFUNDADOS ($d > 2,85\text{g/cm}^3$) (B)

AMOSTRA DE PATOS DE MINAS : MINÉRIO DA MINA (PM-MIN)

FRAÇÃO	PRODUTO	% Peso Ensaio	% Peso Amostra	TEORES						DISTRIBUIÇÃO NO ENSAIO										DISTRIBUIÇÃO NA AMOSTRA											
				TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)	TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	Nd2O5 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)	TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	Nd2O5 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)
- 14 + 28#	+ 0,6 A	4,51	0,34	0,90	0,61	0,02	0,19	0,07	***	***	0,05	0,01	53,74	9,98	2,64	9,52	***	***	***	***	0,56	***	0,11	0,24	***	***	***	***	***	***	***
	- 0,6 + 1,0 A	20,70	1,57	0,77	0,06	0,01	0,25	0,05	***	***	***	***	22,76	38,92	21,33	15,99	31,83	***	***	***	2,19	***	0,25	1,47	***	***	***	***	***	***	***
	- 1,0 A	74,80	5,69	0,28	0,02	0,01	0,35	0,03	***	***	***	***	23,50	51,11	69,38	81,37	58,65	***	***	***	2,88	***	0,80	7,48	***	***	***	***	***	***	***
	Total	100,00	7,60	0,41	0,05	0,01	0,32	0,03	***	***	***	***	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	***	***	5,63	***	1,15	9,21	***	***	***	***	***	***	***
- 28 + 48#	+ 0,6 A	6,40	0,41	0,95	0,50	0,02	0,22	0,08	***	***	***	0,93	64,84	18,85	13,76	3,55	***	***	***	***	0,71	***	0,14	0,34	***	***	***	***	***	***	***
	- 0,6 + 1,0 A	18,59	1,20	0,66	0,03	0,01	0,29	0,04	***	***	***	1,09	10,63	38,31	17,13	13,81	***	***	***	***	1,45	***	0,17	1,32	***	***	***	***	***	***	***
	- 1,0 A	75,01	4,84	0,18	0,02	0,01	0,43	***	***	***	***	0,98	24,52	42,84	69,11	82,64	***	***	***	***	1,62	***	0,68	7,90	***	***	***	***	***	***	***
	Total	100,00	6,46	0,32	0,05	0,01	0,39	***	***	***	***	0,99	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	***	***	3,79	***	0,98	9,56	***	***	***	***	***	***	***
- 48 + 65#	+ 0,6 A	7,20	0,28	0,97	0,66	0,02	0,23	0,08	***	***	***	0,01	75,27	29,51	14,62	4,42	***	***	***	***	0,49	***	0,08	0,24	***	***	***	***	***	***	***
	- 0,6 + 1,0 A	14,03	0,55	0,58	0,05	0,01	0,32	***	***	***	***	***	11,06	34,48	18,00	12,21	***	***	***	***	0,58	***	0,10	0,67	***	***	***	***	***	***	***
	- 1,0 A	78,78	3,07	0,11	0,01	0,01	0,39	***	***	***	***	1,55	13,67	36,00	67,38	83,38	***	***	***	***	0,60	***	0,38	4,54	***	***	***	***	***	***	***
	Total	100,00	3,89	0,24	0,06	0,01	0,37	***	***	***	***	***	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	***	***	1,67	***	0,57	5,45	***	***	***	***	***	***	***
- 65 + 100#	+ 0,6 A	7,85	0,48	0,98	0,67	0,02	0,21	0,06	***	***	***	0,01	15,58	32,63	4,77	***	***	***	***	0,85	***	0,13	0,39	***	***	***	***	***	***	***	***
	- 0,6 + 1,0 A	13,97	0,85	0,50	0,03	0,01	0,28	***	***	***	***	1,13	11,42	29,36	11,25	***	***	***	***	0,77	***	0,09	0,91	***	***	***	***	***	***	***	***
	- 1,0 A	78,17	4,74	0,12	0,01	0,01	0,38	***	***	***	***	***	73,00	38,01	83,98	***	***	***	***	0,99	***	0,59	6,78	***	***	***	***	***	***	***	***
	Total	100,00	6,06	0,24	***	0,01	0,35	***	***	***	***	***	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	***	***	2,61	***	0,81	8,07	***	***	***	***	***	***	***
- 100 + 200#	+ 0,6 A	7,40	0,56	1,00	0,81	0,02	0,20	0,07	***	***	***	0,88	75,24	29,92	4,06	***	***	***	***	1,05	***	0,20	0,44	***	***	***	***	***	***	***	***
	- 0,6 + 1,0 A	15,94	1,24	0,57	0,05	0,01	0,27	0,05	***	***	***	0,01	10,37	36,45	12,30	***	***	***	***	1,28	***	0,25	1,30	***	***	***	***	***	***	***	***
	- 1,0 A	76,65	5,97	0,11	0,02	0,76	0,40	***	***	***	***	***	99,37	33,63	14,39	83,84	***	***	***	***	1,18	***	71,02	9,01	***	***	***	***	***	***	***
	Total	100,00	7,79	0,25	0,08	0,59	0,36	***	***	***	***	***	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	***	***	3,52	***	71,47	10,75	***	***	***	***	***	***	***
- 200 + 400#	+ 0,6 A	11,01	0,73	1,17	0,61	0,03	0,18	0,08	***	***	***	0,02	35,70	36,53	6,67	25,86	***	***	***	***	1,55	***	0,30	0,51	***	***	***	***	***	***	***
	- 0,6 + 1,0 A	18,48	1,23	0,63	0,08	0,01	0,24	0,05	***	***	***	0,01	11,52	33,20	15,31	14,89	28,02	***	***	***	1,41	***	0,10	1,13	***	***	***	***	***	***	***
	- 1,0 A	70,51	4,68	0,15	0,02	0,01	0,33	0,02	***	***	***	***	52,77	30,27	13,48	78,44	48,12	***	***	***	1,28	***	0,44	5,96	***	***	***	***	***	***	***
	Total	100,00	6,63	0,35	0,09	0,01	0,30	0,03	***	***	***	***	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	***	***	4,24	***	0,83	7,60	***	***	***	***	***	***	***
Total	+ 0,6 A	7,33	2,82	1,02	0,65	0,02	0,20	0,07	***	***	***	0,28	1,25	24,34	4,25	***	***	***	***	5,22	***	0,94	2,15	***	***	***	***	***	***	***	***
	- 0,6 + 1,0 A	17,26	6,63	0,64	0,05	0,01	0,27	***	***	***	***	***	1,26	35,77	13,42	***	***	***	***	7,67	***	0,96	6,80	***	***	***	***	***	***	***	***
	- 1,0 A	75,41	28,98	0,16	***	0,16	0,38	***	***	***	***	***	97,49	39,89	82,33	***	***	***	***	8,56	***	73,91	41,69	***	***	***	***	***	***	***	***
	Total	100,00	38,44	0,31	***	0,13	0,35	***	***	***	***	***	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	***	***	***	21,46	***	75,81	50,64	***	***	***	***	***	***	***

Tabela 2.41

RESULTADOS DE SEPARAÇÃO GRANULOMÉTRICA E ANÁLISES QUÍMICAS POR FAIXA

AMOSTRA DE PATOS DE MINAS : CONCENTRADO GRAVÍTICO (PM-CG)

FRAÇÃO	% PESO RETIDO	% PESO ACUM. ACIMA	% PESO ACUM. ABAIXO	TEORES										DISTRIBUIÇÃO									
				P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)	P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)
+ 65#	0,29	0,29	99,71	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	
- 65 + 100#	0,93	1,22	98,78	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	
- 100 + 150#	7,56	8,78	91,22	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	
- 150 + 200#	3,57	12,35	87,65	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	
- 200 + 270#	15,57	27,92	72,08	31,0	37,9	1,88	22,7	0,99	2,21	0,38	0,11	0,33	1,92	***	***	***	***	***	***	***	***	***	
- 270 + 325#	5,96	33,88	66,12	30,4	37,9	2,18	22,3	1,13	1,57	0,36	0,12	0,39	1,68	***	***	***	***	***	***	***	***	***	
- 325 + 400#	14,59	48,48	51,52	31,5	37,9	2,49	22,3	1,28	1,14	0,42	0,11	0,45	1,88	***	***	***	***	***	***	***	***	***	
- 400#	51,52	100,00	0,00	24,4	29,0	6,86	27,7	2,82	2,06	0,75	0,22	1,36	3,87	***	***	***	***	***	***	***	***	***	
TOTAL	100,00	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	
TOTAL-200#	***	***	***	27,1	32,7	4,93	25,6	2,12	1,90	0,60	0,18	0,96	3,04	***	***	***	***	***	***	***	***	***	
FRAÇÃO	% PESO RETIDO	% PESO ACUM. ACIMA	% PESO ACUM. ABAIXO	TEORES										DISTRIBUIÇÃO									
				TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SrO (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	Nd2O5 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)	TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SrO (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	Nd2O5 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)
+ 65#	0,29	0,29	99,71	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	
- 65 + 100#	0,93	1,22	98,78	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	
- 100 + 150#	7,56	8,78	91,22	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	
- 150 + 200#	3,57	12,35	87,65	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	
- 200 + 270#	15,57	27,92	72,08	0,06	***	0,01	0,43	0,03	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	
- 270 + 325#	5,96	33,88	66,12	0,08	0,02	0,01	0,45	0,04	***	***	***	***	1,34	***	***	***	***	***	***	***	***	***	
- 325 + 400#	14,59	48,48	51,52	0,10	0,04	0,01	0,42	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	
- 400#	51,52	100,00	0,00	0,34	0,06	0,01	0,30	0,05	***	0,04	***	0,07	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	
TOTAL	100,00	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	
TOTAL-200#	***	***	***	0,23	***	0,01	0,35	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	

Os resultados de análises químicas da fração -200+270# são representados pelas análises de seu produto pesado.

Tabela 2.42

RESULTADOS DOS ENSAIOS DE SEPARAÇÃO EM LÍQUIDO ORGÂNICO DENSO (BROMOFORMIO d=2,85g/cm³) E ANÁLISES QUÍMICAS (A)

AMOSTRA DE PATOS DE MINAS : CONCENTRADO GRAVÍTICO (PM-CG)

FRAÇÃO	PRODUTO	% Peso Ensaio	% Peso Amostra	TEORES							DISTRIBUIÇÃO NO ENSAIO							DISTRIBUIÇÃO NA AMOSTRA						
				P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)	P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)	
- 65 + 100#	Flutuado	53,68	0,50	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx		
	Afundado	46,32	0,43	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx		
	Total	100,00	0,93	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx		
- 100 + 150#	Flutuado	13,54	1,02	12,5	9,89	2,55	71,0	0,54	0,92	0,26	0,07	0,31	1,88	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx		
	Afundado	86,46	6,54	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx		
	Total	100,00	7,56	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx		
- 150 + 200#	Flutuado	41,77	1,49	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx		
	Afundado	58,23	2,08	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx		
	Total	100,00	3,57	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx		
- 200 + 270#	Flutuado	0,57	0,09	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx		
	Afundado	99,43	15,48	31,0	37,9	1,88	22,7	0,99	2,21	0,38	0,11	0,33	1,92	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx			
	Total	100,00	15,57	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx		
- 270 + 325#	Flutuado	0,81	0,05	30,3	33,6	2,24	26,3	0,83	2,01	0,32	0,04	0,34	2,34	0,81	0,71	0,83	0,95	0,60	1,03	0,70	0,26	0,71	1,13	
	Afundado	99,19	5,92	30,4	38,0	2,18	22,3	1,13	1,57	0,36	0,12	0,39	1,67	99,19	99,29	99,17	99,05	99,40	98,97	99,30	99,74	99,29	98,87	
	Total	100,00	5,96	30,4	37,9	2,18	22,3	1,13	1,57	0,36	0,12	0,39	1,68	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	
- 325 + 400#	Flutuado	0,50	0,07	31,9	35,5	2,43	23,7	1,17	1,59	0,49	0,04	0,39	2,31	0,51	0,47	0,49	0,53	0,46	0,70	0,58	0,18	0,43	0,61	
	Afundado	99,50	14,52	31,4	37,9	2,49	22,2	1,28	1,14	0,42	0,11	0,45	1,88	99,49	99,53	99,51	99,47	99,54	99,30	99,42	99,82	99,57	99,39	
	Total	100,00	14,59	31,5	37,9	2,49	22,3	1,28	1,14	0,42	0,11	0,45	1,88	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	
Total - 65 + 400#	Flutuado	6,69	3,22	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	
	Afundado	93,31	44,96	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	
	Total	100,00	48,19	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	

Tabela 2.43

RESULTADOS DOS ENSAIOS DE SEPARAÇÃO EM LÍQUIDO ORGÂNICO DENSO (BROMOFORMIO $d=2,85\text{g/cm}^3$) E ANÁLISES QUÍMICAS (B)

AMOSTRA DE PATOS DE MINAS : CONCENTRADO GRAVÍTICO (PM-CG)

FRAÇÃO	PRODUTO	% Peso Ensaio	% Peso Amostra	TEORES							DISTRIBUIÇÃO NO ENSAIO							DISTRIBUIÇÃO NA AMOSTRA													
				TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)	TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)	TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)	
65 + 100#	Flutuado	53,68	0,50	0,05	0,02	0,03	0,08	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	
	Afundado	46,32	0,43	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	
	Total	100,00	0,93	0,07	0,04	0,05	0,05	0,16	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
100 + 150#	Flutuado	13,54	1,02	0,05	0,04	0,03	0,08	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	Afundado	86,46	6,54	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	Total	100,00	7,56	0,07	0,06	0,05	0,16	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
150 + 200#	Flutuado	41,77	1,49	0,05	0,06	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	Afundado	58,23	2,08	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	Total	100,00	3,57	0,07	0,08	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
200 + 270#	Flutuado	0,57	0,09	0,06	0,02	0,01	0,43	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	Afundado	99,43	15,48	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	Total	100,00	15,57	0,08	0,04	0,03	0,46	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
270 + 325#	Flutuado	0,81	0,05	0,06	0,03	0,01	0,30	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	Afundado	99,19	5,92	0,08	0,02	0,01	0,45	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	Total	100,00	5,96	0,08	0,02	0,01	0,45	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
325 + 400#	Flutuado	0,50	0,07	0,08	0,04	0,02	0,29	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	Afundado	99,50	14,52	0,10	0,04	0,01	0,42	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	Total	100,00	14,59	0,10	0,04	0,01	0,42	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Total -65 + 400#	Flutuado	6,59	3,22	0,06	0,06	0,02	0,22	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	Afundado	93,31	44,96	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	Total	100,00	48,19	0,08	0,08	0,04	0,24	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04

Tabela 2.44

RESULTADOS DOS ENSAIOS DE SEPARAÇÃO MAGNÉTICA (FRANTZ) NOS PRODUTOS AFUNDADOS ($d > 2,85\text{g/cm}^3$) (A)

AMOSTRA DE PATOS DE MINAS : CONCENTRADO GRAVÍTICO (PM-CG)

FRAÇÃO	PRODUTO	% Peso Ensaio	% Peso Amostra	TEORES							DISTRIBUIÇÃO NO ENSAIO										DISTRIBUIÇÃO NA AMOSTRA													
				P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)	P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)											
-100 + 150#	+ 0,6 A	0,76	0,05																															
	- 0,6 + 1,0 A	1,30	0,09																															
	- 1,0 A	97,94	6,40	34,5	43,6	1,19	17,0	0,65	0,00	0,45	0,05	0,28	1,80																					
	Total	100,00	6,54																															
-150 + 200#	+ 0,6 A	0,60	0,01																															
	- 0,6 + 1,0 A	1,36	0,03																															
	- 1,0 A	98,04	2,04	34,3	42,8	1,01	13,9	0,58	3,72	0,56	0,04	0,26	2,33																					
	Total	100,00	2,08																															
-200 + 270#	+ 0,6 A	1,14	0,18	17,0	15,7	8,22	22,6	22,6	0,92	0,66	0,03	1,36	7,87	0,63	0,47	4,98	1,13	26,06	0,47	1,96	0,30	4,62	4,66											
	- 0,6 + 1,0 A	2,41	0,37	26,4	28,4	6,90	26,1	3,49	3,92	0,73	0,15	0,99	3,92	2,05	1,80	8,84	2,78	8,51	4,27	4,59	3,18	7,11	4,92											
	- 1,0 A	96,45	14,93	31,3	38,4	1,68	22,6	0,67	2,19	0,37	0,11	0,31	1,80	97,33	97,73	86,19	96,09	65,42	95,28	93,45	96,52	88,27	90,42											
	Total	100,00	15,48	31,0	37,9	1,88	22,7	0,99	2,21	0,38	0,11	0,33	1,92	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00											
-270 + 325#	+ 0,6 A	1,33	0,08	15,9	14,6	9,10	23,1	23,0	0,58	0,78	0,03	1,54	8,21	0,70	0,51	5,56	1,38	27,14	0,49	2,88	0,28	5,28	6,53											
	- 0,6 + 1,0 A	2,20	0,13	23,2	25,0	9,24	27,8	4,84	1,92	1,00	0,19	1,49	4,37	1,69	1,45	9,35	2,75	9,46	2,70	6,11	3,47	8,45	5,76											
	- 1,0 A	96,47	5,71	30,7	38,6	1,92	22,1	0,74	1,57	0,34	0,12	0,35	1,52	97,62	98,04	85,09	95,87	63,40	96,81	91,02	96,24	86,28	87,71											
	Total	100,00	5,92	30,4	38,0	2,18	22,3	1,13	1,57	0,36	0,12	0,39	1,67	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00											
-325 + 400#	+ 0,6 A	1,44	0,21	14,3	12,5	9,84	22,6	25,1	0,61	0,88	0,03	1,86	8,86	0,66	0,47	5,70	1,47	28,42	0,78	3,02	0,35	5,89	6,80											
	- 0,6 + 1,0 A	1,43	0,21	20,6	23,6	9,39	24,8	10,1	1,42	0,85	0,02	1,95	5,69	0,94	0,89	5,39	1,59	11,26	1,78	2,87	0,26	6,14	4,33											
	- 1,0 A	97,13	14,10	31,9	38,5	2,28	22,2	0,79	1,14	0,41	0,11	0,41	1,72	98,40	98,64	88,91	96,94	60,32	97,44	94,12	98,39	87,97	88,87											
	Total	100,00	14,52	31,4	37,9	2,49	22,2	1,28	1,14	0,42	0,11	0,45	1,88	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00											
Total - 100 + 400#	+ 0,6 A	1,18	0,53																															
	- 0,6 + 1,0 A	1,85	0,82																															
	- 1,0 A	96,97	43,18	32,0	39,4	1,80	21,2	0,71	1,51	0,40	0,10	0,34	1,76																					
	Total	100,00	44,53																															

Tabela 2.45

RESULTADOS DOS ENSAIOS DE SEPARAÇÃO MAGNÉTICA (FRANTZ) NOS PRODUTOS AFUNDADOS ($d > 2,85 \text{ g/cm}^3$) (B)

AMOSTRA DE PATOS DE MINAS : CONCENTRADO GRAVÍTICO (PM-CG)

FRAÇÃO	PRODUTO	% Peso Ensaio	% Peso Amostra	TEORES							DISTRIBUIÇÃO NO ENSAIO										DISTRIBUIÇÃO NA AMOSTRA										
				TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)	TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)	TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)	
100 + 150µm	+ 0,6 A	0,76	0,05	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
	- 0,6 + 1,0 A	1,30	0,09	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
	- 1,0 A	97,94	6,40	0,04	0,01	0,49	2,00	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
	Total	100,00	6,54	0,04	0,01	0,51	2,01	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
150 + 200µm	+ 0,6 A	0,60	0,01	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
	- 0,6 + 1,0 A	1,36	0,03	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
	- 1,0 A	98,04	2,04	0,05	0,01	0,46	0,02	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
	Total	100,00	2,08	0,05	0,01	0,48	0,02	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
200 + 270µm	+ 0,6 A	1,14	0,18	0,76	1,22	0,11	0,21	0,14	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	13,94	11,83	5,89	0,55	4,73	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	- 0,6 + 1,0 A	2,41	0,37	0,29	0,06	0,01	0,27	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	11,28	2,15	1,53	2,25	2,25	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
	- 1,0 A	96,45	14,93	0,05	0,01	0,44	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	74,78	86,02	97,93	93,02	93,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	Total	100,00	15,48	0,06	0,01	0,43	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
270 + 325µm	+ 0,6 A	1,33	0,08	0,83	0,68	0,04	0,18	0,14	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	13,51	39,70	5,89	0,53	4,42	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	- 0,6 + 1,0 A	2,20	0,13	0,41	0,12	0,01	0,22	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	11,06	11,79	2,55	1,08	1,05	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	- 1,0 A	96,47	5,71	0,06	0,01	0,01	0,46	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	75,44	48,51	91,55	98,39	94,53	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	Total	100,00	5,92	0,08	0,02	0,01	0,45	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
325 + 400µm	+ 0,6 A	1,44	0,21	1,00	1,43	0,06	0,16	0,17	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	14,44	54,05	11,42	0,55	6,64	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
	- 0,6 + 1,0 A	1,43	0,21	0,76	0,34	0,02	0,27	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	10,81	12,70	4,74	0,92	0,91	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	- 1,0 A	97,13	14,10	0,08	0,01	0,01	0,43	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	74,75	33,24	83,84	98,53	92,45	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	Total	100,00	14,52	0,10	0,04	0,01	0,42	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Total 100 + 400µm	+ 0,6 A	1,18	0,53	0,89	0,83	0,01	0,16	0,17	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	14,44	54,05	11,42	0,55	6,64	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
	- 0,6 + 1,0 A	1,85	0,82	0,52	0,22	0,01	0,22	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	10,81	12,70	4,74	0,92	0,91	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	- 1,0 A	96,97	43,18	0,06	0,01	0,45	0,33	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	74,75	33,24	83,84	98,53	92,45	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	Total	100,00	44,53	0,08	0,01	0,42	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02

Tabela 2.46

RESULTADOS DE SEPARAÇÃO GRANULOMÉTRICA E ANÁLISES QUÍMICAS POR FAIXA

AMOSTRA DE PATOS DE MINAS : CONCENTRADO DE FLOTAÇÃO (PM-CF)

FRAÇÃO	% PESO RETIDO	% PESO ACUM. ACIMA	% PESO ACUM. ABAIXO	TEORES										DISTRIBUIÇÃO									
				P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)	P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)
+ 65#	0,06	0,06	99,94	31,4	34,5	2,56	23,9	1,50	2,14	0,62	0,05	0,49	2,45	0,06	0,05	0,06	0,10	0,07	0,05	0,07	0,13	0,07	0,09
- 65 + 100#	0,50	0,56	99,44	33,5	39,1	2,83	16,6	1,08	3,02	0,73	0,04	0,46	2,12	0,48	0,48	0,55	0,56	0,41	0,53	0,68	0,96	0,49	0,65
- 100 + 150#	2,47	3,03	96,97	34,2	40,7	2,35	14,7	0,90	2,95	0,63	0,03	0,42	2,06	2,44	2,49	2,27	2,47	1,70	2,56	2,94	3,72	2,24	3,13
- 150 + 200#	5,90	8,93	91,07	34,4	41,6	2,44	14,1	0,91	2,95	0,44	0,04	0,40	1,95	5,88	6,08	5,62	5,65	4,11	6,11	4,94	11,81	5,05	7,06
- 200 + 270#	10,40	19,33	80,67	34,2	40,6	2,25	14,4	0,92	3,12	0,52	0,02	0,39	1,62	10,30	10,44	9,12	10,21	7,27	11,37	10,31	10,98	8,67	10,35
- 270 + 325#	6,12	25,45	74,55	35,2	40,1	2,09	13,4	0,94	3,26	0,42	0,02	0,38	1,71	6,24	6,09	5,01	5,61	4,40	7,01	4,81	6,57	5,00	6,43
- 325 + 400#	17,56	43,01	56,99	34,4	41,7	2,50	14,5	1,09	2,36	0,51	0,03	0,44	1,63	17,50	18,13	17,12	17,42	14,65	14,53	16,87	21,25	16,48	17,63
- 400#	56,99	100,00	0,00	34,6	39,9	2,71	14,9	1,55	2,89	0,55	0,02	0,51	1,56	57,10	56,25	60,25	57,96	67,38	57,85	59,37	44,58	61,99	54,65
TOTAL(1)	100,00	***	***	34,6	40,4	2,56	14,7	1,31	2,85	0,53	0,02	0,47	1,63	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
TOTAL(2)	***	***	***	32,7	44,8	2,16	16,1	1,43	***	0,29	***	0,50	1,34	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
FRAÇÃO	% PESO RETIDO	% PESO ACUM. ACIMA	% PESO ACUM. ABAIXO	TEORES										DISTRIBUIÇÃO									
				TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SrO (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	Nd2O5 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)	TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SrO (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	Nd2O5 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)
+ 65#	0,06	0,06	99,94	0,09	0,10	0,01	0,22	0,03	***	***	***	***	***	0,03	***	0,03	0,03	***	***	***	***	***	***
- 65 + 100#	0,50	0,56	99,44	0,10	0,02	0,01	0,41	0,03	***	***	***	***	***	0,28	***	0,44	0,50	***	***	***	***	***	***
- 100 + 150#	2,47	3,03	96,97	0,08	***	0,01	0,43	***	***	***	***	***	***	1,09	***	2,15	2,59	***	***	***	***	***	***
- 150 + 200#	5,90	8,93	91,07	0,11	***	0,03	0,45	0,04	***	***	***	***	***	3,51	***	17,54	6,46	***	***	***	***	***	***
- 200 + 270#	10,40	19,33	80,67	0,08	***	0,01	0,47	***	***	***	***	***	***	4,69	***	11,51	11,75	***	***	***	***	***	***
- 270 + 325#	6,12	25,45	74,55	0,07	***	0,01	0,44	***	***	***	***	***	1,64	2,32	***	6,21	6,47	***	***	***	***	***	***
- 325 + 400#	17,56	43,01	56,99	0,12	***	0,01	0,46	***	***	***	***	***	***	11,45	***	12,20	19,41	***	***	***	***	***	***
- 400#	56,99	100,00	0,00	0,24	0,04	0,01	0,38	0,04	***	***	***	***	0,01	76,63	***	49,92	52,79	***	***	***	***	***	***
TOTAL(1)	100,00	***	***	0,18	***	0,01	0,41	***	***	***	***	***	***	100,00	***	100,00	100,00	***	***	***	***	***	***
TOTAL(2)	***	***	***	0,19	0,04	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***

(1) Calculado (2) Analisado

Tabela 2.47

RESULTADOS DOS ENSAIOS DE SEPARAÇÃO EM LÍQUIDO ORGÂNICO DENSO (BROMOFORMIO d=2,85g/cm³) E ANÁLISES QUÍMICAS (A)

AMOSTRA DE PATOS DE MINAS : CONCENTRADO DE FLOTAÇÃO (PM-CF)

FRAÇÃO	PRODUTO	% Peso Ensaio	% Peso Amostra	TEORES										DISTRIBUIÇÃO NO ENSAIO										DISTRIBUIÇÃO NA AMOSTRA									
				P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)	P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)	P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)
- 100 + 150#	Flutuado	8,42	0,21	27,9	25,6	8,14	29,8	1,38	1,28	0,44	0,03	0,63	3,37	6,86	5,30	29,13	17,04	12,90	3,66	5,83	6,43	12,46	13,75	0,17	0,13	0,86	0,42	0,22	0,09	0,17	0,24	0,28	0,43
	Afundado	91,58	2,26	34,8	42,1	1,82	13,3	0,86	3,11	0,65	0,03	0,41	1,94	93,14	94,70	70,87	82,96	87,10	96,34	94,17	93,57	87,54	86,25	2,27	2,35	1,61	2,05	1,48	2,46	2,77	3,48	1,96	2,70
	Total	100,00	2,47	34,2	40,7	2,35	14,7	0,90	2,95	0,63	0,03	0,42	2,06	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	2,44	2,49	2,27	2,47	1,70	2,56	2,94	3,72	2,24	3,13
- 150 + 200#	Flutuado	4,98	0,29	27,1	17,0	13,0	33,7	1,53	0,85	0,67	0,02	0,63	4,65	3,92	2,03	26,60	11,94	8,38	1,44	7,49	1,72	7,89	11,90	0,23	0,12	1,50	0,68	0,34	0,09	0,37	0,20	0,40	0,84
	Afundado	95,02	5,60	34,8	42,9	1,88	13,0	0,88	3,06	0,43	0,05	0,39	1,81	96,08	97,97	73,40	88,06	91,62	96,56	92,51	98,28	92,11	88,10	5,65	5,95	4,13	4,98	3,77	6,02	4,57	11,61	4,65	6,22
	Total	100,00	5,90	34,4	41,6	2,44	14,1	0,91	2,95	0,44	0,04	0,40	1,95	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	5,88	6,08	5,62	5,65	4,11	6,11	4,94	11,81	5,05	7,06
- 200 + 270#	Flutuado	2,00	0,21	28,8	16,4	13,8	31,2	1,46	1,99	0,39	0,03	0,53	5,10	1,68	0,81	12,32	4,33	3,20	1,26	1,48	2,44	2,71	6,30	0,17	0,08	1,12	0,44	0,23	0,15	0,15	0,27	0,24	0,65
	Afundado	98,00	10,19	34,3	41,0	2,01	14,1	0,90	3,14	0,53	0,02	0,39	1,55	98,32	99,19	87,68	95,67	96,80	98,72	98,52	97,56	97,29	93,70	10,13	10,36	8,00	9,77	7,04	11,23	10,15	10,71	8,44	9,70
	Total	100,00	10,40	34,2	40,6	2,25	14,4	0,92	3,12	0,52	0,02	0,39	1,62	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	10,30	10,44	9,12	10,21	7,27	11,37	10,31	10,98	8,67	10,35
- 270 + 325#	Flutuado	2,54	0,16	30,9	25,2	9,98	25,2	1,24	1,07	0,32	0,01	0,48	4,14	2,22	1,59	12,09	4,76	3,33	0,83	1,93	1,41	3,16	6,15	0,14	0,10	0,61	0,27	0,15	0,06	0,09	0,09	0,16	0,40
	Afundado	97,46	5,97	35,3	40,5	1,89	13,1	0,93	3,32	0,42	0,02	0,38	1,65	97,78	98,41	87,91	95,24	96,67	99,17	98,07	98,59	96,84	93,85	6,10	5,99	4,40	5,35	4,25	6,95	4,72	6,47	4,85	6,03
	Total	100,00	6,12	35,2	40,1	2,09	13,4	0,94	3,26	0,42	0,02	0,38	1,71	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	6,24	6,09	5,01	5,61	4,40	7,01	4,81	6,57	5,00	6,43
- 325 + 400#	Flutuado	0,54	0,10	35,1	35,0	7,39	15,3	1,11	2,22	0,29	0,04	0,36	2,58	0,55	0,46	1,61	0,57	0,55	0,51	0,31	0,89	0,44	0,86	0,10	0,08	0,28	0,10	0,08	0,07	0,05	0,19	0,07	0,15
	Afundado	99,46	17,47	34,4	41,7	2,47	14,5	1,09	2,36	0,51	0,03	0,44	1,63	99,45	99,54	98,39	99,43	99,45	99,49	99,69	99,11	99,56	99,14	17,40	18,04	16,85	17,32	14,57	14,45	16,81	21,06	16,41	17,48
	Total	100,00	17,56	34,4	41,7	2,50	14,5	1,09	2,36	0,51	0,03	0,44	1,63	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	17,50	18,13	17,12	17,42	14,65	14,53	16,87	21,25	16,48	17,63
Total - 100 + 400#	Flutuado	2,26	0,96	29,0	21,9	11,1	29,1	1,40	1,36	0,46	0,02	0,56	4,18	1,91	1,20	10,63	4,61	3,19	1,10	2,10	1,83	3,06	5,54	0,81	0,52	4,16	1,91	1,02	0,46	0,84	0,99	1,14	2,47
	Afundado	97,74	41,49	34,6	41,6	2,16	13,9	0,98	2,83	0,50	0,03	0,41	1,65	98,09	98,80	89,37	95,39	96,81	98,90	97,90	98,17	96,94	94,46	41,55	42,70	34,98	39,47	31,11	41,11	39,03	53,33	36,30	42,13
	Total	100,00	42,45	34,5	41,1	2,36	14,3	0,99	2,79	0,50	0,03	0,41	1,71	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	42,36	43,22	39,14	41,37	32,13	41,57	39,87	54,32	37,45	44,60

Tabela 2.48

RESULTADOS DOS ENSAIOS DE SEPARAÇÃO EM LÍQUIDO ORGÂNICO DENSO (BROMOFORMIO $d=2,85\text{g/cm}^3$) E ANÁLISES QUÍMICAS (B)

AMOSTRA DE PATOS DE MINAS : CONCENTRADO DE FLOTAÇÃO (PM-CF)

FRAÇÃO	PRODUTO	% Peso Ensaio	% Peso Amostra	TEORES							DISTRIBUIÇÃO NO ENSAIO							DISTRIBUIÇÃO NA AMOSTRA													
				TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)	TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)	TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)	
100 + 150#	Flutuado	8,42	0,21	0,13	0,01	0,01	0,23	***	***	***	***	0,95	13,42	***	6,35	4,44	***	***	***	***	***	***	0,15	***	0,14	0,11	***	***	***	***	***
	Atundado	91,58	2,28	0,08	***	0,01	0,45	***	***	***	***	***	86,58	***	93,65	95,56	***	***	***	***	***	***	0,94	***	2,01	2,47	***	***	***	***	***
	Total	100,00	2,47	0,08	***	0,01	0,43	***	***	***	***	***	100,00	***	100,00	100,00	***	***	***	***	***	***	1,09	***	2,15	2,59	***	***	***	***	***
150 + 200#	Flutuado	4,98	0,29	0,12	0,03	0,39	0,16	0,02	***	***	***	0,00	5,37	***	70,78	1,80	2,73	***	***	***	***	***	0,19	***	12,42	0,12	***	***	***	***	***
	Atundado	95,02	5,60	0,11	***	0,01	0,47	0,04	***	***	***	***	94,63	***	29,22	98,20	97,27	***	***	***	***	***	3,32	***	5,13	6,35	***	***	***	***	***
	Total	100,00	5,90	0,11	***	0,03	0,45	0,04	***	***	***	***	100,00	***	100,00	100,00	100,00	***	***	***	***	***	3,51	***	17,54	6,46	***	***	***	***	***
200 + 270#	Flutuado	2,00	0,21	0,09	0,02	0,01	0,16	***	***	***	***	0,01	2,28	***	0,99	0,70	***	***	***	***	***	***	0,11	***	0,11	0,08	***	***	***	***	***
	Atundado	98,00	10,19	0,08	***	0,01	0,47	***	***	***	***	***	97,72	***	99,01	99,30	***	***	***	***	***	***	4,59	***	11,40	11,66	***	***	***	***	***
	Total	100,00	10,40	0,08	***	0,01	0,47	***	***	***	***	***	100,00	***	100,00	100,00	***	***	***	***	***	***	4,69	***	11,51	11,75	***	***	***	***	***
270 + 325#	Flutuado	2,54	0,16	0,09	0,02	0,01	0,24	***	***	***	***	0,96	3,14	***	2,19	1,40	***	***	***	***	***	***	0,07	***	0,14	0,09	***	***	***	***	***
	Atundado	97,46	5,97	0,07	***	0,01	0,44	0,02	***	***	***	1,65	96,86	***	97,81	98,60	***	***	***	***	***	***	2,25	***	6,07	6,38	***	***	***	***	***
	Total	100,00	6,12	0,07	***	0,01	0,44	***	***	***	***	1,64	100,00	***	100,00	100,00	***	***	***	***	***	***	2,32	***	6,21	6,47	***	***	***	***	***
325 + 400#	Flutuado	0,54	0,10	0,09	0,02	0,01	0,33	***	***	***	***	***	0,42	***	0,60	0,39	***	***	***	***	***	***	0,05	***	0,07	0,08	***	***	***	***	***
	Atundado	99,46	17,47	0,12	***	0,01	0,46	0,04	***	***	***	0,03	99,58	***	99,40	99,61	***	***	***	***	***	***	11,40	***	12,12	19,34	***	***	***	***	***
	Total	100,00	17,56	0,12	***	0,01	0,46	***	***	***	***	***	100,00	***	100,00	100,00	***	***	***	***	***	***	11,45	***	12,20	19,41	***	***	***	***	***
Total 100 + 400#	Flutuado	2,26	0,96	0,11	0,02	0,12	0,21	***	***	***	***	***	2,44	***	25,95	1,03	***	***	***	***	***	***	0,56	***	12,88	0,48	***	***	***	***	***
	Atundado	97,74	41,49	0,10	***	0,01	0,46	***	***	***	***	***	97,56	***	74,05	98,97	***	***	***	***	***	***	22,50	***	36,73	46,20	***	***	***	***	***
	Total	100,00	42,45	0,10	***	0,01	0,45	***	***	***	***	***	100,00	***	100,00	100,00	***	***	***	***	***	***	23,07	***	49,61	46,68	***	***	***	***	***

Tabela 2.49

RESULTADOS DOS ENSAIOS DE SEPARAÇÃO MAGNÉTICA (FRANTZ) NOS PRODUTOS AFUNDADOS ($d > 2,85\text{g/cm}^3$) (A)

AMOSTRA DE PATOS DE MINAS : CONCENTRADO DE FLOTAÇÃO (PM-CF)

FRAÇÃO	PRODUTO	% Peso Ensaio	% Peso Amostra	TEORES										DISTRIBUIÇÃO NO ENSAIO										DISTRIBUIÇÃO NA AMOSTRA									
				P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)	P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)	P2O5 (%)	CaO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	Fe2O3 (%)	F (%)	MgO (%)	SO3 (%)	K2O (%)	P.F. (%)
- 100 + 150#	+ 0,6 A	4,57	0,10	30,4	33,9	4,08	17,6	4,53	2,27	0,66	0,04	0,94	3,30	4,00	3,68	10,26	6,04	24,11	3,35	4,66	5,33	10,65	7,77	0,09	0,09	0,16	0,12	0,36	0,08	0,13	0,19	0,21	0,21
	- 0,6 + 1,0 A	9,76	0,22	32,1	37,9	3,33	16,6	1,72	2,14	0,51	0,03	0,75	2,57	8,99	8,79	17,86	12,13	19,56	6,72	7,65	7,56	17,97	12,90	0,20	0,21	0,29	0,25	0,29	0,17	0,21	0,26	0,35	0,35
	- 1,0 A	85,67	1,93	35,3	43,0	1,53	12,7	0,57	3,26	0,66	0,03	0,34	1,80	87,01	87,53	71,88	81,83	56,34	89,93	87,69	87,08	71,38	79,33	1,98	2,06	1,15	1,68	0,83	2,21	2,43	3,03	1,40	2,14
	Total	100,00	2,26	34,8	42,1	1,82	13,3	0,86	3,11	0,65	0,03	0,41	1,94	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	2,27	2,35	1,61	2,05	1,48	2,46	2,77	3,48	1,96	2,70
- 150 + 200#	+ 0,6 A	1,66	0,09	27,4	29,4	4,65	17,9	9,40	1,91	0,64	0,02	1,03	4,52	1,31	1,14	4,10	2,28	17,76	1,04	2,45	0,55	4,40	4,16	0,07	0,07	0,17	0,11	0,67	0,06	0,11	0,06	0,20	0,26
	- 0,6 + 1,0 A	5,73	0,32	28,3	36,7	4,98	19,5	3,20	1,78	0,80	0,05	1,12	2,72	4,66	4,90	15,15	8,55	20,86	3,34	10,69	6,87	16,54	8,63	0,26	0,29	0,63	0,43	0,79	0,20	0,49	0,80	0,77	0,54
	- 1,0 A	92,61	5,19	35,4	43,5	1,64	12,5	0,56	3,16	0,40	0,05	0,33	1,70	94,03	93,96	80,75	88,17	61,38	95,63	86,86	92,58	79,05	87,21	5,31	5,59	3,33	4,44	2,31	5,76	3,97	10,75	3,68	5,42
	Total	100,00	5,60	34,8	42,9	1,88	13,0	0,88	3,06	0,43	0,05	0,39	1,81	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	5,65	5,95	4,13	4,98	3,77	6,02	4,57	11,61	4,65	6,22
- 200 + 270#	+ 0,6 A	1,24	0,13	24,5	26,9	5,21	18,6	13,3	1,79	0,67	0,02	1,08	4,64	0,88	0,81	3,20	1,63	18,13	0,70	1,57	0,97	3,45	3,70	0,09	0,08	0,26	0,16	1,28	0,08	0,16	0,10	0,29	0,36
	- 0,6 + 1,0 A	5,42	0,55	26,0	34,8	6,10	21,8	3,77	2,38	0,92	0,02	1,29	2,70	4,42	4,59	16,45	8,42	22,61	4,12	9,51	4,98	18,09	9,46	0,45	0,48	1,32	0,82	1,59	0,46	0,97	0,53	1,53	0,92
	- 1,0 A	93,34	9,51	34,8	41,6	1,73	13,5	0,57	3,20	0,50	0,02	0,33	1,44	94,70	94,60	80,35	89,95	59,26	95,18	88,92	94,04	78,46	86,84	9,59	9,80	6,43	8,79	4,17	10,69	9,03	10,07	6,62	8,42
	Total	100,00	10,19	34,3	41,0	2,01	14,1	0,90	3,14	0,53	0,02	0,39	1,55	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	10,13	10,38	8,00	9,77	7,04	11,23	10,15	10,71	8,44	9,70
- 270 + 325#	+ 0,6 A	3,27	0,20	27,3	30,6	5,19	18,2	8,36	2,04	0,58	0,02	1,02	3,85	2,53	2,47	8,99	4,53	29,30	2,01	4,52	2,08	8,79	7,65	0,15	0,15	0,40	0,24	1,25	0,14	0,21	0,13	0,43	0,46
	- 0,6 + 1,0 A	3,25	0,19	31,3	36,4	4,41	17,2	2,60	1,80	0,74	0,02	0,87	2,74	2,88	2,91	7,58	4,26	9,05	1,76	5,71	2,75	7,40	5,41	0,18	0,17	0,33	0,23	0,38	0,12	0,27	0,18	0,36	0,33
	- 1,0 A	93,48	5,58	35,7	41,0	1,69	12,8	0,62	3,42	0,40	0,02	0,34	1,53	94,60	94,62	83,43	91,21	61,65	96,23	89,77	95,17	83,81	86,94	5,77	5,67	3,67	4,88	2,62	6,69	4,24	6,16	4,06	5,25
	Total	100,00	5,97	35,3	40,5	1,89	13,1	0,93	3,32	0,42	0,02	0,38	1,65	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	6,10	5,99	4,40	5,35	4,25	6,95	4,72	6,47	4,85	6,03
- 325 + 400#	+ 0,6 A	1,95	0,34	26,7	28,2	6,15	17,0	13,0	1,16	0,71	0,02	0,92	2,56	1,51	1,32	4,85	2,28	23,27	0,96	2,73	1,71	4,11	3,07	0,26	0,24	0,82	0,40	3,39	0,14	0,46	0,36	0,67	0,54
	- 0,6 + 1,0 A	8,59	1,50	30,7	35,7	5,17	17,9	2,88	2,12	0,71	0,03	0,83	3,27	7,66	7,34	17,97	10,59	21,04	7,70	12,06	9,50	16,15	17,25	1,33	1,32	3,03	1,83	3,07	1,11	2,03	2,00	2,65	3,01
	- 1,0 A	88,46	15,63	34,9	42,6	2,13	14,2	0,68	2,41	0,48	0,03	0,39	1,45	90,83	91,34	77,18	87,13	55,70	91,35	85,21	88,78	79,74	79,69	15,80	16,48	13,00	15,09	8,12	13,20	14,33	18,70	13,08	13,93
	Total	100,00	17,47	34,4	41,7	2,47	14,5	1,09	2,36	0,51	0,03	0,44	1,63	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	17,40	18,04	16,85	17,32	14,57	14,45	16,81	21,06	18,41	17,48
Total - 100 + 400#	+ 0,6 A	2,07	0,86	27,0	29,4	5,38	17,7	10,6	1,67	0,66	0,02	0,98	3,46	1,62	1,46	5,16	2,62	22,30	1,22	2,75	1,59	4,97	4,33	0,67	0,62	1,80	1,03	6,94	0,50	1,07	0,85	1,80	1,83
	- 0,6 + 1,0 A	6,72	2,79	30,0	35,8	5,13	18,7	2,87	2,11	0,75	0,03	0,95	3,00	5,83	5,79	15,98	9,02	19,86	5,02	10,16	7,08	15,58	12,21	2,42	2,47	5,59	3,56	6,12	2,06	3,96	3,78	5,66	5,14
	- 1,0 A	91,21	37,84	35,1	42,3	1,87	13,5	0,62	2,90	0,47	0,03	0,36	1,51	92,55	92,74	78,87	88,36	58,04	93,76	87,09	91,33	79,45	83,46	38,45	39,60	27,59	34,87	18,05	38,55	33,99	48,70	28,84	35,16
	Total	100,00	41,49	34,6	41,6	2,16	13,9	0,98	2,83	0,50	0,03	0,41	1,65	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	41,55	42,70	34,98	39,47	31,11	41,11	39,03	53,33	36,30	42,13

Tabela 2.50

RESULTADOS DOS ENSAIOS DE SEPARAÇÃO MAGNÉTICA (FRANTZ) NOS PRODUTOS AFUNDADOS ($d > 2,85 \text{ g/cm}^3$) (B)

AMOSTRA DE PATOS DE MINAS : CONCENTRADO DE FLOTAÇÃO (PM-CF)

FRAÇÃO	PRODUTO	% Peso Ensaio	% Peso Amostra	TEORES							DISTRIBUIÇÃO NO ENSAIO										DISTRIBUIÇÃO NA AMOSTRA										
				TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)	TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)	TiO2 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	SiO (%)	BaO (%)	Nb2O5 (%)	Ce2O3 (%)	ZrO2 (%)	CuO (%)	
100 + 150µ	+ 0,6 A	4,57	0,10	0,32	0,18	0,01	0,25	0,02	***	***	***	1,35	19,56	***	6,18	2,50	***	***	***	***	***	0,18	***	0,12	0,08	***	***	***	***	***	***
	- 0,6 + 1,0 A	9,78	0,22	0,18	0,02	0,01	0,37	***	***	***	***	1,62	23,58	***	9,59	8,04	***	***	***	***	***	0,22	***	0,19	0,20	***	***	***	***	***	***
	- 1,0 A	85,67	1,93	0,05	***	0,01	0,47	0,03	***	0,05	***	***	56,87	***	84,22	89,47	***	***	***	***	***	0,54	***	1,69	2,21	***	***	***	***	***	***
	Total	100,00	2,28	0,08	***	0,01	0,45	***	***	***	***	***	100,00	***	100,00	100,00	***	***	***	***	***	0,94	***	2,01	2,47	***	***	***	***	***	***
150 + 200µ	+ 0,6 A	1,66	0,09	0,84	0,63	0,02	0,21	0,06	***	***	***	1,26	13,09	***	3,78	0,75	2,67	***	***	***	***	0,44	***	0,19	0,05	***	***	***	***	***	***
	- 0,6 + 1,0 A	5,73	0,32	0,35	0,05	0,01	0,35	0,04	***	***	***	***	18,61	***	7,54	4,32	5,67	***	***	***	***	0,62	***	0,39	0,27	***	***	***	***	***	***
	- 1,0 A	92,61	5,19	0,08	***	0,01	0,48	0,04	***	***	***	***	68,30	***	88,68	94,93	91,66	***	***	***	***	2,27	***	4,55	6,03	***	***	***	***	***	***
	Total	100,00	5,60	0,11	***	0,01	0,47	0,04	***	***	***	***	100,00	***	100,00	100,00	100,00	***	***	***	***	3,32	***	5,13	6,35	***	***	***	***	***	***
200 + 270µ	+ 0,6 A	1,24	0,13	0,57	0,93	0,02	0,26	0,06	***	***	***	1,18	8,69	***	2,78	0,72	***	***	***	***	***	0,40	***	0,32	0,08	***	***	***	***	***	***
	- 0,6 + 1,0 A	5,42	0,55	0,37	0,04	0,01	0,36	***	***	***	***	***	24,73	***	5,84	4,40	***	***	***	***	***	1,13	***	0,67	0,51	***	***	***	***	***	***
	- 1,0 A	93,34	9,51	0,06	***	0,01	0,46	0,04	***	***	***	1,58	66,58	***	91,38	94,88	***	***	***	***	***	3,05	***	10,42	11,07	***	***	***	***	***	***
	Total	100,00	10,19	0,08	***	0,01	0,47	***	***	***	***	***	100,00	***	100,00	100,00	100,00	***	***	***	***	4,59	***	11,40	11,66	***	***	***	***	***	***
270 + 325µ	+ 0,6 A	3,27	0,20	0,45	0,49	0,02	0,25	0,04	***	***	***	1,35	21,50	***	5,63	1,66	6,30	***	***	***	***	0,48	***	0,34	0,12	***	***	***	***	***	***
	- 0,6 + 1,0 A	3,25	0,19	0,24	0,03	0,01	0,35	0,04	***	***	***	1,09	11,25	***	3,84	2,60	6,25	***	***	***	***	0,25	***	0,23	0,17	***	***	***	***	***	***
	- 1,0 A	93,48	5,58	0,05	***	0,01	0,45	0,02	***	***	***	1,69	67,25	***	90,53	95,54	87,45	***	***	***	***	1,51	***	5,50	6,10	***	***	***	***	***	***
	Total	100,00	5,97	0,07	***	0,01	0,44	0,02	***	***	***	1,65	100,00	***	100,00	100,00	100,00	***	***	***	***	2,25	***	6,07	6,38	***	***	***	***	***	***
325 + 400µ	+ 0,6 A	1,95	0,34	0,47	1,13	0,02	0,28	0,09	***	***	***	1,33	7,83	***	5,84	1,17	4,18	***	***	***	***	0,89	***	0,71	0,23	***	***	***	***	***	***
	- 0,6 + 1,0 A	8,59	1,50	0,26	0,07	0,01	0,38	0,04	***	***	***	0,01	18,63	***	9,48	7,17	8,39	***	***	***	***	2,12	***	1,15	1,39	***	***	***	***	***	***
	- 1,0 A	89,46	15,63	0,10	***	0,01	0,47	0,04	***	***	***	0,00	73,54	***	84,67	91,66	87,43	***	***	***	***	8,39	***	10,27	17,72	***	***	***	***	***	***
	Total	100,00	17,47	0,12	***	0,01	0,46	0,04	***	***	***	0,03	100,00	***	100,00	100,00	100,00	***	***	***	***	11,40	***	12,12	19,34	***	***	***	***	***	***
Total 100 + 400µ	+ 0,6 A	2,07	0,86	0,50	0,79	0,02	0,26	0,06	***	***	***	1,31	10,64	***	4,59	1,17	***	***	***	***	***	2,39	***	1,69	0,54	***	***	***	***	***	***
	- 0,6 + 1,0 A	6,72	2,79	0,28	0,05	0,01	0,38	***	***	***	***	***	19,34	***	7,15	5,49	***	***	***	***	***	4,35	***	2,63	2,54	***	***	***	***	***	***
	- 1,0 A	91,21	37,84	0,08	***	0,01	0,47	0,03	***	***	***	***	70,02	***	88,26	93,34	***	***	***	***	***	15,78	***	32,42	43,13	***	***	***	***	***	***
	Total	100,00	41,49	0,10	***	0,01	0,46	***	***	***	***	***	100,00	***	100,00	100,00	100,00	***	***	***	***	22,50	***	38,73	46,20	***	***	***	***	***	***

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMOROS, B.; ANDRE, L.; LACOUT, J.L. Influence de la matière humique sur l'évolution en solution du phosphate monocalcique. C.R. Acad. Sci. Paris, t.303, Série II, n°14, 1986.
- AMOROS, B. Interaction entre des composés humiques et les phosphates monocalciques e dicalciques. Thèse Institut National Polytechnique de Toulouse, 1987. 148p.
- ANDRE, L. Contribution à l'étude des mécanismes d'échanges de cations dans les vermiculites trioctaédriques. Thèse de doctorat d'Etat, UPS, Toulouse, 1972.
- ANDREJKO, M.J.; FIENE, F.; COHEN, A.D. Comparison of ashing techniques for determination of the inorganic content of peats. SYMPOSIUM ON TESTING OF PEATS AND ORGANIC SOILS, Toronto, Proceedings, Toronto, ASTM, 1983. p. 5-20.
- BANGAR, K.C.; YADAV K.S.; MISHRA, M.M. Transformation of rock phosphate during composting and the effect of humic acid. Plant and soil, 1985. p.259-266.
- BIDEGAIN, R. Composition d'un amendement organo-phosphate obtenu par traitement aux oxydes d'azote de composes ligno-cellulosiques. Valeur agronomique comparée à un compost. Thèse Institut National Polytechnique de Toulouse, 1995. 201p.
- BORH, H. The Jacupiranga apatite deposit, São Paulo, Brazil. In: NOTHOLT, A.J.G.; SHELDON, R.P.; DAVIDSON, D.F., eds. Phosphate deposits of the world. London, Cambridge, University Press, 1989. V. 2, cap. 19, p. 116-9.
- CARVALHO, W.T. Aspectos geológicos e petrográficos do Complexo Ultramáfico-Alcalino de Catalão I, Goiás. CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, Porto Alegre, 1974. Anais. s.l., SBG. v. 5, 1974. p.107-24

- CARVALHO, W.T.; BRESSAN, S.R. The phosphate deposit of Catalão I ultramafic alkaline complex, Goiás, Brazil. In: NOTHOLT, A.J.G.; SHELDON, R.P.; DAVIDSON, D.F. Phosphate deposit of the world. Cambridge, University Press, v.2, cap.17, 1989. p.104-10.
- CEKINSKI, E. Etude de la reactivité superficielle des apatites d'Araxá et Catalão (Brésil): Application à l'amélioration du procédé de valorisation industrielle. Thèse de doctorat de l'Université de Poitiers, 1993.
- CHAMINADE, R.; BLANCHET, R. Mécanismes de l'action stimulante de l'humus sur la nutrition minérale de végétaux. C.R. Acad. Sci. Paris, 237, 1953. p.1768-1770.
- DAMASCENO, E.C. Patos de Minas Phosphate deposit, Minas Gerais, Brazil. In: NOTHOLT, A.J.G.; SHELDON, R.P.; DAVIDSON, D.F., eds. Phosphate deposits of the world. London, Cambridge, University Press, 1989. V. 2, cap. 19, p. 100-3.
- DYER, R.C. Os domos ultrabásicos-alcalinos dos arredores de Catalão, geologia regional. Revista da Escola de Minas de Ouro Preto, v.27, n. 4, 1969. p.170-6.
- FIGUEIRA, J.L.G. Eficiência agronômica do termofosfato potássico fundido: estudo experimental em "casa de vegetação", campo e colunas de lixiviação. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, 1994.
- FUCHSMAN, C.H. Peat – industrial chemistry and technology. New York, Academic Press, 1980. 279p.
- GASPAR, J.C.; WYLLIE, P.J. The phlogopites from Jacupiranga carbonatite intrusions. Contributions to Mineralogy and Petrology. V. 36, 1987. p.121-34.
- GAUR, A.C. Studies on the availability of phosphate in soil as influenced by humic acid. Agrochimica XIV, nº1, 1969. p.62-65.

- GUARDANI, R.; VALARELLI, J.V. Processo de produção de termofosfato potássico. Brasil-PI 8.108.511, 1981. 10p.
- GUARDANI, R.; VALARELLI, J.V. Processo de produção de termofosfato potássico e óxido de enxôfre. Brasil-PI 8.200.556, 1982. 10p.
- HOAGLAND, D.R.; SNYDER, W.C. Nutrition of strawberry plant under controlled conditions. Proc. Am. Soc. Hort. Sci., 30, 1933. p.288-302.
- HIRANO, H.; KAMITANI, M.; DAITX, E.C. Jacupiranga carbonatites in the São Paulo State, Brazil: their mode of occurrence. ITIT Project 8316, Report of International Recherche and Development Cooperation. Japan, 1987. p.74-95.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Pesquisa de turfa e linhito no vale do Paraíba. São Paulo, IPT, Relatório 11.572, 1978.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Estudo das possibilidades de aproveitamento de turfa no Estado de São Paulo. São Paulo, IPT, Relatório 12.761, 1979.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Prospecção Regional de turfa no Estado de São Paulo. São Paulo, IPT, Relatório 15.318, 1981.
- INTERNACIONAL PEAT SOCIETY. Classification of peat and peatlands. Proceeding of the IPS symposium in Glasgow, 1973.
- LACOUT, J.L.; ANDRE, L.; SAYAG, D. Approche biotechnologique d'une production de fertilisants phosphatés. 3^{ème} CONGRES INTERNATIONAL SUR LES COMPOSES PHOSPHORES. Bruxelles, 1983. p.533-542.

- LEITE, P.C. Efeito de tratamentos térmicos em misturas de Verdete de Abaeté, fosfato de Araxá e calcário magnesiano na disponibilidade de potássio e fósforo. Dissertação de Mestrado. Escola Superior de Agricultura da Universidade Federal de Minas Gerais, 1985. 146p.
- LENHARO, S. L.R. Caracterização mineralógica/tecnológica das apatitas de alguns depósitos brasileiros de fosfato. Dissertação de mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1994. 196p.
- LOPES, F.C.C. Painel sobre o 7º congresso internacional de turfa, realizado em Dublin/Irlanda (junho de 1984), e sua correlação com a situação das turfas brasileiras. Seminário sobre turfa: prospecção e usos, São Paulo, Palestras, Série Pesquisa e Desenvolvimento, 017 CESP, 1985. p.183-188.
- MARCIANO NETO, A.; RODRIGUES, A.J.; ARAUJO, A.C. Caracterização tecnológica do fosfato de Patos de Minas. In: SIMPÓSIO EPUSP DE CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA NA ENGENHARIA E INDÚSTRIA MINERAL. Anais, São Paulo, EPUSP, 1990. p.281-300.
- MELCHER, G.C. Nota sobre o distrito alcalino de Jacupiranga, São Paulo. Rio de Janeiro, DNPM. (Notas preliminares e estudos. Divisão de Geologia e Mineralogia, 84), 1954.
- MELCHER, G.C. O carbonatito de Jacupiranga. Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo V. 282, p. 5-73. (Série Geologia, 21), 1965.
- MELCHER, G.C. The carbonatites of Jacupiranga, São Paulo, Brazil. In: TUTTLE, O.F.; GITTINS, J., eds. Carbonatites. New York, Interscience, 1966, p. 165-81.
- PEREIRA, S.C.C. Caracterização tecnológica do Verdete do Cedro do Abaeté, MG, na produção de termofosfato potássico fundido. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1987.

- RAHAL, F.G. Produção de termofosfato potássico fundido com o fosfato de Irecê, BA. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, 1990. 84p.
- RAHAL, F.G., VALARELLI, J.V. Termofosfato potássico fundido obtido com matéria prima do NE. 36° Congr. Bras. Geol., Natal, RN, Boletim de resumos, 1990. p.143-144.
- ROUQUET, N. Role des composes humiques sur la dissolution et la cristallisation du phosphate dicalcique dihydrate (Brushite). These de doctorat de l'Institut National Polytechnique de Toulouse, 1989. 145p.
- RUBERTI, E.; MARGUTI, R.L.; GOMES, C.B. O complexo carbonatítico de Jacupiranga, SP: informações gerais. CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUIMICA, 3, São Paulo, 1991. Guia de excursões, São Paulo, IG-USP, 1991. p.1-20.
- SINHA, M.K. Synthesis of organo-metallic phosphates and their role in plant nutrition, J.Indian Soc. Soil Sci., vol. 19 (1), 1971. p.65-71.
- SILVA, J.M.C. Contribution a l'etude de l'influence d'anions organiques et de fermentations aerobies sur la solubilisation de phosphates apatitiques. These de doctorat de l'Institut National Polytechnique de Toulouse, 1983.
- SILVA, C.M.P.; MARANHÃO, D.S.A.; NUNES, O.; LENHARO, S.L.R.; KAHN, H. Caracterização físico-química de apatitas de depósitos brasileiros de fosfato. CONGRESSO DE INICIACÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA EM ENGENHARIA. Anais, São Carlos, 1993. p.241.
- STANFORD, G.; DE MENT J.D. A method for measuring short-term nutrient absorption by plants: 1 phosphorus. Soil Sci. Soc. Am. J., 21, 1957. p.612-617.

STERNICHA, F. Matière organique accroissant la proportion de phosphore assimilable dans les engrais chimiques classiques et dans les phosphates naturels. Brevet n°87 13177, 1988.

UNIDO. Fertilizer manual. Development and Transfer of Technology Series, 13, 1980. 353p.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1.1	Principais características dos solos tropical e temperado.....	9
------------	--	---

CAPÍTULO 2

Tabela 2.1	Composição química das amostras estudadas.....	27
Tabela 2.2	Estimativa da composição mineralógica das amostras estudadas.....	29
Tabela 2.3	Resultados de separação granulométrica e análises químicas por faixa. Amostra : CATALÃO-CRMINA (anexo A).....	114
Tabela 2.4	Resultados dos ensaios de separação em líquido orgânico denso e análises químicas(A). Amostra : CATALÃO-CRMINA (anexo A).....	115
Tabela 2.5	Resultados dos ensaios de separação em líquido orgânico denso e análises químicas(B). Amostra : CATALÃO-CRMINA (anexo A).....	116
Tabela 2.6	Resultados dos ensaios de separação magnética nos produtos afundados(A). Amostra : CATALÃO-CRMINA (anexo A).....	117
Tabela 2.7	Resultados dos ensaios de separação magnética nos produtos afundados(B). Amostra : CATALÃO-CRMINA (anexo A).....	118
Tabela 2.8	Resultados de separação granulométrica e análises químicas por faixa. Amostra : CATALÃO-AUSINA (anexo A).....	119
Tabela 2.9	Resultados dos ensaios de separação em líquido orgânico denso e análises químicas(A). Amostra : CATALÃO-AUSINA (anexo A).....	120
Tabela 2.10	Resultados dos ensaios de separação em líquido orgânico denso e análises químicas(B). Amostra : CATALÃO-AUSINA (anexo A).....	121
Tabela 2.11	Resultados dos ensaios de separação magnética nos produtos afundados(A). Amostra : CATALÃO-AUSINA (anexo A).....	122
Tabela 2.12	Resultados dos ensaios de separação magnética nos produtos afundados(B). Amostra : CATALÃO-AUSINA (anexo A).....	123
Tabela 2.13	Resultados de separação granulométrica e análises químicas por faixa. Amostra : CATALÃO-SCPOBRE (anexo A).....	124

Tabela 2.14	Resultados dos ensaios de separação em líquido orgânico denso e análises químicas(A). Amostra : CATALÃO-SCPOBRE (anexo A)...	125
Tabela 2.15	Resultados dos ensaios de separação em líquido orgânico denso e análises químicas(B). Amostra : CATALÃO-SCPOBRE (anexo A)...	126
Tabela 2.16	Resultados dos ensaios de separação magnética nos produtos afundados(A). Amostra : CATALÃO-SCPOBRE (anexo A).....	127
Tabela 2.17	Resultados dos ensaios de separação magnética nos produtos afundados(B). Amostra : CATALÃO-SCPOBRE (anexo A).....	128
Tabela 2.18	Resultados de separação granulométrica e análises químicas por faixa. Amostra : CATALÃO-SCRICA (anexo A).....	129
Tabela 2.19	Resultados dos ensaios de separação em líquido orgânico denso e análises químicas(A). Amostra : CATALÃO-SCRICA (anexo A).....	130
Tabela 2.20	Resultados dos ensaios de separação em líquido orgânico denso e análises químicas(B). Amostra : CATALÃO-SCRICA (anexo A).....	131
Tabela 2.21	Resultados dos ensaios de separação magnética nos produtos afundados(A). Amostra : CATALÃO-SCRICA (anexo A).....	132
Tabela 2.22	Resultados dos ensaios de separação magnética nos produtos afundados(B). Amostra : CATALÃO-SCRICA (anexo A).....	133
Tabela 2.23	Resultados de separação granulométrica e análises químicas por faixa. Amostra : CATALÃO-RFG (anexo A).....	134
Tabela 2.24	Resultados dos ensaios de separação em líquido orgânico denso e análises químicas(A). Amostra : CATALÃO-RFG (anexo A).....	135
Tabela 2.25	Resultados dos ensaios de separação em líquido orgânico denso e análises químicas(B). Amostra : CATALÃO-RFG (anexo A).....	136
Tabela 2.26	Resultados dos ensaios de separação magnética nos produtos afundados(A). Amostra : CATALÃO-RFG (anexo A).....	137
Tabela 2.27	Resultados dos ensaios de separação magnética nos produtos afundados(B). Amostra : CATALÃO-RFG (anexo A).....	138
Tabela 2.28	Resultados de separação granulométrica e análises químicas por faixa. Amostra : CATALÃO-RFF (anexo A).....	139
Tabela 2.29	Resultados dos ensaios de separação em líquido orgânico denso e análises químicas(A). Amostra : CATALÃO-RFF (anexo A).....	140

Tabela 2.30	Resultados dos ensaios de separação em líquido orgânico denso e análises químicas(B). Amostra : CATALÃO-RFF (anexo A).....	141
Tabela 2.31	Resultados dos ensaios de separação magnética nos produtos afundados(A). Amostra : CATALÃO-RFF (anexo A).....	142
Tabela 2.32	Resultados dos ensaios de separação magnética nos produtos afundados(B). Amostra : CATALÃO-RFF (anexo A).....	143
Tabela 2.33	Resultados de separação granulométrica e análises químicas por faixa. Amostra : CATALÃO-RFULTRF (anexo A).....	144
Tabela 2.34	Resultados dos ensaios de separação em líquido orgânico denso e análises químicas(A). Amostra : CATALÃO-RFULTRF (anexo A)....	145
Tabela 2.35	Resultados dos ensaios de separação em líquido orgânico denso e análises químicas(B). Amostra : CATALÃO-RFULTRF (anexo A)....	146
Tabela 2.36	Resultados de separação granulométrica e análises químicas por faixa. Amostra : PATOS DE MINAS-PM-MIN (anexo A).....	147
Tabela 2.37	Resultados dos ensaios de separação em líquido orgânico denso e análises químicas(A). Amostra : PATOS DE MINAS PM-MIN (anexo A).....	148
Tabela 2.38	Resultados dos ensaios de separação em líquido orgânico denso e análises químicas(B). Amostra : PATOS DE MINAS PM-MIN (anexo A).....	149
Tabela 2.39	Resultados dos ensaios de separação magnética nos produtos afundados(A). Amostra : PATOS DE MINAS PM-MIN (anexo A).....	150
Tabela 2.40	Resultados dos ensaios de separação magnética nos produtos afundados(B). Amostra : PATOS DE MINAS-PM-MIN (anexo A).....	151
Tabela 2.41	Resultados de separação granulométrica e análises químicas por faixa. Amostra : PATOS DE MINAS-PM-CG (anexo A).....	152
Tabela 2.42	Resultados dos ensaios de separação em líquido orgânico denso e análises químicas(A). Amostra : PATOS DE MINAS PM-CG (anexo A).....	153
Tabela 2.43	Resultados dos ensaios de separação em líquido orgânico denso e análises químicas(B). Amostra : PATOS DE MINAS PM-CG (anexo A).....	154

Tabela 2.44	Resultados dos ensaios de separação magnética nos produtos afundados(A). Amostra : PATOS DE MINAS PM-CG (anexo A).....	155
Tabela 2.45	Resultados dos ensaios de separação magnética nos produtos afundados(B). Amostra : PATOS DE MINAS-PM-CG (anexo A).....	156
Tabela 2.46	Resultados de separação granulométrica e análises químicas por faixa. Amostra : PATOS DE MINAS PM-CF (anexo A).....	157
Tabela 2.47	Resultados dos ensaios de separação em líquido orgânico denso e análises químicas(A). Amostra : PATOS DE MINAS PM-CF (anexo A).....	158
Tabela 2.48	Resultados dos ensaios de separação em líquido orgânico denso e análises químicas(B). Amostra : PATOS DE MINAS PM-CF (anexo A).....	159
Tabela 2.49	Resultados dos ensaios de separação magnética nos produtos afundados(A). Amostra : PATOS DE MINAS PM-CF (anexo A).....	160
Tabela 2.50	Resultados dos ensaios de separação magnética nos produtos afundados(B). Amostra : PATOS DE MINAS-PM-CF (anexo A).....	161
Tabela 2.51	Principais características da turfa brasileira.....	39
Tabela 2.52	Classificação das turfas.....	40
Tabela 2.53	Classificação de Von Post.....	42

CAPÍTULO 3

Tabela 3.1	Condições experimentais dos ensaios exploratórios.....	60
Tabela 3.2	Condições experimentais dos ensaios 3 a 7.....	63
Tabela 3.3	Condições experimentais dos ensaios A1 a A6.....	67
Tabela 3.4	Consumo de reagentes para obtenção do fosfato monocálcico.....	76
Tabela 3.5	Moagem dos fosfatos para produção de fertilizantes para ensaios agrônômicos.....	77
Tabela 3.6	Condições experimentais para produção de fertilizantes para ensaios agrônômicos.....	79

Tabela 3.7	Características dos fertilizantes após ensaios em micropiloto e após maturação.....	80
Tabela 3.8	Resultados de análises de solubilidade do P_2O_5 em água e ácido cítrico.....	81
Tabela 3.9	Análises químicas ao microscópio eletrônico de varredura (produto TB-1).....	86
Tabela 3.10	Análises químicas pontuais do produto TB-1 ao microscópio eletrônico.	88
Tabela 3.11	Análises químicas pontuais do produto final com o fosfato de Catalão (AUSINA).....	90

CAPÍTULO 4

Tabela 4.1	Composição das soluções-mães para formação das soluções nutritivas...	98
Tabela 4.2	Composição em macroelementos (meq/l) da solução nutritiva completa.	99
Tabela 4.3	Composição em macroelementos (meq/l) da solução nutritiva carente em P.....	99
Tabela 4.4	Características dos fertilizantes adicionados nos vasos de vegetação.....	101
Tabela 4.5	Correlação entre a numeração dos vasos e os fosfatos e soluções nutrientes.....	102
Tabela 4.6	Comparação entre as produções de matérias secas. Fertilizantes organo-fosfatado X Vasos testemunhos.....	107

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1.1	Retrogradação Apatítica.....	13
------------	------------------------------	----

CAPÍTULO 2

Figura 2.1	Localização dos depósitos estudados.....	20
Figura 2.2	Esquema de processamento das amostra de Patos de Minas.....	21
Figura 2.3	Esquema do procedimento experimental da caracterização.....	24

Figura 2.4	Distribuições granulométricas das amostras preparadas.....	25
Figura 2.5	Distribuições granulométricas dos rejeitos da usina de Catalão.....	26
Figura 2.6	Distribuições granulométricas das amostras de Patos de Minas.....	26
Figura 2.7	Diagramas de difração de raios-X das amostras de fosfatos.....	31

CAPÍTULO 3

Figura 3.1	Processos de fabricação de fertilizantes fosfatados no Brasil.....	48
Figura 3.2	Principais partes do equipamento para produção de fertilizante organo-fosfatado.....	57
Figura 3.3	Ensaio 1 - Solubilização do P_2O_5	61
Figura 3.4	Ensaio 2 - Solubilização do P_2O_5	61
Figura 3.5	Solubilização do P_2O_5 em água.....	62
Figura 3.6	Solubilização do P_2O_5 em ácido cítrico.....	62
Figura 3.7	Solubilização do P_2O_5 – 50% Turfa Franc./50% Fosfato JACUPIRANGA (100g/8h/650°C).....	64
Figura 3.8	Solubilização do P_2O_5 – Umidade de 7% (650°C/8h) (A).....	64
Figura 3.9	Solubilização do P_2O_5 – Umidade de 7% (650°C/8h) (B).....	66
Figura 3.10	Solubilização do P_2O_5 – 50% Turfa Bras./ 50% Fosfato JACUPIRANGA (650°C/8h).....	66
Figura 3.11	Solubilização do P_2O_5 – Relação : Matéria orgânica / Fosfato.....	68
Figura 3.12	Solubilização do P_2O_5 – 50% Turfa Bras./ 50% Fosfato JACUPIRANGA.....	69
Figura 3.13	Solubilização do P_2O_5 – 40% Turfa Bras./ 60% Fosf. PM-MIN.....	70
Figura 3.14	Diagramas de difração de raios-X (fosfatos solúveis e produtos finais)...	71
Figura 3.15	Diagrama de absorção infravermelho (fosfatos solúveis e produtos finais)	72
Figura 3.16	Gráficos de espectroscopia de fotoelétrons (padrões e produtos finais)....	74

Figura 3.17	Diagramas de difração de raios-X dos fertilizantes finais e dos fosfatos solúveis padrões.....	83
Figura 3.18	Análise por espectroscopia de fotoelétrons (produto final com fosfato de Patos de Minas/PM-CF).....	84

CAPÍTULO 4

Figura 4.1	Produção de matéria vegetal seca nos vasos de vegetação.....	108
Figura 4.2	P Assimilado X P Solúvel em ácido cítrico.....	109

LISTA DE FOTOS

CAPÍTULO 3

Foto 3.1	Vista geral do equipamento micropiloto.....	59
Foto 3.2	Vista do pequeno forno e do recipiente oxidante do micropiloto.....	59
Foto 3.3	Vista da mistura fosfato e turfa na coluna do reator.....	60
Foto 3.4	Aspecto geral do produto TB-1, apresentando feições de ataque a fluorapatita.....	85
Foto 3.5	Detalhe da foto anterior, mostrando a formação de novas fases fosfatadas Pontos 1 e 2 analisados quimicamente.....	85
Foto 3.6	Partícula de fluorapatita não atacada no centro da foto.....	86
Foto 3.7	Variação da composição química indicado pela variação da tonalidade...	87
Foto 3.8	Ilustração da morfologia e da porosidade do produto final (A).....	87
Foto 3.9	Ilustração da morfologia e da porosidade do produto final (B).....	88
Foto 3.10	Imagem que apresenta a variação da composição química. Nas partículas mais claras predominam elementos mais pesados.....	89
Foto 3.11	Ilustração da morfologia e da porosidade do fertilizante produzido com o fosfato de Catalão (A).....	89
Foto 3.12	Ilustração da morfologia e da porosidade do fertilizante produzido com o fosfato de Catalão (B).....	90

CAPÍTULO 4

Foto 4.1	Material utilizado para microcultura.....	96
Foto 4.2	Disposição das sementes e fertilizantes.....	96
Foto 4.3	Disposição final dos vasos.....	96
Foto 4.4	Vista no 6° dia de cultivo.....	102
Foto 4.5	Vasos n°5 (AUSINA), n°1 (SNCP) e n°3 (JACUPIRANGA) no 15° dia de cultivo.....	103
Foto 4.6	Vasos n°5 (AUSINA), n°2 (SNC) e n°3 (JACUPIRANGA) no 15° dia de cultivo.....	103
Foto 4.7	Vista dos vasos n°1 (SNCP), n°7 (SRICO) e n°2 (SNC) no 27° dia de cultivo.....	104
Foto 4.8	Primeiro corte. Vasos n°1 (SNCP), n°2 (SNC) e n°5 (AUSINA).....	104
Foto 4.9	Vista dos vasos 14 dias após o 1° corte. Vasos n°1, 2, 3, 4 e 6.....	105
Foto 4.10	Data do 2° corte. Vasos n°2, 5 e 1.....	105
Foto 4.11	Treze dias após o 2° corte. Vasos n°3, 1, 2, e 5.....	106