

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA E
TECNOLÓGICA DE MINÉRIO DE FOSFATO DE
SALITRE, MG**

André Borges Braz

Orientador: Prof. Dr. Henrique Kahn

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-2001/04)

SÃO PAULO
2001

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA E TECNOLÓGICA DE
MINÉRIO DE FOSFATO DE SALITRE, MG**

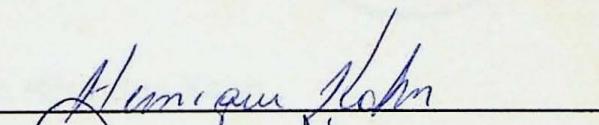
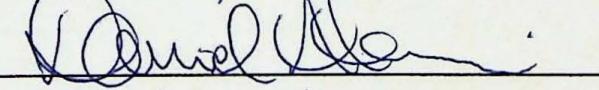
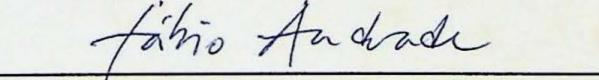
ANDRÉ BORGES BRAZ

DISCIPLINA 0440500 - TRABALHO DE FORMATURA

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Henrique Kahn

Prof. Dr. Daniel Atencio

Prof. Dr. Fábio Ramos Dias de Andrade

SÃO PAULO
2001

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DEDALUS - Acervo - IGC



30900009345

CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA E TECNOLÓGICA
DE MINÉRIO DE FOSFATO DE SALITRE, MG

André Borges Braz

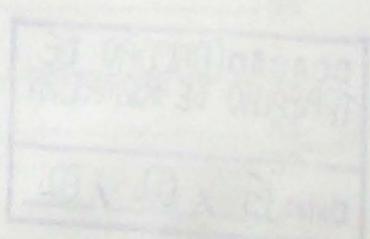


Orientador: Prof. Dr. Henrique Kahn

TF-2001 / 04 – Trabalho de Formatura

SÃO PAULO

2001



TF
B827
AB.C

UNIVERSIDADE DO PIAUÍ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS

CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA E TECNOLÓGICA
DO MINÉRIO DE GAVIATUBA, MG



DOAÇÃO	COMISSÃO DE
TRABALHO DE FORMatura	
Data: 15 / 02 / 02	

SUMÁRIO

	página
ÍNDICE DE FIGURAS.....	III
ÍNDICE DE TABELAS	III
RESUMO.....	1
ABSTRACT.....	2
1 IDENTIFICAÇÃO	3
2 INTRODUÇÃO	4
3 OBJETIVOS E METAS	6
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
4.1 GEOLOGIA.....	7
4.1.1 Contexto geológico regional	8
4.1.2 Geologia do complexo de Salitre	9
4.2 CARACTERIZAÇÃO DE MATÉRIAS PRIMAS MINERAIS	13
4.2.1 Preparação de amostras	15
4.2.2 Separações minerais.....	16
4.2.3 Análises químicas.....	17
4.2.4 Análises mineralógicas.....	17
4.3 MINERALOGIA DAS APATITAS	18
5 MATERIAIS E MÉTODOS	20
5.1 CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS.....	20
6 CRONOGRAMA DAS ATIVIDADES REALIZADAS	23
7 RESULTADOS OBTIDOS	24
7.1 COMPOSIÇÃO QUÍMICA	24
7.2 ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS DAS AMOSTRAS ESTUDADAS.....	24
7.2.1 Amostra do furo N-112	26
7.2.2 Amostra do furo P-104.....	29
7.2.3 Amostra do furo P-120.....	31
7.2.4 Amostra Galv-Pat	34
7.3 SEPARAÇÕES MINERAIS	36
7.3.1 Amostra do furo N-112	36
7.3.2 Amostra do furo P-104.....	38
7.3.3 Amostra do furo P-120.....	40
7.3.4 Amostra Galv-Pat	41
7.4 COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA E CARACTERÍSTICAS DA APATITA	42
7.4.1 Comportamento dos minerais nos ensaios de separações minerais.....	43
7.4.2 Composição mineralógica das amostras estudadas	43
7.4.3 Características da apatita ao microscópico óptico	46
7.4.4 Características da apatita ao MEV.....	48
8 CONCLUSÕES	49
9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
9.1 REFERÊNCIAS CITADAS	51
9.2 REFERÊNCIAS CONSULTADAS	52

ANEXO 1 - PLANTA DA SITUAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO	55
ANEXO 2 - IMAGEM DE SATÉLITE DA REGIÃO DE SALITRE E SERRA NEGRA, MG	56
ANEXO 3 - RESULTADOS DE ENSAIOS DE SEPARAÇÕES MINERAIS DAS AMOSTRAS ESTUDADAS	57
ANEXO 4 - ESTIMATIVA DE COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA DAS AMOSTRAS ESTUDADAS	66
ANEXO 5 - FOTOMICROGRAFIAS AO MICROSCÓPIO ÓPTICO	71
ANEXO 6 - FOTOMICROGRAFIAS AO MEV EM IMAGENS DE ELÉTRONS RETROESPALHADOS (QBSD)	75
ANEXO 7 - ESPECTROS DE EDS DE ALGUNS DOS PRINCIPAIS MINERAIS	78

ÍNDICE DE TABELAS

ÍNDICE DE FIGURAS

	página
Figura 1 - Mapa de localização da área em estudo (Melo et al., 1997)	8
Figura 2 - Mapa geológico dos complexos de Salitre e Serra Negra (Melo et al., 1997)	10
Figura 3 - Fluxograma geral de procedimento experimental em caracterização de minérios (adaptado de Sant'Agostino & Kahn; 1997).....	15
Figura 4 - Fluxograma de procedimento experimental primeira etapa.....	20
Figura 5 - Fluxograma de preparação da segunda etapa.....	21
Figura 6 - Distribuição granulométrica das amostras estudadas	25
Figura 7 – Distribuição granulométrica dos produtos de moagem.....	26

ÍNDICE DE TABELAS

	página
Tabela 1 - Quadro de reservas geológicas do complexo de Salitre segundo DNPM.....	13
Tabela 2 - Principais parâmetros da matéria prima relevantes para o beneficiamento.....	14
Tabela 3 - Etapas de cominuição e seus limites aproximados de granulação de alimentação	16
Tabela 4 - Principais separações minerais em laboratório (adaptado de Sant'Agostino & Kahn; 1997).....	17
Tabela 5 - Cronograma das atividades do projeto.....	23
Tabela 6 - Composição química das amostras estudadas	24
Tabela 7 - Distribuição de teores por fração - Amostra Furo N 112 (Tal qual).....	26
Tabela 8 - Distribuição de teores por fração no produto da moagem - Amostra Furo N-112	27
Tabela 9 - Distribuição de teores por fração da composição dos finos naturais com o produto da moagem - Amostra Furo N-112	28
Tabela 10 - Distribuição da composição dos finos naturais com o produto da moagem e teores por fração - Amostra Furo P - 104 (Tal qual)	29
Tabela 11 - Distribuição de teores por fração no produto da moagem - Amostra Furo P-104	30
Tabela 12 - Distribuição de teores por fração da composição dos finos naturais com o produto da moagem - Amostra Furo P-104	31
Tabela 13 - Distribuição de teores por fração - Amostra Furo P-120 (Tal qual).....	32

Tabela 14 - Distribuição de teores por fração no produto da moagem - Amostra Furo P-120	33
Tabela 15 - Distribuição de teores por fração da composição dos finos naturais com o produto da moagem - Amostra Furo P-120	33
Tabela 16 - Distribuição de teores por fração - Amostra Galv-Pat (Tal qual).....	34
Tabela 17 - Distribuição de teores por fração no produto da moagem - Amostra Galv-Pat ..	35
Tabela 18 - Distribuição de teores por fração da composição dos finos naturais com o produto da moagem - Amostra Galv-Pat	35
Tabela 19 – Resultados dos ensaios de separações minerais - Amostra Furo N 112, composição dos finos naturais com o produto da moagem	37
Tabela 20 - Resultados dos ensaios de separações minerais - Amostra Furo P-104, composição dos finos naturais com o produto da moagem	38
Tabela 21 - Distribuição de teores por fração nos produtos de separação mineral da composição dos finos naturais com o produto da moagem - Amostra Furo P-120	40
Tabela 22 - Distribuição de teores por fração nos produtos de separação mineral da composição dos finos naturais com o produto da moagem - Amostra Galv-Pat	41
Tabela 23 - Estimativa da composição mineralógica da mistura dos finos naturais com o produto da moagem - Amostra Furo-N 112	43
Tabela 24 - Estimativa da composição mineralógica mistura dos finos naturais com o produto da moagem - Amostra Furo P-104	44
Tabela 25 - Estimativa da composição mineralógica da composição dos finos naturais com o produto da moagem - Amostra Furo P-120	45
Tabela 26 - Estimativa da composição mineralógica da mistura dos finos naturais com o produto da moagem - Amostra Galv-Pat	46
Tabela 27 – Sumário dos resultados dos estudos de caracterização.....	50

RESUMO

O presente estudo refere-se ao trabalho de formatura, em nível de graduação, executado ao longo do ano de 2001.

São abordados os aspectos metodológicos do emprego da caracterização tecnológica e mineralógica de minério fosfato do depósito de Salitre, município de Patrocínio, MG. Testemunhos de sondagens foram encaminhados e processados no laboratório de Caracterização Tecnológica (LCT) do Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo da Escola Politécnica da USP.

Estudos geológicos e tecnológicos se intensificaram na busca e exploração desses depósitos nos últimos anos, em vista da enorme importância econômica do fósforo.

O Brasil no cenário mundial apresenta uma das maiores reservas e participa com menos de 3% em termos de produção de fosfato. O consumo projetado em 1994 pelo DNPM para o ano 2010 prevê um significativo crescimento de demanda, sem, todavia o comprometimento dos níveis de reservas que serão plenamente suficientes para atender as necessidades do país.

O capítulo referente a fundamentação bibliográfica apresenta uma expressiva quantidade de trabalhos referentes ao tema em questão, merecendo destaque os trabalhos de Sant'Agostino & Kahn (1997), Born & Kahn (1992), Lenharo & Born (1994) e Ziesemer (in Instituto Tecnológico de Pernambuco, 1980), além do levantamento geológico efetuado por Barbosa (1970).

Finalmente, um capítulo a parte, descreve a técnica e o procedimento laboratorial adotado no estudo de 4 amostras de testemunhos de sondagens. O objetivo principal desse estudo foi determinar a composição química e mineralógica das amostras, associação das fases presentes, com a avaliação do grau de liberação e impregnação superficial de apatita, a distribuição do fósforo entre os minerais portadores desse elemento e na avaliação do conteúdo de finos.

Baseados nos resultados de composições químicas e análises mineralógicas (difração de raios X, microscopia óptica e eletrônica de varredura) dos produtos de separações minerais por fração granulométrica, conclui-se que os furos N-112 e P-120 são os mais ricos em termos de teores de P_2O_5 , apresentando a menor relação CaO/P_2O_5 ; a amostra do furo P-104 é mais pobre em P_2O_5 e mostra a maior relação de CaO/P_2O_5 .

A parcela de P_2O_5 apatítico para o material classificado acima de 0,037 mm varia em torno de 92 a 96 % para todas as amostras. A malha de liberação ficou entre 0,21 a 0,30 mm e a recuperação potencial na flotação está entre 75 a 90 %.

ABSTRACT

The present study refers to the graduation work of André Borges Braz executed along the year 2001.

Technological and mineralogical characterization of the Salitre phosphate deposit, Patrocínio County, MG, are presented.

The studies were based on four composed samples from drill holes and were performed at the Polytechnic School of University of São Paulo, Mining and Petroleum Engineering Department, Technological Characterization Laboratory (LCT).

The phosphate consumption projected by DNPM for the year 2010 foresees a need of additional supply without affecting the current phosphate resources, which are plenty enough to support new mining projects.

The aim of this study was to determine the chemical and mineralogical composition of the samples, the association between the major mineral phases and the relevant aspects to the mineral processing, particularly focusing the apatite characteristics such as the liberation degree and the impregnation level of the apatite crystals surface. The distribution of phosphorus among their bearing mineral phases and the slimes content and associated phosphorus were also evaluated.

In this work is firstly presented a geological review based on Barbosa (1970), followed by a process mineralogy techniques and the major aspects of characterizing phosphate ores reviews supported by the works of Sant'Agostino & Kahn (1997), Born & Kahn (1992), Lenharo & Born (1994) and Ziesemer (1980)

Methods and laboratory procedures on the study of the four composed samples are described. Finally, the attained results are presented in tables, figures and texts that are clearly discussed. These qualitative or quantitative results provide the necessary information to support further mineral dressing development studies, seeking the technical and economical feasibility of this phosphate deposit.

1 IDENTIFICAÇÃO

INSTITUTO DE ORIGEM	Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo
Nº / Título	04 / Caracterização tecnológica e mineralógica de minério de fosfato de Salitre, MG
Autor	André Borges Braz
Orientador	Prof. Dr. Henrique Kahn (EPUSP – PMI)
Local e ano de conclusão	São Paulo, 2001

2 INTRODUÇÃO

Este projeto enfoca a temática da caracterização tecnológica de matérias primas minerais, através do estudo de amostras referentes à composição de testemunhos de sondagens do depósito de fosfato de Salitre, município de Patrocínio, MG, situado a aproximadamente 245 km a noroeste de Belo Horizonte, na região do Triângulo Mineiro.

A caracterização tecnológica de matérias-primas minerais compreende o estudo das propriedades físicas, químicas e físico-químicas frente a um processo de concentração ou uso final. Caracterizar um minério, em outras palavras, significa determinar seus componentes mineralógicos, suas respectivas composições químicas e formas de associações, de modo a sugerir alternativas para o seu beneficiamento ou para a otimização de um processo já existente, bem como obter estimativas de recuperação ou avaliar a qualidade dos produtos finais gerados nesse processo.

A compreensão do comportamento de uma matéria prima mineral deve seguir um conjunto de informações que se inicia pela importância econômica do minério, através de depósitos similares, bem como das metodologias empregadas na caracterização geológica / tecnológica que possam, inicialmente, servir de modelo.

A área em questão, na porção oeste do complexo alcalino-carbonatítico de Salitre, está sendo objeto de reavaliação por parte da empresa Galvani Ltda., objetivando verificar a viabilidade de implantação de um empreendimento mineiro.

O minério estudado refere-se a uma mineralização supérgena de fosfato apresentando mineralogia complexa. A caracterização mineralógica e tecnológica teve por meta o conhecimento das propriedades do minério, visando fornecer subsídios para fins de seu aproveitamento.

O projeto se torna relevante na medida em que não existem estudos detalhados sobre as características mineralógicas e tecnológicas do minério fosfato do depósito de Salitre, sendo que os primeiros estudos geológicos referem-se a um levantamento efetuado pela Prospec S. A. para o DNPM, em 1955.

A metodologia empregada seguiu, passo a passo, uma ordem de planejamento estabelecida frente às características do material em questão, de acordo com os procedimentos metodológicos empregados a minérios de fosfato de natureza similar.

Todas as atividades práticas e ensaios de laboratório foram efetuados no Laboratório de Caracterização Tecnológica, Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo da Escola Politécnica da USP.

Cada depósito de fosfato associado a complexos alcalino-carbonatíticos apresenta peculiaridades próprias, seja quanto aos minerais de fosfato presentes, dos quais a apatita é um dos únicos passíveis de aproveitamento, seja dos minerais de ganga, das formas de associações mineralógicas, distribuição granulométrica, além da impregnação superficial e grau de liberação da apatita, dentre outras.

A grande maioria das unidades de concentração de fosfato foram instaladas a pouco mais de 20 anos, numa realidade bastante distinta da atual; o nível de conhecimento tanto sobre o minério, de sua variabilidade, como do processo, foram sensivelmente aprofundados no decorrer de mais de duas décadas, com uma participação fundamental e bastante expressiva de estudos de caracterização, os quais também evoluíram substancialmente no período.

Como decorrência desta significativa complexidade mineralógica, é que se faz necessário o conhecimento detalhado desses tipos de depósitos, já que esses minerais podem apresentar diferentes comportamentos frente aos processos de beneficiamento aplicáveis.

Cabe citar, por exemplo, a similaridade entre as propriedades físico-químicas da apatita e certos minerais de ganga, particularmente os minerais portadores de cátions de elementos alcalino-terrosos (Ca, Mg e Ba), tais como carbonatos, silicatos de ferro-magnesianos, titanita, perovskita e barita, corresponde a um dos principais fatores de perda da seletividade no processo de concentração por flotação, assim como a interação de ânions e cátions dissolvidos na polpa de minério com a superfície dos minerais.

Este estudo se torna também relevante pela participação do formando, objetivando a sua familiarização com as técnicas empregadas em caracterização mineralógica e tecnológica de matérias primas minerais, como uma atividade prática complementar para a sua formação profissional.

3 OBJETIVOS E METAS

O objetivo desse estudo é determinar a composição mineralógica e as propriedades inerentes aos minerais de minério e de ganga (tais como estado de alteração, presença de películas superficiais de recobrimento, grau de associação dos minerais, composições mineralógicas e químicas das espécies presentes, dentre outras) e suas possíveis implicações no processo usual de beneficiamento (flotação catiônica), definindo também a participação do fósforo entre apatita (mineral útil) e os outros possíveis fosfatos presentes.

Dentro deste contexto, foram desenvolvidos estudos aplicados a amostras de minério de fosfato, visando definir os aspectos mais relevantes para fins de desenvolvimento do processamento mineral do mesmo, tais como:

- composição mineralógica qualitativa e quantitativa;
- avaliação da forma de ocorrência e associações da apatita;
- avaliação do grau de liberação e impregnação superficial da apatita;
- participação (distribuição) do fósforo entre os minerais portadores deste elemento;
- avaliação do conteúdo de finos;
- eventual estabelecimento de estimativas de recuperação no processo de beneficiamento.

Adicionalmente, este trabalho tem também por objetivo a familiarização do formando com os conceitos e metodologias empregadas em estudos de caracterização tecnológica de matérias primas minerais.

Ao final do trabalho, com todos os procedimentos de caracterização realizados, espera-se que tenham sido cumpridas as seguintes metas:

- a caracterização tecnológica e mineralógica do minério do depósito de Salitre (área de interesse da Galvani Ltda).
- aprendizado por parte do aluno da prática utilizada em estudos de caracterização tecnológica de matérias primas minerais.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para a realização desse trabalho foi inicialmente efetuado um levantamento bibliográfico referente aos temas de caracterização mineralógica e tecnológica de matérias primas minerais, mineralogia das apatitas e aspectos referentes ao contexto geológico regional e local.

A bibliografia referente à caracterização tecnológica do minério foi baseada nos trabalhos de Sant'Agostino & Kahn (1997), Born & Kahn (1992), Lenharo & Born (1994) e também de Ziesemer (in Instituto Tecnológico de Pernambuco, 1980).

Uma busca em bancos de dados (DEDALUS) possibilitou a obtenção de informações referentes à geologia e mineralizações encontradas no complexo de Salitre, destacando-se, dentre elas, a de Barbosa (1970).

As principais atividades realizadas no decorrer do ano letivo de 2001 são apresentadas a seguir.

4.1 Geologia

O Complexo alcalino-carbonatítico de Salitre está situado no município de Patrocínio, na região oeste do Estado de Minas Gerais, e NNE de Araxá; as suas coordenadas geográficas são 19° 00'S e 46° 45'W, Barbosa (1970), ver Figura 1 (Melo, 1997). A área específica objeto do presente estudo é apresentado no Anexo 1.

Situa-se a cerca de 30 km da sede do município, dos quais 22 km são percorridos pela rodovia asfaltada da MG-230 na direção do povoado de São Bento, sendo o restante do trecho em estrada de terra, na direção de Lagoa Campestre.

A região apresenta clima tropical quente e semi-úmido com temperatura média anual de 20°C. As chuvas se concentram nos meses de dezembro a fevereiro, com período de seca entre os meses de maio a agosto e com precipitação média de 1700 mm (Nimer, 1997).

Associado ao Complexo de Salitre, a cerca de 3 km a NNE encontra-se outro complexo alcalino carbonatítico, o de Serra Negra, apresentando diâmetro quase duas vezes maior que o observado para o de Salitre.

O complexo alcalino-carbonatítico de Salitre apresenta uma estrutura anelar constituída por quartzitos e filitos, a qual pode ser claramente observada em imagens orbitais (ver Anexo 2) e fotografias aéreas.

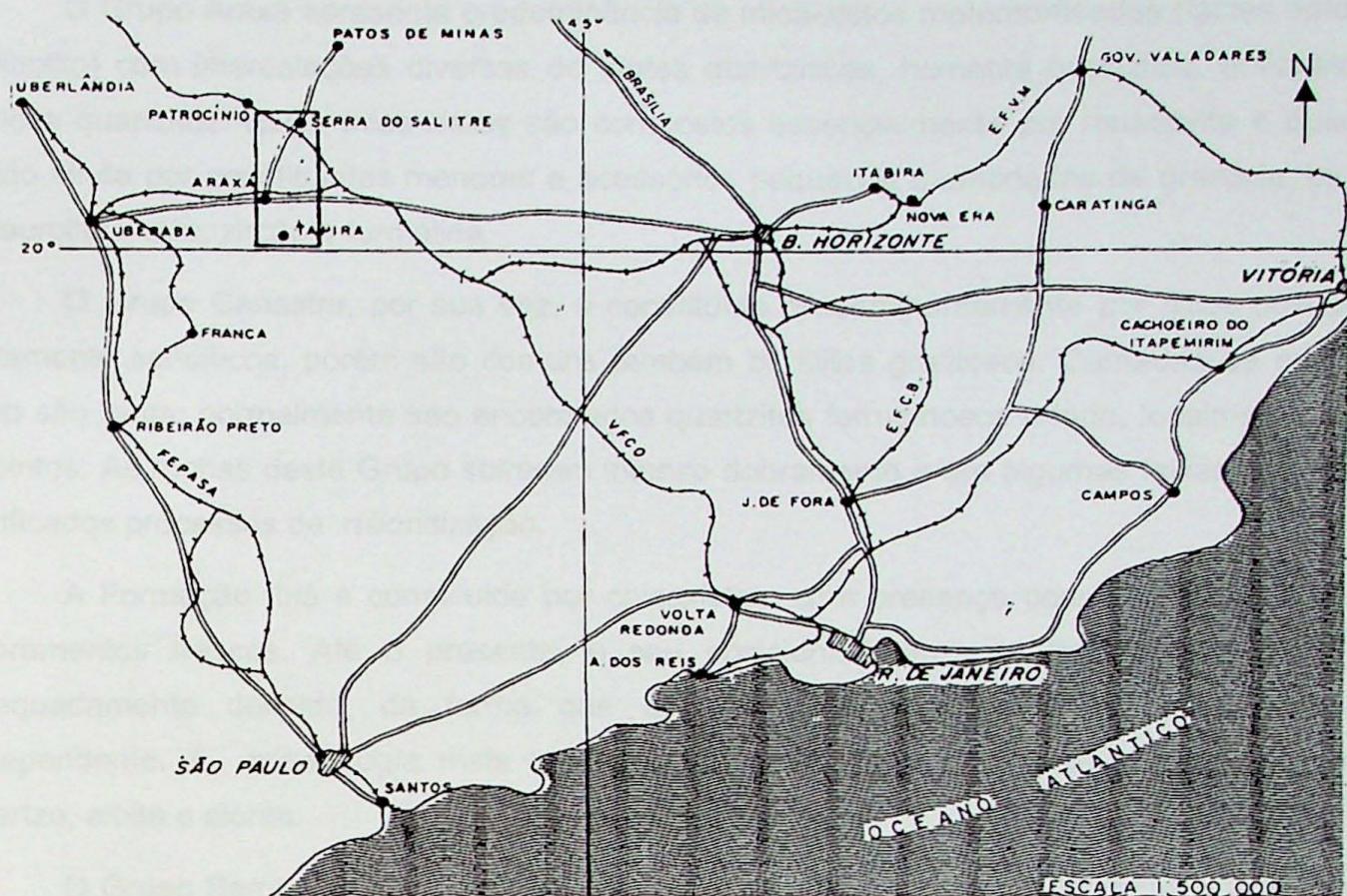


Figura 1 - Mapa de localização da área em estudo (Melo et al., 1997).

Duas áreas com características morfológicas peculiares são individualizadas; uma na sua parte sul, de topografia acidentada, com drenagem sulcada em vales profundos, apresentando cotas próximas de 950 a 970 metros, e outra, na parte setentrional, com topografia escarpada e cotas variando entre 1.000 e 1.150 metros.

4.1.1 Contexto geológico regional

Os trabalhos de levantamentos geológicos efetuados na região do Triângulo Mineiro, que no qual se insere o depósito de Salitre, foram descritos por Guimarães (1925), Alves (1960), Grossi Sad (1971) e Barbosa (1970).

As rochas mais antigas da região correspondem ao embasamento cristalino e são constituídas por granodioritos, granitos e gnaisses, formando a base da coluna estratigráfica, Barbosa (1966).

De acordo com os autores citados, teriam sido depositados sobre esse embasamento rochas dos Grupos Araxá, Canastra e Bambuí; apresenta ainda uma Formação, chamada Ibiá, que se depositou entre os Grupos Canastra e Bambuí. As principais características dessas rochas são resumidas na seqüência.

O Grupo Araxá apresenta predominância de mica-xistos metamorfizados (fácies epídoto-anfibolito) com intercalações diversas de lentes quartzíticas, hematita quartzitos, anfibolitos e sericita quartzitos. Estes mica-xistos são compostos essencialmente por muscovita e quartzo, tendo ainda por constituintes menores a acessórios pequenas quantidades de granada, biotita, estaurolita, rutilo, zircão e turmalina.

O Grupo Canastra, por sua vez, é constituído predominantemente por filitos prateados puramente sericíticos, porém são comuns também os filitos grafíticos. Camadas de quartzo puro são raras; normalmente são encontrados quartzitos ferruginosos e indo, localmente, até a itabiritos. As rochas deste Grupo sofreram intenso dobramento e em algumas faixas podem ser verificados processos de milonitização.

A Formação Ibiá é constituída por calcoxistos, com presença constante de calcita nos afloramentos frescos. Até o presente, o seu posicionamento estratigráfico não pode ser adequadamente definido, de forma que esta unidade é separada em uma formação independente. A mineralogia mais característica mostra a presença de calcita, muscovita, quartzo, albite e clorita.

O Grupo Bambuí está localmente representado pelas Formações Paranoá e Paraopeba; a Formação Três Marias não ocorre nesta região. Suas rochas mostram incipiente metamorfismo, sendo constituídas por calcários, arenitos quartzíticos, arcósios, conglomerados, siltitos, margas e filitos ardosianos; localmente são ainda encontrados alguns estromatólitos.

Sobre as unidades pré-cambrianas são encontradas rochas de idade Cretácea, pertencentes ao Grupo São Bento e Formação Bauru. O Grupo São Bento é representado por basaltos amigdaloidais intercalados com argilitos, siltitos e arenitos. A Formação Bauru, por sua vez, é constituída por sedimentos tufáceos e rochas piroclásticas.

As rochas dos complexos de Salitre e Serra Negra estão relacionadas a eventos vulcânicos/intrusivos de pequena profundidade, apresentando natureza ultrabásica-alcalina

As principais litologias encontradas no Complexo de Serra Negra referem-se a dunitos e serpentinitos, com jacupiranguitos e shonkinitos subordinados. As litologias observadas no Complexo de Salitre são descritas no sub-item referente à geologia do complexo de Salitre.

Coberturas lateríticas de idades mais recentes, resultantes do intemperismo das rochas de ambos os complexos são também encontradas; a estas coberturas estão relacionadas as mineralizações de fosfato, titânio e nióbio associadas a estes complexos.

4.1.2 Geologia do complexo de Salitre

O mapa geológico local referente ao complexo de Salitre e Serra Negra é apresentado na Figura 2.

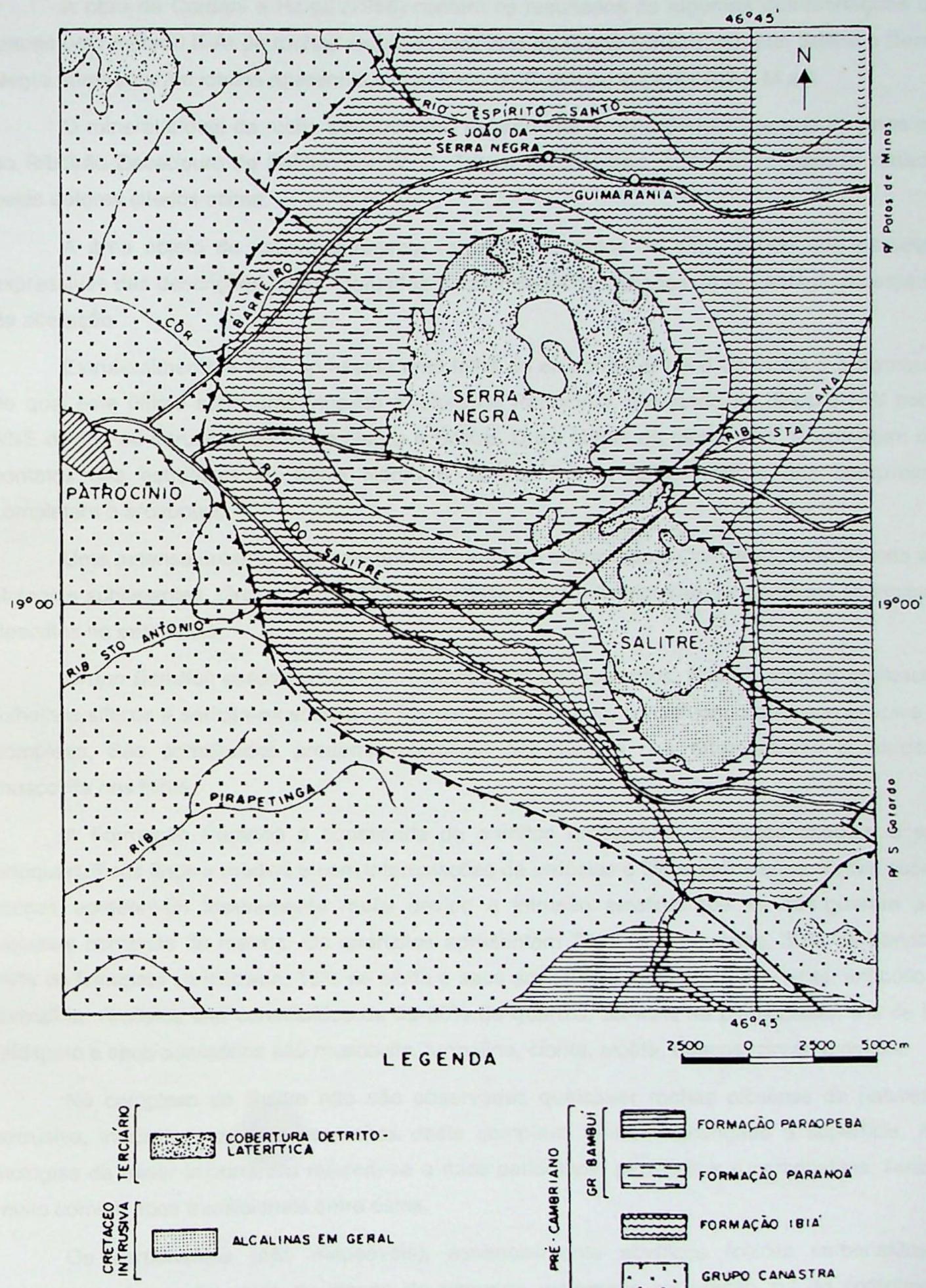


Figura 2 - Mapa geológico dos complexos de Salitre e Serra Negra (Melo et al., 1997)

A obra de Cordani e Hasui (1968) contém os resultados de algumas determinações de idades pelo método K-Ar de rochas eruptivas alcalinas do Oeste Mineiro, no qual Salitre e Serra Negra apresentaram idades aparentes situando-se no Cretáceo superior (82,7 M.a.).

O mineral biotita da rocha denominada "bebedourito" (rocha peridotítica que aparece no rio Ribeirão Bebedouro de Salitre) por W. E. Tröger (Grossi Sad, 1971) foi o material datado pelos autores citados acima.

A área objeto de estudo apresenta raros afloramentos "in situ", sendo que parcelas expressivas das descrições foram efetuadas a partir de blocos rolados, já em estágio avançado de alteração.

Estruturalmente a área apresenta uma falha de empurrão entre o Canastra e o Bambuí, no qual este último sofre uma inflexão à altura de Patrocínio, passando da direção NW para NNE devido às intrusões de Serra Negra e Salitre. Duas falhas de direção NE interceptam os contatos das estruturas de Serra Negra e Salitre. Outras falhas radiais aos complexos completam o arcabouço.

Uma extensa cobertura de solo laterítico argiloso cobre todo o Complexo, mascarando as litologias subjacentes. Grossi Sad (1971) e Barbosa (1970) distinguiram as unidades litológicas descritas na seqüência.

Grupo Bambuí: essas rochas, correspondem a ortoquartzitos, filitos, folhelhos argilosos, folhelhos sílticos e sericita-muscovita da Formação Paraopeba, constituem o anel que envolve o complexo. São constituídos predominantemente por quartzo nos ortoquartzitos e sericita-muscovita nos filitos .

A Formação Paranoá é constituída de arenitos arcossianos, as vezes chegam a ser ortoquartzíticos finos a médios e com intercalações de ardósias e filitos ardosianos. Todas essas rochas apresentam fraturamento radial devido a intrusão alcalina que as soergueram por algumas centenas de metros. Os quartzitos apresentam 70-95% de quartzo, 30% de sericita, 10% de feldspato sericitizado, 15% de albite e seus acessórios são muscovita, piritita, anfibólito e turmalina. Arcósios são constituídos de 35-50% de quartzo, 35-45% de plagioclásio, 5% de K-feldspato e seus acessórios são muscovita, turmalina, clorita, biotita, opacos, zircão e apatita.

No complexo de Salitre não são observadas quaisquer rochas alcalinas de natureza extrusiva, indicativas de que as rochas deste complexo tenham alcançado a superfície. As litologias de maior importância referem-se a mica peridotitos, piroxenitos e carbonatitos, sendo muito comum tipos transicionais entre estas.

Os carbonatitos (não mapeáveis), essencialmente sovíticos (calcita carbonatitos), ocorrem na forma de veios ou diques de pequena expressão na porção sul do complexo, cortando os peridotitos e piroxenitos. São constituídos basicamente por calcita (40 a 45%), com

flogopita (10 a 20%), apatita (5 a 15%) e magnetita+ilmenita (5 a 20%) apresentando cor clara acinzentada quando fresca e acastanhada ao se decompor.

Os *peridotitos* correspondem às rochas de maior distribuição em área; muitas vezes podem estar fenitizados e normalmente ocorrem como corpos tabulares. A olivina, muito fraturada, está alterada para serpentina e/ou flogopita e pode conter inclusões de cristais idiomórficos de magnetita, ilmenita e apatita; o piroxênio, da espécie diopsídio, também mostra alteração para flogopita. Os minerais acessórios mais comuns são magnetita-ilmenita granular, predominantemente xenoblástica. A granulação dos constituintes deste tipo litológico, em geral, situa-se entre 0,5 a 4mm.

Os *piroxenitos*, aparentemente o segundo tipo litológico em termos de distribuição, após os peridotitos, podem apresentar algumas variedades em função da proporção dos minerais acessórios presentes dando origem a flogopita piroxenito, perovskita piroxenito, apatita piroxenito e magnetita piroxenito, também com variações gradacionais entre si. O piroxênio refere-se às espécies augita-diopsído ou diopsídio. Os minerais acessórios presentes são titanita, sulfetos, anfibólios sódicos e pirocloro. A granulação dos constituintes da rocha, em geral, é de aproximadamente 1,0 mm.

Finalmente, tem-se ainda, nas bordas do complexo, fenitos representados por rochas do Grupo Bambuí e do próprio complexo submetidas a processos metassomáticos. Esses fenitos foram classificados, em linhas gerais, como ortoquartzitos parcialmente fenitizados (borda NW), fenitos leucocráticos a mesocráticos (bordas S e E) e os sienitos fenitizados (parte centro sul do complexo).

Enxames de diques concêntricos e radiais são também observados em todo o complexo de Salitre; estes são representados por traquitos, foyaito, shonkinito e dunito. Comumente, estes diques mostram-se decompostos e, por serem muito fraturados, dão origem a blocos, que quando destacados exibem núcleo preservado.

O manto de intemperismo decorrente da alteração dos tipos litológicos anteriormente descritos é constituído por solos siltic-argilosos lateritzados, solo laterítico granular, cascalheiras, aluviões e cangas. Devido à atuação do intemperismo sobre as rochas subjacentes formaram-se importantes mineralizações residuais de fosfato, titânio, nióbio e vermiculita.

O sumário do quadro de reservas decorrentes de atividades de pesquisa mineral realizadas pelas empresas CVRD (Companhia Vale do Rio Doce S.A.), CMM (Companhia Meridional de Mineração) e CBMM (Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração) é apresentado na Tabela 1 (adaptado de Melo, 1997)

Tabela 1 - Quadro de reservas geológicas do complexo de Salitre segundo DNPM

	Titânio (>10%TiO₂)	Fósforo (>5%P₂O₅)	Nióbio
Reservas x10 ³	695.000	850.000	196.000
Teores médios	17,5% TiO ₂	10,7% P ₂ O ₅	0,48% Nb ₂ O ₅

4.2 Caracterização de matérias primas minerais

As principais referências consultadas na elaboração deste sub-item são de Ziesemer (in: Instituto Tecnológico de Pernambuco, 1980), Sant'Agostino & Kahn (1997), Born & Kahn (1992), Lenharo & Born (1994) e Kahn (1999).

Segundo Sant'Agostino & Kahn (1997) a caracterização tecnológica de matérias primas minerais compreende o estudo de matérias primas minerais frente aos processos de beneficiamento ou uso final, sempre procurando a otimização do aproveitamento dos recursos minerais. O estudo do depósito mineral e a variabilidade de suas características frente ao processo de beneficiamento também se fazem necessários para o caso de depósitos minerais complexos.

A caracterização é apresentada como uma ferramenta voltada ao estudo das propriedades do minério, visando prever o seu comportamento diante de um processo de beneficiamento, fornecer subsídios ou sugestões para o estabelecimento do processo de beneficiamento, bem como estimar as características do produto final. Engloba, ainda, o estudo da jazida, através da identificação e caracterização de tipos de minérios, atividade esta que se inicia já na fase de pesquisa geológica, indo até o desenvolvimento e operação da mina. Permite também estabelecer usos potenciais de uma matéria mineral frente às características que o produto resultante do processamento pode apresentar.

Ao se fazer um estudo de caracterização tecnológica de um bem mineral, o primeiro passo a ser seguido é o levantamento de informações relativas ao mineral em questão; estas podem ser obtidas através da literatura, considerando informações de depósitos similares.

A partir dos procedimentos anteriormente citados é que se poderá esboçar um roteiro de procedimento experimental a ser seguido, no qual os conjuntos de operações laboratoriais deverão ser adequados às características do bem mineral e dos processos de beneficiamento previstos.

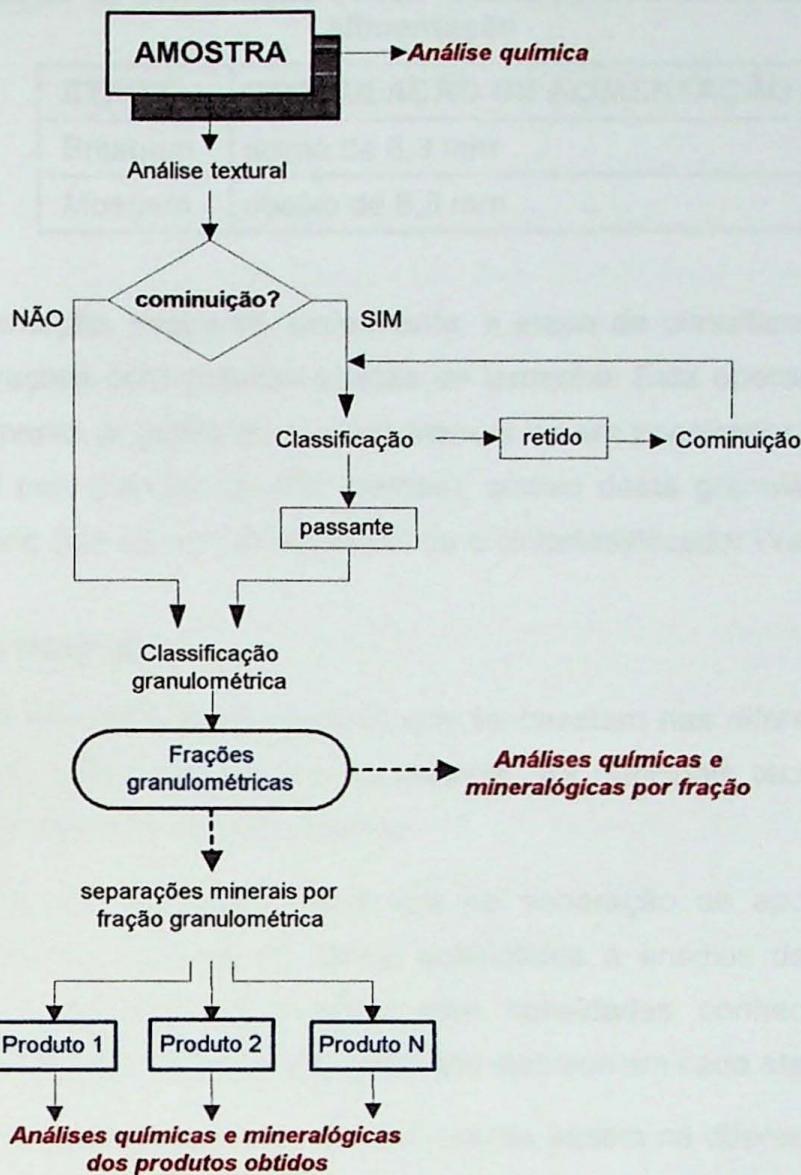
Sant'Agostino & Kahn (1997) e também Born & Kahn (1992) mencionam a importância dos parâmetros da matéria prima mineral que podem interagir de forma negativa no processo de beneficiamento. Esses autores estabeleceram os principais parâmetros da matéria prima mineral que interferem na etapa de beneficiamento, sejam eles na fase de preparação ou concentração; os principais parâmetros interferentes estão resumidos na Tabela 2.

Tabela 2 - Principais parâmetros da matéria prima relevantes para o beneficiamento

PARÂMETROS RELEVANTES	RELEVÂNCIA PARA O BENEFICIAMENTO
Identificação das fases e composição química	Previsão de facilidade/dificuldade de concentração e sugestões de processos de beneficiamento.
Formas de inclusões e associações minerais / grau de liberação	Dificuldades eventuais de separação física e definição de granulometria de moagem.
Impregnação e recobrimento superficial	Dificuldade de concentração de partículas impregnadas no caso de concentração por flotação e separação eletrostática.
Estado de alteração	Geração de maior conteúdo de finos, podendo acarretar redução de seletividade do processo e maior consumo de reagentes no caso de flotação.

Verifica-se claramente, diante do apresentado na Tabela 2 a importância da caracterização tecnológica de matérias primas minerais no auxílio ao beneficiamento mineral, seja na definição e escolha de um processo, seja na otimização do processo de uma instalação existente.

Para se determinar os parâmetros apresentados na Tabela 2, dentre outros, faz-se necessária a realização de um estudo sistemático a partir de amostra(s) representativa(s). O roteiro de procedimento a ser adotado deve ser adaptado frente às características do material em estudo, bem como às alternativas de beneficiamento vislumbradas; a Figura 3 apresenta um fluxograma geral de procedimento experimental em estudos de caracterização, adaptado de Sant'Agostino & Kahn (1997).



**Figura 3 - Fluxograma geral de procedimento experimental em caracterização de minérios
(adaptado de Sant'Agostino & Kahn; 1997)**

4.2.1 Preparação de amostras

A preparação de amostras tem por finalidade adequar a granulometria e a massa de amostra às etapas subsequentes do estudo, devendo ser precedida, obrigatoriamente pela análise textural do material.

A cominuição em laboratório pode ser feita mediante a utilização de britadores de mandíbulas e moinhos de diversos tipos, tais como de martelos, rolos e jarros.

A Tabela 3 exemplifica as operações de cominuição diante das características granulométricas da amostra a ser estudada.

Tabela 3 - Etapas de cominuição e seus limites aproximados de granulação de alimentação

ETAPA	GRANULAÇÃO DE ALIMENTAÇÃO
Britagem	acima de 6,3 mm
Moagem	abaixo de 6,3 mm

Após a cominuição, segue-se, usualmente, a etapa de classificação granulométrica da amostra, gerando frações com distintas classes de tamanho. Esta operação pode ser efetuada através de peneiramento (a úmido ou a seco) manual ou em peneirador vibratório, tendo como limite inferior 0,020 mm (peneira de 635 malhas); abaixo desta granulação, são empregados ciclones de laboratório (até 50 mm de diâmetro) ou o cicloclassificador Warman.

4.2.2 Separações minerais

Compreende um conjunto de técnicas que se baseiam nas diferenças de propriedades físicas das espécies minerais presentes no material. As principais técnicas empregadas em laboratório são resumidas na seqüência abaixo:

- a) *Separação por densidade*: esse tipo de separação se apoia nas diferenças de densidade dos minerais ao serem submetidos a ensaios de imersão em líquidos densos. A utilização de líquidos com densidades conhecidas permite separar minerais, obtendo, dessa forma, produtos distintos em cada etapa de separação.
- b) *Separação magnética*: essa, por sua vez, se baseia na diferença de susceptibilidade magnética dos minerais quando submetidos a um campo magnético externo. Os principais tipos de equipamentos empregados nesta separação são apresentados na Tabela 4.
- c) *Separação eletrostática*: baseia-se nas diferenças de condutibilidade elétrica de superfície. O principal equipamento utilizado em laboratório é o separador de alta tensão e, sendo, secundariamente, os separadores de placas e/ou placa/tela.

Tabela 4 - Principais separações minerais em laboratório (adaptado de Sant'Agostino & Kahn; 1997)

TIPO DE SEPARAÇÃO	EQUIPAMENTO
Separações por densidade	líquidos densos/suspensões densas separador magneto-densitário mesa Mozley (Mozley mineral separator, C-800) batéia (manual ou mecanizada)
Separações magnéticas	ímã permanente de baixa intensidade (<2kG) ímã permanente de média intensidade (2 a 8 kG, compostos cerâmicos de terras raras) separadores magnéticos Frantz (isodinâmico e de barreiras) tubo Davis separação de alta intensidade via úmida

4.2.3 Análises químicas

As análises são usualmente efetuadas na amostra inicial, nas várias frações granulométricas e nos produtos finais resultantes das separações minerais, permitindo avaliar a composição da amostra e o comportamento dos diversos elementos de interesse nas várias etapas de estudo.

As principais técnicas analíticas empregadas referem-se a:

- Espectrometria de fluorescência de raios X (FRX);
- Espectrometria de emissão por plasma de acoplamento induzido (ICP-AES);
- Espectrometria de absorção atômica.

4.2.4 Análises mineralógicas

As análises mineralógicas têm por objetivo não só a identificação e quantificação das espécies minerais, como também a definição das formas de associações minerais presentes, particularmente com a determinação do grau de liberação do mineral (is) útil (eis) e aspectos de recobrimento superficial (relevantes para a concentração por flotação e separação eletrostática). Várias são as ferramentas empregadas, muitas vezes sendo necessária a conjugação de duas ou mais técnicas para situações de associações minerais mais complexas.

A primeira e tradicionalmente mais empregada refere-se ao uso da microscopia óptica de polarização (luz refletida ou transmitida) e também da estereomicroscopia (lupa binocular). Estas ferramentas permitem definir forma, hábito, cor, características de superfície, associações minerais e grau de liberação das partículas ou grãos minerais de interesse.

A outra técnica, também muito utilizada, corresponde à difração de raios X, através do método do pó. Esta ferramenta permite a identificação das fases minerais presentes segundo o espectro de difração gerado a partir das estruturas cristalinas das fases minerais, quando a amostra é submetida à incidência de raios X de comprimento de onda fixo. Em situações específicas é também empregada na quantificação das espécies minerais presentes.

Uma outra técnica, mais refinada e de uso mais restrito, refere-se à microscopia eletrônica de varredura (MEV); trata-se de uma ferramenta de maior sofisticação na identificação de fases minerais e suas associações, capaz de produzir imagens resultantes da interação de um feixe de elétrons incidente na amostra, possibilitando a obtenção de imagens com aumentos entre 30 e 100.000 vezes.

As imagens geradas permitem a individualização das espécies minerais a partir de seu número atômico médio (imagens de elétrons retro-espalhados) comumente associadas com informações químicas pontuais obtidas por espectrômetros de fluorescência de raios X acoplados ao MEV (EDS ou WDS).

Imagens de feições morfológicas, referentes a elétrons secundários, podem também ser de grande valia, particularmente na caracterização de filossilicatos, dentre outros minerais.

Imagens de catodoluminescência, a partir de sistemas de microscopia óptica ou do próprio MEV, também podem ser de grande relevância para alguns minerais específicos, tais como apatita, fluorita, zircão, dentre outros.

4.3 Mineralogia das apatitas

Nos depósitos associados a complexos alcalino-carbonatíticos brasileiros, um dos minerais de maior importância econômica é a apatita, cuja fórmula geral é apresentada a seguir segundo Náray-Szabó (1930), Mehmel (1930) e Dana (1974).

Fórmula geral: $A_{10}(XO_4)_6Z_2$

As posições com os principais elementos estão na seqüência:

A = Ba, Ca, Ce, K, Na, Pb, Sr e Y.

X = As⁵⁺, P⁵⁺, Si⁴⁺, V⁵⁺; (CO₃).

Z = F, OH e Cl.

As apatitas apresentam uma grande diversidade em termos de composição química, sendo a fluorapatita, Ca₅(PO₄)₃F, a espécie mais freqüente nos depósitos associados a rochas alcalinas; as outras espécies que podem ocorrer são a hidróxilapatita, Ca₅(PO₄)₃(OH), clorapatita, Ca₅(PO₄)₃Cl, carbonato-fluorapatita, Ca₅(PO₄, CO₃)₃F e carbonato-hidróxilapatita, Ca₅(PO₄, CO₃)₃(OH). Todas as espécies se cristalizam no sistema hexagonal, ou monoclínico e nos arsenatos pseudohexagonais; apresentando planos de simetria paralelos ao plano (0001) e tetraedros de PO₄ associados a agrupamento de Ca-O.

De acordo com as relações estequiométricas alguns autores definem a presença de flúorapatita a partir da razão de $F/P_2O_5=0,089$ e $CaO/P_2O_5=1,318$ (McClellan, 1980). A variedade de carbonatoapatita apresenta a substituição mais freqüente no PO_4^{3-} pelo CO_3^{2-} com o conseqüente aumento da relação CaO/P_2O_5 .

Salienta-se ainda, que pode ocorrer a presença de várias espécies do grupo da apatita em um mesmo depósito. Estas distintas variedades podem estar relacionadas, em parte, a superimposição dos processos supérgenos de laterização (Born & Kahn, 1992) ou processos hidrotermais tardios. Um zoneamento destas espécies e a presença de alumínio fosfatos autigênicos nos níveis mais superficiais do perfil de intemperismo é comum a praticamente todos os depósitos de fosfatos associados a complexos alcalinos-carbonatíticos brasileiros.

Os alumino-fosfatos mais comuns correspondem a wavelita, $Al_3(OH,F)_3(PO_4)_2 \cdot 5H_2O$, crandallita, $CaAl_3H[(OH)_6,(PO_4)_2]$, florencita, $CeAl_3[(OH)_6,(PO_4)_2]$, gorceixita $BaAl_3H[(OH)_6,(PO_4)_2]$ e goyazita, $SrAl_3H[(OH)_6,(PO_4)_2]$. Atualmente estes minerais, usualmente formados a partir da solubilização da apatita, não apresentam interesse econômico e não são recuperados pelos processos de concentração.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

Todas as amostras provenientes de testemunhos de sondagens foram submetidas a um mesmo procedimento experimental, com o objetivo de poder comparar os resultados obtidos.

As informações referentes às quatro amostras estudadas são apresentadas a seguir.

- Furo N-112, intervalo de 36,0 a 69,25m (27kg);
- Furo P-104, intervalo de 7,0 a 23,05m (28kg);
- Furo P-120, intervalo de 20,8 a 61,0m (55kg);
- Galv-Pat (composição de furos de sondagens) com 6 kg;

5.1 Caracterização das amostras

O procedimento experimental adotado foi subdividido em duas etapas.

As amostras foram inicialmente homogeneizadas e quarteadas para a retirada de parcelas adequadas para a execução das atividades previstas.

Na primeira etapa, Figura 4, as amostras foram peneiradas em $\frac{3}{4}$ " (19,05 mm), com britagem da fração retida, em circuito fechado com peneira, com o objetivo de se obter um material abaixo dessa granulometria. Logo depois esse material (passante) foi submetido a um tamboramento (moagem sem a utilização de corpo moedor) a 50% de sólidos em massa por um período de 10 minutos, com o objetivo de desagregar o material.

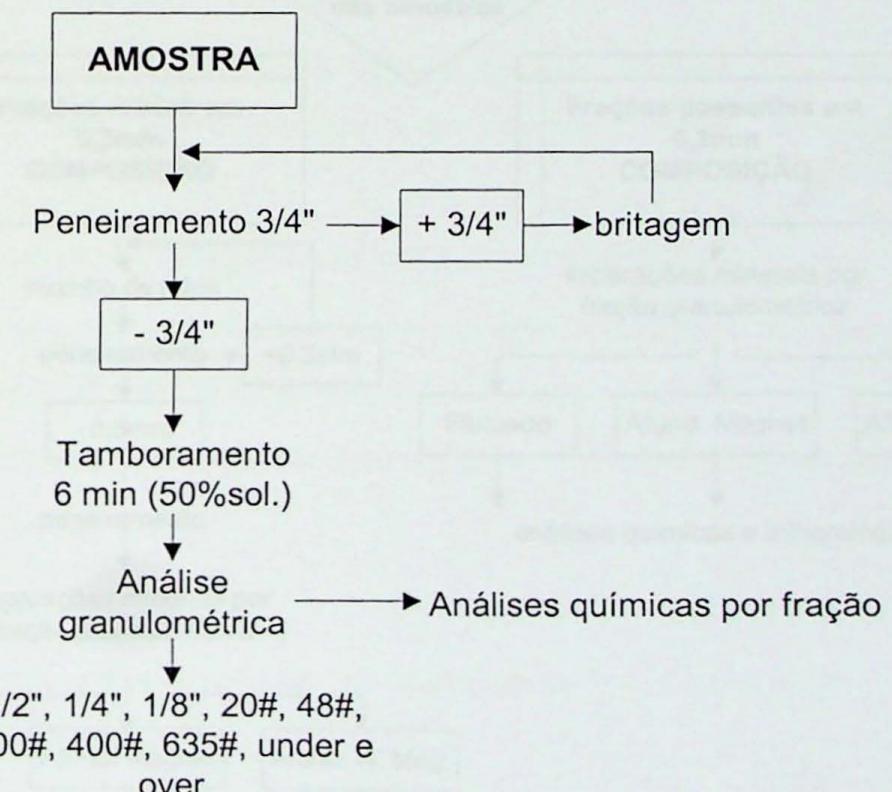


Figura 4 - Fluxograma de procedimento experimental primeira etapa

O material obtido foi submetido a um peneiramento a úmido, nas peneiras $\frac{1}{2}$ " (12,7 mm), $\frac{1}{4}$ " (6,36 mm), 20 malhas (0,84 mm), 48 malhas (0,297 mm), 65 malhas (0,210 mm), 100 malhas (0,149 mm), 150 malhas (0,100 mm), 200 malhas (0,074 mm), 400 malhas (0,037 mm) e 635 malhas (0,020 mm), seguido de deslamagem em ciclone (Krebbs, 25 mm de diâmetro, em material cerâmico) do produto passante em 635 malhas, no qual é gerado o *under* (fração mais grossa e que sai pela parte inferior do hidrociclone - *apex*) e o *over* (fração mais fina e que sai pela parte superior do hidrociclone - *vortex*).

Essa atividade constituiu a primeira etapa e teve como objetivo principal a análise granulométrica dos produtos obtidos. Os produtos gerados nessa etapa e com granulação inferior a 48 malhas (0,297 mm) foram denominados de "finos naturais".

Na seqüência dos estudos, Figura 5, as frações de granulometria superior a 0,297 mm (aproximadamente metade da massa desses produtos) foram compostas e submetidas à moagem em moinhos de rolos, em circuito fechado com peneira, até a obtenção de todo o material passante (produto de moagem). Esta etapa teve como objetivo a análise granulométrica por peneiramento a úmido dos produtos acima obtidos (produtos de moagem) utilizando as mesmas peneiras empregadas na primeira etapa e seguida também de deslamagem em ciclones.

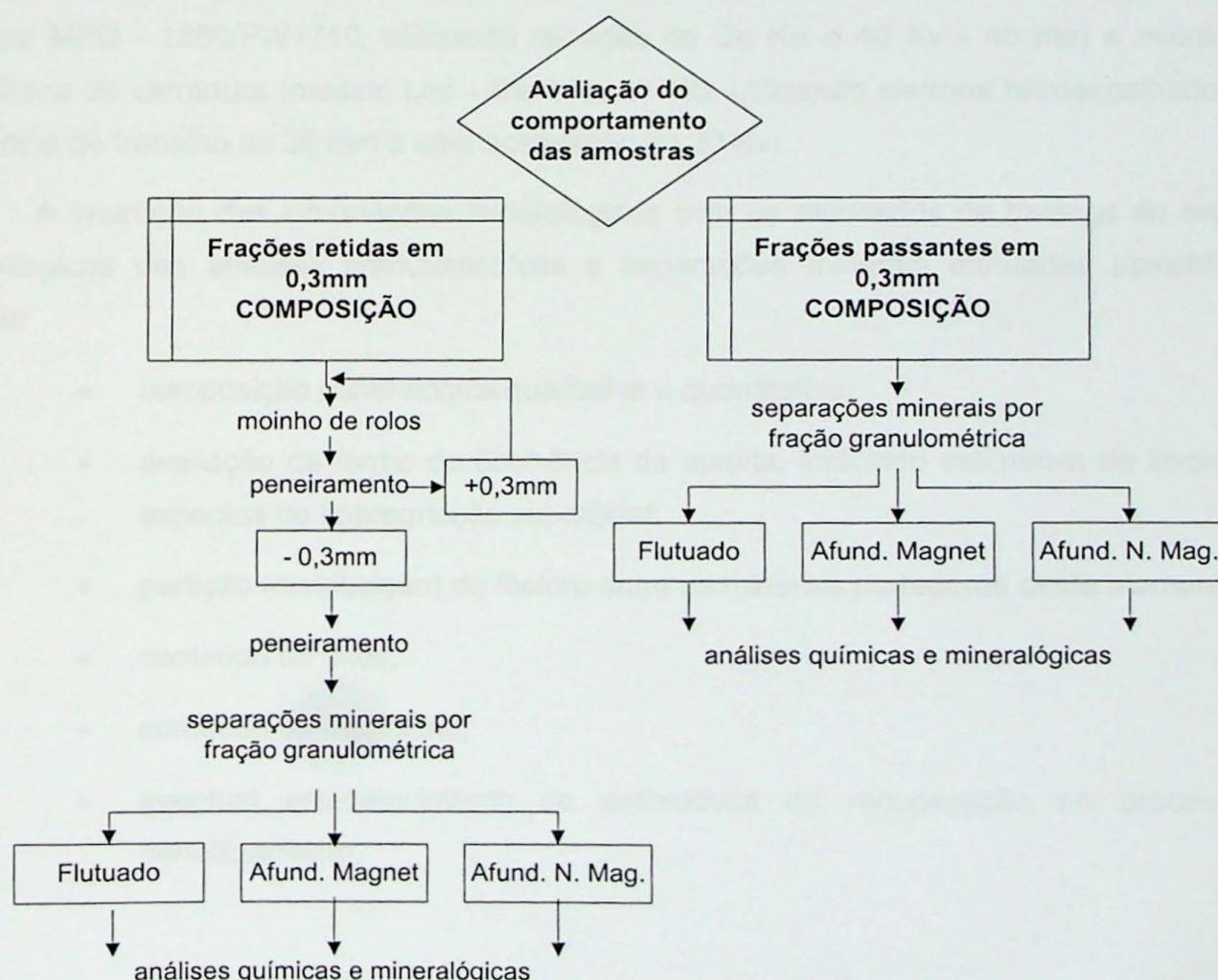


Figura 5 - Fluxograma de preparação da segunda etapa

Sistematicamente foram feitos ensaios de separações minerais em escala de bancada utilizando líquido denso (o tetra-bromo-etano, TBE, com densidade de 2,95 g/cm³) e separação magnética mediante o separador Frantz modelo de barreiras (em baixa-media intensidade de campo -4,1 kGauss).

As separações minerais foram realizadas tanto para as frações granulométricas referentes aos finos naturais como as frações resultantes ao produto de moagem. Desta forma, para cada fração granulométrica obtiveram-se os seguintes produtos:

- produto flutuado, com densidade inferior a 2,95 g/cm³;
- produto afundado magnético;
- produto afundado não magnético;

Finalmente, todos os produtos obtidos foram submetidos a análises químicas por fluorescência de raios X (modelo Phillips PW – 2404 com análise quantitativa baseada na curva de calibração para o fosfato), com a determinação dos teores de P₂O₅, CaO, SiO₂, BaO, AL₂O₃, Fe₂O₃, MgO e TiO₂.

Análises mineralógicas destes mesmos produtos foram realizadas mediante a conjugação de técnica de microscopia óptica (luz transmitida), difratometria de raios X (modelo Phillips MPD - 1880/PW1710, utilizando radiação de Cu K α e 40 Kv - 40 ma) e microscopia eletrônica de varredura (modelo Leo - Stereoscan 440, utilizando eletrons retroespalhados com distância de trabalho de 25 mm a uma aceleração de 20 Kv).

A interação das informações mineralógicas com os resultados de balanço de massa e metalúrgicos das análises granulométricas e separações minerais efetuadas possibilitaram definir:

- composição mineralógica qualitativa e quantitativa;
- avaliação da forma de ocorrência da apatita, incluindo estimativa de liberação e aspectos de impregnação superficial;
- partição (distribuição) do fósforo entre os minerais portadores deste elemento;
- conteúdo de finos;
- conteúdo de magnetita;
- eventual estabelecimento de estimativas de recuperação no processo de beneficiamento;

6 CRONOGRAMA DAS ATIVIDADES REALIZADAS

As principais atividades desenvolvidas ao longo do ano de 2001 para a realização do trabalho de formatura estão expostas na Tabela 5, a seguir.

Tabela 5 - Cronograma das atividades do projeto

ATIVIDADES	MESES									
	03/01	04/01	05/01	06/01	07/01	08/01	09/01	10/01	11/01	
Elaboração do tema										
Projeto inicial										
Levantamento bibliográfico										
Estudos de caracterização										
Relatório de progresso										
Relatório final										
Resumo expandido										

7 RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados obtidos através das diversas técnicas utilizadas são apresentados e concisamente discutidos, segundo a seqüência de execução dos trabalhos. As amostras individuais são identificadas por furos de sondagens através dos produtos gerados e comparando-se os resultados obtidos através de cada técnica.

Em função do elevado número de produtos gerados na etapa de preparação das amostras e separações minerais, com a utilização da técnica de estudo empregada, sempre que possível, foram utilizados tabelas e gráficos para apresentar os resultados, com considerações sobre os tipos de minerais presentes em cada furo de sondagem (N-112, P-120, P-104 e Galv-Pat).

7.1 Composição química

A composição química das amostras estudadas é apresentada na tabela 6, a seguir.

Tabela 6 - Composição química das amostras estudadas

Amostra	Teores (%)										Relação CaO/P ₂ O ₅
	P ₂ O ₅	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	BaO	TiO ₂	P.F.	Total	
Furo N 112	12,8	14,7	0,88	37,0	6,31	13,6	0,89	1,08	7,84	95,1	1,15
Furo P 104	5,72	12,7	4,64	33,7	6,83	17,6	0,35	4,87	7,39	93,8	2,23
Furo P 120	13,6	18,2	4,27	24,5	4,17	18,8	0,23	2,39	7,21	93,4	1,34
Galv - Pat	7,21	12,2	4,81	25,5	5,51	23,3	0,33	7,20	9,75	95,8	1,70

A tabela apresentada acima permite concluir que as amostras dos furos N-112 e P-120 são as de maiores teores de P₂O₅ e CaO, e a P-104 o menor teor em P₂O₅; esta última apresenta, ainda, a maior relação de CaO/P₂O₅.

Os furos P-104, P-120 e Galv-Pat contêm teores inferiores a 5% de MgO, sendo que no furo N-112 o MgO está abaixo de 1%.

Os teores de SiO₂ são relativamente baixos e semelhantes para os furos P-120 e Galv-Pat (25% em média), enquanto os furos P-104 e N-112 são maiores (superior a 33%).

7.2 Análises granulométricas das amostras estudadas

A distribuição em massa para os produtos obtidos a partir da britagem e desagregações efetuadas é apresentada comparativamente na forma de curvas de distribuição granulométrica acumuladas no passante na Figura 6.

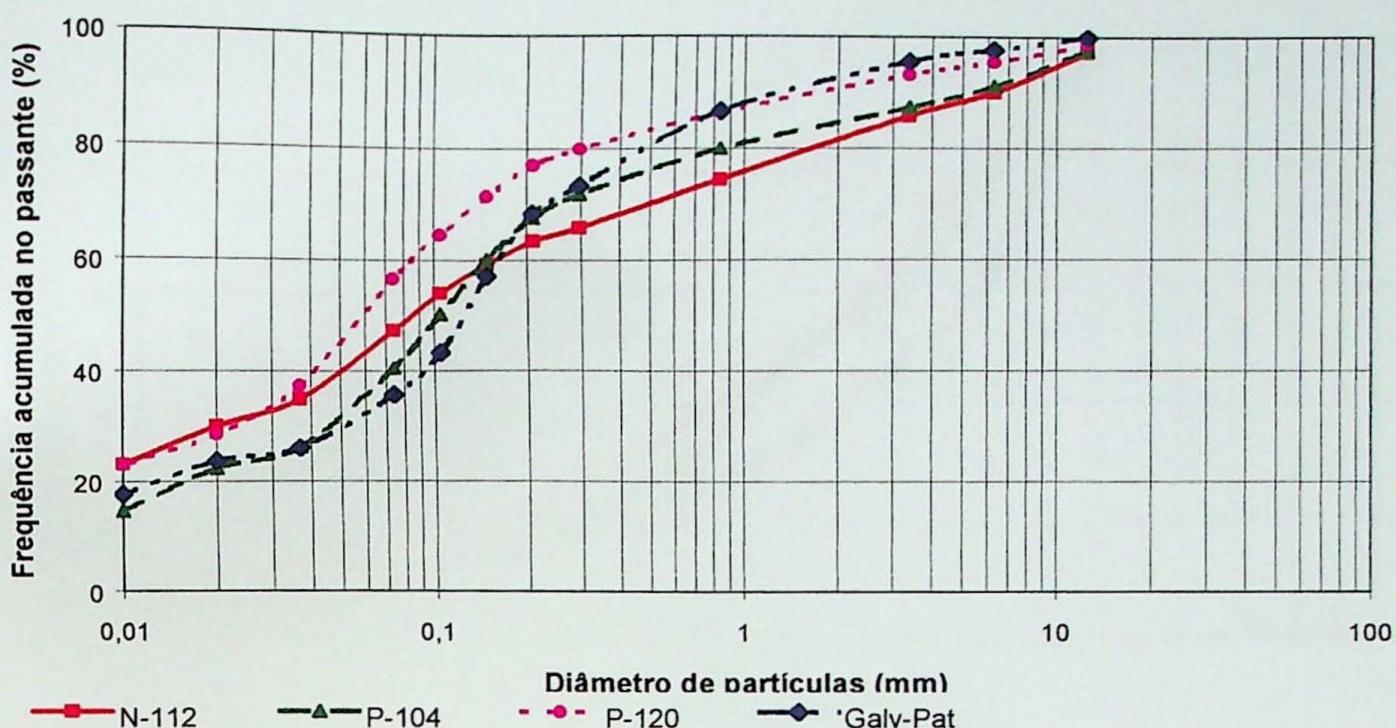


Figura 6 - Distribuição granulométrica das amostras estudadas

Verifica-se que as amostras P-104, P-120 e Galv-Pat, apresentam comportamento semelhante, com cerca de 80-90% em massa passante em 1 mm e cerca de 20% retido em 0,01 mm. Já a amostra referente ao furo N-112 mostra-se pouco mais fina que as demais com 80% em massa passante em 2 mm.

A distribuição granulométrica referente aos produtos obtidos a partir da cominuição do material retido em 0,3 mm (produtos de moagens) é apresentada comparativamente na Figura 7

Em média cerca de 10% é constituído de material com granulometria inferior a 0,010 mm de dimensões.

Os intervalos referentes a 20 e 80% em massa passante correspondem a dimensões de 0,037mm a 0,20 mm.

Conclui-se, dessa forma, que a segunda etapa de preparação foi bastante eficiente, gerando uma pequena proporção em massa de ultrafinos ($< 10 \mu\text{m}$).

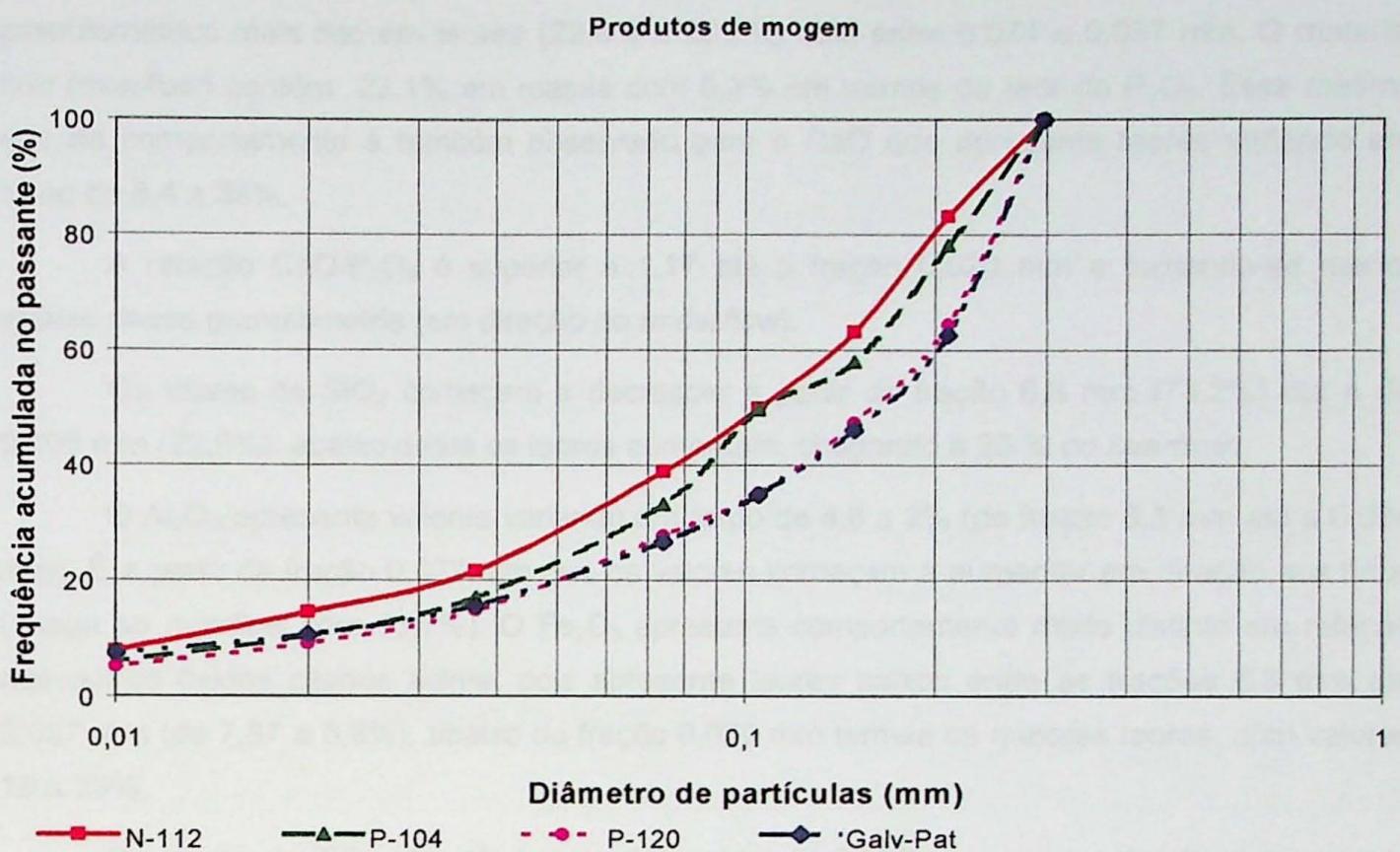


Figura 7 – Distribuição granulométrica dos produtos de moagem

7.2.1 Amostra do furo N-112

A distribuição dos teores por fração granulométrica da amostra do furo N-112 está exposta na Tabela 7.

Tabela 7 - Distribuição de teores por fração - Amostra Furo N 112 (Tal qual)

Fração (mm)	% Peso		Teores (%)								Relação CaO/P ₂ O ₅	Distribuição na amostra(%)					
	ensaio	ac.abaixo	P ₂ O ₅	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	BaO	TiO ₂		P ₂ O ₅	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
+6,300	9,88	90,1	4,43	5,41	0,81	73,2	4,06	7,87	0,25	0,39	1,22	3,4	3,6	9,1	19,5	6,4	5,7
-6,300 +0,840	15,6	74,5	8,35	10,0	0,84	54,4	3,36	13,0	0,70	0,66	1,20	10,2	10,7	14,9	22,9	8,3	14,8
-0,840 +0,297	8,53	66,0	10,2	11,5	0,76	42,7	3,99	16,1	1,16	0,99	1,13	6,8	6,7	7,3	9,8	5,4	10,1
-0,297 +0,210	2,49	63,5	11,6	13,5	0,74	39,8	3,54	13,3	0,90	1,03	1,17	2,3	2,3	2,1	2,7	1,4	2,4
-0,210 +0,150	4,21	59,3	16,8	20,5	0,64	32,3	3,07	10,2	0,74	0,84	1,23	5,5	5,9	3,1	3,7	2,1	3,2
-0,150 +0,0105	5,19	54,1	23,8	29,8	0,49	22,6	2,42	7,55	0,65	0,62	1,25	9,7	10,6	2,9	3,2	2,0	2,9
-0,105 +0,074	6,74	47,3	27,5	35,0	0,41	16,7	2,00	5,80	0,51	0,49	1,27	14,6	16,1	3,1	3,0	2,1	2,9
-0,074 +0,037	12,5	34,9	26,2	33,0	0,46	18,9	2,87	6,55	0,63	0,60	1,26	25,6	28,0	6,5	6,3	5,7	6,0
-0,037 +0,020	4,91	30,0	14,8	17,2	0,95	32,2	6,85	12,0	0,81	1,28	1,17	5,7	5,8	5,3	4,3	5,3	4,3
-0,02 +0,01 (UF)	6,90	23,1	8,68	8,13	1,13	32,8	10,0	17,7	1,09	2,22	0,94	4,7	3,8	8,8	6,1	11,0	9,0
-0,010 (over)	23,1		6,34	4,18	1,41	29,6	13,7	23,0	1,48	1,94	0,66	11,5	6,6	36,9	18,5	50,3	38,9
Total	100,0		12,7	14,7	0,88	37,1	6,30	13,7	0,89	1,09	1,15	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

A análise granulométrica permitiu concluir que 34% em massa da amostra ficaram retidos na peneira de 0,30 mm (referindo a abertura da peneira) e 30% abaixo de 0,020 mm.

Os teores de P_2O_5 são muito variados (de 4,4 a 28%), sendo que o intervalo granulométrico mais rico em teores (23,8% a 26,2%) está entre 0,074 e 0,037 mm. O material fino (*overflow*) contém 23,1% em massa com 6,3% em termos de teor de P_2O_5 . Esse mesmo tipo de comportamento é também observado para o CaO que apresenta teores variando em torno de 5,4 a 35%.

A relação CaO/ P_2O_5 é superior a 1,17 até a fração 0,020 mm e tornando-se menor abaixo dessa granulometria (em direção ao *underflow*).

Os teores de SiO_2 começam a decrescer a partir da fração 6,3 mm (73,2%) até a de 0,105 mm (22,6%); abaixo desta os teores aumentam, chegando a 23 % no *overflow*.

O Al_2O_3 apresenta valores variando em torno de 4,6 a 2% (da fração 6,3 mm até a 0,074 mm). É a partir da fração 0,037 mm que os valores começam a aumentar em direção aos finos (chega ao *overflow* com 13,7%). O Fe_2O_3 apresenta comportamento muito distinto em relação aos outros óxidos citados acima, pois apresenta teores baixos entre as frações 6,3 mm até 0,037 mm (de 7,87 a 5,8%); abaixo da fração 0,020 mm tem-se os maiores teores, com valores 18 a 23%.

Os teores de TiO_2 são inferiores a 1% acima de 0,037 mm e aumentando abaixo desta fração em direção aos finos (superiores a 1 %).

Na Tabela 8 está exposta a distribuição dos teores por fração do produto de moagem da amostra do furo N-112.

Tabela 8 - Distribuição de teores por fração no produto da moagem - Amostra Furo N-112

Fração (mm)	% Peso ensaio amost.	Teores (%)							Relação CaO/ P_2O_5	Distribuição no produto de moagem (%)					Distribuição na amostra (%)								
		P_2O_5	CaO	MgO	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	BaO		P_2O_5	CaO	MgO	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	P_2O_5	CaO	MgO	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3		
-0,297 +0,210	16,8	5,7	5,37	6,44	0,82	65,9	2,62	11,4	0,60	0,56	1,20	11,7	11,9	17,2	19,6	11,8	15,8	2,4	2,5	5,4	10,2	2,4	4,8
-0,210 +0,150	20,0	6,8	6,37	7,59	0,81	63,9	2,69	11,7	0,67	0,63	1,19	16,5	16,6	20,2	22,5	14,4	19,2	3,4	3,5	6,3	11,8	2,9	5,9
-0,150 +0,105	13,2	4,5	7,95	9,57	0,73	56,7	2,79	11,7	0,65	0,58	1,20	13,6	13,8	12,0	13,2	9,8	12,7	2,8	2,9	3,8	6,9	2,0	3,9
-0,105 +0,074	11,0	3,7	10,0	12,0	0,70	54,9	2,96	11,0	0,68	0,54	1,21	14,1	14,5	9,6	10,6	8,7	10,0	2,9	3,0	3,0	5,5	1,7	3,0
-0,074 +0,037	17,3	5,9	11,0	13,3	0,68	50,6	3,74	10,7	0,64	0,53	1,21	24,5	25,1	14,6	15,4	17,3	15,2	5,0	5,3	4,6	8,1	3,5	4,6
-0,037 +0,020	7,17	2,4	8,00	9,31	0,76	53,3	5,65	11,3	0,61	0,59	1,16	7,4	7,3	6,8	6,7	10,8	6,7	1,5	1,5	2,1	3,5	2,2	2,0
-0,02 +0,01 (UF)	6,68	2,3	7,09	7,99	0,89	47,1	5,88	15,0	0,82	0,90	1,13	6,1	5,8	7,4	5,5	10,5	8,2	1,3	1,2	2,3	2,9	2,1	2,5
-0,010 (over)	7,80	2,7	6,03	5,91	1,26	47,1	8,01	19,2	0,85	1,23	0,98	6,1	5,0	12,2	6,5	16,7	12,3	1,2	1,1	3,8	3,4	3,4	3,8
Total	100,0	34,0	7,74	9,15	0,80	56,8	3,74	12,2	0,67	0,65	1,18	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	20,5	21,0	31,3	52,3	20,1	30,6

A análise granulométrica permite indicar que 17% em massa do material estão retidos em 0,210 mm e aproximadamente 15% passante em 0,020mm.

Os teores de P_2O_5 variam em torno de 5,4 a 11%, sendo que o intervalo mais rico corresponde as frações compreendidas entre os intervalos de 0,105 a 0,037 mm (10 a 11%), representam respectivamente a 14 e 24% na distribuição no ensaio e 7,9% da amostra.

A relação CaO/ P_2O_5 varia entre 1,19 a 1,21 acima de 0,037 mm, abaixo desta fração a relação diminui para os finos (0,98).

O CaO apresenta comportamento semelhante ao do P₂O₅, com teores variando entre 5,9 e 13,3%, sendo que o intervalo mais rico está compreendido entre 0,074 a 0,020 mm.

A SiO₂ apresenta teores elevados na fração grossa (máximo de 65%) e diminui em direção aos finos (com 47,1% no overflow). O Al₂O₃ mostra teores variando em torno de 2,6 a 3,7% acima de 0,037 mm; abaixo dessa fração os valores aumentam para até 8%.

O Fe₂O₃ mostra teores entre 11 a 19%, com um ligeiro aumento a partir do material retido em 0,037 mm (11%) em direção aos finos (19%).

O MgO apresenta pouca variação em seus teores (inferiores a 1%), sendo que o overflow apresenta 1,3%. Esse comportamento é também semelhante para o TiO₂.

Na Tabela 9 está exposta a distribuição dos teores por fração da amostra do furo N-112 resultante da composição dos finos naturais com o produto de moagem.

Tabela 9 - Distribuição de teores por fração da composição dos finos naturais com o produto da moagem - Amostra Furo N-112

Fração (mm)	% Peso ensaio ac.abai	Teores (%)								Relação CaO/P ₂ O ₅	Distribuição na amostra(%)						
		P ₂ O ₅	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	BaO	TiO ₂		CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃		
-0,297 +0,210	8,2	8,2	7,24	8,58	0,80	58,0	2,90	12,0	0,69	0,70	1,18	4,7	4,8	7,5	12,9	3,8	7,3
-0,210 +0,150	11,0	19,3	10,3	12,5	0,75	51,8	2,84	11,1	0,70	0,71	1,21	8,9	9,4	9,4	15,5	4,9	9,0
-0,150 +0,0105	9,7	28,9	16,4	20,4	0,60	38,4	2,59	9,49	0,65	0,60	1,24	12,5	13,5	6,6	10,0	4,0	6,8
-0,105 +0,074	10,5	39,4	21,3	26,8	0,51	30,3	2,34	7,67	0,57	0,51	1,26	17,5	19,1	6,1	8,6	3,9	5,9
-0,074 +0,037	18,3	57,7	21,3	26,7	0,53	29,1	3,15	7,88	0,63	0,58	1,25	30,6	33,3	11,1	14,4	9,1	10,6
-0,037 +0,020	7,3	65,1	12,5	14,6	0,89	39,2	6,45	11,7	0,74	1,05	1,17	7,2	7,3	7,4	7,8	7,5	6,3
-0,02 +0,01 (UF)	9,2	74,3	8,29	8,10	1,07	36,3	9,00	17,1	1,02	1,89	0,98	6,0	5,0	11,2	9,0	13,1	11,5
-0,010 (over)	25,7	100,0	6,31	4,36	1,39	31,4	13,14	22,6	1,42	1,87	0,69	12,7	7,6	40,7	21,8	53,7	42,6
Total	100,0		12,8	14,7	0,88	37,0	6,31	13,6	0,89	1,08	1,15	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

A análise granulométrica permite indicar que 58% em massa do material estão retidos em 0,037 mm e cerca de 26% em massa corresponde ao overflow.

Os teores de P₂O₅ variam entre 6 e 21,3%, sendo que o intervalo mais rico está compreendido entre 0,074 e 0,037 mm (com 21%); acima de 0,037 mm a relação CaO/P₂O₅ varia entre 1,17 e 1,26. Abaixo desta tem-se uma queda abrupta desta relação, com valor de 0,69 para o overflow (indicativo da presença de fosfato secundário).

O CaO também apresenta comportamento semelhante ao P₂O₅, com teores variando em torno de 4,4% a 27%, sendo que o intervalo mais rico está na fração 0,074 e 0,037 mm (26,8%); abaixo desse intervalo os teores caem em direção ao fino (4% no overflow).

A SiO₂ apresenta teores variando entre 29 a 58%, com uma leve tendência ao aumento desses teores em direção aos finos. A fração 0,037 mm contém 29% de SiO₂.

O Al₂O₃ mostra teores inferiores a 3,2% até o material retido em 0,037 mm, com um leve aumento abaixo dessa fração. O Fe₂O₃ apresenta teores entre 8 e 17% crescendo para o overflow (23%).

O MgO mostra teores inferiores a 1% acima de 0,020 mm, e superiores a 1% abaixo dessa fração (chegando com 1,4% no *overflow*). O TiO₂ apresenta teores inferiores a 1% até a fração 0,037 mm; abaixo desta, estes aumentam em direção aos finos (com 1,9% no *overflow*).

7.2.2 Amostra do furo P-104

A distribuição de teores por fração da amostra tal qual do furo P-104 está exposta na Tabela 10.

Tabela 10 - Distribuição da composição dos finos naturais com o produto da moagem e teores por fração - Amostra Furo P - 104 (Tal qual)

Fração (mm)	% Peso		Teores (%)							Relação CaO/P ₂ O ₅	Distribuição na amostra(%)						
	ensaio	ac.abai xo	P ₂ O ₅	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	BaO		P ₂ O ₅	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	
+6,300	8,9	91,1	7,16	14,6	3,20	38,6	6,99	13,1	0,27	3,50	2,03	11,2	10,2	6,1	10,2	9,1	6,6
-6,300 +0,840	11,1	80,0	6,44	14,3	3,28	37,3	7,17	13,5	0,31	4,27	2,23	12,6	12,6	7,9	12,3	11,7	8,5
-0,840+0,297	8,09	71,9	6,21	14,8	3,52	35,1	7,24	14,1	0,35	4,89	2,38	8,8	9,4	6,1	8,4	8,6	6,5
-0,297 +0,210	4,19	67,7	7,81	16,4	3,96	32,3	6,42	12,6	0,27	4,94	2,10	5,7	5,4	3,6	4,0	4,0	3,0
-0,210 +0,150	7,54	60,2	8,12	16,6	4,33	31,7	6,33	12,5	0,28	5,07	2,04	10,8	9,9	7,0	7,1	7,0	5,4
-0,150 +0,0105	9,92	50,2	6,19	14,8	5,13	33,4	6,71	12,8	0,29	6,00	2,40	10,8	11,6	11,0	9,9	9,8	7,2
-0,105 +0,074	9,75	40,5	5,81	14,7	4,76	35,0	6,95	12,4	0,27	6,48	2,52	9,9	11,3	10,0	10,1	10,0	6,9
-0,074 +0,037	14,4	26,1	5,32	13,7	4,25	35,3	7,08	13,0	0,27	6,32	2,58	13,4	15,6	13,1	15,1	14,9	10,6
-0,037 +0,020	3,79	22,3	4,36	11,2	4,81	33,3	6,77	17,7	0,38	5,66	2,56	2,9	3,3	3,9	3,8	3,8	3,8
-0,02 +0,01 (UF)	7,69	14,7	4,64	10,4	4,53	30,8	6,16	24,4	0,49	5,37	2,24	6,3	6,3	7,5	7,0	7,0	10,7
-0,010 (over)	14,7		2,98	3,83	7,52	27,5	6,59	37,1	0,60	2,32	1,29	7,7	4,4	23,7	12,0	14,2	30,8
Total	100,0		5,70	12,7	4,64	33,6	6,81	17,6	0,35	4,87	2,23	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

A análise granulométrica indica que 28% em massa da amostra ficaram retidos na peneira 0,30 mm e 35 % constituem material passante em 0,037 mm.

Os teores de P₂O₅ variam em torno de 3 a 8%, sendo que abaixo de 0,10 mm os valores diminuem em direção aos finos (3% no *overflow*). Os materiais finos (*underflow* e *overflow*) correspondem a 22% em massa e representam 14% da distribuição do fósforo contido.

O CaO apresenta teores relativamente altos, em torno de 14 a 17% no intervalo granulométrico que vai de 6,3 a 0,074 mm; abaixo dessa granulometria os valores diminuem em direção aos finos (3,8% no *overflow*). As relações CaO/P₂O₅ são relativamente altas entre as frações 0,10 mm a 0,020 mm (2,55 em média), tornando-se menores em direção aos finos (1,29 no *overflow*).

A SiO₂ varia em torno de 27 a 39% e diminuindo em direção aos finos (com 27% no *overflow*). O Al₂O₃ aumenta de teor a partir da fração 0,150 mm até 0,037 mm (de 6,3% a 7,1%), abaixo dessas frações os teores caem em direção aos finos (6,6% no *overflow*).

O Fe₂O₃ apresenta teores relativamente altos, em torno de 13 a 37%, com um aumento gradativo a partir da fração 0,150 mm em direção aos finos (37% no *overflow*). Finalmente, o TiO₂ apresenta um aumento até a fração 0,074 mm; abaixo desta os valores começam a cair em direção aos finos; o MgO apresenta aumento gradativo de teores a partir da fração 6,3 mm (3,2%) em direção aos finos (7,5% no *overflow*).

Na Tabela 11 está exposto a distribuição dos teores por fração da amostra do furo P-104 no produto de moagem.

Tabela 11 - Distribuição de teores por fração no produto da moagem - Amostra Furo P-104

Fração (mm)	% Peso ensaio amost.	Teores (%)							Relação CaO/P ₂ O ₅	Distribuição no produto de moagem (%)							Distribuição na amostra (%)						
		P ₂ O ₅	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	BaO		P ₂ O ₅	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃		
-0,297 +0,210	21,9	6,2	6,52	13,5	3,12	40,7	8,04	11,2	0,26	3,51	2,06	21,4	20,0	20,6	23,8	24,4	18,3	7,0	6,5	4,1	7,4	7,2	4,0
-0,210 +0,150	20,2	5,7	6,93	15,0	3,18	39,6	7,75	11,4	0,28	3,93	2,17	21,0	20,7	19,4	21,4	21,7	17,2	6,8	6,7	3,9	6,6	6,4	3,7
-0,150 +0,105	8,3	2,3	6,66	15,3	3,28	38,7	7,52	11,7	0,26	4,39	2,29	8,3	8,6	8,2	8,6	8,7	7,2	2,7	2,8	1,7	2,7	2,5	1,6
-0,105 +0,074	16,4	4,6	6,45	15,3	3,36	38,2	7,51	11,8	0,26	4,65	2,38	15,9	17,1	16,6	16,8	17,1	14,4	5,2	5,5	3,3	5,2	5,0	3,1
-0,074 +0,037	16,1	4,5	6,43	15,8	3,36	36,4	6,88	13,0	0,27	5,08	2,46	15,5	17,3	16,3	15,7	15,4	15,5	5,1	5,6	3,3	4,9	4,5	3,4
-0,037 +0,020	6,7	1,9	6,55	15,3	3,48	33,5	5,95	15,7	0,46	4,81	2,34	6,5	6,9	7,0	6,0	5,5	7,8	2,1	2,2	1,4	1,9	1,6	1,7
-0,02 +0,01 (UF)	4,4	1,2	8,05	16,6	2,91	30,6	4,62	19,2	0,36	4,62	2,06	5,3	5,0	3,9	3,6	2,8	6,3	1,7	1,6	0,8	1,1	0,8	1,4
-0,010 (over)	6,0	1,7	6,81	10,7	4,50	26,3	5,35	29,8	0,40	2,81	1,57	6,1	4,3	8,1	4,2	4,4	13,2	2,0	1,4	1,6	1,3	1,3	2,9
Total	100,0	28,1	6,68	14,7	3,32	37,4	7,21	13,4	0,29	4,20	2,20	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	32,6	32,2	20,1	31,0	29,4	21,6

A análise granulométrica permite dizer que 22% em massa da amostra estão retidos em 0,210 mm (referindo a abertura da peneira) e 10 % em massa referem-se ao material passante em 0,020 mm.

Os teores de P₂O₅ variam em torno de 6,5 a 7% em todo o intervalo granulométrico, a exceção da fração 0,010 mm que apresenta teor mais elevado (8%). O passante em 0,020 mm contém 11% do fósforo presente neste produto.

Apresentando o mesmo padrão de comportamento que os teores do P₂O₅, o CaO varia em torno de 11 a 17%.

As relações CaO/P₂O₅ aumentam gradativamente da fração 0,21 mm (2,06) até 0,037 mm (2,48); abaixo desta fração os valores diminuem em direção aos finos.

A SiO₂ apresenta teores variando em torno de 26 a 41%, com teores diminuindo gradativamente em direção aos finos.

O Al₂O₃ segue o mesmo tipo de comportamento da SiO₂, sendo que os seus teores variam em torno de 4,6 a 8%. O Fe₂O₃ apresenta comportamento contrário ao do Al₂O₃, aumentando gradativamente em direção aos finos, variando em torno de 11 a 30%.

O MgO apresenta aumento dos teores mais elevados para o de intervalo 0,21 a 0,010 mm, variando entre 3 a 4,5%. Finalmente, o TiO₂ aumenta gradativamente até a fração 0,037 mm (com teores em torno de 3,5 a 5%).

Na Tabela 12 está exposta o resultado da distribuição dos teores por fração da composição dos finos com o produto de moagem da amostra do furo P-104.

Tabela 12 - Distribuição de teores por fração da composição dos finos naturais com o produto da moagem - Amostra Furo P-104

Fração (mm)	% Peso ensaio ac.abai xo		Teores (%)							Relação CaO/P ₂ O ₅	Distribuição na amostra(%)						
	P ₂ O ₅	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	BaO	TiO ₂	P ₂ O ₅		CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃		
-0,297 +0,210	10,4	10,4	7,04	14,6	3,46	37,3	7,38	11,8	0,26	4,09	2,08	12,7	11,9	7,7	11,4	11,1	7,0
-0,210 +0,150	13,2	23,6	7,61	15,9	3,84	35,1	6,94	12,0	0,28	4,58	2,09	17,6	16,5	10,9	13,7	13,4	9,1
-0,150 +0,0105	12,3	35,8	6,28	14,9	4,78	34,4	6,86	12,6	0,28	5,69	2,38	13,5	14,4	12,6	12,5	12,3	8,8
-0,105 +0,074	14,4	50,2	6,02	14,9	4,31	36,0	7,13	12,2	0,27	5,89	2,47	15,1	16,8	13,3	15,3	15,0	10,0
-0,074 +0,037	18,9	69,1	5,59	14,2	4,04	35,6	7,03	13,0	0,27	6,02	2,55	18,5	21,1	16,4	19,9	19,5	14,0
-0,037 +0,020	5,7	74,7	5,08	12,5	4,37	33,4	6,50	17,0	0,41	5,38	2,46	5,0	5,6	5,3	5,6	5,4	5,5
-0,02 +0,01 (UF)	8,9	83,7	5,11	11,2	4,31	30,8	5,95	23,7	0,47	5,27	2,20	8,0	7,9	8,3	8,2	7,8	12,0
-0,010 (over)	16,3	100,0	3,37	4,54	7,21	27,4	6,46	36,3	0,58	2,37	1,34	9,6	5,8	25,4	13,3	15,5	33,7
Total	100,0		5,72	12,7	4,64	33,7	6,83	17,6	0,35	4,87	2,23	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

A análise granulométrica permite dizer que 69% em massa do material estão retidos em 0,037 mm, e que 16 % em massa constituem o *overflow*.

Os teores de P₂O₅ decrescem a partir da fração 0,21 mm até 0,020 mm, sendo que esse intervalo apresenta teores entre a 6 e 7,6%. Salienta-se, ainda, que o passante em 0,020 mm contém 18% do fósforo da amostra.

O CaO começa a diminuir gradativamente a partir da fração 0,150 mm (16%) em direção aos finos (4,5% no *overflow*).

A relação CaO/P₂O₅ apresenta valores de 2 a 2,5 para o intervalo de 0,21 a 0,037 mm, diminuindo, a partir daí, em direção aos finos (1,3 no *overflow*).

Os teores de SiO₂ são sistematicamente decrescentes para os finos, com teores variando entre 27 e 37%.

O Al₂O₃ apresenta teores variando em torno de 4,6% a 8%. O Fe₂O₃ varia em torno de 11 a 30%, mostrando um aumento gradativo a partir da fração 0,21 mm.

Finalmente, o MgO compõe-se por teores não inferiores a 2,9% e não superiores a 4,5%. O TiO₂ varia em torno de 2,8% a 5,1%.

7.2.3 Amostra do furo P-120

A distribuição dos teores por fração granulométrica da amostra do furo P-120 tal qual está exposto na Tabela 13.

Tabela 13 - Distribuição de teores por fração - Amostra Furo P-120 (Tal qual)

Fração (mm)	% Peso		Teores (%)								Relação CaO/P ₂ O ₅	Distribuição na amostra(%)					
	ensaio	ac.abaixo	P ₂ O ₅	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	BaO	TiO ₂		P ₂ O ₅	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
+6,300	4,72	95,3	10,8	13,8	1,12	49,0	5,25	9,3	0,13	0,92	1,28	3,8	3,6	1,2	9,4	5,9	2,4
-6,300 +0,840	9,00	86,3	11,4	15,0	2,10	25,9	3,77	29,5	0,47	1,50	1,32	7,5	7,4	4,4	9,5	8,1	14,2
-0,840+0,297	6,48	79,8	9,51	12,8	3,16	21,1	3,19	37,3	0,48	2,28	1,35	4,5	4,6	4,8	5,6	5,0	12,9
-0,297 +0,210	2,89	76,9	16,4	22,0	3,14	18,3	3,08	21,6	0,29	2,55	1,34	3,5	3,5	2,1	2,2	2,1	3,3
-0,210 +0,150	5,59	71,3	22,7	29,9	2,62	14,7	2,57	12,7	0,51	2,32	1,32	9,3	9,2	3,4	3,3	3,4	3,8
-0,150 +0,0105	6,95	64,4	27,2	35,9	2,27	11,7	1,89	8,30	0,26	2,04	1,32	13,9	13,7	3,7	3,3	3,1	3,1
-0,105 +0,074	7,95	56,4	26,7	35,4	2,31	11,5	1,93	7,00	0,22	2,14	1,32	15,6	15,5	4,3	3,7	3,7	3,0
-0,074 +0,037	19,3	37,1	19,3	26,1	4,37	19,5	3,57	10,3	0,43	2,98	1,35	27,3	27,6	19,7	15,3	16,5	10,6
-0,037 +0,020	8,87	28,3	10,1	14,2	6,85	29,8	5,51	15,7	-0,08	3,50	1,40	6,6	6,9	14,2	10,7	11,7	7,4
-0,02 +0,01 (UF)	5,50	22,8	7,00	9,77	6,06	30,0	5,33	21,4	0,01	3,54	1,40	2,8	3,0	7,8	6,7	7,0	6,3
-0,010 (over)	22,8										1,27	5,3	5,0	34,2	30,2	33,3	33,2
Total	100,0		13,6	18,2	4,27	24,6	4,17	18,8	0,25	2,37	1,33	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

A análise granulométrica permite dizer que 20% em massa do material ficaram retidos na peneira 0,30 mm e 37% constituem o produto passante em 0,037 mm.

Os teores de P₂O₅ decrescem significativamente a partir da fração 0,105 mm (de 27% para 3,2%). O intervalo granulométrico mais rico em teores está entre 0,150 a 0,037 mm e corresponde a 39,8% em massa do ensaio e 66% do total de fósforo contido na amostra. O overflow contém 22,6% em massa no ensaio com teor em torno de 3,2% de P₂O₅ (5% do fósforo presente)

O CaO apresenta o intervalo mais rico entre 0,150 a 0,037 mm, com teores variando em torno de 26 a 36%, sendo que abaixo dessa fração os valores diminuem em direção aos finos (4% para o overflow).

A relação CaO/P₂O₅ possui uma faixa de valores variando em torno de 1,27 a 1,40 com os menores valores junto as frações extremas.

A SiO₂ diminui gradativamente da fração 6,3 mm para a 0,074 mm (com teores que decrescem de 12% para 49%), sendo que abaixo desse intervalo os teores começam a crescer em direção aos finos (com 33% no overflow).

O Al₂O₃ apresenta comportamento parecido com a SiO₂, porém a sua faixa de variação está em torno de 1,4 a 6%. O Fe₂O₃ varia entre 8 e 37%.

O MgO apresenta teores variando em torno de 1 a 6,9% com tendência a aumentar para os finos a partir da fração 0,074 mm. O TiO₂ varia entre 1 a 3,5%, com teores mais elevados junto as frações mais finas.

Na Tabela 14 estão expostos os resultados da distribuição dos teores por fração no produto de moagem da amostra do furo P-120.

Tabela 14 - Distribuição de teores por fração no produto da moagem - Amostra Euro P-120

Fração (mm)	% Peso		Teores (%)							Relação CaO/P ₂ O ₅	Distribuição no produto de moagem (%)					Distribuição na amostra (%)							
	ensaio	amost.	P ₂ O ₅	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	BaO		P ₂ O ₅	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	
-0,297 +0,210	35,6	7,2	9,62	12,7	2,15	29,9	3,80	30,5	0,34	1,66	1,32	31,9	31,9	34,7	36,3	34,4	39,6	5,0	5,0	3,6	8,9	6,5	11,6
-0,210 +0,150	17,2	3,5	10,9	14,6	2,11	25,2	3,35	32,4	0,32	1,75	1,34	17,5	17,7	16,4	14,8	14,6	20,3	2,8	2,8	1,7	3,6	2,8	6,0
-0,150 +0,105	12,1	2,4	12,5	16,5	1,90	26,6	3,51	26,9	0,31	1,48	1,31	14,2	14,1	10,4	11,0	10,8	11,9	2,2	2,2	1,1	2,7	2,1	3,5
-0,105 +0,074	7,41	1,5	13,3	17,5	1,85	26,8	3,51	25,3	0,29	1,51	1,31	9,22	9,13	6,22	6,79	6,62	6,83	1,5	1,4	0,7	1,7	1,3	2,0
-0,074 +0,037	13,0	2,6	12,2	16,0	2,07	30,8	4,47	21,1	0,24	1,55	1,31	14,8	14,7	12,2	13,7	14,8	10,0	2,3	2,3	1,3	3,4	2,8	2,9
-0,037 +0,020	5,65	1,1	9,80	13,0	2,61	35,1	5,32	19,2	0,39	1,70	1,33	5,17	5,18	6,69	6,78	7,65	3,95	0,8	0,8	0,7	1,7	1,5	1,2
-0,02 +0,01 (UF)	3,99	0,8	10,5	14,0	2,67	31,8	4,47	21,6	0,36	2,27	1,33	3,90	3,93	4,84	4,34	4,54	3,14	0,6	0,6	0,5	1,1	0,9	0,9
-0,010 (over)	5,13	1,0	6,98	9,44	3,63	35,5	5,03	22,8	0,35	2,12	1,35	3,34	3,42	8,45	6,23	6,57	4,27	0,5	0,5	0,9	1,5	1,3	1,3
Total	100,0	20,2	10,7	14,2	2,20	29,2	3,93	27,4	0,32	1,68	1,32	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	15,8	15,6	10,5	24,5	19,0	29,4

Observa-se que 36% em massa do material estão retidos na peneira 0,210 mm (referindo a abertura da peneira) e somente 9 % em massa são constituídos de material passante em 0,020 mm.

Os teores de P₂O₅ variam entre 7 e 13%, sendo que o intervalo mais rico está compreendido entre 0,105 a 0,037 mm; o overflow contém 7% com 5,13 % do total de fósforo do ensaio.

O CaO apresenta teores variando entre 9,4 e 18%, com valores decrescentes para os finos a partir da fração 0,074 mm.

A relação CaO/P₂O₅ está em torno de 1,31 a 1,35 em média. A SiO₂ varia em torno de 26 a 35%. O Fe₂O₃ apresenta teores crescentes para as frações extremas a partir do intervalo 0,037 a 0,020 mm. O MgO apresenta um leve aumento a partir da fração 0,105 mm em direção aos finos (com 3,6% no overflow). O TiO₂ varia em torno de 1,5 a 2,3%.

Na Tabela 15 estão expostos os resultados da composição dos finos naturais com o produto de moagem da amostra do furo P-120.

Tabela 15 - Distribuição de teores por fração da composição dos finos naturais com o produto de moagem - Amostra Furo P-120

Fração (mm)	% Peso		Teores (%)							Relação CaO/P ₂ O ₅	Distribuição na amostra(%)						
	ensaio	ac.abajo	P ₂ O ₅	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	BaO		P ₂ O ₅	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	
-0,297 +0,210	10,1	10,1	11,6	15,4	2,43	26,5	3,59	28,0	0,33	1,92	1,33	8,5	8,5	5,8	11,0	8,7	15,0
-0,210 +0,150	9,1	19,1	18,2	24,1	2,42	18,7	2,87	20,2	0,44	2,10	1,32	12,1	12,0	5,2	7,0	6,2	9,7
-0,150 +0,105	9,4	28,5	23,4	30,9	2,17	15,6	2,31	13,1	0,27	1,89	1,32	16,1	15,9	4,8	6,0	5,2	6,6
-0,105 +0,074	9,4	38,0	24,6	32,6	2,24	14,0	2,18	9,90	0,23	2,04	1,32	17,1	16,9	5,0	5,4	4,9	5,0
-0,074 +0,037	21,9	59,9	18,4	24,9	4,09	20,9	3,68	11,6	0,41	2,81	1,35	29,6	29,9	21,0	18,7	19,3	13,5
-0,037 +0,020	10,0	69,9	10,1	14,0	6,37	30,4	5,49	16,1	-0,03	3,29	1,40	7,4	7,7	14,9	12,4	13,2	8,6
-0,02 +0,01 (UF)	6,3	76,2	7,44	10,3	5,63	30,3	5,22	21,4	0,05	3,38	1,38	3,4	3,6	8,3	7,8	7,9	7,2
-0,010 (over)	23,8	100,0	3,33	4,24	6,30	32,7	6,06	27,1	0,09	2,00	1,27	5,8	5,5	35,1	31,7	34,6	34,4
Total	100,0		13,6	18,2	4,27	24,5	4,17	18,8	0,23	2,39	1,34	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

A análise granulométrica permite dizer que 60% do material estão retidos na peneira 0,037 mm e 24% em massa constituem o overflow.

O P₂O₅ apresenta diminuição gradativa de seus teores a partir da fração 0,074 mm para os finos. O passante 0,02 mm representa 30% em massa, contendo 10% do total de fósforo presente.

Os teores de CaO começam a diminuir gradativamente a partir da fração 0,074 mm, com valores compreendidos entre 4,2 e 33%. A relação CaO/P₂O₅ varia em torno de 1,27 a 1,40.

Para o Al₂O₃, esse material apresentou enriquecimento gradativo a partir da fração 0,074 mm (com 2,2%) em direção aos finos (6% no *overflow*). O Fe₂O₃ mostra teores crescentes para as frações extremas (10 a 28%). O MgO apresenta aumento dos teores a partir da fração 0,074 mm em direção aos finos; o mesmo ocorre em relação ao TiO₂.

7.2.4 Amostra Galv-Pat

Na Tabela 16 está exposta a distribuição dos teores por fração granulométrica da amostra Galv-Pat.

Tabela 16 - Distribuição de teores por fração - Amostra Galv-Pat (Tal qual)

Fração (mm)	% Peso		Teores (%)							Relação CaO/P ₂ O ₅	Distribuição na amostra(%)						
	ensaio	ac.abaixo	P ₂ O ₅	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	BaO		CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃		
+6,300	2,3	97,7	8,20	12,8	2,94	45,0	2,15	16,7	0,22	3,99	1,56	2,6	2,4	1,4	4,1	0,9	1,6
-6,300 +0,840	11,0	86,7	7,79	14,0	3,46	26,1	3,73	25,0	0,53	9,36	1,79	11,9	12,5	7,9	11,2	7,5	11,7
-0,840+0,297	13,2	73,5	7,22	14,0	4,56	22,9	4,44	24,9	0,44	9,87	1,94	13,3	15,1	12,6	11,8	10,7	14,0
-0,297 +0,210	5,0	68,5	9,31	16,3	4,48	20,6	4,26	23,5	0,35	8,06	1,75	6,4	6,6	4,6	4,0	3,9	5,0
-0,210 +0,150	11,3	57,2	8,75	14,9	5,22	22,2	4,94	21,8	0,27	7,07	1,70	13,8	13,8	12,3	9,8	10,2	10,5
-0,150 +0,0105	13,9	43,3	9,45	15,9	4,97	22,7	4,87	20,6	0,28	7,02	1,69	18,3	18,1	14,4	12,4	12,4	12,2
-0,105 +0,074	7,6	35,7	8,92	14,9	5,08	24,2	5,24	20,1	0,30	6,69	1,67	9,4	9,2	8,0	7,1	7,2	6,5
-0,074 +0,037	9,7	26,0	7,74	12,9	5,28	26,5	5,73	20,6	0,30	6,41	1,67	10,4	10,2	10,6	10,0	10,1	8,5
-0,037 +0,020	2,3	23,7	6,63	11,2	5,26	27,6	6,05	21,4	0,28	6,19	1,69	2,1	2,1	2,5	2,5	2,6	2,1
-0,02 +0,01 (UF)	6,1	17,7	5,70	9,1	4,53	26,5	6,12	24,6	0,32	7,08	1,59	4,8	4,5	5,7	6,3	6,8	6,4
-0,010 (over)	17,7		2,80	3,7	5,36	29,9	8,60	28,5	0,27	5,47	1,33	6,9	5,4	19,7	20,7	27,7	21,5
Total	100,0		7,19	12,2	4,79	25,5	5,48	23,5	0,3	7,27	1,70	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Cerca de 27% em massa do material ficaram retidos na peneira 0,30 mm, sendo que outros 26% referem-se ao material passante em 0,037 mm.

Acima de 0,010 mm os teores de P₂O₅ variam em torno de 6 a 9%, sendo que abaixo dessa fração este diminui para 2,8%, correspondendo a 7% do total de fósforo presente na amostra (18% da massa).

O CaO apresenta comportamento muito semelhante no P₂O₅, porém com teores variando entre 4 e 16%. A relação CaO/P₂O₅ varia entre 1,33 e 1,95, com valor mínimo junto ao *overflow*.

A SiO₂ apresenta teores entre 30 e 45%, sendo que esses valores diminuem sistematicamente em direção aos finos (30% no *overflow*). O Al₂O₃ mostra teores variando de 2 a 9% com comportamento inverso ao da sílica – teores crescentes para os finos. Os teores de Fe₂O₃ variam entre 17 a 29%, sendo crescentes em direção aos finos. Os teores de TiO₂ estão

entre 4 e 10%, também com tendência para se elevarem em direção aos finos. O MgO apresenta variação em torno de 3 a 5%.

Na Tabela 17 mostra os teores por faixa granulométrica do produto de moagem em 0,30 mm da amostra Galv-Pat.

Tabela 17 - Distribuição de teores por fração no produto da moagem - Amostra Galv-Pat

Fração (mm)	% Peso ensaio amost.	Teores (%)							Relação CaO/P ₂ O ₅	Distribuição no produto de moagem (%)							Distribuição na amostra (%)						
		P ₂ O ₅	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	BaO		P ₂ O ₅	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃		
-0,297 +0,210	37,4	9,9	7,11	13,3	4,31	26,5	4,16	24,8	0,45	9,01	1,87	34,9	35,8	40,2	38,2	38,2	39,1	9,7	10,8	8,8	10,4	7,3	10,7
-0,210 +0,150	16,5	4,4	7,93	14,7	3,57	24,3	3,60	25,8	0,45	9,14	1,86	17,2	17,6	14,7	15,4	14,6	18,0	4,8	5,3	3,2	4,2	2,8	4,9
-0,150 +0,0105	11,2	3,0	8,05	14,8	3,93	25,4	3,83	23,6	0,48	8,70	1,84	11,9	12,0	11,0	11,0	10,6	11,2	3,3	3,6	2,4	3,0	2,0	3,1
-0,105 +0,074	8,19	2,2	8,36	15,3	3,81	26,0	3,75	22,4	0,48	8,90	1,83	9,0	9,0	7,8	8,2	7,5	7,7	2,5	2,7	1,7	2,2	1,4	2,1
-0,074 +0,037	11,0	2,9	8,25	14,8	3,87	26,0	4,02	20,7	0,43	8,95	1,80	11,9	11,8	10,6	11,0	10,8	9,6	3,3	3,5	2,3	3,0	2,1	2,6
-0,037 +0,020	5,07	1,3	8,04	14,1	3,91	26,5	4,25	20,3	0,49	9,10	1,76	5,3	5,2	4,9	5,2	5,3	4,3	1,5	1,6	1,1	1,4	1,0	1,2
-0,02 +0,01 (UF)	3,20	0,8	9,80	16,3	2,32	22,1	2,94	21,2	0,50	11,0	1,66	4,1	3,8	1,9	2,7	2,3	2,9	1,1	1,1	0,4	0,7	0,4	0,8
-0,010 (over)	7,37	2,0	5,94	9,23	4,82	29,6	5,91	23,3	0,30	6,81	1,55	5,7	4,9	8,9	8,4	10,7	7,2	1,6	1,5	1,9	2,3	2,0	2,0
Total	100,0	26,5	7,63	13,9	4,01	26,0	4,08	23,7	0,45	8,89	1,82	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	27,8	30,1	21,9	27,1	19,1	27,4

Cerca de 37% em massa do estão retidos em 0,210 mm e 7% passantes em 0,010 mm.

Os teores de P₂O₅ situam-se entre 7 e 10% nas frações acima de 0,010 mm, apresentando tendência a elevarem em direção aos finos, com exceção do overflow que chega a 6%, carreando menos 6% do fósforo presente na amostra (7,4% da massa).

O CaO apresenta comportamento muito semelhante ao P₂O₅, porém com teores em torno de 9,2 a 16%. A relação CaO/P₂O₅ situa-se entre 1,55 a 1,87, com tendência a diminuir em direção aos finos.

A SiO₂ apresenta teores variando entre 22 e 30%; O Al₂O₃ entre 2 e 6% e o Fe₂O₃ e MgO em torno de 20 a 26% e 2 a 5%, respectivamente.

Na Tabela 18 tem-se a distribuição dos teores por faixa granulométrica da composição dos finos naturais com o produto de moagem da amostra Galv-Pat.

Tabela 18 - Distribuição de teores por fração da composição dos finos naturais com o produto da moagem - Amostra Galv-Pat

Fração (mm)	% Peso ensaio ac abaixo	Teores (%)							Relação CaO/P ₂ O ₅	Distribuição na amostra (%)							
		P ₂ O ₅	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	BaO		P ₂ O ₅	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃		
-0,297 +0,210	14,9	14,9	7,84	14,3	4,37	24,5	4,19	24,4	0,42	8,69	1,82	16,2	17,4	13,5	14,4	11,2	15,7
-0,210 +0,150	15,7	30,6	8,52	14,8	4,76	22,8	4,57	22,9	0,32	7,65	1,74	18,6	19,1	15,6	14,0	13,0	15,5
-0,150 +0,0105	16,9	47,5	9,20	15,7	4,79	23,1	4,69	21,1	0,32	7,32	1,71	21,6	21,7	16,8	15,3	14,4	15,3
-0,105 +0,074	9,7	57,2	8,79	15,0	4,80	24,6	4,91	20,6	0,34	7,18	1,70	11,9	11,9	9,7	9,4	8,7	8,6
-0,074 +0,037	12,6	69,8	7,86	13,4	4,95	26,4	5,33	20,6	0,33	7,00	1,70	13,7	13,8	13,0	13,0	12,2	11,1
-0,037 +0,020	3,7	73,5	7,15	12,3	4,77	27,2	5,39	21,0	0,36	7,26	1,72	3,6	3,7	3,6	3,9	3,6	3,3
-0,02 +0,01 (UF)	6,9	80,4	6,20	9,97	4,26	26,0	5,73	24,2	0,34	7,56	1,61	6,0	5,6	6,1	7,0	7,2	7,1
-0,010 (over)	19,6	100,0	3,11	4,28	5,31	29,8	8,33	28,0	0,27	5,60	1,37	8,5	6,9	21,7	22,9	29,8	23,4
Total	100,0		7,21	12,2	4,81	25,5	5,51	23,3	0,33	7,20	1,70	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Na composição destes produtos têm-se aproximadamente 70% em massa do material retido na peneira 0,037 mm e cerca de 20% correspondendo ao overflow.

Os teores de P_2O_5 variam em torno de 6 a 9% para o intervalo granulométrico acima da fração 0,010 mm, diminuindo abaixo de 0,105 mm em direção aos finos (3,1% abaixo de 0,010 mm, correspondendo a 8,5% do total de fósforo contido na amostra).

O CaO apresenta comportamento semelhante, porém com teores entre 4 e 16%. A relação CaO/ P_2O_5 varia entre 1,37 a 1,82, com o menor valor observado junto ao *overflow*.

Para a SiO_2 tem-se teores entre 23 e 30%, com valores crescentes em direção ao *overflow*. Os teores de Al_2O_3 situam-se entre 4 e 8%, seguindo o mesmo padrão de comportamento da SiO_2 ; já para o Fe_2O_3 tem-se teores em torno de 21 a 28%.

7.3 Separações minerais

As separações minerais foram efetuadas com o objetivo de auxiliar na determinação da composição mineralógica das amostras estudadas e das características da apatita, tais como liberação, impregnação superficial e partição do fósforo.

Seguindo o mesmo objetivo de interpretação feito na avaliação da distribuição de teores por fração, estes ensaios também foram efetuados processando os finos naturais e produto de moagem em separado. Na seqüência, são apresentados os resultados da composição destes produtos, sendo que os resultados individuais estão expostos no Anexo 3.

7.3.1 Amostra do furo N-112

Os resultados das separações minerais efetuadas na composição dos finos naturais com o produto de moagem da amostra do furo N-112 estão expostos na Tabela 19.

Tabela 19 – Resultados dos ensaios de separações minerais - Amostra Furo N 112, composição dos finos naturais com o produto da moagem

Fração mm	Produto	% Peso ensaio amostra	P ₂ O ₅	CaO	MgO	Teores (%) SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	BaO	TiO ₂	Relação CaO/P ₂ O ₅
-0,297 +0,210	Flutuado	70,9	5,8	2,93	3,22	0,23	76,7	3,33	5,33	0,31	0,55
	Afund. Magn.	14,1	1,2	6,19	6,33	0,16	7,76	2,12	46,5	2,58	1,27
	Afund. Não Magn	15,0	1,2	28,3	34,3	0,07	6,84	1,70	7,72	1,63	1,23
	Total	100,0	8,2	7,21	8,3	0,20	56,5	2,91	11,5	0,83	0,76
- 0,210 +0,149	Flutuado	62,8	6,9	2,83	3,03	0,24	77,7	3,48	5,3	0,34	0,53
	Afund. Magn.	13,3	1,5	6,06	5,73	0,13	8,06	2,40	46,4	2,89	0,95
	Afund. Não Magn	23,9	2,6	32,2	40,4	0,06	5,26	1,24	4,61	1,23	0,84
	Total	100,0	11,0	10,3	12,3	0,18	51,1	2,80	10,6	0,90	0,66
-0,149 +0,074	Flutuado	43,3	8,7	3,16	3,25	0,28	74,6	4,38	5,7	0,37	0,64
	Afund. Magn.	9,3	1,9	6,26	5,37	0,17	9,00	2,89	52,4	3,08	1,09
	Afund. Não Magn	47,4	9,6	35,5	45,6	0,04	2,06	0,59	4,13	0,76	0,43
	Total	100,0	20,2	18,8	23,5	0,16	34,1	2,44	9,30	0,81	0,58
-0,074 +0,037	Flutuado	38,9	7,1	2,36	2,06	0,42	71,2	6,64	5,8	0,40	0,79
	Afund. Magn.	8,7	1,6	6,78	6,61	0,16	6,44	2,26	44,4	2,63	1,07
	Afund. Não Magn	52,4	9,6	36,3	46,4	0,03	1,52	0,53	4,28	0,71	0,45
	Total	100,0	18,3	20,5	25,7	0,19	29,0	3,05	8,35	0,76	0,64
Total +0,037	Flutuado	49,5	28,6	2,84	2,89	0,30	74,9	4,51	5,5	0,36	0,63
	Afund. Magn.	10,6	6,1	6,34	5,96	0,15	7,87	2,46	47,8	2,82	1,09
	Afund. Não Magn	39,9	23,0	35,1	44,7	0,04	2,46	0,70	4,44	0,84	0,53
	Total	100,0	57,7	16,1	19,9	0,18	38,9	2,77	9,56	0,81	0,64

Fração Mm	Produto	% Massa ensaio Amostra		Distribuição no Ensaio (%)					Distribuição na Amostra (%)				
		P ₂ O ₅	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
-0,297 +0,210	Flutuado	70,9	5,8	28,8	27,5	84,6	96,3	81,0	32,9	1,3	1,3	6,3	12,4
	Afund. Magn.	14,1	1,2	12,1	10,7	10,3	1,9	10,2	57,0	0,6	0,5	0,8	0,2
	Afund. Não Magn	15,0	1,2	59,2	61,9	5,1	1,8	8,8	10,1	2,8	3,0	0,4	0,2
	Total	100,0	8,2	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	4,7	4,8	7,5	12,9
- 0,210 +0,149	Flutuado	62,8	6,9	17,3	15,5	82,6	95,5	77,8	31,3	1,5	1,5	7,7	14,8
	Afund. Magn.	13,3	1,5	7,8	6,2	9,7	2,1	11,7	58,4	0,7	0,6	0,9	0,3
	Afund. Não Magn	23,9	2,6	74,9	78,3	7,7	2,5	10,5	10,2	6,7	7,4	0,7	0,4
	Total	100,0	11,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	8,9	9,4	9,4	15,5
-0,149 +0,074	Flutuado	43,3	8,7	7,4	6,1	78,5	94,7	77,6	26,4	2,2	2,0	10,0	17,6
	Afund. Magn.	9,3	1,9	3,1	2,2	11,2	2,5	11,1	52,3	0,9	0,7	1,4	0,5
	Afund. Não Magn	47,4	9,6	89,5	91,7	10,4	2,9	11,3	21,3	26,8	29,9	1,3	0,5
	Total	100,0	20,2	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	29,9	32,6	12,8	18,6
-0,074 +0,037	Flutuado	38,9	7,1	4,5	3,1	84,2	95,4	84,5	26,7	1,4	1,0	9,3	13,7
	Afund. Magn.	8,7	1,6	2,9	2,2	7,6	1,9	6,5	47,3	0,9	0,7	0,8	0,3
	Afund. Não Magn	52,4	9,6	92,7	94,7	8,2	2,7	9,0	25,9	28,4	31,5	0,9	0,4
	Total	100,0	18,3	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	30,6	33,3	11,1	14,4
Total +0,037	Flutuado	49,5	28,6	8,7	7,2	82,1	95,4	80,6	28,8	6,5	5,8	33,4	58,5
	Afund. Magn.	10,6	6,1	4,2	3,2	9,7	2,1	9,4	53,2	3,1	2,5	3,9	1,3
	Afund. Não Magn	39,9	23,0	87,1	89,6	8,2	2,5	10,0	18,0	64,6	71,7	3,3	1,5
	Total	100,0	57,7	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	74,1	80,0	40,7	61,4

O produto flutuado corresponde a 50% em massa do ensaio (28,6% na amostra); sendo constituído, essencialmente, por SiO₂, 75%, Fe₂O₃ e Al₂O₃ ambos na ordem de 5%.

O produto afundado magnético é constituído predominantemente por Fe_2O_3 , 48% em média, com quantidades menores de SiO_2 , CaO , e P_2O_5 , todos na ordem de 6 a 8% em média. Esse produto corresponde a 10,6% em massa no ensaio (6,1% da amostra).

O produto afundado não magnético é constituído predominantemente por CaO e P_2O_5 (provavelmente uma apatita), com teores da ordem de 45% e 35%, respectivamente. Nos diversos intervalos granulométricos os teores de P_2O_5 variam entre 28,3 a 36,3%. Os principais óxidos associados a este produto são Fe_2O_3 , SiO_2 e TiO_2 ; salienta-se que para a SiO_2 tem-se teores decrescentes em direção às frações finas (6,8 a 1,5 %) frente a maior liberação do quartzo.

Em termos de distribuição, verifica-se que em média 87% do fósforo estão associados ao produto afundado não magnético; salienta-se que esta parcela acima de 0,21 mm é da ordem de 60% ($\pm 40\%$ não liberado), passando os valores da ordem de 90% somente abaixo de 0,15 mm.

7.3.2 Amostra do furo P-104

Na Tabela 20 estão expostos os resultados das separações minerais efetuadas na composição dos finos naturais com o produto de moagem da amostra do furo P-104.

Tabela 20 - Resultados dos ensaios de separações minerais - Amostra Furo P-104, composição dos finos naturais com o produto da moagem

Fração mm	Produto	% Peso ensaio amostra		Teores (%)							Relação $\text{CaO}/\text{P}_2\text{O}_5$
		P_2O_5	CaO	MgO	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	BaO	TiO_2		
-0,297 +0,210	Flutuado	59,8	6,2	2,52	4,76	5,09	49,6	11,4	9,30	0,44	1,62
	Afund. Magn.	22,6	2,3	4,07	25,2	1,83	27,1	1,56	25,2	0,50	7,59
	Afund. Não Magn	17,6	1,8	24,2	39,0	0,80	12,0	0,75	4,78	0,29	9,91
	Total	100,0	10,4	6,69	15,4	3,60	37,9	7,29	12,10	0,43	4,43
- 0,210 +0,149	Flutuado	56,7	7,5	2,05	3,96	6,31	48,0	11,6	10,5	0,42	1,46
	Afund. Magn.	22,7	3,0	3,49	25,6	1,65	27,4	1,32	25,2	0,36	7,81
	Afund. Não Magn	20,6	2,7	22,8	38,7	0,63	12,7	0,60	4,01	0,36	12,0
	Total	100,0	13,2	6,64	16,0	4,09	36,1	7,03	12,48	0,39	5,07
-0,149 +0,074	Flutuado	55,4	14,7	1,20	2,58	7,46	47,2	12,0	11,4	0,42	1,14
	Afund. Magn.	19,8	5,3	3,19	24,5	1,42	26,2	1,06	25,5	0,46	7,24
	Afund. Não Magn	24,9	6,6	19,0	37,0	0,48	15,3	0,47	4,16	0,36	15,3
	Total	100,0	26,6	6,01	15,5	4,53	35,1	7,00	12,4	0,41	5,88
-0,074 +0,037	Flutuado	52,8	10,0	0,62	1,67	6,88	49,3	12,7	10,1	0,43	0,83
	Afund. Magn.	23,8	4,5	3,01	22,7	1,16	24,8	0,84	28,1	0,42	7,61
	Afund. Não Magn	23,4	4,4	17,3	34,7	0,44	15,3	0,27	4,85	0,32	16,4
	Total	100,0	18,9	5,09	14,4	4,01	35,5	6,98	13,1	0,40	6,09
Total +0,037	Flutuado	55,6	38,4	1,43	2,96	6,70	48,3	12,0	10,5	0,42	1,20
	Afund. Magn.	21,9	15,1	3,33	24,3	1,45	26,2	1,13	26,1	0,44	7,52
	Afund. Não Magn	22,6	15,6	19,8	36,9	0,53	14,5	0,47	4,40	0,34	14,4
	Total	100,0	69,1	5,98	15,3	4,16	35,8	7,04	12,6	0,41	5,56

Fração Mm	Produto	% Massa		Distribuição no Ensaio (%)					Distribuição na Amostra (%)						
		ensaio	Amostra	P ₂ O ₅	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
-0,297 +0,210	Flutuado	59,8	6,2	22,3	18,4	84,5	78,4	93,4	45,9	2,8	2,2	6,5	8,9	10,4	3,2
	Afund. Magn.	22,6	2,3	13,7	37,0	11,6	16,1	4,8	47,1	1,7	4,4	0,9	1,8	0,5	3,3
	Afund. Não Magn	17,6	1,8	64,0	44,6	3,9	5,5	1,8	7,0	8,1	5,3	0,3	0,6	0,2	0,5
	Total	100,0	10,4	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	12,7	11,9	7,7	11,4	11,1	7,0
- 0,210 +0,149	Flutuado	56,7	7,5	17,4	14,0	87,6	75,5	94,0	47,4	3,1	2,3	9,6	10,4	12,6	4,3
	Afund. Magn.	22,7	3,0	11,8	36,3	9,3	17,2	4,2	46,0	2,1	6,0	1,0	2,4	0,6	4,2
	Afund. Não Magn	20,6	2,7	70,7	49,7	3,2	7,2	1,8	6,6	12,4	8,2	0,3	1,0	0,2	0,6
	Total	100,0	13,2	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	17,6	16,5	10,9	13,7	13,4	9,1
-0,149 +0,074	Flutuado	55,4	14,7	11,0	9,2	91,1	74,5	95,3	50,9	3,1	2,9	23,7	20,7	26,0	9,6
	Afund. Magn.	19,8	5,3	10,5	31,3	6,2	14,7	3,0	40,7	3,0	9,8	1,6	4,1	0,8	7,6
	Afund. Não Magn	24,9	6,6	78,5	59,5	2,6	10,8	1,7	8,4	22,4	18,5	0,7	3,0	0,5	1,6
	Total	100,0	26,6	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	28,6	31,2	26,0	27,8	27,3	18,8
-0,074 +0,037	Flutuado	52,8	10,0	6,6	6,1	90,5	73,3	96,2	41,0	1,2	1,3	14,9	14,6	18,7	5,7
	Afund. Magn.	23,8	4,5	13,9	37,7	6,9	16,5	2,9	50,4	2,6	8,0	1,1	3,3	0,6	7,0
	Afund. Não Magn	23,4	4,4	79,5	56,2	2,6	10,1	0,9	8,6	14,7	11,9	0,4	2,0	0,2	1,2
	Total	100,0	18,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	18,5	21,1	16,4	19,9	19,5	14,0
Total +0,037	Flutuado	55,6	38,4	13,3	10,7	89,5	75,0	95,0	46,7	10,3	8,7	54,6	54,7	67,8	22,8
	Afund. Magn.	21,9	15,1	12,1	34,8	7,6	15,9	3,5	45,4	9,4	28,1	4,6	11,6	2,5	22,1
	Afund. Não Magn	22,6	15,6	74,6	54,4	2,9	9,1	1,5	7,9	57,7	43,9	1,8	6,6	1,1	3,9
	Total	100,0	69,1	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	77,3	80,7	61,0	72,9	71,3	48,8

O produto flutuado corresponde a 56% em massa do ensaio (38,4% na amostra); sendo constituído, essencialmente, por SiO₂ (48%), Fe₂O₃ (10,5%), Al₂O₃ (12%) e MgO (6,7%).

O produto afundado magnético é constituído predominantemente por Fe₂O₃ e SiO₂, 26% em média cada um, CaO (24%), TiO₂ (7,5%) e P₂O₅, com 3,3% em média. Esse produto corresponde a 21,9% em massa no ensaio (15,1% da amostra). SiO₂, CaO e TiO₂ estão associados, essencialmente, à presença de schorlomita.

O produto afundado não magnético é constituído, predominantemente, por CaO e P₂O₅ (provavelmente uma apatita), com teores da ordem de 37% e 19,8%, respectivamente. Nos diversos intervalos granulométricos os teores de P₂O₅ variam entre 17,3 a 24,2%. Os principais óxidos associados a este produto são Fe₂O₃ (20%), SiO₂ e TiO₂, os quais apresentam teores médios em torno de 14% cada. A elevada relação CaO/P₂O₅ e presença de SiO₂ e TiO₂ estão relacionados à presença de titanita neste produto.

Em termos de distribuição, verifica-se que em média 74,6% do fósforo estão associados ao produto afundado não magnético.

A parcela de P₂O₅ associado ao flutuado (apatita mista) decresce de 22% na fração +0,21 mm para 7% no intervalo -0,074 +0,037 mm; já a parcela associada aos magnéticos (apatita impregnada) varia entre 10 e 14%.

7.3.3 Amostra do furo P-120

Na Tabela 21 estão expostos os resultados das separações minerais efetuadas na composição dos finos naturais com o produto de moagem da amostra do furo P-120.

Tabela 21 - Distribuição de teores por fração nos produtos de separação mineral da composição dos finos naturais com o produto da moagem - Amostra Furo P-120

Fração mm	Produto	% Peso ensaio amostra		Teores (%)						Relação CaO/P ₂ O ₅	
		P ₂ O ₅	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	BaO	TiO ₂		
-0,297 +0,210	Flutuado	42,9	4,3	3,30	4,64	3,44	59,8	7,47	6,57	0,24	1,43
	Afund. Magn.	29,0	2,9	2,06	3,21	2,23	2,99	0,28	85,1	0,83	2,26
	Afund. Não Magn	28,1	2,8	34,8	46,5	0,39	3,71	0,25	2,25	0,29	2,03
	Total	100,0	10,1	11,8	16,0	2,23	27,6	3,36	28,1	0,43	1,84
- 0,210 +0,149	Flutuado	31,1	2,8	2,88	4,30	5,24	55,8	7,56	8,50	0,24	1,83
	Afund. Magn.	20,6	1,9	2,07	3,00	2,18	2,84	0,34	80,4	0,92	2,67
	Afund. Não Magn	48,3	4,4	36,9	48,6	0,28	2,52	0,10	2,03	0,30	2,10
	Total	100,0	9,1	19,1	25,4	2,21	19,2	2,47	20,1	0,41	2,13
-0,149 +0,074	Flutuado	25,5	4,8	2,24	3,57	7,02	52,8	7,95	10,5	0,21	1,81
	Afund. Magn.	12,6	2,4	2,68	3,85	2,14	3,91	0,43	73,8	1,07	3,76
	Afund. Não Magn	61,8	11,7	36,6	49,1	0,25	2,22	0,03	2,12	0,28	2,26
	Total	100,0	18,8	23,6	31,7	2,22	15,4	2,10	13,3	0,36	2,33
-0,074 +0,037	Flutuado	41,8	9,2	1,38	2,61	9,75	47,1	8,26	14,1	0,22	1,48
	Afund. Magn.	6,7	1,5	3,96	5,38	1,78	5,28	0,61	59,3	1,37	5,28
	Afund. Não Magn	51,5	11,3	32,9	44,9	0,35	3,86	0,27	3,61	0,40	4,09
	Total	100,0	21,9	17,8	24,6	4,37	22,0	3,64	11,7	0,39	3,08
Total +0,037	Flutuado	35,3	21,1	2,17	3,47	7,23	52,2	7,9	11,0	0,23	1,59
	Afund. Magn.	14,4	8,6	2,56	3,71	2,12	3,60	0,39	76,6	1,00	3,27
	Afund. Não Magn	50,3	30,2	35,1	47,2	0,30	3,02	0,15	2,68	0,33	2,90
	Total	100,0	59,9	18,8	25,5	3,01	20,4	2,93	16,2	0,39	2,49

Fração Mm	Produto	% Massa ensaio Amostra		Distribuição no Ensaio (%)					Distribuição na Amostra (%)					
		P ₂ O ₅	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	
-0,297 +0,210	Flutuado	42,9	4,3	12,2	12,5	66,3	93,1	95,4	10,0	1,0	1,1	3,8	10,3	8,3
	Afund. Magn.	29,0	2,9	5,1	5,9	28,9	3,1	2,4	87,7	0,4	0,5	1,7	0,3	0,2
	Afund. Não Magn	28,1	2,8	82,7	81,6	4,8	3,8	2,2	2,3	7,0	6,9	0,3	0,4	0,2
	Total	100,0	10,1	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	8,5	8,5	5,8	11,0	8,7
- 0,210 +0,149	Flutuado	31,1	2,8	4,7	5,3	72,1	90,6	95,3	13,4	0,6	0,6	3,7	6,3	5,9
	Afund. Magn.	20,6	1,9	2,2	2,4	21,9	3,1	2,8	81,6	0,3	0,3	1,1	0,2	0,2
	Afund. Não Magn	48,3	4,4	93,0	92,3	6,0	6,4	1,9	5,0	11,2	11,0	0,3	0,4	0,1
	Total	100,0	9,1	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	12,1	12,0	5,2	7,0	6,2
-0,149 +0,074	Flutuado	25,5	4,8	2,6	3,1	80,3	87,9	96,4	22,2	0,9	1,0	7,8	10,0	9,8
	Afund. Magn.	12,6	2,4	1,6	1,7	12,8	3,2	2,6	66,8	0,5	0,6	1,2	0,4	0,3
	Afund. Não Magn	61,8	11,7	95,7	95,2	6,9	8,9	1,0	11,0	31,8	31,3	0,7	1,0	0,1
	Total	100,0	18,8	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	33,2	32,8	9,7	11,4	10,1
-0,074 +0,037	Flutuado	41,8	9,2	3,2	4,4	92,9	89,4	95,1	50,5	1,0	1,3	19,5	16,7	18,4
	Afund. Magn.	6,7	1,5	1,5	1,4	3,0	1,6	1,1	33,6	0,4	0,4	0,6	0,3	0,2
	Afund. Não Magn	51,5	11,3	95,3	94,1	4,1	9,0	3,8	15,9	28,2	28,2	0,9	1,7	0,7
	Total	100,0	21,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	29,6	29,9	21,0	18,7	19,3
Total +0,037	Flutuado	35,3	21,1	4,1	4,8	83,7	90,1	95,5	24,5	3,4	4,0	34,9	43,3	42,4
	Afund. Magn.	14,4	8,6	2,0	2,1	11,2	2,5	1,9	66,9	1,7	1,8	4,7	1,2	0,9
	Afund. Não Magn	50,3	30,2	93,9	93,0	5,1	7,4	2,6	8,6	78,2	77,4	2,1	3,6	1,1
	Total	100,0	59,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	83,4	83,2	41,7	48,1	49,8

O produto flutuado corresponde a 35% em massa do ensaio (21% na amostra); sendo constituído, essencialmente, por SiO_2 , 52%, Fe_2O_3 , 11%, Al_2O_3 e MgO , estes dois últimos na ordem de 7 a 8%.

O produto afundado magnético é constituído predominantemente por Fe_2O_3 , 77% em média, com quantidades menores de SiO_2 , CaO , TiO_2 , todos na ordem de 3 a 4%, e P_2O_5 , 2,6% em média. Esse produto corresponde a 14% em massa no ensaio (8,6% da amostra).

O produto afundado não magnético é constituído predominantemente por CaO e P_2O_5 (provavelmente uma apatita), com teores da ordem de 47% e 35%, respectivamente. Nos diversos intervalos granulométricos os teores de P_2O_5 variam entre 32,4 a 36,9%. Os principais óxidos associados a este produto são Fe_2O_3 , SiO_2 e TiO_2 , os quais apresentam teores médios de 2,6 a 3,0% cada; salienta-se que para a SiO_2 tem-se teores decrescentes em direção às frações finas (maior liberação do quartzo).

Em termos de distribuição, verifica-se que em média 94% do fósforo estão associados ao produto afundado não magnético; salienta-se que esta parcela acima de 0,21 mm é da ordem de 83% ($\pm 15\%$ não liberado), passando abaixo desta granulação a valores acima de 93%.

7.3.4 Amostra Galv-Pat

Estão expostos na Tabela 22 os resultados das separações minerais efetuadas na composição dos finos naturais com o produto de moagem da amostra Galv-Pat.

Tabela 22 - Distribuição de teores por fração nos produtos de separação mineral da composição dos finos naturais com o produto da moagem - Amostra Galv-Pat

Fração mm	Produto	% Peso		Teores (%)							Relação $\text{CaO}/\text{P}_2\text{O}_5$
		ensaio	amostra	P_2O_5	CaO	MgO	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	BaO	
-0,297 +0,210	Flutuado	42,1	6,3	1,86	3,34	8,76	45,8	8,09	14,5	0,26	2,86
	Afund. Magn.	35,4	5,3	3,72	11,8	1,43	10,8	1,23	47,7	0,99	14,0
	Afund. Não Magn	22,5	3,4	25,4	39,3	1,63	9,29	0,60	3,26	0,33	11,4
	Total	100,0	14,9	7,83	14,4	4,56	25,2	3,97	23,7	0,53	8,75
- 0,210 +0,149	Flutuado	45,9	7,2	2,52	4,45	8,98	38,2	7,95	16,7	0,26	3,60
	Afund. Magn.	30,1	4,7	3,57	11,7	1,52	14,3	1,83	47,6	1,02	13,7
	Afund. Não Magn	24,0	3,8	26,3	40,1	1,05	7,94	0,55	4,61	0,35	10,3
	Total	100,0	15,7	8,55	15,2	4,83	23,7	4,33	23,1	0,51	8,24
-0,149 +0,074	Flutuado	47,4	12,6	1,36	2,55	9,58	40,7	8,58	18,2	0,31	3,30
	Afund. Magn.	26,0	6,9	3,59	12,4	1,68	14,9	2,01	41,4	0,95	12,2
	Afund. Não Magn	26,6	7,1	28,2	42,5	0,71	7,41	0,42	2,86	0,34	9,61
	Total	100,0	26,6	9,10	15,8	5,16	25,1	4,70	20,1	0,48	7,30
-0,074 +0,037	Flutuado	56,0	7,0	1,64	2,99	8,33	40,0	8,11	18,2	0,29	3,04
	Afund. Magn.	23,6	3,0	5,97	14,7	1,48	15,9	2,05	36,1	1,02	13,1
	Afund. Não Magn	20,4	2,6	24,4	37,0	0,85	8,38	0,87	6,90	0,52	10,5
	Total	100,0	12,6	7,30	12,7	5,19	27,9	5,20	20,1	0,51	6,94
Total +0,037	Flutuado	47,4	33,1	1,77	3,21	9,03	41,0	8,25	17,1	0,29	3,23
	Afund. Magn.	28,5	19,9	3,98	12,4	1,55	13,8	1,77	43,8	0,99	13,2
	Afund. Não Magn	24,0	16,8	26,6	40,5	0,99	8,05	0,55	3,95	0,37	10,3
	Total	100,0	69,8	8,38	14,8	4,96	25,3	4,55	21,57	0,51	7,75

Fração mm	Produto	% Massa ensaio Amostra		Distribuição no Ensaio (%)					Distribuição na Amostra (%)						
		P ₂ O ₅	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃		
-0,297 +0,210	Flutuado	42,1	6,3	10,0	9,8	80,6	76,5	85,6	25,7	1,6	1,7	10,9	11,0	9,6	4,0
	Afund. Magn.	35,4	5,3	16,8	29,0	11,2	15,2	11,0	71,2	2,7	5,0	1,5	2,2	1,2	11,2
	Afund. Não Magn	22,5	3,4	73,2	61,3	8,2	8,3	3,4	3,1	11,8	10,7	1,1	1,2	0,4	0,5
	Total	100,0	14,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	16,2	17,4	13,5	14,4	11,2	15,7
- 0,210 +0,149	Flutuado	45,9	7,2	13,5	13,4	85,2	73,9	84,2	32,8	2,5	2,6	13,3	10,4	11,0	5,1
	Afund. Magn.	30,1	4,7	12,6	23,2	9,5	18,1	12,7	62,5	2,3	4,4	1,5	2,5	1,7	9,7
	Afund. Não Magn	24,0	3,8	73,9	63,4	5,3	8,0	3,1	4,8	13,7	12,1	0,8	1,1	0,4	0,7
	Total	100,0	15,7	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	18,6	19,1	15,6	14,0	13,0	15,5
-0,149 +0,074	Flutuado	47,4	12,6	7,1	7,7	87,7	76,7	86,5	42,7	2,4	2,6	23,3	18,9	19,9	10,2
	Afund. Magn.	26,0	6,9	10,3	20,4	8,5	15,4	11,2	53,5	3,4	6,9	2,3	3,8	2,6	12,7
	Afund. Não Magn	26,6	7,1	82,6	71,9	3,7	7,9	2,4	3,8	27,7	24,2	1,0	1,9	0,5	0,9
	Total	100,0	26,6	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	33,5	33,6	26,5	24,7	23,1	23,8
-0,074 +0,037	Flutuado	56,0	7,0	12,8	13,4	89,8	80,5	87,3	50,5	1,8	1,8	11,7	10,5	10,6	5,6
	Afund. Magn.	23,6	3,0	18,9	27,2	6,8	13,4	9,3	42,5	2,6	3,7	0,9	1,7	1,1	4,7
	Afund. Não Magn	20,4	2,6	68,3	59,5	3,4	6,1	3,4	7,0	9,4	8,2	0,4	0,8	0,4	0,8
	Total	100,0	12,6	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	13,7	13,8	13,0	13,0	12,2	11,1
Total +0,037	Flutuado	47,4	33,1	10,1	10,3	86,2	76,8	86,0	37,7	8,3	8,7	59,1	50,8	51,1	24,9
	Afund. Magn.	28,5	19,9	13,5	24,0	9,0	15,6	11,1	58,0	11,1	20,1	6,1	10,3	6,6	38,3
	Afund. Não Magn	24,0	16,8	76,4	65,7	4,9	7,6	2,9	4,4	62,6	55,1	3,3	5,1	1,7	2,9
	Total	100,0	69,8	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	81,9	83,8	68,6	66,1	59,4	66,1

O produto flutuado corresponde a 47% em massa do ensaio (33,1% na amostra); sendo constituído, essencialmente, por SiO₂, 41%, Fe₂O₃, 17%, Al₂O₃ e MgO, estes dois últimos na ordem de 8 a 9%.

O produto afundado magnético é constituído predominantemente por Fe₂O₃, 44% em média, com quantidades menores de SiO₂, CaO, TiO₂, todos na ordem de 12 a 14%, e P₂O₅ com 4% em média. Esse produto corresponde a 28,5% em massa no ensaio (20% da amostra).

O produto afundado não magnético é constituído predominantemente por CaO e P₂O₅ (provavelmente uma apatita), com teores da ordem de 40,5% e 26,6%, respectivamente. Nos diversos intervalos granulométricos os teores de P₂O₅ variam entre 32,4 a 36,9 %. Os principais óxidos associados a este produto são Fe₂O₃, 4%, SiO₂, 8% e TiO₂, com 10% em média.

Em termos de distribuição, verifica-se que em média 66% do fósforo estão associados ao produto afundado não magnético; salienta-se que esta parcela acima de 0,21 mm é da ordem de 73,2% (\pm 27% não liberado), atingindo valores da ordem de 80% somente abaixo de 0,15 mm.

7.4 Composição mineralógica e características da apatita

A composição mineralógica (qualitativa e quantitativa) foi estimada a partir dos finos naturais com os produtos de moagens.

7.4.1 Comportamento dos minerais nos ensaios de separações minerais

Ao produto flutuado dos ensaios de separações minerais se associam aos minerais de ganga leve ($d < 2,95$), tais como quartzo, feldspato e filossilicatos - vermiculita, micas interestratificadas de 10 e 14 Å (hidrobiotita) e, menos freqüentemente, caulinita.

Oxi-hidróxidos de ferro (magnetita, hematita e goethita) são os principais constituintes do produto afundado magnético; como minerais menores têm-se ilmenita, schorlomita (granada de Ti e Ca), alumino-fosfatos secundários (gorceixita-goyazita).

Já no produto afundado não magnético é constituído essencialmente por apatita (usualmente $> 80\%$), piroxênio, anfibólio, titanita, perovskita, anatásio e pirocloro.

7.4.2 Composição mineralógica das amostras estudadas

7.4.2.1 Amostra do furo N-112

A estimativa da composição mineralógica da mistura dos finos naturais com o produto da moagem da amostra do furo N-112 está exposta na Tabela 23.

Tabela 23 - Estimativa da composição mineralógica da mistura dos finos naturais com o produto da moagem - Amostra Furo-N 112

Mineral (%)	Fração (mm)				
	-0,297+0,210	-0,210+0,149	-0,149+0,074	-0,074+0,037	Total +0,037
apatita	15	22	42	47	36
fosf. secund.	3	3	3	3	3
quartzo	51	46	30	23	34
feldspato	6	5	4	6	5
filossilicatos	6	6	6	8	7
piroxênio+anfibólio	tr	Tr	tr	tr	tr
schorlomita	tr	Tr	tr	tr	tr
óxidos de ferro	12	11	10	9	10
anatásio	tr	Tr	tr	tr	tr
titanita	tr	1	1	1	1
outros	6	5	4	4	5

Notas: (1) filossilicatos são representados por vermiculita, micas interestratificadas de 10 e 14 Å e, secundariamente, por caulinita;

(2) oxi-hidróxidos de ferro são constituídos por hematita e goethita, esta última mais freqüente nas frações mais finas.

Para a composição de finos naturais e produto de moagem, a proporção em massa de apatita situa-se entre 15 e 47%, com tendência a maior concentração junto aos finos; nos produtos de separações minerais, esta concentra-se junto ao afundado não magnético e com

liberação da ordem de 85% sendo atingida já na fração -0,210 + 0,149mm (cerca de 93% de liberação para o material entre 0,210 e 0,037mm).

7.4.2.2 Amostra do furo P-104

A estimativa da composição mineralógica da mistura dos finos naturais com o produto da moagem da amostra do furo P 104 está exposta na Tabela 24.

Tabela 24 - Estimativa da composição mineralógica mistura dos finos naturais com o produto da moagem - Amostra Furo P-104

Mineral (%)	Fração (mm)				Total +0,037
	-0,297+0,210	-0,210+0,149	-0,149+0,074	-0,074+0,037	
apatita	15	15	13	11	13
fosf. secund.	1	1	1	1	1
quartzo	8	8	8	7	8
feldspato	26	24	23	24	24
filossilicatos	17	15	15	15	15
óxidos de ferro	9	9	10	11	10
anatásio	1	1	1	1	1
perovskita	tr	1	2	2	2
titanita	8	9	10	10	9
granada	10	11	10	10	10
outros	5	6	9	8	7

Notas: (1) filossilicatos são representados por vermiculita, micas interestratificadas de 10 e 14 Å e, secundariamente, por caulinita;

(2) oxi-hidróxidos de ferro são constituídos por hematita e goethita, esta última mais freqüente nas frações mais finas.

A composição dos finos naturais com o produto de moagem gera uma amostra constituída predominantemente por feldspato potássico (da ordem de 24%) minerais micáceos (cerca de 15%; *filossilicatos*: vermiculita, hidrobiotita e, secundariamente, caulinita), apatita (13% em massa) oxi-hidróxidos de ferro (ao redor de 10% em massa) e granada (10%), além de titanita (9%), quartzo (8%) e outros (7%; pirocloro, minerais de manganês e de terras raras), com quantidades menores de fosfatos secundários do tipo gorceixita e/ou goyazita (1%), perovskita (2%) e anatásio (1%).

A proporção em massa de apatita situa-se entre 11 e 15%, com tendência à diminuição para os finos abaixo de 0,149 mm; nos produtos de separações minerais, esta se concentra junto ao afundado não magnético. Liberação da ordem de 85% é atingida já na fração -0,210 + 0,150mm (cerca de 92% de liberação para o material entre 0,210 e 0,037mm).

7.4.2.3 Amostra do furo P-120

A estimativa da composição mineralógica da mistura dos finos naturais com o produto da moagem da amostra do furo P-120 estudada está exposta na Tabela 25.

Tabela 25 - Estimativa da composição mineralógica da composição dos finos naturais com o produto da moagem - Amostra Furo P-120

Mineral (%)	Fração (mm)				Total +0,037
	-0,297+0,210	-0,210+0,149	-0,149+0,074	-0,074+0,037	
apatita	27	44	55	41	43
fosf. secund.	1	1	2	2	2
quartzo	18	13	10	14	13
feldspato	12	9	7	11	9
filossilicatos	9	8	8	16	11
piroxênio+anfibólio	2	2	2	1	2
óxidos de ferro	27	20	13	11	15
ilmenita	1	tr	tr	Tr	tr
anatásio	1	1	2	2	2
titanita	tr	tr	tr	Tr	tr
outros	2	3	3	2	3

Notas: (1) filossilicatos são representados por vermiculita, micas interestratificadas de 10 e 14 Å e, secundariamente, por caulinita;

(2) oxi-hidróxidos de ferro são constituídos por hematita e goethita, esta última mais freqüente nas frações mais finas.

A composição dos finos naturais com o produto de moagem gera uma amostra constituída predominantemente por apatita (43% em massa), com quantidades menores de oxi-hidróxidos de ferro (ao redor de 15% em massa), quartzo (13% em massa), minerais micáceos (cerca de 11%; *filossilicatos*: vermiculita, hidrobiotita e, secundariamente, caulinita), feldspato potássico (da ordem de 9%), além de outros (3%; pirocloro, minerais de manganês e de terras raras), fosfatos secundários do tipo gorceixita e/ou goyazita (2%), piroxênio+anfibólio (2%) e anatásio (2%) e traços de ilmenita e titanita.

A proporção em massa de apatita situa-se entre 27 e 55%, com tendência à elevação até 0,074 mm; nos produtos de separações minerais, esta concentra-se junto ao afundado não magnético. Liberação pouco inferior a 90% é atingida já na fração -0,297 + 0,210 mm.

7.4.2.4 Amostra Galv-Pat

A estimativa da composição mineralógica da mistura dos finos naturais com o produto da moagem da amostra Galv-Pat estudada está exposta na Tabela 26.

Tabela 26 - Estimativa da composição mineralógica da mistura dos finos naturais com o produto da moagem - Amostra Galv-Pat

Mineral (%)	Fração (mm)				
	-0,297+0,210	-0,210+0,149	-0,149+0,074	-0,074+0,037	Total +0,037
apatita	17	19	20	16	19
fosf. secund.	2	2	2	2	2
quartzo	14	14	16	19	16
feldspato	7	7	7	7	7
filossilicatos	13	14	15	18	15
piroxênio+anfibólio	5	4	3	3	4
schorlomita	7	6	5	5	6
óxidos de ferro	20	19	17	17	18
ilmenita	6	5	4	4	5
anatásio	2	1	1	1	1
perovskita	2	3	3	2	3
titanita	tr	tr	tr	tr	tr
outros	6	6	5	5	6

Notas: (1) filossilicatos são representados por vermiculita, micas interestratificadas de 10 e 14 Å e, secundariamente, por caulinita;

(2) oxi-hidróxidos de ferro são constituídos por magnetita, hematita e goethita, esta última mais freqüente nas frações mais finas.

A composição dos finos naturais com o produto de moagem gera uma amostra (-0,30+0,037 mm) constituída predominantemente por apatita (19% em massa), oxi-hidróxidos de ferro (18%), quartzo (16%), minerais micáceos (15%; *filossilicatos*: vermiculita, hidrobiotita e, secundariamente, caulinita), além de feldspato potássico (7%), schorlomita (6%; granada de Ti e Ca), outros (6%; pirocloro, minerais de manganês e de terras raras), ilmenita (5%), piroxênio+anfibólio (4%), fosfatos secundários do tipo gorceixita e/ou goyazita (2%), perovskita (3%) e anatásio (1%), além de traços de titanita.

A proporção em massa de apatita situa-se entre 16 e 20%, com tendência à elevação para os finos até 0,074 mm; nos produtos de separações minerais esta concentra-se junto ao afundado não magnético; os principais diluentes deste produto são a perovskita (11% em massa), quartzo (5%), piroxênio+anfibólio (5% cada) e anatásio. Liberação da ordem de 90% é atingida já na fração -0,298 + 0,210mm (cerca de 92% de liberação para o material entre 0,297 e 0,037mm).

7.4.3 Características da apatita ao microscópico óptico

As observações efetuadas a luz transmitida (com ou sem nicóis cruzados) permitiram revelar características ópticas e morfológicas das apatitas de cada amostra estudada e forneceram a base para a identificação das várias espécies minerais presentes.

Os produtos afundados não magnéticos das várias frações, sejam a partir dos finos naturais ou produtos de moagens, foram observadas ao microscópio e tendo-se verificado apatitas com superfícies lisas a rugosa, presença de sulcos de dissolução e impregnações superficiais por óxido-hidróxido de ferro. No Anexo 5 são apresentadas fotomicrografias das principais feições observadas para a apatita.

Algumas apatitas revelaram faces bem formadas (euhedrais), com hábitos aciculares, tabulares e prismáticos. O seu relevo mostrou-se forte e incolor, cuja birrefringência mostrou-se moderada em nicóis cruzados.

As apatitas apresentam ainda inclusões diversas de quartzo, anfibólio e titanita. Nas frações mais grossas (como em 0,21 mm dos finos naturais e produtos de moagens) são observados grãos mistos de apatita+titanita ou apatita+anfibólio, além de quartzo e feldspatos subordinados. Os minerais mais freqüentemente encontrados associados com a apatita são quartzo, feldspatos, titanita e anfibólios.

Na amostra do furo N-112 a apatita apresenta superfície predominantemente límpida a fracamente impregnada; a parcela altamente impregnada (não flotável) é da ordem de 2 a 3%. Do total de fósforo presente, estima-se (a partir da relação estequiométrica $\text{CaO}/\text{P}_2\text{O}_5$) que 94%, no material acima de 0,037mm, estão contidos na forma de apatita. Quando a relação $\text{CaO}/\text{P}_2\text{O}_5$ ficar em torno de 1,30, o fósforo presente estará na apatita. Caso a relação apresentar valores inferiores a 1,30, o fósforo presente formará a apatita e o seu excedente torna-se então fosfato secundário.

Na amostra do furo P-104 a apatita mostra superfície predominantemente límpida a fracamente impregnada; a parcela altamente impregnada (não flotável) é da ordem de 11%. Do total de fósforo presente estima-se que 92% do mesmo, no material acima de 0,037mm, estão contidos na apatita.

A apatita na amostra do furo P-120 apresenta-se predominantemente com superfície límpida a fracamente impregnada; a parcela altamente impregnada (não flotável) é da ordem de apenas 2%. Do total de fósforo presente, estima-se que 92% do mesmo, no material acima de 0,037mm, estão na forma de apatita.

Na amostra Galv-Pat a apatita mostra superfície predominantemente límpida a fracamente impregnada; a parcela altamente impregnada (não flotável) é estimada em 13 a 15%. Do total de fósforo presente, estima-se que 93% do mesmo, no material acima de 0,037mm, estão contidos na forma de apatita.

7.4.4 Características da apatita ao MEV

As análises ao MEV foram efetuadas nas amostras dos finos naturais e produtos de moagens, cerca de duas frações granulométricas de cada produto (finos naturais e produto de moagem).

Estes estudos permitiram reconhecer em muito mais detalhe as feições observadas em microscopia óptica, além da presença de outros minerais. No entanto, pelo número restrito de amostras estudadas, são considerados apenas preliminares e investigativos, merecendo um futuro detalhamento.

Os principais minerais que se encontram associados à apatita são quartzo, feldspato, anfibólio, piroxênio, perovskita, titanita (às vezes com presença de Fe em sua composição química), ilmenita, magnetita, rutilo, filossilicatos (micas e vermiculita) e barita (presença quase insignificante). Em algumas amostras foi ainda observada a presença de pirocloro.

Nas imagens de elétrons retroespelhados pequenas diferenças nos tons de cinza da apatita permitiram identificar variações compostionais bem marcadas, que podem estar relacionadas com a presença de elementos terras raras e/ou do elemento Sr (ver Espectro 2 no Anexo 6).

Freqüentemente, são observadas apatitas inclusas em grãos de quartzo; apatitas com impregnação superficial de óxido-hidróxido de Fe; é muito comum também nessas frações a presença de grãos mistos de apatita com feldspato, filossilicatos, quartzo, titanita e outros minerais.

Alumino-fosfatos secundários (gorceixita, goyazita e florencita), por vezes contendo elementos terras raras, foram encontrados em todas as amostras. Estes associam-se mais freqüentemente a quartzo e feldspato.

8 CONCLUSÕES

Foram estudadas um total de quatro amostras referentes a composição de furos de sondagens da porção noroeste do Complexo alcalino-carbonatítico de Salitre.

Baseados em resultados de composição química e análises mineralógicas (difração de raios X, microscopia óptica e microscopia eletrônica de varredura) de produtos de separações minerais por fração granulométrica, considerando o processamento em separado de finos naturais e produtos de moagens, pode-se estabelecer as principais características das amostras estudadas relevantes para o beneficiamento mineral. Estas características são apresentadas comparativamente na Tabela 27.

As amostras dos furo N-112 e P-120 são as mais ricas em termos de teor de P_2O_5 , apresentando a menor relação CaO/P_2O_5 ; a amostra do furo P-104 é a mais pobre em P_2O_5 e mostra a maior relação de CaO/P_2O_5 . A parcela de P_2O_5 apatítico para o material classificado acima de 0,037mm varia em torno de 92 a 96 % para todas as amostras.

Mineralogicamente as amostras são muito semelhantes; os principais constituintes são apatita, quartzo, feldspato (feldspato potássico e plagioclásios), filossilicatos (minerais micáceos e caulinita) e oxi-hidróxidos de ferro (basicamente hematita, magnetita e goethita); como minerais acessórios e traços foram observados alumino-fosfatos secundários (gorceixita e/ou goyazita), titanita, perovskita, anatásio, pirocloro e fosfatos de terras raras.

Piroxênios e anfibólios foram observados nas amostras dos furos N-112 e P-120 e schorlomita nas amostras de furos N-112 e P-104. A perovskita é particularmente mais abundante na amostra P-104 e Galv-Pat, sendo que ilmenita só foi observada na amostra do furo P-120.

Os alumino-fosfatos são muito pouco expressivos, sendo que a quase totalidade do fósforo nas amostras deslamadas está associado a apatita – 92 a 94% do total.

As proporções em massa da apatita estão por volta de 13 a 43%, sendo que a sua liberação ideal está por volta de 0,21 mm para as amostras do furo N-112 e P-104 e em 0,30 mm para as amostras Galv-Pat e do furo P-120. Apresenta superfície limpa a pouco impregnada, sendo comum serem observadas com sulcos de dissolução; ao MEV foram verificadas variações compostionais. Estima-se que a parcela de apatita impregnada, que não responde satisfatoriamente ao processo de flotação, corresponda de 2 a 15% nas amostras estudadas.

Em termos de processamento mineral prevê-se que não existirão maiores dificuldades para a concentração da apatita. Recomenda-se, no entanto, uma pesquisa de coletores de forma a se otimizar a seletividade da apatita em relação aos minerais portadores de cálcio, tais

como titanita e perovskita; adicionalmente, deverá ser também avaliada uma etapa de atrição de forma a melhor limpar a superfície da apatita.

Tabela 27 – Sumário dos resultados dos estudos de caracterização

	Amostra			
	N-112	P-104	P-120	Galv-Pat
Composição química				
P ₂ O ₅ (%)	12,7	5,70	13,6	7,19
CaO (%)	14,7	12,7	18,2	12,2
MgO (%)	0,88	4,64	4,27	4,79
SiO ₂ (%)	37,1	33,6	24,6	25,5
Al ₂ O ₃ (%)	6,30	6,81	4,17	5,48
Fe ₂ O ₃ (%)	13,7	17,6	18,8	23,5
TiO ₂ (%)	1,09	4,87	2,37	7,27
relação CaO/P ₂ O ₅	1,15	2,23	1,33	1,7
Composição mineralógica estimada do retido em 0,037mm (%)				
Apatita	36	13	43	19
fosf. Secund.	3	1	2	2
quartzo	34	8	13	16
Feldspato	5	24	9	7
Filossilicatos	7	15	11	15
piroxênio+anfibólio	Tr	-	2	4
Schorlomita	Tr	10	-	6
óxidos de ferro	10	10	15	18
Ilmenita	-	-	tr	5
Anatásio	Tr	1	2	1
Perovskita	-	2	-	3
Titanita	1	9	tr	tr
Outros	5	7	3	6
Características relevantes para fins de beneficiamento mineral				
finos (-0,020 mm) % massa	34,9%	25,2%	30%	26,5%
perdas de P ₂ O ₅ nos finos	18,7%	17,6%	9,2%	14,5%
parcela de P ₂ O ₅ em apatita	94%	92%	92%	93%
apatita impregnada (não flotável)	2 a 3%	11%	2%	13 a 15%
recuperação potencial na flotação	90%	75-80%	90%	75-80%
malha de liberação (moagem)	0,21	0,21	0,30	0,30

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

9.1 Referências citadas

- Alves, B. P. Distrito nióbio-tantanífero de Tapira. Boletim de Fomento da Divisão da Produção Mineral nº 108. Rio de Janeiro, 1960. p.11-43.
- Apati, S. Mineralogia, micromorfologia e distribuição granulométrica dos materiais alterados de uma topossequência da Lagoa Campestre, complexo alcalino-carbonatítico de Salitre II, MG. Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. Dissertação de mestrado, São Paulo, 1997, 98p.
- Barbosa, O. Guia das excursões do IX Congresso da Sociedade Brasileira de Geologia, noticiário 3, 1955, p.3-5.
- Barbosa, O. Série Bambuí. Simpósio das Formações Eo-Paleozóicas do Brasil: Congr. Bras. Geol., 19º, Rio de Janeiro, 1966.
- Barbosa, O.; Braun, O.P.G.; Dyer, R.; Cunha, C.A.R. Geologia da Região do Triângulo Mineiro. Boletim de Fomento da Divisão da Produção Mineral, nº 136. Rio de Janeiro, 1970. p.07-141.
- ~~Born, H.; Kahn, H.~~ Caracterização geológica e mineralógica voltada ao aproveitamento de jazimentos fosfáticos. V Encontro Nacional de Rocha Fosfática, São Paulo, 1990. Anais..., p.213-233.
- Cordani, U. G.; Hasui, Y.; Idades potássio-argônio de rochas eruptivas do oeste mineiro e sul de Goiás, S.B.G. , Anais do XXI Congresso (Belo Horizonte, MG), 1968, p.139-143.
- Dana, J. D. Manual de Mineralogia. Livros Técnicos e Científicos Editora S. A. Rio de Janeiro, 1974, p.405-409.
- Grossi Sad, J. H. Geologia e Recursos Minerais do Complexo de Serra Negra, Minas Gerais, 1971, DNPM.
- Kahn, H. "Caracterização de matérias primas minerais associadas a complexos alcalino-carbonatíticos". Tese de Livre Docência na especialidade de Caracterização Tecnológica de Recursos Minerais; apresentada no Departamento de Engenharia de Minas de Escola Politécnica da Universidade de São Paulo em 15/07/1999, inédito.
- ~~Lenharo, S.L.R.; Kahn, H.; Born, H.~~ Caracterização mineralógica/tecnológica das apatitas de alguns depósitos brasileiros de fosfato. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. BT/PMI/026, 39p., 1994; Tecnologia Mineral, V.2, p.321.
- McClellan, G.H. Mineralogy of carbonate Fluorapatites. Journal of the Geological Society of London, v. 137, 1980, p.675-81.

- Mehmel, M. The structure of apatite. I. Z. Krystallogr. Mineral, v. 75, 1930, p.323-31.
- Chaban, N.; Grossi Sad, J. H.; Torres, N.; Melo, M.T.V.. Depósitos de fosfato, titânio e nióbio de Salitre, MG. In Principais Depósitos Minerais do Brasil. Schobbenhaus. Ministério das Minas e Energia, DNPM-CPRM. Brasília. V. 4, parte C. 1997, p.57-68
- Náray-Szabó, S. The structure of apatite, $(\text{CaF})\text{Ca}_4(\text{PO}_4)_3$. Zeitschrift fur Kristallographie, Kristallgeometrie, Kristallphysik, Kristallchemie, v. 75, 1930, p.387-98.
- Nimer, Edmon. IBGE. Geografia do Brasil, Rio de Janeiro, v3, 1997 p.324.
- Sant'Agostino, L.M.; Kahn, H. Metodologia para a caracterização tecnológica de matérias primas minerais. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. BT/PMI/069, 29p., 1997.
- Ziesemer, L. Caracterização tecnológica de minérios. In: Instituto Tecnológico de Pernambuco. Tratamento de Minérios e Hidrometalurgia. in memorian Professor Paulo Abib Andery, Recife, ITEP, 1980. p. 17-37.

9.2 Referências consultadas

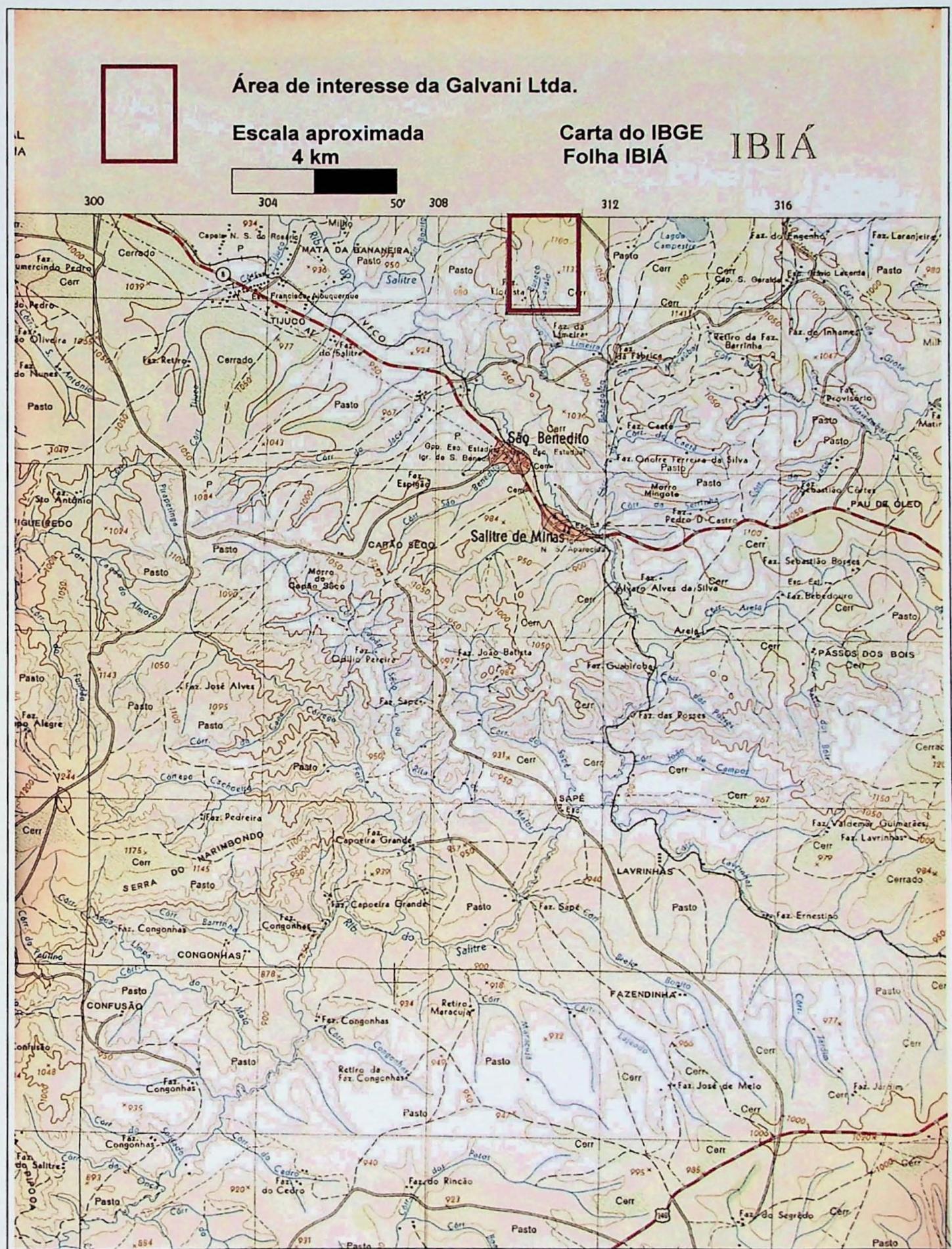
- Abreu, S. Fróis. Recursos Minerais do Brasil. V. 2, 1973, Universidade de São Paulo; Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Tecnologia.p.76-95.
- Born, H.; Lenharo, S.L.; Kahn, H. Mineralogical characterization of apatites from Brazilian phosphate deposits. Trans. Insts. Min. Metall., sect. B, IMM. V. B101-50, pp. B117 - 126, 1996.
- Kahn, H.; Cassola, M. S.; Oba, C. A. I.; Liberal, G. S.; Riffel, B. F. Caracterização tecnológica do minério residual de fosfato de Angico dos Dias, BA. XIV Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Hidrometalurgia, Salvador, BA, 1990. Anais..., p. 196-211.
- Kahn, H. The influence of mineral characteristics and distribution on the mineral processing of the Anitápolis, Brazil, eluvial phosphate ore - Process Mineralogy XII, p.317-237, 1994. TMS - The Minerals, Metals and Materials Society.
- Kahn, H.; Beraldo, J. L.; Sant'Agostino, L. Caracterização tecnológica do minério de fosfato de Anitápolis. XIII Encontro Nacional de tratamento de minérios e Hidrometalurgia, São Paulo, SP, 1988. Anais..., p. 297-313.
- Lenharo, S.L.R.; Born, H.; Kahn, H. Mineralogical and crystallographic characteristics of apatites from the alkaline-carbonatitic Araxá phosphate deposit, Brazil, ICAM'93 – Int. Cong. Applied Mineralogy, Freemantle, Australia, 1993. Proceedings., p.161-164.

Lenharo, S.L.R.; Kahn, H.; Born, H. Caracterização mineralógica/tecnológica das apatitas de Barra do Itapirapuã SP/PR, XXXVIII Congresso Brasileiro de geologia, Baln. Camburiú, SC, 1994. Resumos expandidos, ST07-Tecnologia Mineral, V.2, p.321-322.

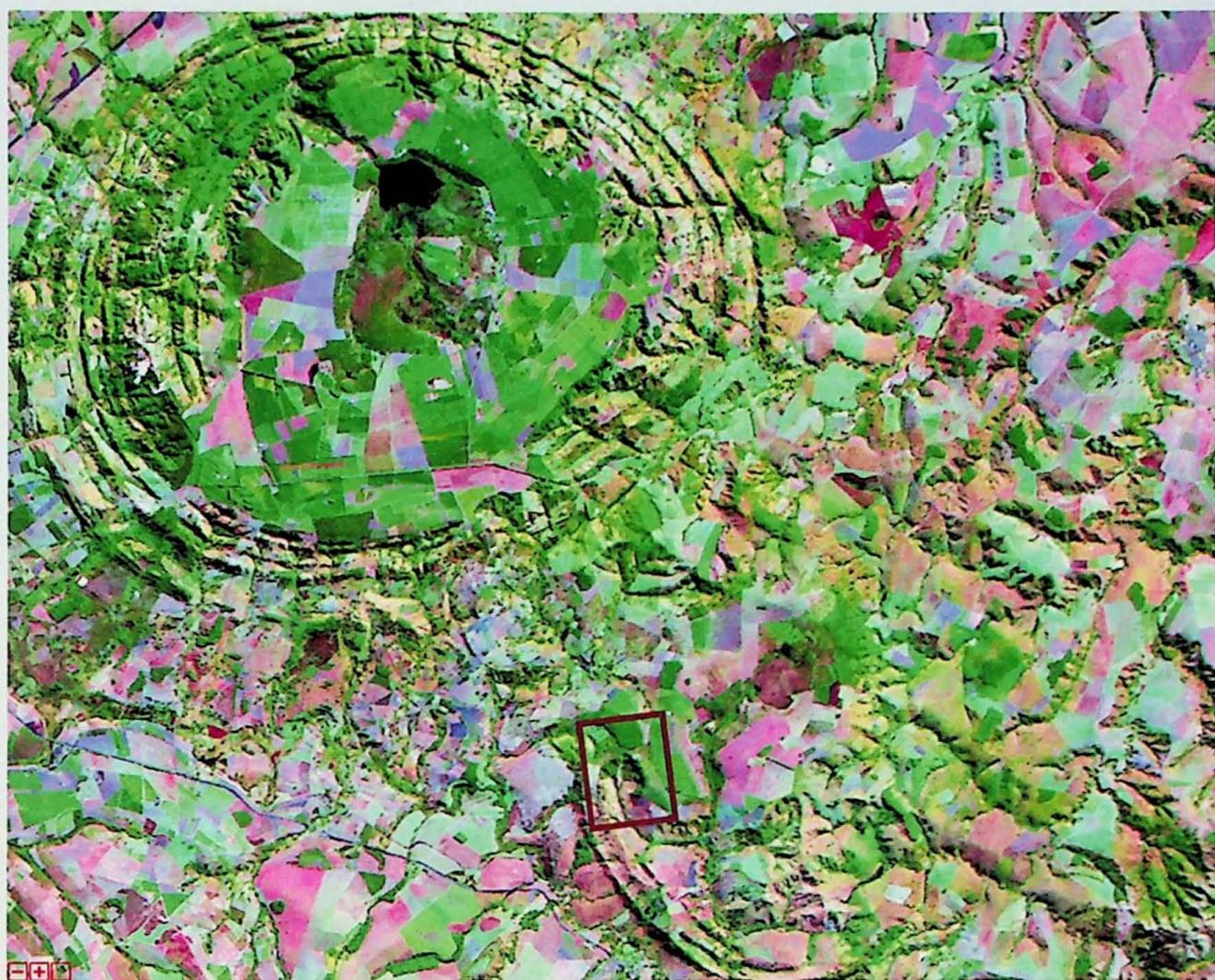
Sant'Agostino, L.; H. Kahn; Lenharo, S.L.R. Caracterização de fases de apatita por microscopia eletrônica de varredura. III Interamerican Conference on Electron Microscopy / XV Reunião de Sociedade Brasileira de Microscopia Eletrônica. Acta Microscopica, v.4, Set. 95, Supplement B., p. 82.

ANEXOS

ANEXO 1 - PLANTA DA SITUAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO



ANEXO 2 - IMAGEM DE SATÉLITE DA REGIÃO DE SALITRE E SERRA NEGRA, MG



Área de interesse da Galvani Ltda.

Escala aproximada

2 km

ANEXO 3 - RESULTADOS DE ENSAIOS DE SEPARAÇÕES MINERAIS DAS AMOSTRAS ESTUDADAS

- FINOS NATURAIS
- PRODUTOS DE MOAGEM

Resultados de ensaios de separações minerais

Amostra Euro N 112 (finos naturais)

Fração mm	Produto	% Peso		Teores (%)						Relação CaO/P ₂ O ₅	
		ensaio	amostra	P ₂ O ₅	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	BaO	
-0,297 +0,210	Flutuado	57,8	1,4	4,19	4,17	0,33	68,4	4,82	6,92	0,50	1,11
	Afund. Magn.	15,7	0,4	7,14	8,06	0,27	7,40	2,03	45,1	2,33	2,48
	Afund. Não Magn	26,5	0,7	29,9	36,2	0,06	3,79	1,41	6,17	1,65	1,37
	Total	100,0	2,5	11,5	13,3	0,25	41,7	3,48	12,7	1,09	1,39
-0,210 +0,149	Flutuado	47,3	2,0	4,08	3,91	0,41	67,2	5,69	6,92	0,50	0,97
	Afund. Magn.	11,8	0,5	7,02	6,88	0,16	6,99	2,20	44,5	2,43	1,29
	Afund. Não Magn	40,8	1,7	34,3	43,3	0,05	2,35	0,91	4,17	1,12	0,75
	Total	100,0	4,2	16,8	20,3	0,23	33,6	3,33	10,2	0,98	0,92
-0,149 +0,074	Flutuado	26,5	3,2	3,79	3,42	0,47	67,6	6,56	7,01	0,56	1,07
	Afund. Magn.	6,2	0,7	8,01	8,25	0,19	6,40	2,13	40,5	2,46	1,27
	Afund. Não Magn	67,3	8,0	36,2	46,6	0,04	1,52	0,48	3,82	0,67	0,38
	Total	100,0	11,9	25,9	32,8	0,16	19,3	2,19	6,95	0,75	0,62
-0,074 +0,037	Flutuado	28,4	3,5	3,17	2,59	0,62	63,9	8,28	7,19	0,58	1,18
	Afund. Magn.	6,7	0,8	7,98	8,15	0,19	5,69	2,03	41,0	2,67	1,29
	Afund. Não Magn	64,8	8,1	36,7	47,0	0,03	1,29	0,47	4,07	0,65	0,43
	Total	100,0	12,5	25,2	31,7	0,21	19,4	2,80	7,44	0,77	0,70
Total +0,037	Flutuado	32,6	10,1	3,69	3,33	0,49	66,3	6,74	7,04	0,55	1,09
	Afund. Magn.	7,9	2,5	7,66	7,91	0,20	6,44	2,09	42,2	2,50	1,47
	Afund. Não Magn	59,5	18,5	36,0	46,1	0,04	1,58	0,55	4,05	0,74	0,47
	Total	100,0	31,1	23,2	29,1	0,20	23,1	2,69	8,05	0,82	0,75

Fração Mm	Produto	% Massa		Distribuição no Ensaio (%)					Distribuição na Amostra (%)						
		Ensaio	Amostra	P ₂ O ₅	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
-0,297 +0,210	Flutuado	57,8	1,4	21,1	18,2	76,6	94,8	80,1	31,5	0,5	0,4	1,6	2,5	1,1	0,8
	Afund. Magn.	15,7	0,4	9,8	9,5	17,0	2,8	9,1	55,6	0,2	0,2	0,4	0,1	0,1	1,3
	Afund. Não Magn	26,5	0,7	69,1	72,3	6,4	2,4	10,7	12,9	1,6	1,7	0,1	0,1	0,2	0,3
	Total	100,0	2,5	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	2,3	2,3	2,1	2,7	1,4	2,4
-0,210 +0,149	Flutuado	47,3	2,0	11,5	9,1	83,1	94,7	81,0	32,0	0,6	0,5	2,5	3,5	1,7	1,0
	Afund. Magn.	11,8	0,5	5,0	4,0	8,1	2,5	7,8	51,4	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2	1,6
	Afund. Não Magn	40,8	1,7	83,5	86,9	8,7	2,9	11,2	16,6	4,6	5,1	0,3	0,1	0,2	0,5
	Total	100,0	4,2	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	5,5	5,9	3,1	3,7	2,1	3,2
-0,149 +0,074	Flutuado	26,5	3,2	3,9	2,8	76,2	92,6	79,2	26,7	0,9	0,7	4,6	5,7	3,3	1,5
	Afund. Magn.	6,2	0,7	1,9	1,6	7,3	2,1	6,1	36,3	0,5	0,4	0,4	0,1	0,3	2,1
	Afund. Não Magn	67,3	8,0	94,2	95,7	16,5	5,3	14,7	37,0	22,8	25,5	1,0	0,3	0,6	2,1
	Total	100,0	11,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	24,2	26,6	6,0	6,2	4,1	5,7
-0,074 +0,037	Flutuado	28,4	3,5	3,6	2,3	84,5	93,7	84,2	27,5	0,9	0,6	5,5	6,0	4,8	1,6
	Afund. Magn.	6,7	0,8	2,1	1,7	6,1	2,0	4,9	37,1	0,5	0,5	0,4	0,1	0,3	2,2
	Afund. Não Magn	64,8	8,1	94,3	95,9	9,3	4,3	10,9	35,4	24,1	26,9	0,6	0,3	0,6	2,1
	Total	100,0	12,5	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	25,6	28,0	6,5	6,3	5,7	6,0
Total +0,037	Flutuado	32,6	10,1	5,2	3,7	80,9	93,7	81,7	28,5	3,0	2,3	14,3	17,7	10,8	4,9
	Afund. Magn.	7,9	2,5	2,6	2,2	7,9	2,2	6,2	41,6	1,5	1,4	1,4	0,4	0,8	7,2
	Afund. Não Magn	59,5	18,5	92,2	94,1	11,2	4,1	12,1	29,9	53,1	59,1	2,0	0,8	1,6	5,2
	Total	100,0	31,1	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	57,6	62,8	17,7	18,9	13,3	17,3

Resultados de ensaios de separações minerais

Amostra Furo N-112 (produto moído abaixo 0,30 mm)

Fração mm	Produto	% Peso		Teores (%)							Relação CaO/P ₂ O ₅	
		ensaio	amostra	P ₂ O ₅	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	BaO		
-0,297 +0,210	Flutuado	76,6	4,4	2,52	2,91	0,20	79,5	2,84	4,81	0,25	0,37	1,15
	Afund. Magn.	13,4	0,8	5,71	5,45	0,10	7,94	2,17	47,3	2,70	0,66	0,95
	Afund. Não Magn	10,1	0,6	26,5	32,2	0,08	10,3	2,03	9,49	1,61	1,07	1,22
	Total	100,0	5,7	5,36	6,20	0,17	63,0	2,67	10,9	0,71	0,48	1,16
- 0,210 +0,149	Flutuado	72,3	4,9	2,33	2,68	0,17	81,9	2,59	4,64	0,28	0,35	1,15
	Afund. Magn.	14,2	1,0	5,57	5,14	0,11	8,61	2,51	47,4	3,13	0,78	0,92
	Afund. Não Magn	13,5	0,9	28,5	35,0	0,08	10,7	1,86	5,44	1,45	1,00	1,23
	Total	100,0	6,8	6,31	7,38	0,15	61,9	2,48	10,8	0,84	0,50	1,17
-0,149 +0,074	Flutuado	67,7	5,6	2,81	3,15	0,18	78,6	3,15	4,91	0,26	0,39	1,12
	Afund. Magn.	13,8	1,1	5,11	3,49	0,16	10,7	3,38	60,2	3,49	0,98	0,68
	Afund. Não Magn	18,4	1,5	32,1	40,3	0,04	4,92	1,15	5,76	1,23	0,71	1,26
	Total	100,0	8,2	8,53	10,0	0,15	55,6	2,81	12,7	0,89	0,53	1,18
-0,074 +0,037	Flutuado	61,1	3,6	1,56	1,53	0,22	78,4	5,02	4,35	0,23	0,40	0,98
	Afund. Magn.	12,9	0,8	5,46	4,91	0,12	7,27	2,52	48,1	2,58	0,83	0,90
	Afund. Não Magn	26,0	1,5	34,2	43,5	0,04	2,71	0,82	5,41	1,01	0,56	1,27
	Total	100,0	5,9	10,6	12,9	0,16	49,5	3,60	10,3	0,74	0,50	1,22
Total +0,037	Flutuado	69,3	18,5	2,37	2,65	0,19	79,6	3,29	4,71	0,26	0,38	1,12
	Afund. Magn.	13,6	3,6	5,43	4,64	0,13	8,84	2,71	51,5	3,04	0,83	0,85
	Afund. Não Magn	17,0	4,5	31,4	39,3	0,05	6,03	1,29	6,05	1,25	0,76	1,25
	Total	100,0	26,7	7,73	9,16	0,16	57,5	2,87	11,3	0,80	0,50	1,19

Fração Mm	Produto	% Massa		Distribuição no Ensaio (%)					Distribuição na Amostra (%)						
		Ensaio	Amostra	P ₂ O ₅	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
-0,297 +0,210	Flutuado	76,6	4,4	36,0	36,0	87,7	96,7	81,5	33,6	0,9	0,9	4,7	9,9	1,9	1,6
	Afund. Magn.	13,4	0,8	14,2	11,7	7,7	1,7	10,9	57,6	0,3	0,3	0,4	0,2	0,3	2,8
	Afund. Não Magn	10,1	0,6	49,8	52,3	4,6	1,7	7,6	8,7	1,2	1,3	0,2	0,2	0,2	0,4
	Total	100,0	5,7	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	2,4	2,5	5,4	10,2	2,4	4,8
- 0,210 +0,149	Flutuado	72,3	4,9	26,7	26,3	82,3	95,7	75,5	31,0	0,9	0,9	5,2	11,3	2,2	1,8
	Afund. Magn.	14,2	1,0	12,5	9,9	10,5	2,0	14,4	62,2	0,4	0,3	0,7	0,2	0,4	3,7
	Afund. Não Magn	13,5	0,9	60,8	63,9	7,2	2,3	10,1	6,8	2,1	2,2	0,5	0,3	0,3	0,4
	Total	100,0	6,8	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	3,4	3,5	6,3	11,8	2,9	5,9
-0,149 +0,074	Flutuado	67,7	5,6	22,3	21,2	80,5	95,7	75,8	26,1	1,3	1,3	5,4	11,9	2,8	1,8
	Afund. Magn.	13,8	1,1	8,3	4,8	14,6	2,7	16,6	65,5	0,5	0,3	1,0	0,3	0,6	4,5
	Afund. Não Magn	18,4	1,5	69,4	74,0	4,9	1,6	7,5	8,3	3,9	4,4	0,3	0,2	0,3	0,6
	Total	100,0	8,2	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	5,7	5,9	6,7	12,4	3,7	6,9
-0,074 +0,037	Flutuado	61,1	3,6	9,0	7,3	83,8	96,7	85,0	25,8	0,5	0,4	3,8	7,8	3,0	1,2
	Afund. Magn.	12,9	0,8	6,7	4,9	9,7	1,9	9,0	60,5	0,3	0,3	0,4	0,2	0,3	2,8
	Afund. Não Magn	26,0	1,5	84,3	87,8	6,5	1,4	5,9	13,7	4,2	4,6	0,3	0,1	0,2	0,6
	Total	100,0	5,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	5,0	5,3	4,6	8,1	3,5	4,6
Total +0,037	Flutuado	69,3	18,5	21,3	20,1	83,4	96,1	79,4	28,8	3,5	3,5	19,2	40,8	9,9	6,4
	Afund. Magn.	13,6	3,6	9,6	6,9	10,8	2,1	12,9	62,1	1,6	1,2	2,5	0,9	1,6	13,8
	Afund. Não Magn	17,0	4,5	69,1	73,0	5,7	1,8	7,7	9,1	11,4	12,6	1,3	0,8	1,0	2,0
	Total	100,0	26,7	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	16,5	17,2	23,0	42,5	12,5	22,3

Resultados de ensaios de separações minerais

Amostra Furo P-104 (finos naturais)

Fração mm	Produto	% Peso ensaio	% Peso amostra	P ₂ O ₅	CaO	MgO	Teores (%) SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	BaO	TiO ₂	Relação CaO/P ₂ O ₅
-0,297 +0,210	Flutuado	54,5	2,3	2,42	4,67	6,68	44,9	11,2	11,5	0,50	1,84	1,93
	Afund. Magn.	25,1	1,1	3,27	25,3	1,84	28,0	1,49	24,9	0,34	8,32	7,75
	Afund. Não Magn	20,4	0,9	23,2	38,9	0,79	13,0	0,65	4,31	0,24	12,0	1,68
	Total	100,0	4,2	6,87	16,8	4,26	34,1	6,63	13,4	0,41	5,53	2,45
- 0,210 +0,149	Flutuado	54,5	4,1	2,01	3,93	7,79	43,9	11,3	12,6	0,43	1,63	1,96
	Afund. Magn.	22,9	1,7	3,19	25,8	1,67	27,9	1,33	24,8	0,33	8,32	8,10
	Afund. Não Magn	22,7	1,7	21,7	38,1	0,57	13,2	0,56	3,37	0,35	13,4	1,75
	Total	100,0	7,5	6,75	16,7	4,75	33,3	6,59	13,3	0,39	5,82	2,47
-0,149 +0,074	Flutuado	55,2	10,9	1,06	2,38	8,32	45,8	12,1	12,6	0,44	1,19	2,25
	Afund. Magn.	18,8	3,7	3,23	24,0	1,40	25,5	1,05	24,6	0,45	7,43	7,43
	Afund. Não Magn	26,0	5,1	18,1	36,5	0,46	15,8	0,46	4,02	0,36	16,2	2,02
	Total	100,0	19,7	5,90	15,3	4,98	34,2	6,97	12,6	0,42	6,26	2,60
-0,074 +0,037	Flutuado	53,7	7,7	0,54	1,54	7,27	48,3	12,8	10,6	0,43	0,85	2,85
	Afund. Magn.	21,5	3,1	3,53	23,2	1,13	24,4	0,77	27,6	0,43	8,20	6,58
	Afund. Não Magn	24,8	3,6	16,5	34,2	0,40	15,7	0,23	4,37	0,30	17,4	2,07
	Total	100,0	14,4	5,15	14,3	4,24	35,1	7,11	12,7	0,40	6,52	2,78
Total +0,037	Flutuado	54,5	25,0	1,18	2,59	7,76	46,2	12,1	11,9	0,44	1,22	2,19
	Afund. Magn.	20,9	9,6	3,32	24,2	1,41	25,8	1,06	25,6	0,41	7,94	7,29
	Afund. Não Magn	24,6	11,2	18,5	36,2	0,48	15,1	0,42	4,05	0,33	15,8	1,95
	Total	100,0	45,8	5,89	15,4	4,64	34,3	6,92	12,8	0,41	6,20	2,61

Fração Mm	Produto	% Massa Ensaio		Distribuição no Ensaio (%)					Distribuição na Amostra (%)					
		Ensaio	Amostra	P ₂ O ₅	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃
-0,297 +0,210	Flutuado	54,5	2,3	19,2	15,1	85,4	71,7	92,4	46,9	1,1	0,8	3,1	2,9	3,7
	Afund. Magn.	25,1	1,1	11,9	37,7	10,8	20,5	5,6	46,5	0,7	2,0	0,4	0,8	0,2
	Afund. Não Magn	20,4	0,9	68,8	47,1	3,8	7,8	2,0	6,6	4,0	2,6	0,1	0,3	0,1
	Total	100,0	4,2	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	5,7	5,4	3,6	4,0	3,0
- 0,210 +0,149	Flutuado	54,5	4,1	16,2	12,8	89,3	71,8	93,5	51,5	1,7	1,3	6,3	5,1	6,6
	Afund. Magn.	22,9	1,7	10,8	35,4	8,0	19,2	4,6	42,7	1,2	3,5	0,6	1,4	0,3
	Afund. Não Magn	22,7	1,7	73,0	51,8	2,7	9,0	1,9	5,8	7,8	5,1	0,2	0,6	0,1
	Total	100,0	7,5	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	10,8	9,9	7,0	7,1	5,4
-0,149 +0,074	Flutuado	55,2	10,9	9,9	8,6	92,3	74,0	95,5	55,0	2,1	2,0	19,3	14,8	18,8
	Afund. Magn.	18,8	3,7	10,3	29,4	5,3	14,0	2,8	36,7	2,1	6,7	1,1	2,8	0,6
	Afund. Não Magn	26,0	5,1	79,8	62,0	2,4	12,0	1,7	8,3	16,5	14,2	0,5	2,4	1,2
	Total	100,0	19,7	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	20,7	22,9	21,0	20,0	14,1
-0,074 +0,037	Flutuado	53,7	7,7	5,6	5,8	91,9	73,9	96,9	44,8	0,8	0,9	12,1	11,2	14,5
	Afund. Magn.	21,5	3,1	14,8	35,0	5,7	15,0	2,3	46,7	2,0	5,4	0,8	2,3	0,3
	Afund. Não Magn	24,8	3,6	79,6	59,3	2,3	11,1	0,8	8,5	10,7	9,2	0,3	1,7	0,1
	Total	100,0	14,4	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	13,4	15,6	13,1	15,1	10,6
Total +0,037	Flutuado	54,5	25,0	10,9	9,2	91,1	73,4	95,3	50,5	5,5	4,9	40,7	33,9	43,5
	Afund. Magn.	20,9	9,6	11,8	32,9	6,3	15,7	3,2	41,8	6,0	17,7	2,8	7,3	1,5
	Afund. Não Magn	24,6	11,2	77,3	57,9	2,6	10,8	1,5	7,8	39,1	31,1	1,1	5,0	0,7
	Total	100,0	45,8	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	50,6	53,7	44,7	46,2	33,1

Resultados de ensaios de separações minerais

Amostra Furo P-104 (produto moído abaixo de 0,30 mm)

Fração mm	Produto	% Peso ensaio	% Peso amostra	P ₂ O ₅	CaO	MgO	Teores (%)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	BaO	TiO ₂	Relação CaO/P ₂ O ₅
-0,297 +0,210	Flutuado	63,4	3,9	2,58	4,81	4,16	52,4	11,5	8,00	0,40	1,49		1,86
	Afund. Magn.	21,0	1,3	4,72	25,0	1,83	26,4	1,62	25,4	0,63	6,99		5,30
	Afund. Não Magn	15,7	1,0	25,2	39,2	0,81	11,1	0,84	5,20	0,34	8,09		1,55
	Total	100,0	6,2	6,57	14,4	3,15	40,5	7,74	11,2	0,44	3,68		2,20
- 0,210 +0,149	Flutuado	59,8	3,4	2,10	4,00	4,53	52,9	12,0	7,93	0,40	1,26		1,90
	Afund. Magn.	22,5	1,3	3,89	25,2	1,63	26,9	1,30	25,7	0,39	7,13		6,48
	Afund. Não Magn	17,8	1,0	24,6	39,8	0,73	11,9	0,67	5,09	0,38	9,62		1,62
	Total	100,0	5,7	6,50	15,1	3,20	39,8	7,61	11,4	0,39	4,06		2,33
-0,149 +0,074	Flutuado	55,8	3,9	1,58	3,13	5,06	51,2	12,0	8,13	0,36	0,99		1,98
	Afund. Magn.	22,7	1,6	3,11	25,7	1,46	27,7	1,10	27,5	0,49	6,79		8,27
	Afund. Não Magn	21,5	1,5	22,1	38,9	0,55	13,5	0,52	4,65	0,36	12,5		1,76
	Total	100,0	6,9	6,33	16,0	3,27	37,8	7,05	11,8	0,39	4,79		2,52
-0,074 +0,037	Flutuado	50,1	2,3	0,90	2,11	5,54	52,7	12,4	8,26	0,41	0,76		2,34
	Afund. Magn.	30,8	1,4	1,87	21,7	1,23	25,7	1,00	29,2	0,41	6,3		11,58
	Afund. Não Magn	19,1	0,9	20,4	36,7	0,61	13,9	0,42	6,81	0,39	12,6		1,80
	Total	100,0	4,5	4,91	14,7	3,27	37,0	6,58	14,4	0,41	4,72		3,00
Total +0,037	Flutuado	57,7	13,4	1,89	3,67	4,75	52,2	11,9	8,06	0,39	1,16		1,94
	Afund. Magn.	23,8	5,5	3,35	24,4	1,53	26,7	1,24	27,0	0,48	6,79		7,28
	Afund. Não Magn	18,6	4,3	23,0	38,7	0,66	12,7	0,61	5,31	0,37	10,9		1,68
	Total	100,0	23,3	6,16	15,1	3,22	38,8	7,28	12,1	0,41	4,31		2,45

Fração Mm	Produto	% Massa		Distribuição no Ensaio (%)					Distribuição na Amostra (%)						
		ensaio	Amostra	P ₂ O ₅	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
-0,297 +0,210	Flutuado	63,4	3,9	24,9	21,1	83,8	82,0	93,9	45,2	1,7	1,4	3,5	6,1	6,8	1,8
	Afund. Magn.	21,0	1,3	15,1	36,4	12,2	13,7	4,4	47,5	1,0	2,3	0,5	1,0	0,3	1,9
	Afund. Não Magn	15,7	1,0	60,0	42,5	4,0	4,3	1,7	7,3	4,2	2,7	0,2	0,3	0,1	0,3
	Total	100,0	6,2	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	7,0	6,5	4,1	7,4	7,2	4,0
- 0,210 +0,149	Flutuado	59,8	3,4	19,3	15,8	84,5	79,5	94,6	41,5	1,3	1,1	3,3	5,3	6,1	1,5
	Afund. Magn.	22,5	1,3	13,5	37,5	11,4	15,2	3,8	50,6	0,9	2,5	0,4	1,0	0,2	1,9
	Afund. Não Magn	17,8	1,0	67,2	46,7	4,0	5,3	1,6	7,9	4,6	3,1	0,2	0,4	0,1	0,3
	Total	100,0	5,7	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	6,8	6,7	3,9	6,6	6,4	3,7
-0,149 +0,074	Flutuado	55,8	3,9	13,9	10,9	86,2	75,6	94,9	38,5	1,1	0,9	4,3	5,9	7,2	1,8
	Afund. Magn.	22,7	1,6	11,2	36,6	10,1	16,7	3,5	53,0	0,9	3,0	0,5	1,3	0,3	2,5
	Afund. Não Magn	21,5	1,5	74,9	52,4	3,6	7,7	1,6	8,5	5,9	4,3	0,2	0,6	0,1	0,4
	Total	100,0	6,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	7,9	8,3	5,0	7,9	7,6	4,7
-0,074 +0,037	Flutuado	50,1	2,3	9,2	7,2	84,9	71,4	94,1	28,7	0,5	0,4	2,8	3,5	4,3	1,0
	Afund. Magn.	30,8	1,4	11,7	45,3	11,6	21,4	4,7	62,3	0,6	2,5	0,4	1,0	0,2	2,1
	Afund. Não Magn	19,1	0,9	79,1	47,5	3,6	7,2	1,2	9,0	4,0	2,6	0,1	0,3	0,1	0,3
	Total	100,0	4,5	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	5,1	5,6	3,3	4,9	4,5	3,4
Total +0,037	Flutuado	57,7	13,4	17,7	14,0	84,9	77,6	94,4	38,5	4,7	3,8	13,8	20,7	24,3	6,1
	Afund. Magn.	23,8	5,5	12,9	38,4	11,3	16,4	4,1	53,3	3,5	10,4	1,8	4,4	1,0	8,4
	Afund. Não Magn	18,6	4,3	69,4	47,6	3,8	6,1	1,5	8,2	18,5	12,8	0,6	1,6	0,4	1,3
	Total	100,0	23,3	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	26,7	27,0	16,3	26,7	25,7	15,7

Resultados de ensaios de separações minerais

Amostra Furo P 120 (finos naturais)

Fração mm	Produto	% Peso ensaio amostra	P ₂ O ₅	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	BaO	TiO ₂	Relação CaO/P ₂ O ₅
-0,297 +0,210	Flutuado	32,8	0,9	2,93	4,58	6,84	51,1	7,41	9,72	0,33	2,43
	Afund. Magn.	21,7	0,6	1,79	2,87	2,07	2,98	0,34	82,1	0,97	2,65
	Afund. Não Magn	45,5	1,3	35,3	46,9	0,31	2,38	0,26	1,67	0,29	2,18
	Total	100,0	2,9	17,4	23,4	2,84	18,5	2,62	21,8	0,45	2,36
- 0,210 +0,149	Flutuado	26,0	1,5	2,38	3,93	8,26	49,6	7,72	11,4	0,28	2,51
	Afund. Magn.	11,4	0,6	2,62	3,85	1,95	4,33	0,49	69,5	1,12	4,20
	Afund. Não Magn	62,6	3,5	37,0	48,6	0,27	2,25	0,10	2,04	0,29	2,21
	Total	100,0	5,6	24,0	31,8	2,54	14,8	2,13	12,1	0,38	2,51
-0,149 +0,074	Flutuado	21,6	3,2	2,07	3,56	9,46	47,1	8,00	13,0	0,21	2,25
	Afund. Magn.	6,0	0,9	3,54	5,11	1,93	6,31	0,77	56,2	1,49	6,33
	Afund. Não Magn	72,4	10,8	36,6	49,1	0,25	2,16	0,03	2,11	0,28	2,31
	Total	100,0	14,9	27,2	36,6	2,34	12,1	1,79	7,71	0,34	2,54
-0,074 +0,037	Flutuado	41,0	7,9	1,36	2,67	10,9	44,4	8,19	15,4	0,23	1,60
	Afund. Magn.	4,7	0,9	4,76	6,37	1,52	6,87	0,81	45,2	1,71	6,99
	Afund. Não Magn	54,3	10,5	32,7	44,7	0,36	3,91	0,28	3,59	0,41	4,24
	Total	100,0	19,3	18,6	25,7	4,72	20,7	3,55	10,4	0,40	3,29
Total +0,037	Flutuado	31,7	13,5	1,75	3,15	9,97	46,1	8,04	14,0	0,24	1,91
	Afund. Magn.	7,2	3,1	3,35	4,8	1,84	5,38	0,64	61,0	1,37	5,33
	Afund. Não Magn	61,1	26,1	35,1	47,1	0,30	2,89	0,15	2,67	0,33	3,06
	Total	100,0	42,7	22,2	30,2	3,48	16,8	2,69	10,4	0,38	2,86

Fração Mm	Produto	Distribuição no Ensaio (%)						Distribuição na Amostra (%)							
		% Massa ensaio	% Massa amostra	P ₂ O ₅	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
-0,297 +0,210	Flutuado	32,8	0,9	5,5	6,4	79,2	90,7	92,7	14,7	0,2	0,2	1,7	2,0	2,0	0,5
	Afund. Magn.	21,7	0,6	2,2	2,7	15,8	3,5	2,8	81,9	0,1	0,1	0,3	0,1	0,1	2,7
	Afund. Não Magn	45,5	1,3	92,2	90,9	5,0	5,8	4,5	3,5	3,2	3,2	0,1	0,1	0,1	0,1
	Total	100,0	2,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	3,5	3,5	2,1	2,2	2,1	3,3
- 0,210 +0,149	Flutuado	26,0	1,5	2,6	3,2	84,6	87,2	94,4	24,4	0,2	0,3	2,9	2,9	3,3	0,9
	Afund. Magn.	11,4	0,6	1,2	1,4	8,7	3,3	2,6	65,1	0,1	0,1	0,3	0,1	0,1	2,5
	Afund. Não Magn	62,6	3,5	96,2	95,4	6,6	9,5	2,9	10,5	9,0	8,8	0,2	0,3	0,1	0,4
	Total	100,0	5,6	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	9,3	9,2	3,4	3,3	3,4	3,8
-0,149 +0,074	Flutuado	21,6	3,2	1,6	2,1	87,3	83,9	96,2	36,5	0,5	0,6	7,0	5,9	6,6	2,2
	Afund. Magn.	6,0	0,9	0,8	0,8	4,9	3,1	2,6	43,7	0,2	0,2	0,4	0,2	0,2	2,6
	Afund. Não Magn	72,4	10,8	97,6	97,1	7,7	12,9	1,2	19,8	28,8	28,4	0,6	0,9	0,1	1,2
	Total	100,0	14,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	29,5	29,2	8,0	7,0	6,8	6,0
-0,074 +0,037	Flutuado	41,0	7,9	3,0	4,3	94,4	88,2	94,7	60,8	0,8	1,2	18,6	13,5	15,6	6,4
	Afund. Magn.	4,7	0,9	1,2	1,2	1,5	1,6	1,1	20,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	2,2
	Afund. Não Magn	54,3	10,5	95,8	94,6	4,1	10,3	4,3	18,8	26,1	26,1	0,8	1,6	0,7	2,0
	Total	100,0	19,3	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	27,3	27,6	19,7	15,3	16,5	10,6
Total +0,037	Flutuado	31,7	13,5	2,5	3,3	90,9	87,2	94,9	42,5	1,7	2,3	30,3	24,3	27,4	10,1
	Afund. Magn.	7,2	3,1	1,1	1,1	3,8	2,3	1,7	41,9	0,8	0,8	1,3	0,6	0,5	9,9
	Afund. Não Magn	61,1	26,1	96,4	95,6	5,3	10,5	3,4	15,6	67,1	66,5	1,8	2,9	1,0	3,7
	Total	100,0	42,7	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	69,5	69,5	33,3	27,9	28,9	23,8

Resultados de ensaios de separações minerais

Amostra Furo P-120 (produto moído abaixo de 0,30 mm)

Fração mm	Produto	% Peso ensaio amostra		Teores (%)							Relação CaO/P ₂ O ₅
		P ₂ O ₅	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	BaO	TiO ₂		
-0,297 +0,210	Flutuado	47,0	3,4	3,41	4,66	2,49	62,3	7,49	5,69	0,22	1,15
	Afund. Magn.	31,9	2,3	2,13	3,30	2,28	2,99	0,26	85,9	0,79	2,15
	Afund. Não Magn	21,1	1,5	34,4	46,1	0,45	4,86	0,25	2,76	0,29	1,90
	Total	100,0	7,2	9,55	13,0	1,99	31,2	3,65	30,6	0,42	1,63
-0,210 +0,149	Flutuado	39,3	1,4	3,42	4,69	2,02	62,4	7,39	5,43	0,19	1,10
	Afund. Magn.	35,4	1,2	1,79	2,56	2,30	2,07	0,26	86,0	0,81	1,88
	Afund. Não Magn	25,4	0,9	36,5	48,8	0,32	3,60	0,08	1,97	0,33	1,68
	Total	100,0	3,5	11,2	15,1	1,69	26,2	3,01	33,0	0,44	1,52
-0,149 +0,074	Flutuado	40,5	1,6	2,58	3,60	2,10	64,5	7,85	5,51	0,22	0,93
	Afund. Magn.	37,7	1,5	2,17	3,09	2,27	2,47	0,23	84,3	0,81	2,22
	Afund. Não Magn	21,8	0,9	36,4	48,7	0,24	3,00	0,07	2,18	0,34	1,57
	Total	100,0	3,9	9,80	13,2	1,76	27,7	3,28	34,5	0,47	1,56
-0,074 +0,037	Flutuado	47,5	1,2	1,50	2,24	2,69	64,0	8,73	6,01	0,18	0,72
	Afund. Magn.	21,2	0,6	2,66	3,77	2,20	2,71	0,29	82,1	0,81	2,50
	Afund. Não Magn	31,3	0,8	34,9	46,8	0,23	3,17	0,14	3,89	0,32	2,19
	Total	100,0	2,6	12,2	16,5	1,82	32,0	4,25	21,5	0,36	1,56
Total +0,037		Flutuado	44,0	7,6	2,92	4,04	2,36	63,0	7,75	5,66	0,21
		Afund. Magn.	32,3	5,6	2,12	3,13	2,27	2,62	0,25	85,1	0,80
		Afund. Não Magn	23,7	4,1	35,4	47,4	0,33	3,86	0,15	2,70	0,32
		Total	100,0	17,2	10,4	14,0	1,85	29,5	3,53	30,6	0,43
											1,58
											1,35

Fração Mm	Produto	% Massa ensaio amostra		Distribuição no Ensaio (%)					Distribuição na Amostra (%)					
		P ₂ O ₅	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	
-0,297 +0,210	Flutuado	47,0	3,4	16,8	16,9	58,7	93,7	96,3	8,7	0,8	0,8	2,1	8,3	6,3
	Afund. Magn.	31,9	2,3	7,1	8,1	36,5	3,1	2,3	89,4	0,4	0,4	1,3	0,3	0,1
	Afund. Não Magn	21,1	1,5	76,1	75,1	4,8	3,3	1,4	1,9	3,8	3,7	0,2	0,3	0,1
	Total	100,0	7,2	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	5,0	5,0	3,6	8,9	6,5
-0,210 +0,149	Flutuado	39,3	1,4	11,9	12,2	47,0	93,7	96,3	6,5	0,3	0,3	0,8	3,4	2,7
	Afund. Magn.	35,4	1,2	5,6	6,0	48,2	2,8	3,1	92,0	0,2	0,2	0,8	0,1	0,1
	Afund. Não Magn	25,4	0,9	82,4	81,8	4,8	3,5	0,7	1,5	2,3	2,3	0,1	0,1	0,0
	Total	100,0	3,5	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	2,8	2,8	1,7	3,6	2,8
-0,149 +0,074	Flutuado	40,5	1,6	10,7	11,0	48,3	94,3	96,9	6,5	0,4	0,4	0,8	4,1	3,2
	Afund. Magn.	37,7	1,5	8,4	8,8	48,7	3,4	2,6	92,2	0,3	0,3	0,8	0,1	0,1
	Afund. Não Magn	21,8	0,9	81,0	80,2	3,0	2,4	0,5	1,4	3,0	2,9	0,1	0,1	0,0
	Total	100,0	3,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	3,7	3,6	1,7	4,4	3,3
-0,074 +0,037	Flutuado	47,5	1,2	5,8	6,4	70,4	95,1	97,5	13,3	0,1	0,1	0,9	3,2	2,7
	Afund. Magn.	21,2	0,6	4,6	4,8	25,7	1,8	1,4	81,0	0,1	0,1	0,3	0,1	0,0
	Afund. Não Magn	31,3	0,8	89,5	88,7	4,0	3,1	1,0	5,7	2,1	2,0	0,1	0,1	0,0
	Total	100,0	2,6	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	2,3	2,3	1,3	3,4	2,8
Total +0,037		Flutuado	44,0	7,6	12,4	12,7	56,1	94,0	96,6	8,1	1,7	1,7	4,7	19,0
		Afund. Magn.	32,3	5,6	6,6	7,2	39,7	2,9	2,3	89,8	0,9	1,0	3,3	0,6
		Afund. Não Magn	23,7	4,1	81,0	80,1	4,3	3,1	1,0	2,1	11,2	10,9	0,4	0,6
		Total	100,0	17,2	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	13,8	13,6	8,4	20,2
													15,5	
													26,1	

Resultados de ensaios de separações minerais

Amostra Galv-Pat (finos naturais)

Fração mm	Produto	% Peso ensaio amostra		Teores (%)							Relação CaO/P ₂ O ₅
		P ₂ O ₅	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	BaO	TiO ₂		
-0,297 +0,210	Flutuado	41,3	2,1	1,69	3,14	10,5	39,6	9,17	16,5	0,31	3,42
	Afund. Magn.	33,2	1,7	4,07	13,4	1,41	11,7	1,26	45,1	0,83	14,3
	Afund. Não Magn	25,5	1,3	28,5	42,6	1,14	7,51	0,44	2,63	0,31	8,98
	Total	100,0	5,0	9,30	16,6	5,08	22,1	4,32	22,5	0,48	8,45
- 0,210 +0,149	Flutuado	49,3	5,6	2,64	4,68	9,52	34,7	8,19	17,9	0,28	3,94
	Afund. Magn.	26,9	3,1	3,79	12,2	1,65	16,3	2,19	45,5	0,97	14,1
	Afund. Não Magn	23,8	2,7	27,4	41,2	0,87	7,43	0,48	5,02	0,36	8,97
	Total	100,0	11,3	8,84	15,4	5,35	23,3	4,74	22,3	0,48	7,87
-0,149 +0,074	Flutuado	49,2	10,6	1,27	2,41	9,99	38,7	8,79	19,2	0,32	3,51
	Afund. Magn.	24,1	5,2	3,75	12,8	1,78	15,9	2,27	38,9	0,87	12,0
	Afund. Não Magn	26,7	5,7	29,2	43,6	0,56	6,99	0,38	2,54	0,34	8,68
	Total	100,0	21,5	9,34	15,9	5,49	24,7	4,97	19,5	0,46	6,93
-0,074 +0,037	Flutuado	60,1	5,8	1,64	2,99	8,55	37,9	8,24	19,2	0,30	3,23
	Afund. Magn.	20,5	2,0	5,40	14,3	1,55	16,2	2,31	34,2	0,93	12,0
	Afund. Não Magn	19,4	1,9	24,6	36,9	0,76	8,29	0,94	7,86	0,56	9,22
	Total	100,0	9,7	6,86	11,9	5,61	27,7	5,61	20,1	0,48	6,18
Total +0,037	Flutuado	50,6	24,0	1,71	3,14	9,57	37,6	8,55	18,7	0,30	3,53
	Afund. Magn.	25,0	11,9	4,08	13,0	1,66	15,4	2,12	40,7	0,90	12,8
	Afund. Não Magn	24,4	11,6	28,0	41,9	0,73	7,36	0,50	3,99	0,38	8,87
	Total	100,0	47,4	8,71	15,0	5,44	24,7	4,98	20,6	0,47	7,16

Fração mm	Produto	% Massa ensaio amostra		Distribuição no Ensaio (%)					Distribuição na Amostra (%)					
		P ₂ O ₅	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	
-0,297 +0,210	Flutuado	41,3	2,1	7,5	7,8	85,1	73,9	87,7	30,4	0,5	0,5	4,0	3,0	3,4
	Afund. Magn.	33,2	1,7	14,5	26,8	9,2	17,5	9,7	66,6	0,9	1,8	0,4	0,7	0,4
	Afund. Não Magn	25,5	1,3	78,0	65,4	5,7	8,7	2,6	3,0	5,0	4,3	0,3	0,3	0,1
	Total	100,0	5,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	6,4	6,6	4,6	4,0	5,0
- 0,210 +0,149	Flutuado	49,3	5,6	14,7	15,0	87,8	73,5	85,2	39,7	2,0	2,1	10,8	7,2	8,7
	Afund. Magn.	26,9	3,1	11,5	21,3	8,3	18,9	12,4	54,9	1,6	2,9	1,0	1,9	1,3
	Afund. Não Magn	23,8	2,7	73,7	63,6	3,9	7,6	2,4	5,4	10,2	8,8	0,5	0,7	0,2
	Total	100,0	11,3	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	13,8	13,8	12,3	9,8	10,5
-0,149 +0,074	Flutuado	49,2	10,6	6,7	7,4	89,5	76,9	86,9	48,4	1,8	2,0	20,1	15,0	17,0
	Afund. Magn.	24,1	5,2	9,7	19,4	7,8	15,5	11,0	48,1	2,7	5,3	1,8	3,0	2,2
	Afund. Não Magn	26,7	5,7	83,6	73,2	2,7	7,6	2,0	3,5	23,1	20,0	0,6	1,5	0,4
	Total	100,0	21,5	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	27,7	27,3	22,4	19,5	18,7
-0,074 +0,037	Flutuado	60,1	5,8	14,4	15,1	91,7	82,2	88,3	57,5	1,5	1,5	9,8	8,3	8,9
	Afund. Magn.	20,5	2,0	16,2	24,7	5,7	12,0	8,4	34,9	1,7	2,5	0,6	1,2	0,9
	Afund. Não Magn	19,4	1,9	69,5	60,2	2,6	5,8	3,2	7,6	7,2	6,2	0,3	0,6	0,6
	Total	100,0	9,7	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	10,4	10,2	10,6	10,0	8,5
Total +0,037	Flutuado	50,6	24,0	10,0	10,6	89,1	77,1	86,9	45,9	5,8	6,1	44,6	33,5	38,1
	Afund. Magn.	25,0	11,9	11,7	21,6	7,6	15,6	10,6	49,4	6,8	12,5	3,8	6,8	4,7
	Afund. Não Magn	24,4	11,6	78,3	67,9	3,3	7,3	2,5	4,7	45,7	39,3	1,6	3,2	1,1
	Total	100,0	47,4	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	58,3	57,9	50,1	43,4	42,7

Resultados de ensaios de separações minerais

Amostra Galv-Pat (produto moído a -0,30 mm)

Fração mm	Produto	% Peso		Teores (%)							Relação CaO/P ₂ O ₅	
		ensaio	amostra	P ₂ O ₅	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	BaO		
-0,297 +0,210	Flutuado	42,5	4,2	1,94	3,44	7,93	48,8	7,56	13,5	0,23	2,58	1,77
	Afund. Magn.	36,5	3,6	3,56	11,1	1,44	10,5	1,21	48,9	1,07	13,9	3,11
	Afund. Não Magn	21,0	2,1	23,6	37,3	1,93	10,4	0,69	3,65	0,34	12,9	1,58
	Total	100,0	9,9	7,09	13,3	4,30	26,7	3,80	24,4	0,56	8,90	1,88
- 0,210 +0,149	Flutuado	36,9	1,6	2,10	3,65	7,10	50,5	7,14	12,3	0,21	2,42	1,74
	Afund. Magn.	38,4	1,7	3,17	10,8	1,29	10,5	1,18	51,6	1,10	13,0	3,41
	Afund. Não Magn	24,7	1,1	23,5	37,4	1,51	9,22	0,74	3,59	0,34	13,5	1,59
	Total	100,0	4,4	7,79	14,7	3,49	25,0	3,27	25,2	0,58	9,19	1,89
-0,149 +0,074	Flutuado	39,8	2,1	1,83	3,26	7,48	51,4	7,47	12,7	0,26	2,24	1,78
	Afund. Magn.	33,9	1,7	3,13	11,1	1,40	12,2	1,25	48,9	1,20	13,0	3,53
	Afund. Não Magn	26,3	1,4	23,9	37,8	1,32	9,19	0,58	4,20	0,33	13,6	1,58
	Total	100,0	5,2	8,07	15,0	3,80	27,0	3,55	22,7	0,60	8,84	1,86
-0,074 +0,037	Flutuado	42,3	1,2	1,64	2,98	7,29	50,2	7,48	13,3	0,26	2,14	1,82
	Afund. Magn.	34,0	1,0	7,11	15,6	1,34	15,3	1,54	40,1	1,21	15,3	2,20
	Afund. Não Magn	23,7	0,7	23,8	37,3	1,11	8,62	0,69	4,32	0,42	14,0	1,57
	Total	100,0	2,9	8,75	15,4	3,80	28,5	3,85	20,3	0,62	9,43	1,76
Total +0,037	Flutuado	40,7	9,1	1,90	3,37	7,59	49,9	7,45	13,1	0,24	2,42	1,77
	Afund. Magn.	36,0	8,0	3,82	11,6	1,39	11,5	1,25	48,4	1,12	13,7	3,03
	Afund. Não Magn	23,3	5,2	23,7	37,4	1,58	9,59	0,67	3,87	0,35	13,3	1,58
	Total	100,0	22,4	7,67	14,3	3,96	26,7	3,64	23,6	0,58	9,01	1,86

Fração mm	Produto	% Massa		Distribuição no Ensaio (%)					Distribuição na Amostra (%)						
		ensaio	amostra	P ₂ O ₅	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
-0,297 +0,210	Flutuado	42,5	4,2	11,6	11,0	78,3	77,5	84,5	23,5	1,1	1,2	6,9	8,0	6,2	2,5
	Afund. Magn.	36,5	3,6	18,4	30,4	12,2	14,3	11,6	73,4	1,8	3,3	1,1	1,5	0,9	7,9
	Afund. Não Magn	21,0	2,1	70,0	58,7	9,4	8,1	3,8	3,1	6,8	6,3	0,8	0,8	0,3	0,3
	Total	100,0	9,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	9,7	10,8	8,8	10,4	7,3	10,7
- 0,210 +0,149	Flutuado	36,9	1,6	10,0	9,2	75,1	74,7	80,6	18,0	0,5	0,5	2,4	3,1	2,3	0,9
	Afund. Magn.	38,4	1,7	15,6	28,2	14,2	16,2	13,8	78,5	0,7	1,5	0,5	0,7	0,4	3,9
	Afund. Não Magn	24,7	1,1	74,4	62,6	10,7	9,1	5,6	3,5	3,6	3,3	0,3	0,4	0,2	0,2
	Total	100,0	4,4	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	4,8	5,3	3,2	4,2	2,8	4,9
-0,149 +0,074	Flutuado	39,8	2,1	9,0	8,7	78,4	75,8	83,8	22,3	0,5	0,5	3,2	3,9	2,9	1,2
	Afund. Magn.	33,9	1,7	13,2	25,0	12,5	15,3	11,9	72,9	0,8	1,6	0,5	0,8	0,4	3,8
	Afund. Não Magn	26,3	1,4	77,8	66,3	9,1	8,9	4,3	4,8	4,5	4,2	0,4	0,5	0,1	0,3
	Total	100,0	5,2	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	5,8	6,3	4,1	5,2	3,5	5,2
-0,074 +0,037	Flutuado	42,3	1,2	7,9	8,2	81,1	74,6	82,2	27,8	0,3	0,3	1,9	2,2	1,7	0,7
	Afund. Magn.	34,0	1,0	27,6	34,4	12,0	18,3	13,6	67,1	0,9	1,2	0,3	0,5	0,3	1,8
	Afund. Não Magn	23,7	0,7	64,4	57,4	6,9	7,2	4,2	5,0	2,1	2,0	0,2	0,2	0,1	0,1
	Total	100,0	2,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	3,3	3,5	2,3	3,0	2,1	2,6
Total +0,037	Flutuado	40,7	9,1	10,1	9,6	78,1	76,2	83,3	22,6	2,4	2,5	14,5	17,3	13,0	5,3
	Afund. Magn.	36,0	8,0	17,9	29,2	12,6	15,4	12,4	73,6	4,2	7,6	2,3	3,5	1,9	17,3
	Afund. Não Magn	23,3	5,2	72,0	61,2	9,3	8,4	4,3	3,8	17,0	15,8	1,7	1,9	0,7	0,9
	Total	100,0	22,4	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	23,6	25,9	18,5	22,7	15,6	23,5

ANEXO 4 - ESTIMATIVA DE COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA DAS AMOSTRAS ESTUDADAS

- FINOS NATURAIS
- PRODUTOS DE MOAGEM

Amostra Euro-N 112

Estimativa da composição mineralógica (finos naturais)

Mineral (%)	Fração (mm)				
	-0,297+0,210	-0,210+0,149	-0,149+0,074	-0,074+0,037	Total +0,037
apatita	24	37	59	58	53
fosf. secund.	4	3	3	3	3
quartzo	36	28	16	14	18
feldspato	4	3	2	3	3
filossilicatos	11	12	8	10	10
piroxênio+anfibólio	tr	Tr	Tr	tr	tr
schorlomita	1	Tr	Tr	tr	tr
óxidos de ferro	13	10	7	7	8
anatásio	1	Tr	Tr	tr	tr
titanita	tr	1	1	1	1
outros	7	5	5	4	4

Notas: (1) filossilicatos são representados por vermiculita, micas interestratificadas de 10 e 14 Å e, secundariamente, por caulinita;

(2) oxi-hidróxidos de ferro são constituídos por hematita e goethita, esta última mais freqüente nas frações mais finas.

Estimativa da composição mineralógica (produto de moagem)

Mineral (%)	Fração (mm)				
	-0,297+0,210	-0,210+0,149	-0,149+0,074	-0,074+0,037	Total +0,037
apatita	11	13	18	23	16
fosf. secund.	2	3	3	2	3
quartzo	57	57	50	41	51
feldspato	7	7	7	12	8
filossilicatos	4	3	4	3	3
piroxênio+anfibólio	tr	Tr	Tr	tr	tr
schorlomita	tr	Tr	Tr	tr	tr
óxidos de ferro	12	12	14	11	12
anatásio	tr	Tr	Tr	tr	tr
titanita	1	1	1	1	1
outros	6	5	3	6	5

Notas: (1) filossilicatos são representados por vermiculita, micas interestratificadas de 10 e 14 Å e, secundariamente, por caulinita;

(2) oxi-hidróxidos de ferro são constituídos por hematita e goethita, esta última mais freqüente nas frações mais finas.

Amostra Furo P-104

Estimativa da composição mineralógica (finos naturais)

Mineral (%)	Fração (mm)				
	-0,297+0,210	-0,210+0,149	-0,149+0,074	-0,074+0,037	Total +0,037
apatita	15	15	13	11	13
fosf. secund.	1	1	1	1	1
quartzo	7	7	7	6	7
feldspato	22	21	22	24	23
filossilicatos	14	14	14	16	15
óxidos de ferro	10	10	10	11	10
anatásio	1	1	1	1	1
perovskita	1	1	2	2	2
titanita	9	10	10	11	10
granada	12	11	9	9	9
outros	7	9	10	8	9

Notas: (1) filossilicatos são representados por vermiculita, micas interestratificadas de 10 e 14 Å e, secundariamente, por caulinita;

(2) oxi-hidróxidos de ferro são constituídos por hematita e goethita, esta última mais freqüente nas frações mais finas.

Estimativa da composição mineralógica (produto de moagem)

Mineral (%)	Fração (mm)				
	-0,297+0,210	-0,210+0,149	-0,149+0,074	-0,074+0,037	Total +0,037
apatita	14	14	14	11	14
fosf. secund.	1	1	1	1	1
quartzo	9	8	8	8	9
feldspato	28	27	25	22	26
filossilicatos	18	18	16	15	17
óxidos de ferro	9	8	8	11	9
anatásio	1	1	1	tr	1
perovskita	tr	Tr	1	1	1
titanita	6	7	9	9	8
granada	9	11	12	14	11
outros	3	3	5	7	5

Notas: (1) filossilicatos são representados por vermiculita, micas interestratificadas de 10 e 14 Å e, secundariamente, por caulinita;

(2) oxi-hidróxidos de ferro são constituídos por hematita e goethita, esta última mais freqüente nas frações mais finas.

Amostra Furo P-120

Estimativa da composição mineralógica (finos naturais)

Mineral (%)	Fração (mm)				
	-0,297+0,210	-0,210+0,149	-0,149+0,074	-0,074+0,037	Total +0,037
apatita	40	56	63	42	51
fosf. secund.	2	2	2	2	2
quartzo	12	10	8	14	11
feldspato	8	7	6	10	8
filossilicatos	9	8	7	16	12
piroxênio+anfibólio	2	2	2	1	2
óxidos de ferro	21	12	8	9	10
anatásio	2	2	2	3	2
titanita	tr	Tr	Tr	tr	tr
outros	5	3	3	2	3

Notas: (1) filossilicatos são representados por vermiculita, micas interestratificadas de 10 e 14 Å e, secundariamente, por caulinita;

(2) oxi-hidróxidos de ferro são constituídos por hematita e goethita, esta última mais freqüente nas frações mais finas.

Estimativa da composição mineralógica (produto de moagem)

Mineral (%)	Fração (mm)				
	-0,297+0,210	-0,210+0,149	-0,149+0,074	-0,074+0,037	Total +0,037
apatita	22	26	22	28	24
fosf. secund.	1	1	1	1	1
quartzo	20	17	18	19	19
feldspato	13	11	12	16	13
filossilicatos	9	7	8	11	9
piroxênio+anfibólio	2	1	1	1	2
óxidos de ferro	29	32	33	20	29
ilmenita	1	Tr	Tr	tr	tr
anatásio	tr	Tr	Tr	1	tr
titanita	tr	Tr	Tr	tr	tr
outros	1	3	4	3	3

Notas: (1) filossilicatos são representados por vermiculita, micas interestratificadas de 10 e 14 Å e, secundariamente, por caulinita;

(2) oxi-hidróxidos de ferro são constituídos por hematita e goethita, esta última mais freqüente nas frações mais finas.

Amostra Galv-Pat

Estimativa da composição mineralógica (finos naturais)

Mineral (%)	Fração (mm)				
	-0,297+0,210	-0,210+0,149	-0,149+0,074	-0,074+0,037	Total +0,037
apatita	21	20	21	15	19
fosf. secund.	2	2	2	2	2
quartzo	13	14	16	20	16
feldspato	8	8	8	8	8
filossilicatos	14	15	16	20	17
piroxênio+anfibólio	4	4	3	3	3
schorlomita	8	5	5	4	5
óxidos de ferro	18	19	17	17	17
ilmenita	6	5	4	3	4
anatásio	1	1	1	1	1
perovskita	3	3	3	2	3
titanita	tr	Tr	Tr	tr	tr
outros	5	6	5	5	5

Notas: (1) filossilicatos são representados por vermiculita, micas interestratificadas de 10 e 14 Å e, secundariamente, por caulinita;

(2) oxi-hidróxidos de ferro são constituídos por magnetita, hematita e goethita, esta última mais freqüente nas frações mais finas.

Estimativa da composição mineralógica (produto da moagem)

Mineral (%)	Fração (mm)				
	-0,297+0,210	-0,210+0,149	-0,149+0,074	-0,074+0,037	Total +0,037
apatita	15	17	18	19	17
fosf. secund.	2	2	2	2	2
quartzo	15	14	16	18	15
feldspato	6	5	6	6	6
filossilicatos	12	10	11	12	11
piroxênio+anfibólio	5	5	4	4	5
schorlomita	7	8	7	7	7
óxidos de ferro	20	21	19	16	20
ilmenita	6	6	5	7	6
anatásio	2	2	2	2	2
perovskita	2	3	3	3	3
titanita	tr	Tr	Tr	tr	tr
outros	7	8	7	5	7

Notas: (1) filossilicatos são representados por vermiculita, micas interestratificadas de 10 e 14 Å e, secundariamente, por caulinita;

(2) oxi-hidróxidos de ferro são constituídos por magnetita, hematita e goethita, esta última mais freqüente nas frações mais finas.

ANEXO 5 - FOTOMICROGRAFIAS AO MICROSCÓPIO ÓPTICO

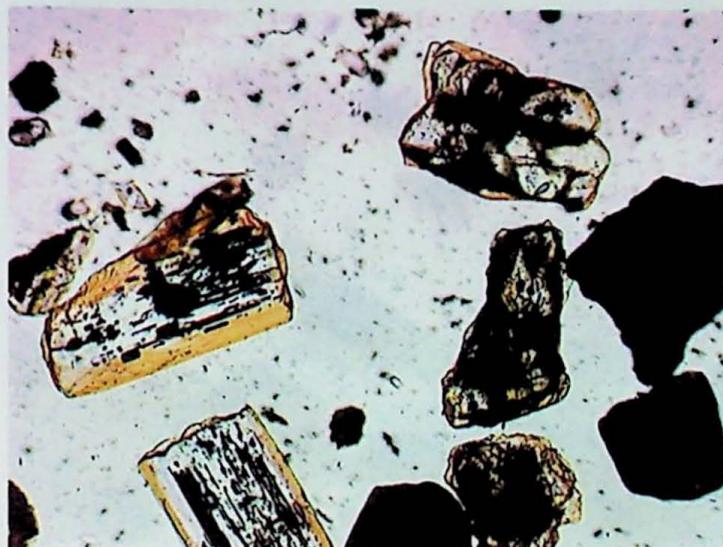


Foto 1- Amostra: N112, finos naturais, + 65#.

Cristais de apatita com impregnação superficial parcial e com sulcos de dissolução.

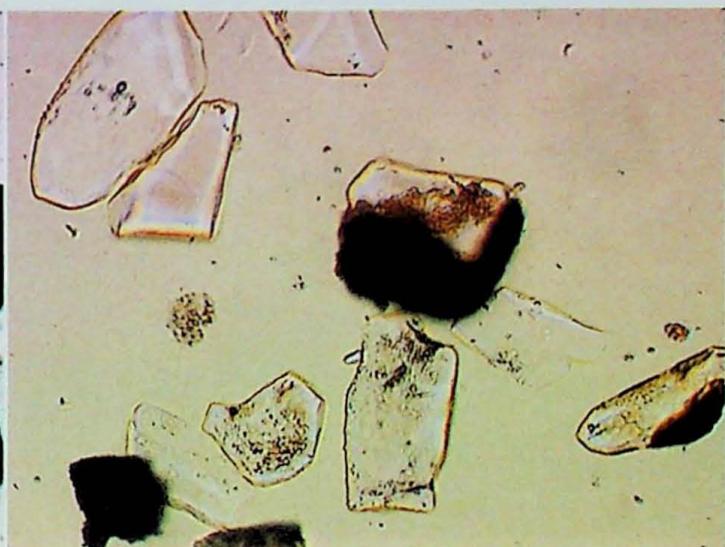


Foto 2 – Amostra: N112, finos naturais, + 400#.

Apatitas em cristais com hábitos prismáticos, límpidos a medianamente impregnados.

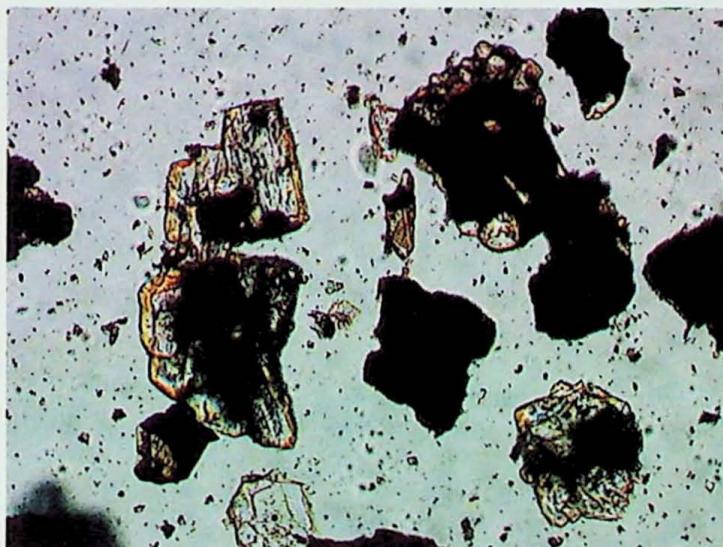


Foto 3 - Amostra: N112, produto de moagem, + 65#.

Apatitas com impregnação superficial de fraca a intensa.

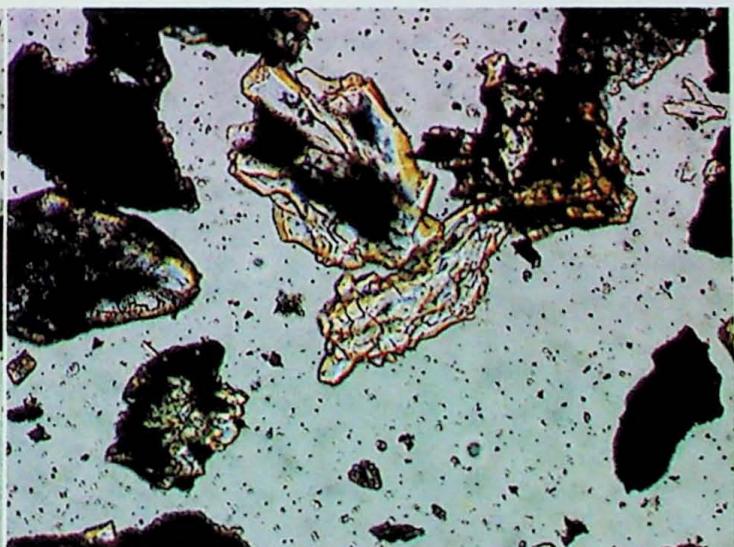
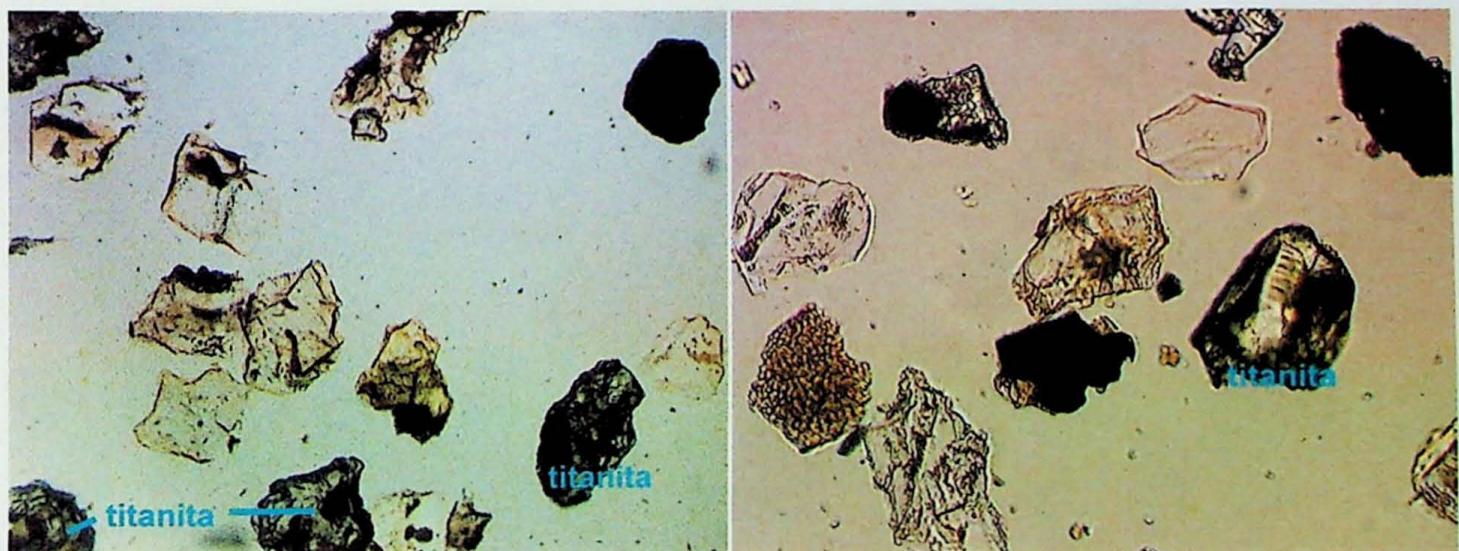
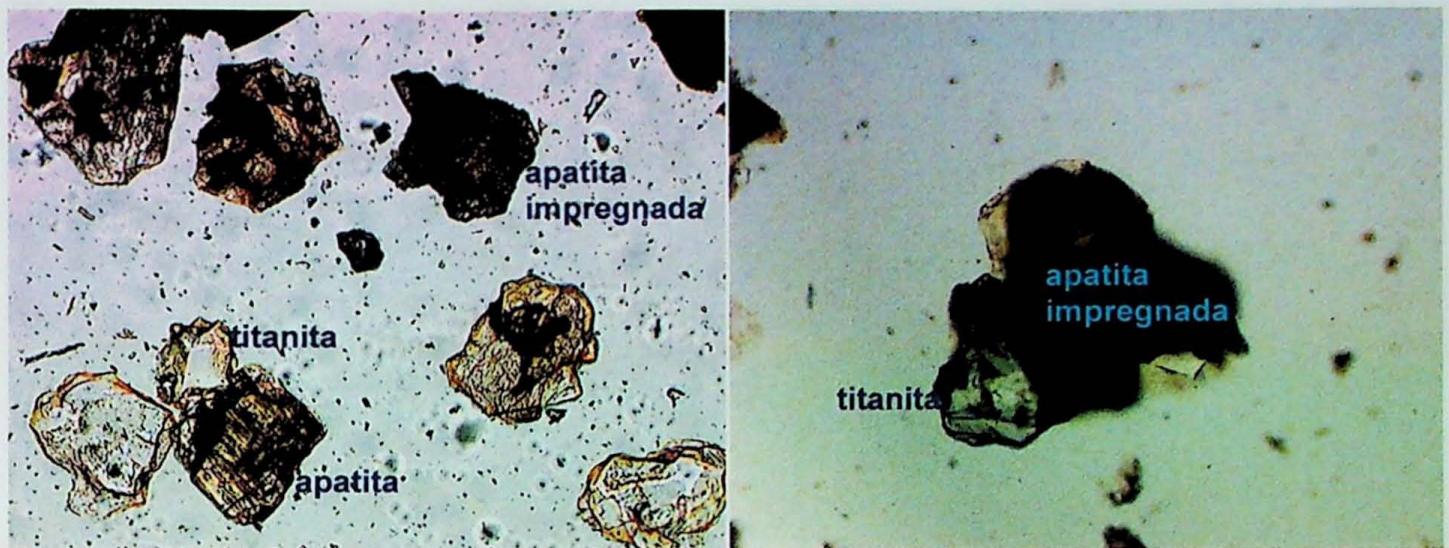


Foto 4 – Amostra: N112, produto de moagem, + 65#.

Apatitas com impregnação superficial de fraca a intensa.



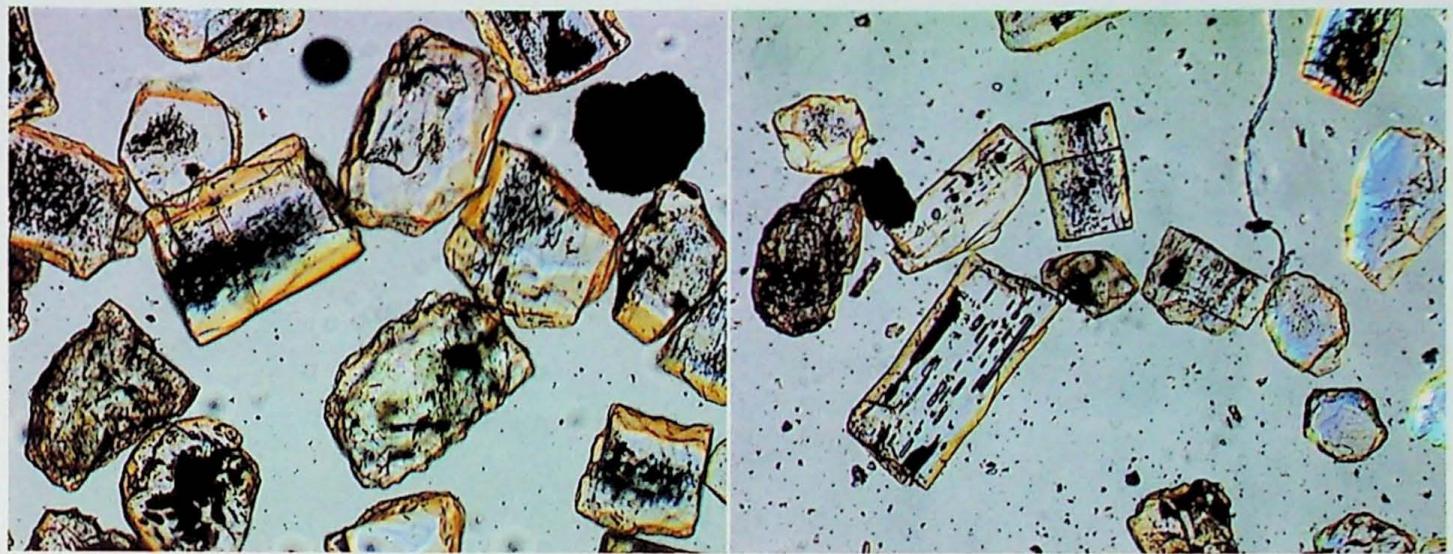


Foto 9 - Amostra: P120, finos naturais, + 65#.

Diversos grãos de apatita com hábitos prismáticos, mostrando superfícies variando desde límpidas até com impregnação de média intensidade.

Foto 10 – Amostra: P120, finos naturais, + 100#.

Grãos livres de apatita com formas prismáticas e arredondadas, límpidos a fracamente impregnados; sulcos de dissolução também podem ser observados.

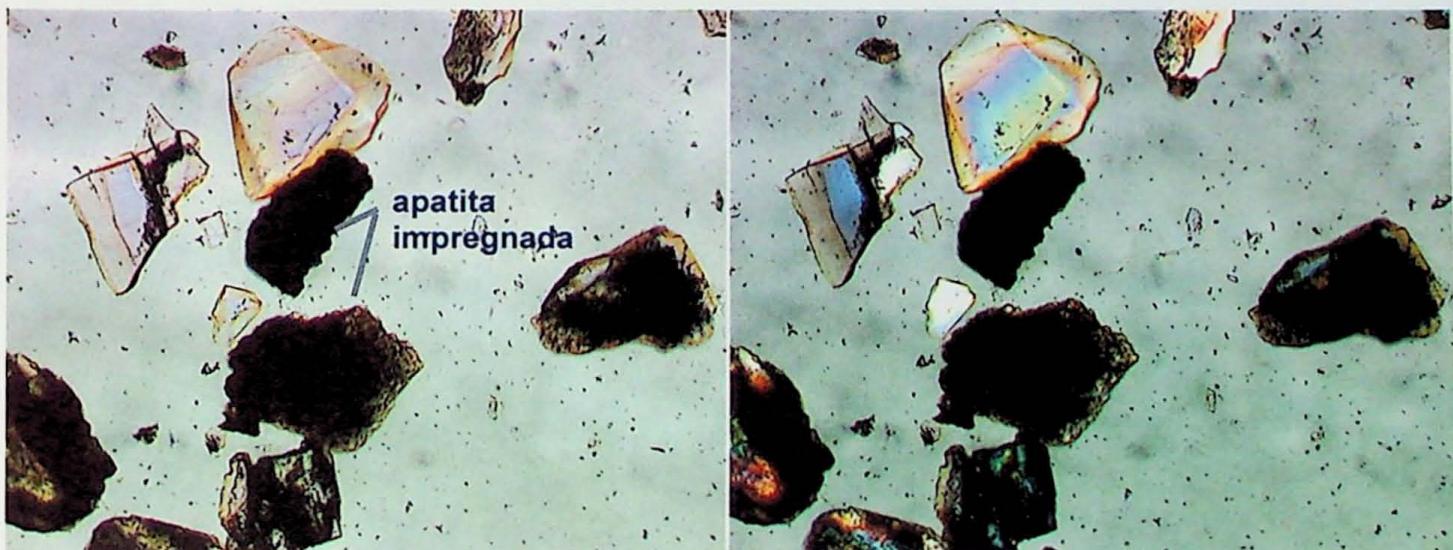


Foto 11 - Amostra: P120, prod moagem, + 65#.

Grãos de apatita mostrando impregnações superficiais com intensidade variável (desde límpidos a altamente impregnados). Nicóis paralelos.

Foto 12 – Amostra: P120, prod. moagem, + 65#.

Idem foto 11 sob nicóis parcialmente cruzados.

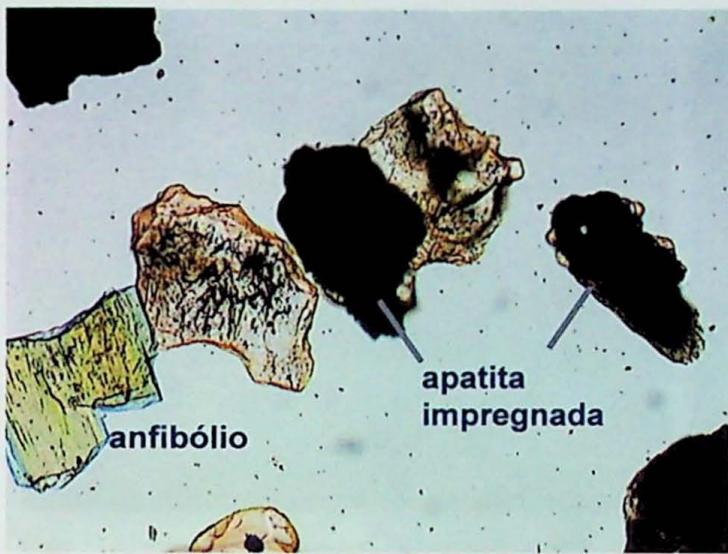


Foto 13 - Amostra: Galv-Pat, finos naturais, + 65#.

Grãos de apatita apresentando impregnação superficial variando de fraca a intensa ao lado de grão de anfibólito.



Foto 14 – Amostra: Galv-Pat, finos naturais, + 100#.

Grão de apatita visto em detalhe mostrando impregnação superficial de média intensidade ao lado de grão de anfibólito.

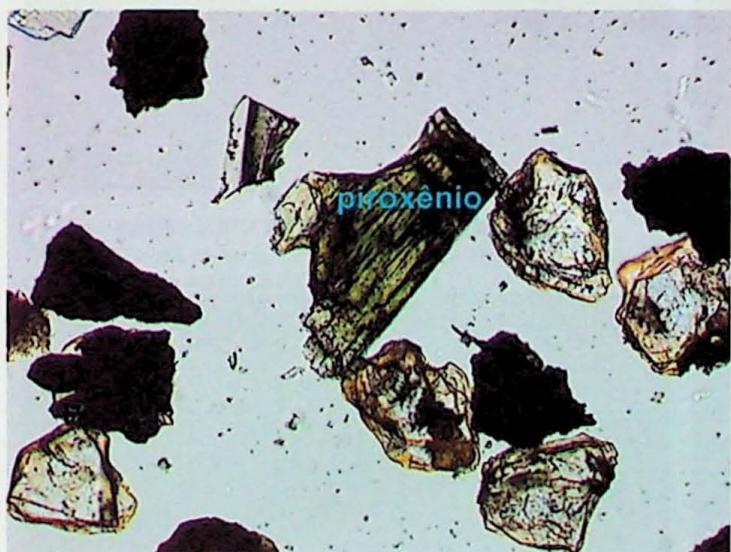


Foto 15 - Amostra: Galv-Pat, prod. moagem, + 65#.

Grãos de apatita apresentando impregnação superficial variando de fraca a intensa ao lado de grão de proxênio.

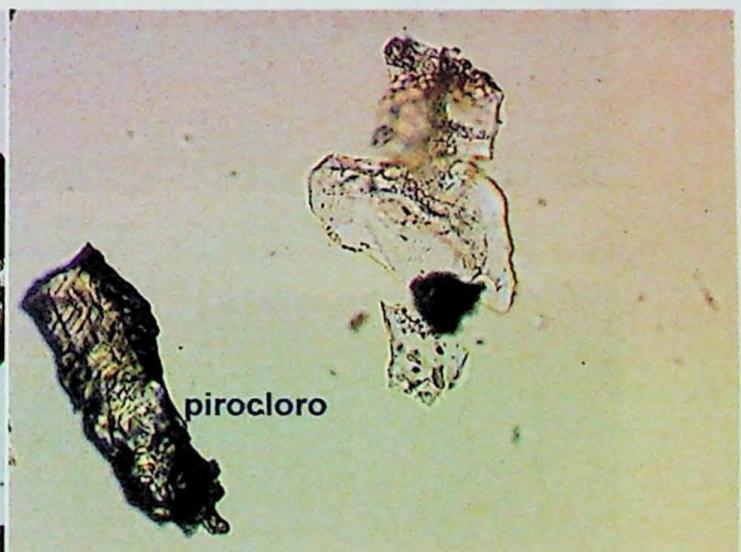


Foto 16 – Amostra: Galv-Pat, finos naturais, + 400#.

Grãos de apatita límpidos ao lado de grão de pirocloro.

ANEXO 6 - FOTOMICROGRAFIAS AO MEV EM IMAGENS DE ELÉTRONS RETROESPALHADOS (QBSD)

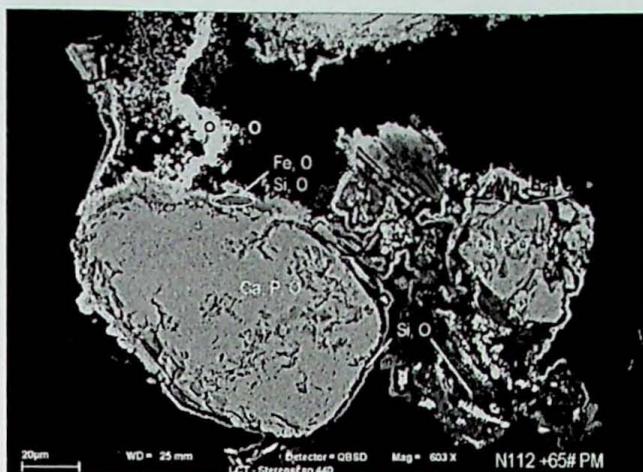


Foto 1 - Amostra: N-112, produto de moagem, + 65 #.
Grão de apatita recoberta por película de oxi-hidróxido de Fe.

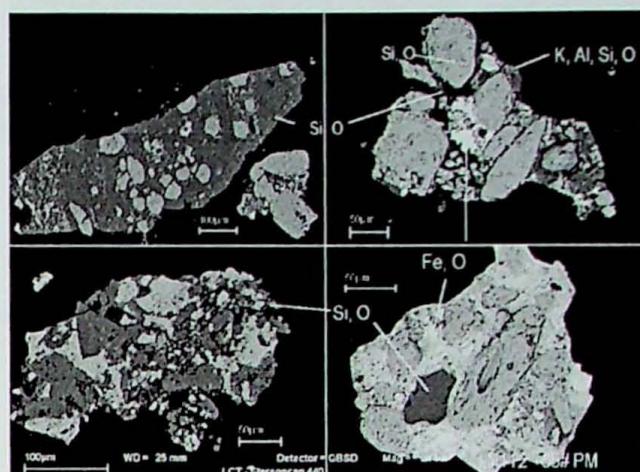


Foto 2 - Amostra: N-112, produto de moagem, + 65 #.
Grãos mistos de magnetita (Fe, O), feldspato (K, Al, Si, O) e quartzo (Si, O).

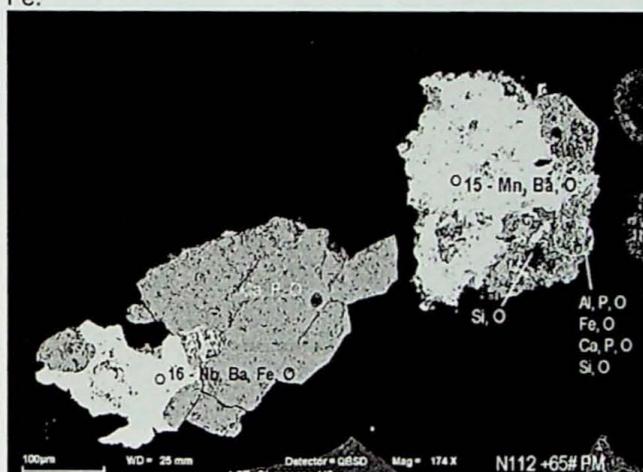


Foto 3 - Amostra: N-112, produto de moagem, + 65 #.
Grão misto de apatita com pirocloro em segundo plano. Em primeiro plano aparece óxidos de Mn e Ba.

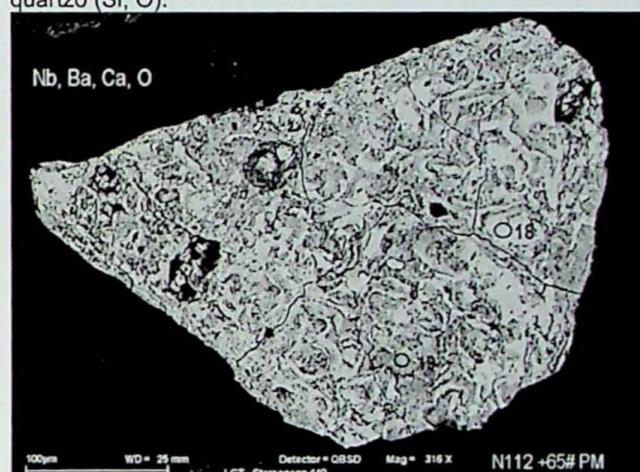


Foto 4 - Amostra: N-112, produto de moagem, + 65 #.
Grão típico de bariopyrocloro alterado mostrando a sua variação composicional.

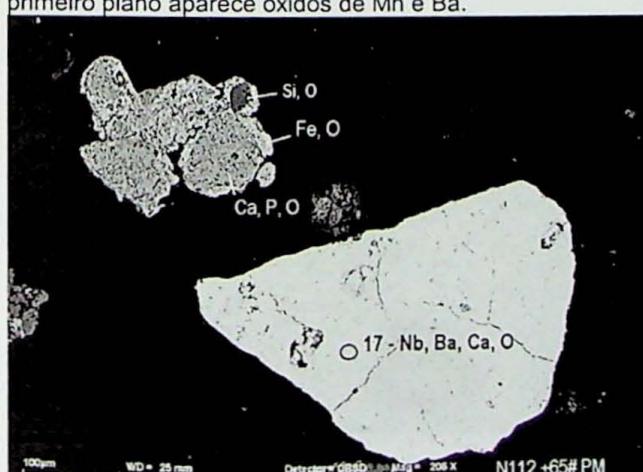


Foto 5 - Amostra: N-112, produto de moagem, + 65 #.
Abaixo (número 17) aparece um grão de bariopyrocloro. O grão acima é uma apatita com impregnação de oxi-hidróxido de ferro e inclusão de quartzo.

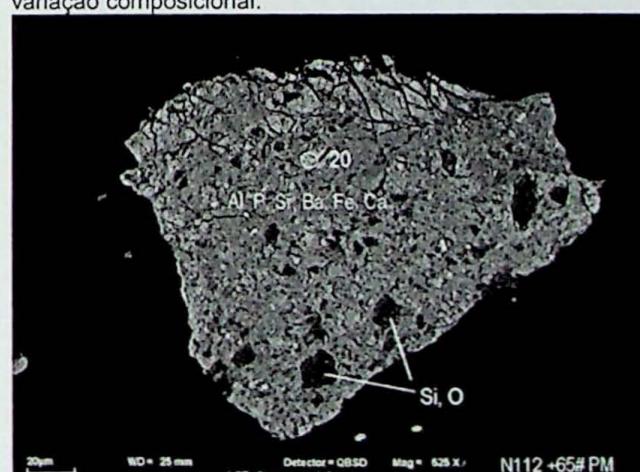


Foto 6 - Amostra: N-112, produto de moagem, + 65 #.
Grão característico de fosfato secundário (número 20) mostrando inclusões de quartzo.

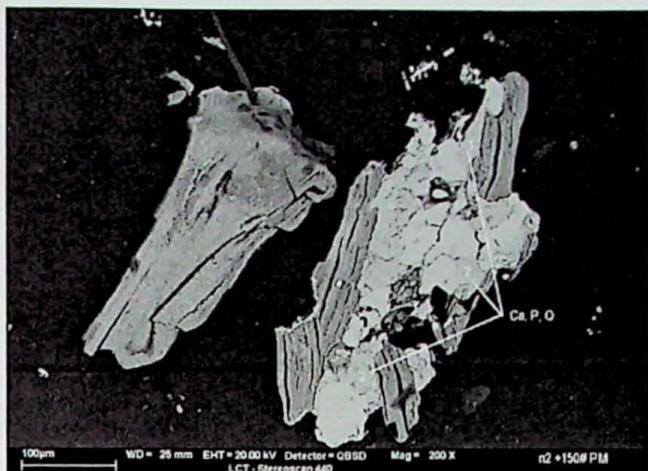


Foto 7 - Amostra: P-120, produto de moagem, + 65 #.
Grão misto de apatita (mostrando variação da tonalidade de cinza) com filossilicatos.

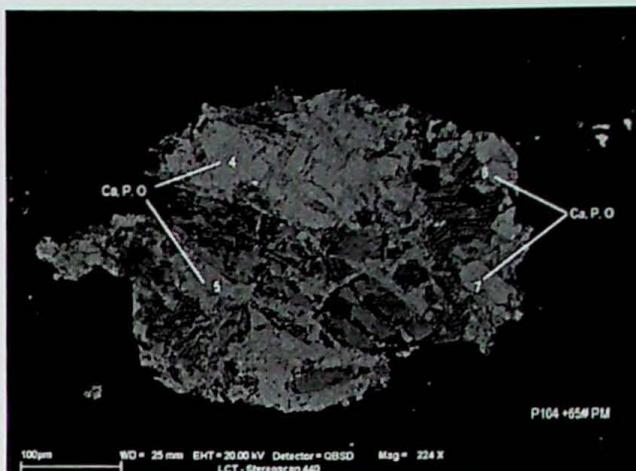


Foto 8 - Amostra: P-104, produto de moagem, + 65 #.
Grãos mistos de apatita (Ca, P, O) mostrando a presença de filossilicatos.

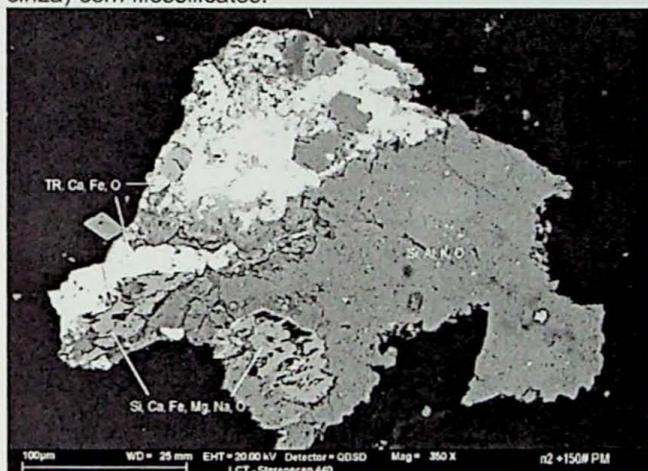


Foto 9 - Amostra: P-120, produto de moagem, + 65 #.
Grão misto de feldspato (do lado direito) com óxido de ETR leves (parte branca).

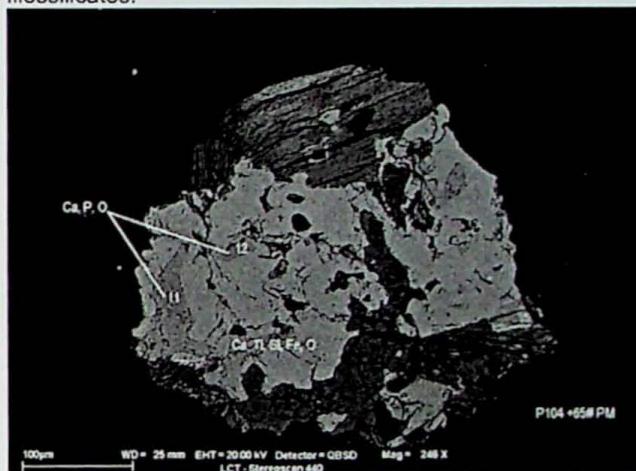


Foto 10 - Amostra: P-104, produto de moagem, + 65 #.
Grão misto de apatita (com variações de composições) com uma titanita.



Foto 11 - Amostra: P-120, produto de moagem, + 65 #.
Películas de óxido-hidróxido de Fe e Mn (nuvem clara na foto) em volta de um feldspato (indicado pelo número 2).

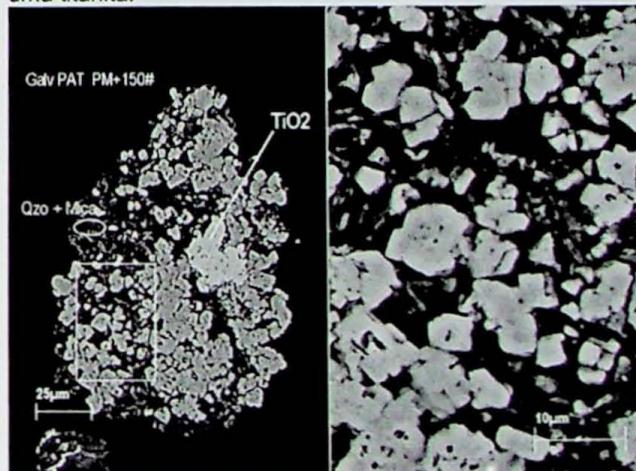


Foto 12 - Amostra: Galv-Pat, produto de moagem, + 150 #.
Aglomerado de grãos de apatita em volta de um grão de anatásio; à direita detalhe dos grãos de apatita.

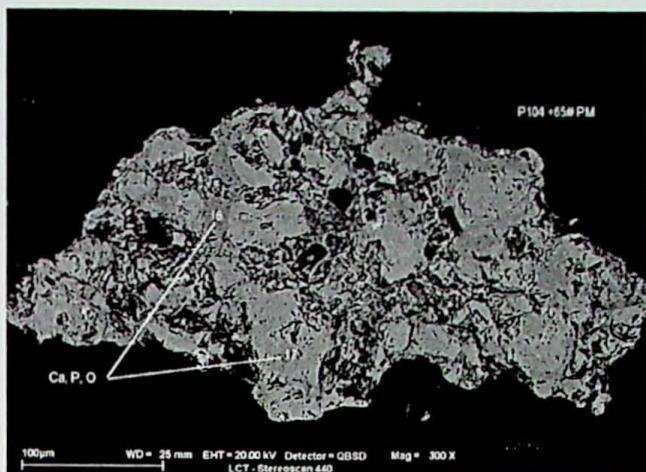


Foto 13 - Amostra: P-104, produto de moagem, + 65 #. Grão típico de apatita mostrando variação composicional.

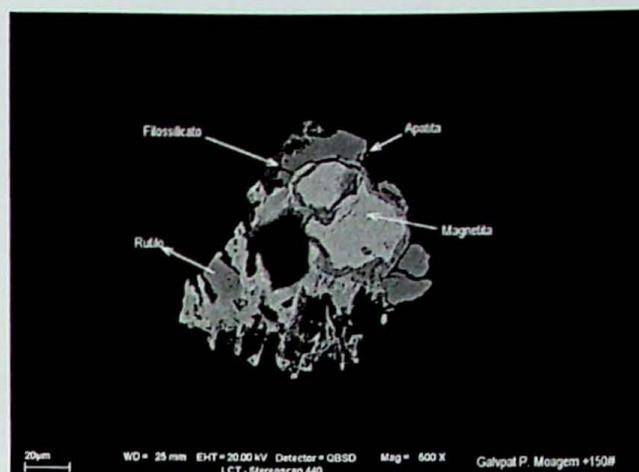


Foto 14 – Amostra: Galv-Pat, produto de moagem, + 150 #. Grão misto de rutilo, filossilicato, apatita e magnetita.

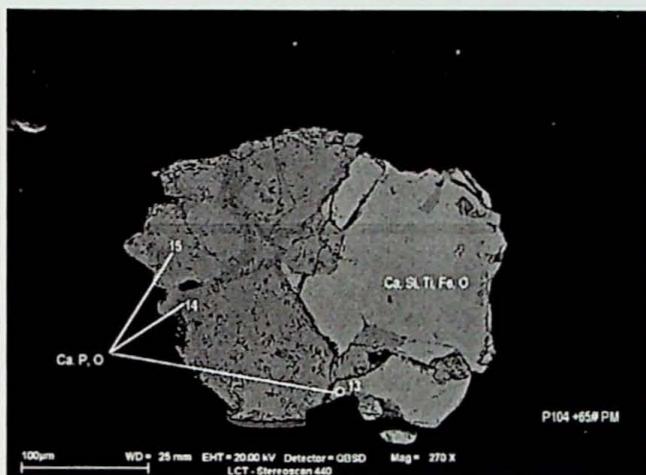


Foto 15 - Amostra: P-104, produto de moagem, + 65 #. Grão misto de apatita com Fe-titanita.

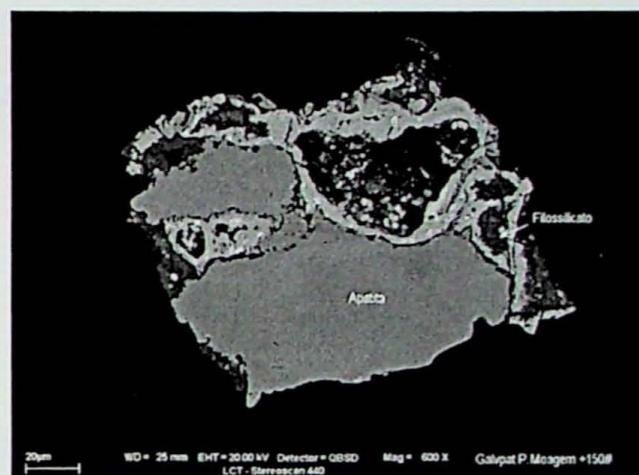


Foto 16 – Amostra: Galv-Pat, produto de moagem, + 150 #. Grão típico de apatita envolto por uma película de óxido de Fe, além da presença de um filossilicato.

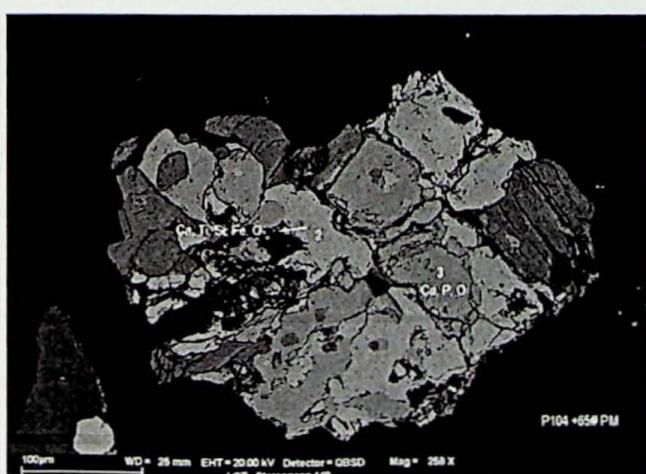


Foto 17 - Amostra: P-104, produto de moagem, + 65 #. Grão misto de apatita (número 3) e titanita (número 2), além da muscovita (canto superior direito).

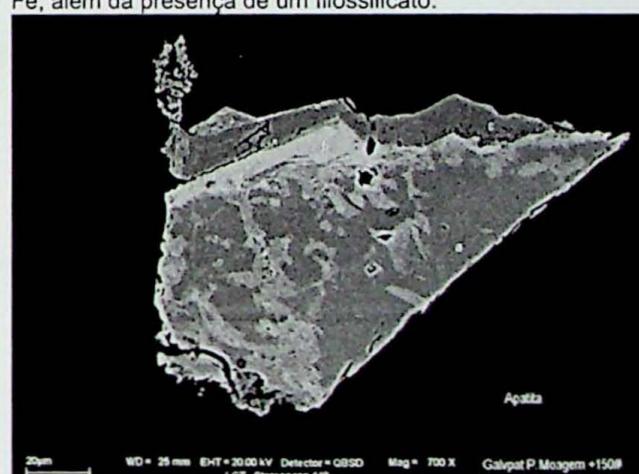
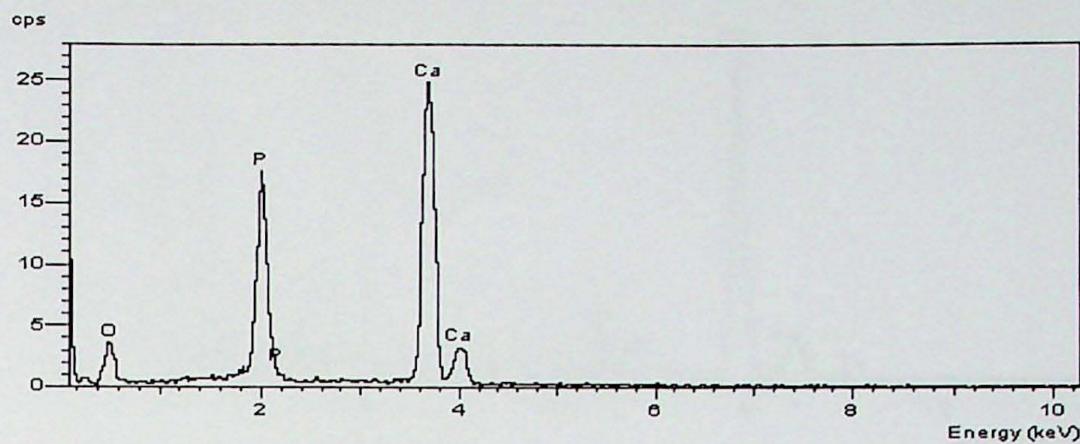
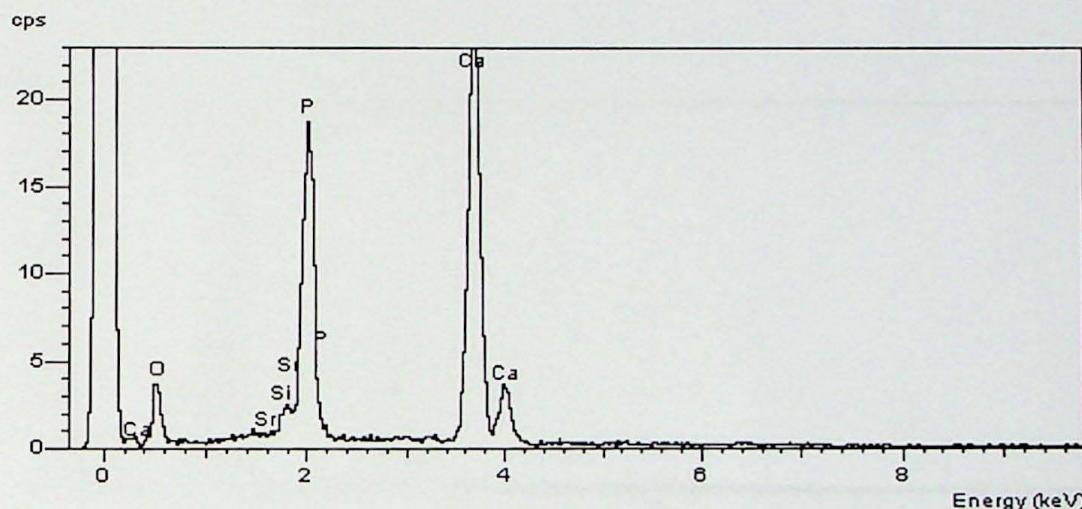


Foto 18 – Amostra: Galv-Pat, produto de moagem, + 150 #. Visão geral de um grão de apatita. Note a variação do tom de cinza que é resultado de sua variação composicional

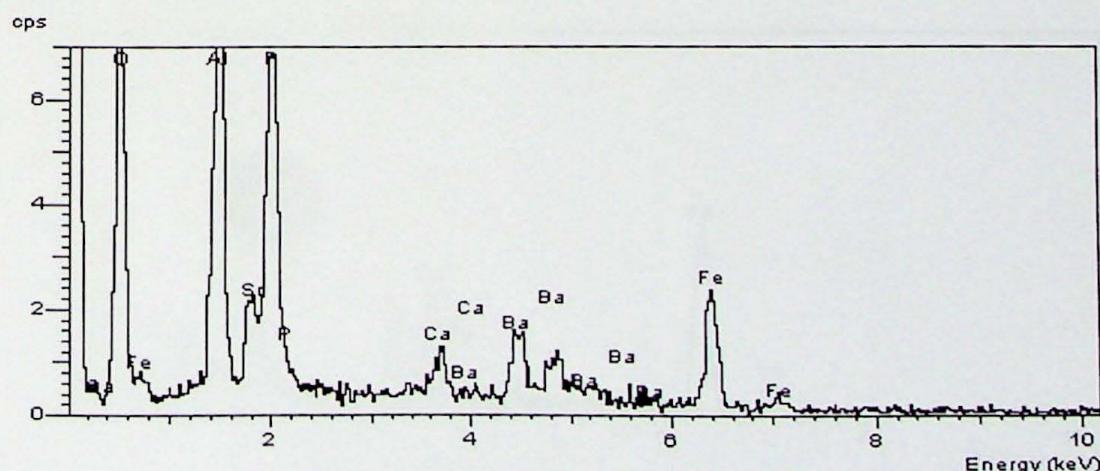
ANEXO 7 - ESPECTROS DE EDS DE ALGUNS DOS PRINCIPAIS MINERAIS



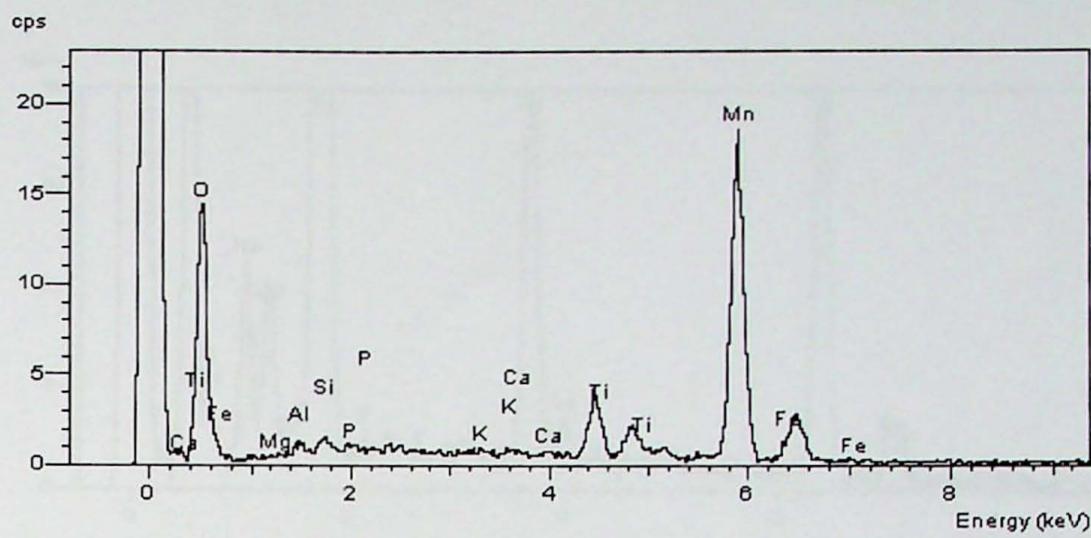
Espectro 1 - Espectro de EDS típico das apatitas encontradas em todas as amostras.



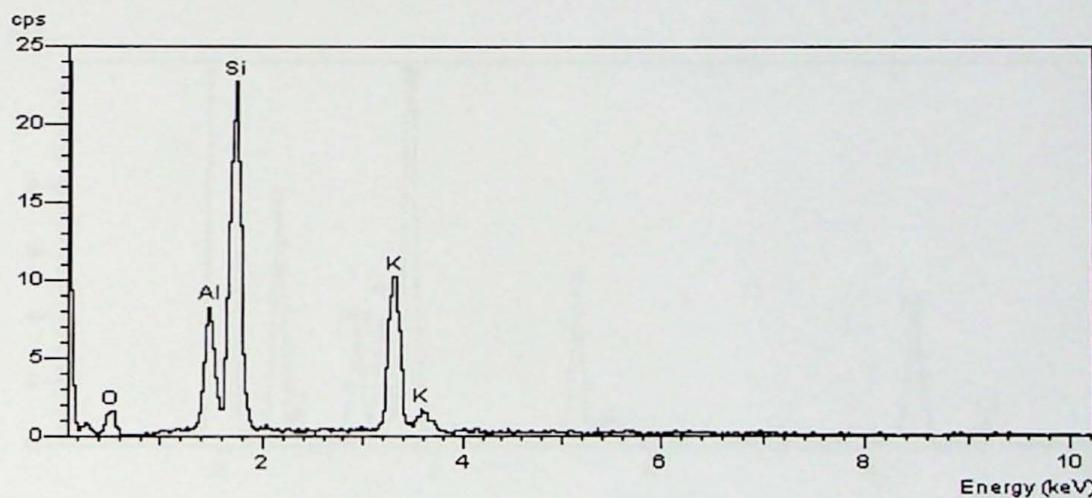
Espectro 2 – Espectro de EDS das apatitas que apresentam incorporação do elemento Sr na sua estrutura.



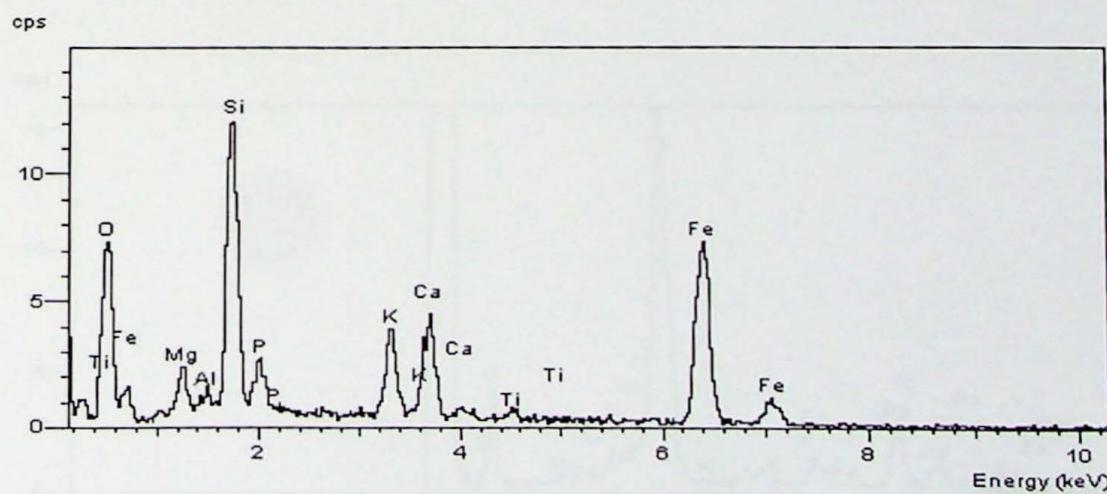
Espectro 3 – Espectro de EDS de um fosfato secundário (gorceixita/goyazita) encontrado nas amostras.



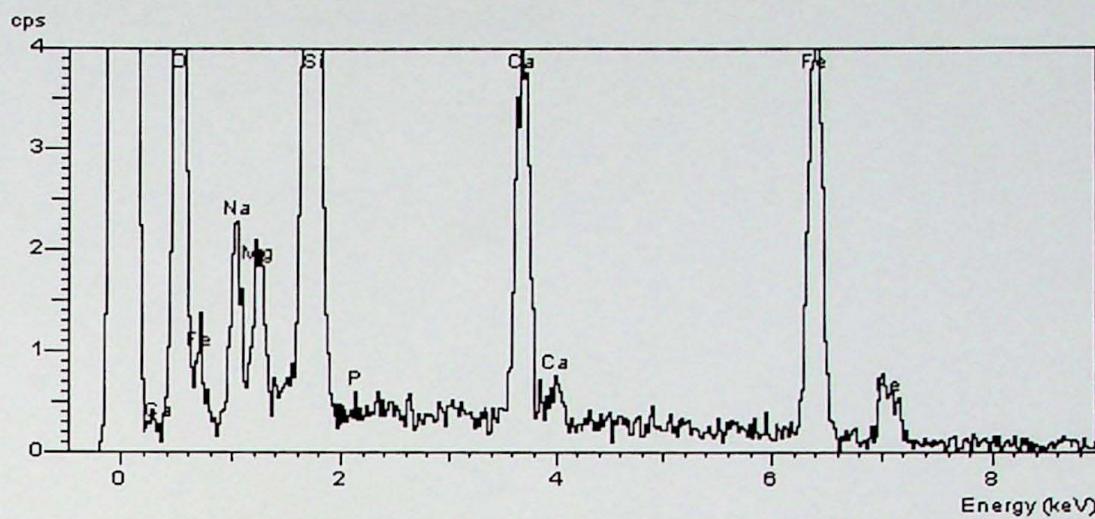
Espectro 4 – Espectro de EDS típico de um óxido de Mn e Fe. Os elementos Si, P, K e Ca não fazem parte da composição.



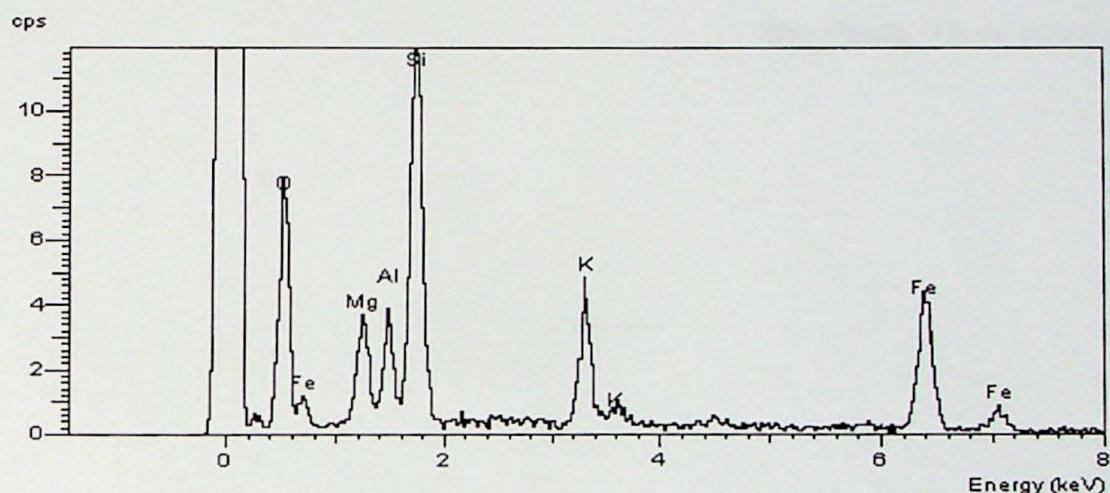
Espectro 5 – Espectro de EDS típico dos feldspatos encontrados nas amostras



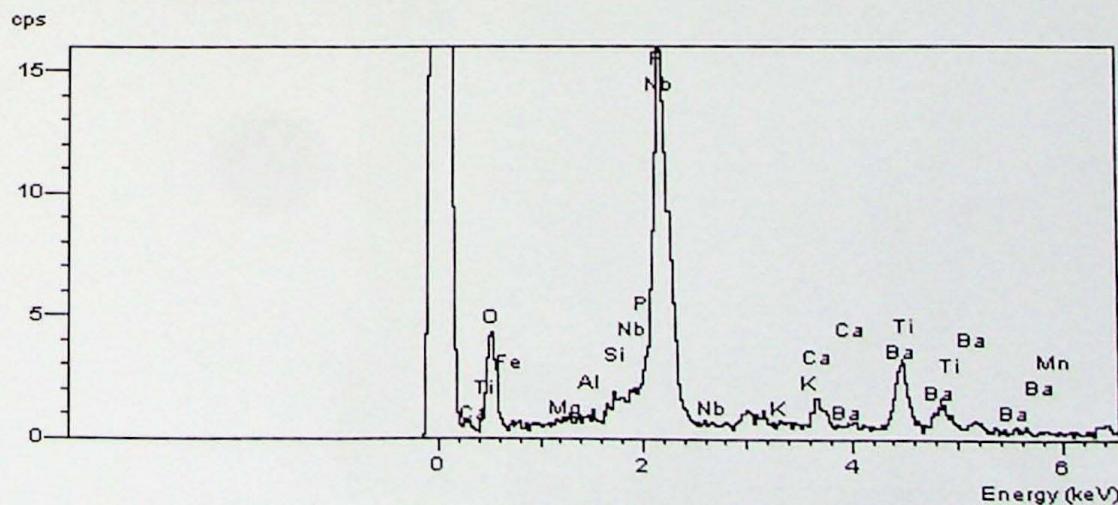
Espectro 6 – Espectro de EDS típico de um piroxênio encontrado nas amostras. Notar a presença de Ti.



Espectro 7 – Espectro de EDS dos piroxênios encontrados de algumas amostras. Este não apresenta Ti na sua estrutura.



Espectro 8 – Espectro de EDS de um piroxênio comum nas amostras. Notar a ausência de cálcio na sua composição.

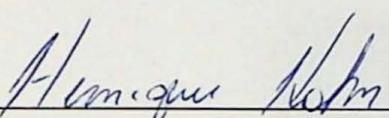


Espectro 9 – Espectro de EDS típico de um bariopirocloro.

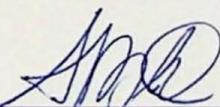
PROJETO: “Caracterização Mineralógica e Tecnológica de Minério de Fosfato” (TF-2001 / Relatório final)

O conteúdo que foi apresentado pelo aluno nesse relatório final de Trabalho de Formatura está de acordo com o que ficou estabelecido com o orientador, retratando adequadamente as atividades executadas no período.

São Paulo, 12 de Novembro de 2001



Prof Dr. Henrique Kahn (orientador)



André Borges Braz (aluno)

