

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DEDALUS - Acervo - IGC



30900011781

INVESTIGAÇÃO TECNOLÓGICA EM MINÉRIO
CARBONATÍTICO DE CAJATI-SP, UTILIZADO COMO
MATÉRIA-PRIMA NA PRODUÇÃO DE FOSCÁLCIO

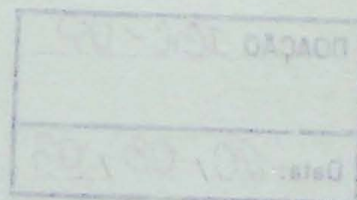
Daniel Bernardes Raposo



Orientadora: Prof^a. Dr^a. Lília Mascarenhas Sant'Agostino
Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental

Co-Orientador: Geólogo Thiago Bastos Bonás
Bunge Fertilizantes S. A.

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF 2002/10)



SÃO PAULO
2002

TF
R219
DB.2

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

INVESTIGAÇÃO TECNOLÓGICA EM MINÉRIO
CARBONATÍFICO DE CALATÁ, UTILIZANDO COMO
MATÉRIA-PRIMA NA PRODUÇÃO DE FOSFÓRICO



Genésio Benedito Raposo

Orientador: Prof. Dr. Luiz Roberto de São Paulo
Bibliotecário: George de Almeida e Silva

Co-Orientador: George de Almeida e Silva
Bibliotecário: George de Almeida e Silva

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FOMENTAMENTO
1992

DOAÇÃO IGC - USP
Data: 20/03/03

SÃO PAULO
1992

AGRADECIMENTOS

Este trabalho não teria sido possível sem o apoio e a colaboração de muitas pessoas. Em primeiro lugar, agradeço aos meus pais, Maria Celeste e Luiz Carlos, por todo o incentivo e apoio durante minha jornada acadêmica. Também agradeço aos meus irmãos, Flávia e Bianca, por sua presença e apoio constante. Agradeço também aos meus amigos, especialmente aos que me acompanharam durante a realização deste trabalho. Por fim, agradeço aos professores e colegas de curso, especialmente aos que me ajudaram a superar as dificuldades e a alcançar os meus objetivos.

"Cada coração que nos ama é um lar que nos conforta".

Dedico a: Maria Celeste, Luiz Carlos, Flávia e Bianca

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais pelo apoio e força em todos os momentos importantes e difíceis. Obrigado aos meus amigos de turma: Rogério G. Azzone, Douglas T. Komati, Conrado E. Pícolo, João Paulo R. Olivito, Daniela Amato, Camila Passos e Sueli Roberta, por sempre demonstrarem sua sincera amizade.

Meus sinceros agradecimentos aos amigos que fiz nesse ano em Cajati: Agenor de Faria Jr. e Walter H. Leite pela receptividade e consideração. Agradeço ao co-orientador e amigo Thiago Bonás por tudo que me ensinou e ajudou nesse ano.

Agradeço a minha orientadora Lília M. Sant'Agostino pela oportunidade de podermos trabalhar juntos. Obrigado George de Barros pelas figuras cedidas.

Obrigado a Flávia e Bianca, pela compreensão e carinho nesse período que estivemos longe.

RESUMO

Esse trabalho teve como objetivo detalhar a composição mineral do rejeito da usina de concentração de apatita da mina de carbonatito de Cajati-SP, que é utilizado como matéria prima para fabricação de foscálcio. O estudo deu ênfase às fases minerais portadoras de MgO.

O ácido fosfórico produzido a partir do concentrado de apatita é aplicado em matéria prima rica em carbonatos (calcita e dolomita) para fabricação fosfato bicálcico ou foscálcio.

O foscálcio é um suplemento mineral para alimentação animal que tem finalidade de balancear os níveis de cálcio e fósforo em rações, agregando também outros suplementos minerais.

Em amostras do rejeito foram realizadas separações minerais (meio denso e separação magnética) visando isolar os carbonatos, flogopita e os minerais pesados, verificar a distribuição desses minerais na granulometria, determinar a partição do magnésio entre os carbonatos e silicatos, e correlacionar essas informações com a proveniência das amostras na mina.

As composições mineralógicas estimadas dos rejeitos indicaram proporções de mais de 90% de carbonatos, cerca de 1,7-3,9% de apatita; 1,8-2,3% de flogopita; 0,4-1,9% de olivina; 1,4% de magnetita e menos de 0,5% de outros (sulfetos e serpentina). A apatita presente no rejeito está principalmente na forma de partículas mistas associada com carbonatos, a dolomita ocorre tanto em partículas mistas como em microinclusões na calcita em processo de exsoluções, os silicatos ocorrem em partículas liberadas.

Os estudos de caracterização mostraram que a maior parte do MgO do rejeito está associada à dolomita, contudo, uma parcela razoável está contida nas flogopita, olivina e calcita, sendo que esta admite uma pequena parcela de magnésio em sua estrutura como indicado por microanálises (SEM-EDS).

ABSTRACT

This work intended to detail the mineral composition of the apatite tailings produced by the concentration plant of the carbonatite mining in Cajati (SP), which are utilized as raw material for foscálcio manufacture. The study emphasized the MgO bearing mineral phases.

The phosphoric acid synthesized with the apatite concentrate is applied to a carbonates enriched raw material to fabricate bicalcic phosphate or foscálcio. This product became a mineral supply for animal feeding that could balance the ration calcium and phosphate levels, also providing other minerals additions.

Some tailings samples were submitted to mineral separations (heavy media and magnetic separation) in order to concentrate the carbonates, phogopite and the weighty minerals, to verify these minerals grain size distribution, to determine the magnesium splitting up among carbonates and silicates, and to correlate theses information with the source ore mine scenery.

The mineralogical composition estimations gave proportions higher then 90% of carbonates, around 1.7-3.9% of apatite, 1.8-2.3% of phogopite, 0.4-1.9 of %olivine, 1.4% of magnetite and less then 0.5% of others (sulphides and serpentine). The apatite remaining in the tailings is linked with carbonates in non-liberated particles; the dolomite is associated with calcite normally in mixed particles as well as occurs in form of micro inclusions (exsolutions), the silicates are liberated. The conclusion was that the dolomite is major responsible for the tailings MgO grades, however a significant part of this oxide is inside phogopite, olivine and calcite, considering that this late mineral can absorber some magnesium as confirmed by SEM-EDS analysis.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	2
2. OBJETIVOS	3
3. FUNDAMENTAÇÃO BIBLIOGRÁFICA	3
4. MATERIAIS UTILIZADOS	6
5. METODOLOGIA DE TRABALHO	7
6. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO	8
7. RESULTADOS OBTIDOS	9
7.1 COMPOSIÇÃO DAS PILHAS	9
7.2 FRENTES DE LAVRA	10
7.3 AMOSTRAGEM DO REJEITO	12
7.4 CARACTERÍSTICA DO REJEITO	13
7.4.1 DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA	13
7.4.2 SEPARAÇÕES MINERAIS	14
7.4.3 ESTUDOS MINERALÓGICOS	17
8. DISCUSSÕES E INTERPRETAÇÕES	18
8.1 PRODUTO FLUTUADO NÃO MAGNÉTICO (FLNM)	19
8.2 PRODUTO AFUNDADO (AF)	20
8.2.1 APATITA	21
8.2.2 OLIVINA	21
8.2.3 MAGNETITA	23
8.2.4 SULFETOS	23
8.3 PRODUTO FLUTUADO MAGNÉTICO	24
8.3.2 FLOGOPITA	24
8.3.3 CARBONATOS	26
9. CONCLUSÕES	26
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho refere-se aos carbonatitos mineralizados a apatita, aflorantes na porção centro-sul do Complexo Alcalino de Jacupiranga, mais precisamente na cidade de Cajati, SP, localizada a 240 Km da cidade de São Paulo (figura 1), cujo acesso é pela Rodovia Régis Bittencourt – BR 116.

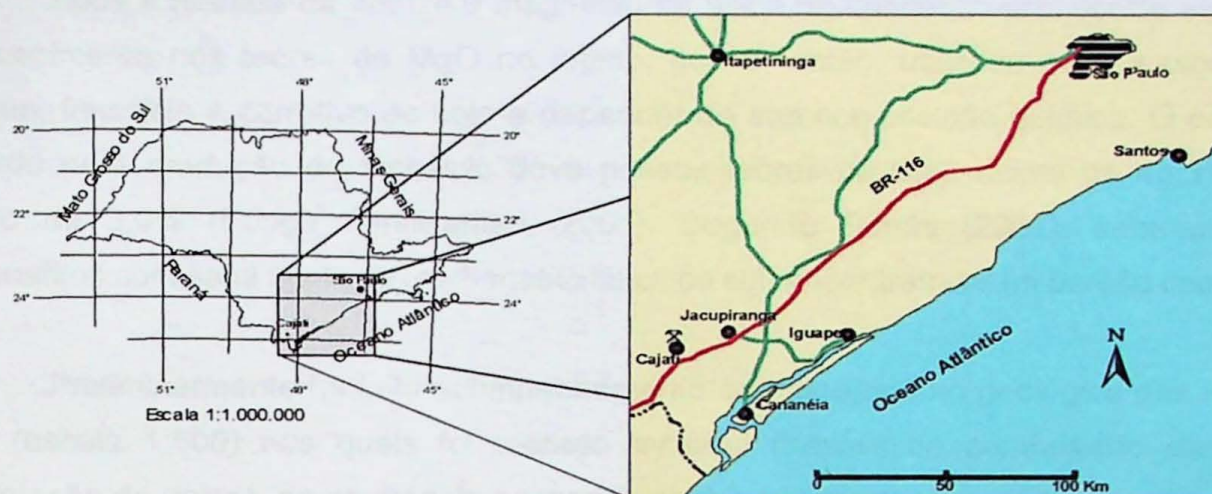


Figura 1: Mapa de localização.

Em 1943 iniciou-se a exploração de minério residual no local denominado de Morro da Mina, onde o minério era lavado sobre peneiras e desmagnetizado, gerando um concentrado com cerca de 40% de P_2O_5 e um máximo de 2,5% de Fe_2O_5 utilizado na fabricação de fertilizantes.

No início da década de 70 o minério residual se esgotou e começou a ser lavrada a rocha sã com teores da ordem de 5% de P_2O_5 , a partir da qual é obtido um concentrado com cerca de 36% de P_2O_5 , utilizado para a fabricação de ácido fosfórico.

Vários trabalhos de caracterização tecnológica do minério já foram realizados, no entanto, há necessidade de uma caracterização específica para os produtos finais, obtidos a partir de tipos distintos de minérios, como é o caso de um deles, cujo rejeito da usina de concentração mineral é utilizado na produção de foscálcio (base mineral para a nutrição animal), para melhor conhecimento e aproveitamento dessa matéria prima.

2. OBJETIVOS

Na mina de carbonatito de Cajati, além do aproveitamento da apatita contida no minério, é dada uma atenção especial aos rejeitos gerados no processo de concentração.

Esse trabalho tem como objetivo estudar em detalhe as fases minerais presentes no rejeito da usina, com ênfase naquelas portadoras de magnésio, gerado a partir de determinados tipos de carbonatito e que é aplicado como matéria prima na produção de foscálcio.

Após a retirada da apatita e magnetita na usina de concentração, ocorre significativo enriquecimento nos teores de MgO no rejeito, que é, então, utilizado para a produção de cimento, foscálcio e corretivo de solo a depender de sua composição química. O carbonatito utilizado para produção de foscálcio deve possuir teores de CaO acima de 43,3% e MgO abaixo de 3,0% (Bunge Fertilizantes, 2001). Segundo Bonás (2001), sabe-se que os carbonatitos com essa tipologia (carbonatito calcítico sul) encontram-se na porção centro-sul da mina.

Preliminarmente foi feito acompanhamento do mapeamento geológico das frentes de lavra (escala 1:500) nas quais foi retirado material (frentes de composição da pilha de alimentação da usina), na seqüência passando-se à amostragem do rejeito na usina, a fim de se obter uma relação entre o material retirado na mina e o produto final da usina de concentração mineral.

3. FUNDAMENTAÇÃO BIBLIOGRÁFICA

O Complexo Ultramáfico-Alcalino de Jacupiranga foi descoberto por Bauer (1877) que publicou um artigo na revista de Engenharia do Rio de Janeiro, descrevendo como "As minas de ferro de Jacupiranga".

Derby (1891) foi quem primeiro descreveu a área, chamando de jacupiranguito uma rocha ígnea, alcalina, composta principalmente por titano-augita e magnetita com flogopita, olivina e nefelina como acessórios.

Estudos sobre a história das pesquisas minerais na região realizados por Menezes Júnior & Martins (1984) indicaram que no início do século passado já se sabia sobre o alto teor de fósforo e titânio no manto de intemperismo e que a origem dessa mineralização era interpretada como produto do metamorfismo de contato entre jacupiranguito e carbonato.

Melcher (1965) concluiu que o minério residual foi produto de alteração supérgena de um carbonatito, e não produto do metamorfismo de contato, como se acreditava até então.

Menezes Júnior & Martins (1984) dividiram os minerais da assembléia do depósito em dois grupos: aqueles encontrados no carbonatito e os encontrados no jacupiranguito. A lista completa consiste em 42 espécies. No carbonatito esses autores observaram: ancilita,

aragonita (secundária), baddeleita, barita, brucita, calcita (primária e secundária), calcopirita, titano-clinohumita, dolomita, fluorapatita, forsterita, galena, geiquelita, magnésio-ilmenita, magnetita, quintinita, flogopita, pirita, pirrotita, quartzo (secundário), serpentina, estroncianita, uranpirocloro, valeriita.

No jacupiranguito os minerais encontrados, segundo esses autores, são: titano-andratita, titano-augita, barita, calcita, calzirquita, diopsídio, dolomita, edingtonita, fluorapatita, forsterita, hornblenda, magnésio-ilmenita, magnetita, natrolita, nefelina, perovskita, flogopita, pirita, pirrotita, richterita, schorlomita, tazheranita, titanita, tremolita, vesuvianita, wolastonita, zircão e zirkelita.

Gaspar (1989) após efetuar um mapeamento de detalhe (figura 2), com suporte de petrografia e determinações em microsonda eletrônica, revelou a ocorrência de cinco intrusões distintas e de idades diferentes. As intrusões foram divididas em duas porções, a porção Norte e a porção Sul. As intrusões da porção Sul foram denominadas: C₁, C₂, C₃ e as da porção Norte: C₄ e C₅, tendo sido determinado que a seqüência das intrusões carbonatíticas, da mais velha para a mais nova é: C₁, C₂, C₃, C₄ e C₅.

Segundo o mesmo autor, C₁ é um sovito com granulação grossa e bandamento espesso, composto por calcita, apatita, magnetita, olivina, flogopita, dolomita e sulfetos (toda a mineralogia é descrita pelo autor na ordem de maior para menor abundância). O bandamento é geralmente subvertical mergulhando para Norte. A lineação da apatita é sempre sub-horizontal. Duas regiões ao Sul podem ser individualizadas por serem pobres em minerais não carbonáticos, entretanto, fora dessas regiões o sovito é rico em olivina, magnetita e apatita e dentro contém apatita e flogopita.

A intrusão C₂ foi descrita pelo autor como um sovito dolomítico com granulação fina a média composta por uma rocha finamente bandada, constituída por: calcita, apatita, magnetita, olivina, flogopita, dolomita e sulfetos. Possui mergulho vertical, paralelo ao contato com C₁, e a lineação da apatita é sub-horizontal. No contato entre C₂ e C₃ observou-se sovito e beforsito com bandamento difuso.

A intrusão C₃ também é um sovito com granulação média a grossa, com bandamento menos evidente, sendo composto por: calcita, apatita, magnetita, flogopita, dolomita, olivina e sulfeto. Este corpo tem uma característica diferente dos outros locais, no centro o mergulho é para Norte, entre 20 a 40°, já nas bordas torna-se mais íngreme e em alguns locais, vertical. A lineação da apatita é geralmente paralela ao mergulho.

Na porção Norte o corpo C₄ foi descrito como um sovito com granulação média, composto por: calcita, apatita, magnetita, olivina, flogopita, dolomita e sulfetos, em forma de uma intrusão cilíndrica com bandamento vertical paralelo às bordas com lineação sub-horizontal.

E por último a intrusão C₅, que foi descrita como um rauhaugito, com granulação média a grossa, composta por dolomita, apatita, flogopita, magnetita, sulfetos e calcita. Para o autor C₅ corta C₄ e possui bandamento com mergulhos próximos a 80° para Norte. A lineação da apatita é paralela ao mergulho.

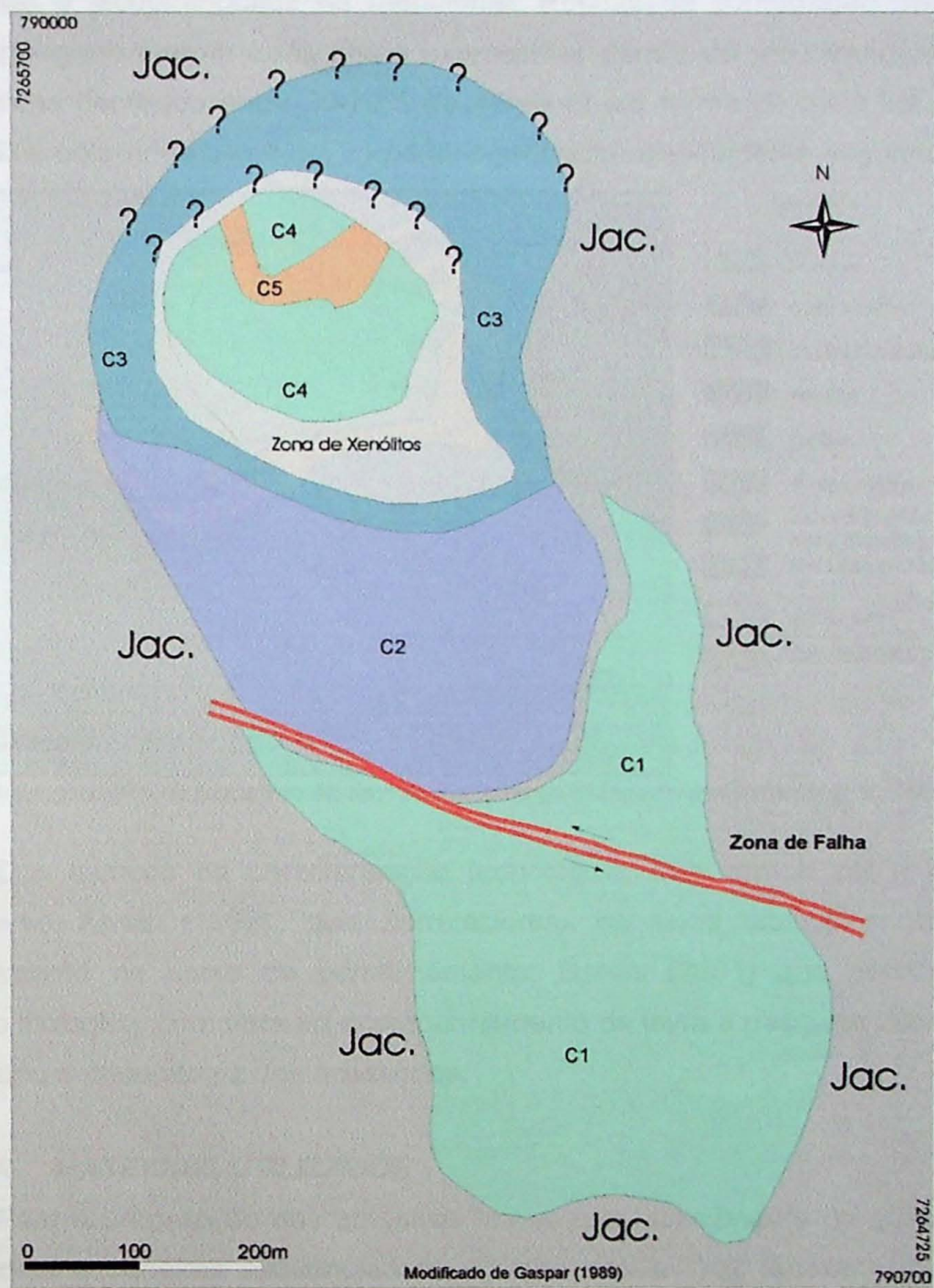


Figura 2: Mapa geológico das intrusões carbonatíticas segundo Gaspar, 1989 (apud Barros, 1998)

Conforme Ruberti *et al.* (1992) o Complexo de Jacupiranga exibe forma ovalada (10,5 x 6,7 Km) segundo NNW e encontra-se inteiramente encaixado em rochas Pré-Cambrianas do Grupo Açungui: granodioritos ao Norte e mica-xisto ao Sul (figura 3).

A estrutura compõe-se de dois corpos intrusivos principais: dunitos na região setentrional e jacupiranguitos na meridional. Rochas de composição insaturada em sílica ocupam geograficamente duas áreas expressivas dentro do jacupiranguito: na porção SW, ijolitos (rocha contendo entre 30-70% de nefelina) em forma de meia lua, e mais ao centro carbonatitos ocorrendo como um corpo alongado aproximadamente segundo NNW.

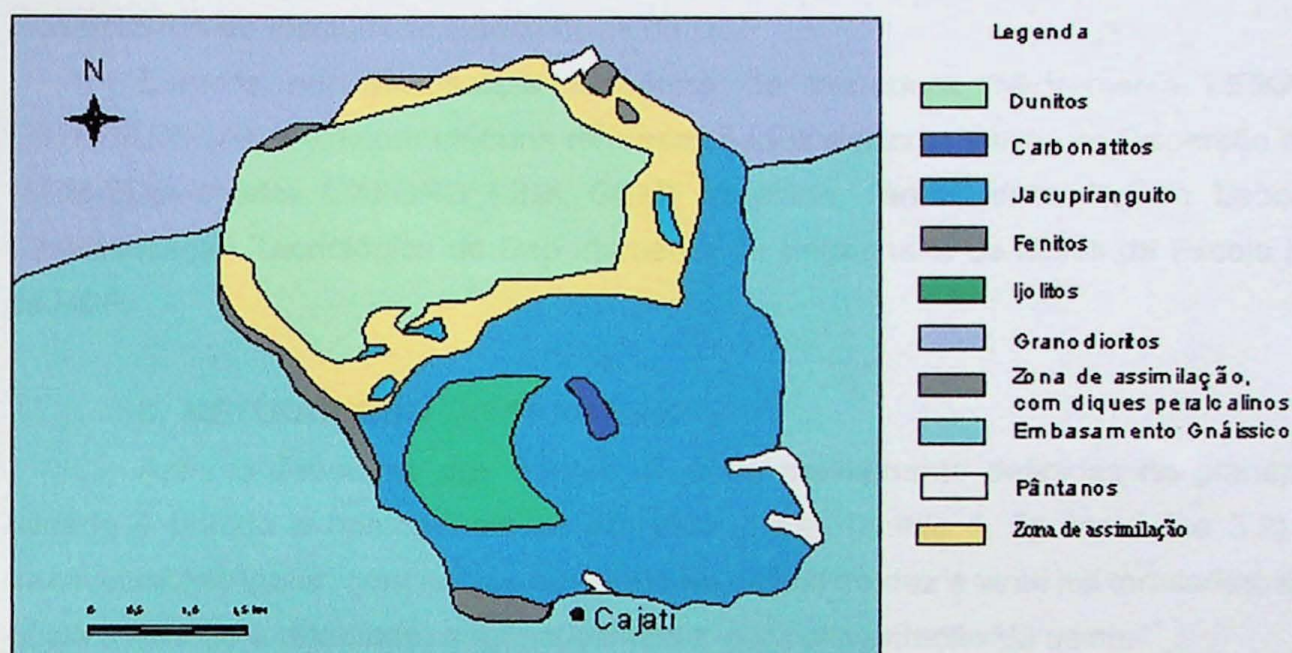


Figura 3: Mapa geológico do Complexo Alcalino de Jacupiranga (adaptado de Germann *et al.*, 1987, *apud* Barros, 1998)

Dos estudos de caracterização tecnológica, que vem a ser a base do trabalho, destacam-se Alves (1999), que correlacionou os tipos litológicos de minério e seu aproveitamento na usina de beneficiamento; Bonás (2001) que padronizou critérios de descrição litológica, com vista ao acompanhamento de lavra e pesquisa mineral; e Silva (2001) que estudou a mineralogia dos acessórios.

4. MATERIAIS UTILIZADOS

Para a preparação das amostras fez-se uso basicamente do quarteador "Jones", de peneiradores e peneiras seqüenciadas segundo escala *tyler* (anexo 1, figura 4.1). Para as separações minerais foram utilizados os seguintes materiais: líquido denso (tetrabromoetano, $d=2,96\text{g/cm}^3$), separador magnético Frantz isodinâmico, modelo L-1 (anexo 1, figuras 4.2 e 4.3), centrífuga para separação em meio denso para a fração $-200+400\mu$ e balança da marca GEHAKA ($e=0,1\text{g}$).

Para descrições minerais bem como para estimativa de proporções por contagem de grãos foi utilizada lupa OLIMPUS TOKYO.

A maior parte das análises de apoio aos estudos foi realizada nos laboratórios de tecnologia da própria empresa, sendo que algumas amostras de concentrados de flogopita (-70 sul e 2265) foram analisadas nos laboratórios do IGc-USP.

Nos laboratórios da Bunge as análises foram realizadas por absorção atômica “via úmida”. Análises complementares envolveram determinações por Plasma Indutivo (ICP-marca ARL, modelo 3410) realizadas no Laboratório de Química do Departamento de Mineralogia e Geotectônica do Instituto de Geociências da USP.

Estudos por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV—marca LEIKA, modelo ESTEREOSCAN 440) com elétrons retroespalhados e microanálise por Dispersão de Energia (SEM-EDS—detetor OXFORD LINK GEM) acoplada, foram efetuados no Laboratório de Caracterização Tecnológica do Departamento de Engenharia de Minas da Escola Politécnica da USP.

5. METODOLOGIA DE TRABALHO

Após o desmonte das frentes de lavra previamente definidas no planejamento, o minério é britado e homogeneizado em duas pilhas (anexo 1, figuras 5.1 e 5.2) de seção transversal triangular, com massa que varia na ordem de dez a vinte mil toneladas, a partir das quais o minério é retomado, automaticamente, para alimentação da usina.

A confecção das pilhas é um processo necessário para que se possa homogeneizar as variáveis existentes no minério, tais como: teor, cor e mineralogia, sendo uma etapa fundamental para funcionamento adequado da usina de concentração mineral.

A composição das frentes de lavra é definida de acordo com a qualidade de minério que se deseja alimentar a usina, e para este projeto foram enfocadas aquelas pilhas cujo rejeito produzido fosse o especificado para servir como matéria prima na produção de foscálcio. Segundo um sistema de controle de produção, monitorado por uma rede de computadores, é possível acompanhar quais as amostras que representam uma determinada pilha, bem como sua proveniência na mina (frentes de lavra).

As amostras para estudo foram coletadas sistematicamente na usina de concentração mineral, quando processando minério “carbonatítico sul – foscálcio”, em três pontos do circuito (anexo 2): *overflow* do classificador (fluxo de uma das duas saídas do ciclone, que corresponde ao material cominuído, passante na malha 35# = 0,417mm, escala *tyler*, Cunha Alves, 1999), cujas amostras são coletadas automaticamente a intervalos de 15 minutos e compostas ao final de oito horas; saída do concentrado final (coletadas automaticamente a intervalos de 15 minutos e compostas ao final de duas horas), além da saída do rejeito (coletadas

automaticamente a intervalos de 15 minutos, e compostas de hora em hora), sendo que para essa última foi dado maior nível detalhe já que se tratavam de matéria prima para foscálcio.

Como rotina, as amostras coletadas na usina, com massa que varia entre algumas dezenas a algumas centenas de gramas, são submetidas a análises químicas. A partir da avaliação destes dados no período de 15 de janeiro a 15 de fevereiro de 2002, foram selecionadas aquelas amostras que mostravam maior estabilidade de operação da usina sendo que foram compostas em uma única, segundo a pilha que representavam. Para garantir a representatividade, todas elas tiveram massa reduzida em alíquotas iguais, para isso fez-se uso do quarteador "jones".

Cada amostra composta foi processada em separado com um esquema que se iniciou por classificação granulométrica a úmido, com fluxo de água constante por quinze minutos em diferentes faixas granulométricas: -35+48# (-0,420+0,297mm), 48+100# (-0,297+0,149mm), -100+200# (-0,149+0,074mm), -200+400# (-0,074+0,037mm), e quarteadas. Metade da alíquota foi guardada em arquivos (amostra primária, ou "tal qual"), a outra metade foi submetida à separação mineral em meio denso (tetrabromoetano, $d=2,96 \text{ g/cm}^3$), que gerou dois produtos: flutuado e afundado. Por fim, os minerais flutuados foram separados com base em sua suscetibilidade magnética em dois produtos (Frantz Isodinâmico, com amperagem entre 1,20-1,30A): magnético e não magnético.

Em resumo, três produtos foram gerados a partir da amostra primária: afundado ou AF ($d>2,96 \text{ g/cm}^3$), flutuado magnético ou FLM ($d<2,96 \text{ g/cm}^3$ e magnético em 1,3A) e o flutuado não magnético ou FLNM ($d<2,96 \text{ g/cm}^3$ e não magnético em 1,3A).

Cada uma das frações granulométricas originais, dos três produtos citados acima, foi descrita em microscópio estereoscópico e tiveram sua composição mineralógica estimada por contagem de grãos. Foram realizadas análises químicas de apoio às separações minerais para o produto FLNM, inclusive com microanálise acoplada à microscopia eletrônica de varredura, para detalhamento de características químicas e texturais dos carbonatos.

O fluxograma de trabalho expressa as atividades de separações minerais e análises mineralógicas (anexo 3).

As amostras do *overflow* do classificador e as do concentrado de apatita não foram caracterizadas, pois somente com o estudo das do rejeito os objetivos do trabalho foram alcançados.

6. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

A condição do trabalho de formatura ter sido vinculado ao estágio na empresa Bunge Fertilizantes S/A (mínimo de três dias por semana em período integral) facilitou o

desenvolvimento de todas as etapas propostas no cronograma (tabela 1), sendo cumprida todas as fases previstas no projeto inicial:

Tabela 1: Cronograma realizado

	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Pesquisa bibliográfica										
Elaboração do projeto										
Seleção das amostras										
Preparação das amostras										
Caracterização tecnológica										
Relatório de Progresso										
Relatório Final										
Apresentação do T.F.										

7. RESULTADOS OBTIDOS

7.1 COMPOSIÇÃO DAS PILHAS

Com base no controle de composição de pilhas, onde se faz a apropriação da proporção das frentes de lavra que irão compor as pilhas, foram selecionadas quatro pilhas de homogeneização para serem amostradas: 1505, 1506, 1507 e 1520.

A confecção das pilhas, que em média são formadas por 3 a 4 frentes de lavra diferentes, é realizada em dois pátios de 350 metros com capacidade total de 25000 toneladas de minério cada. A tabela 2 apresenta as bancadas e frentes de lavradas que compuseram as pilhas selecionadas para estudos, sendo que o seu controle e composição encontra-se no anexo 4.

Tabela 2: Frentes de lavra que compuseram as pilhas amostradas.

PILHA 1505	PILHA 1506	PILHA 1507	PILHA 1520
B-70FL03 (13,8%)	B10FL466 (10,9%)	B10FL466 (12,4%)	B-70FL03 (31,9%)
B-60FL31/3 (33,4%)	B-60FL31/3 (38,6%)	B-60FL31/3 (43,11%)	B-50FL79/1 (68,1%)
B10FL465 (48,4%)	B10FL465 (20,4%)	B10FL465 (2,71%)	
B10FL461 (4,4%)	B10FL461 (3,9%)	B10FL461 (41,7%)	
	*ESTOQUE (2,2%)		

B = bancada; FL = frente de lavra; (% em peso da frente de lavra na pilha)

Buscou-se representar todas as pilhas com amostras que estavam contidas em um turno completo de oito horas (turno 1, das 0:00 às 8:00; turno 2, das 8:00 às 16:00 e turno 3, das 16:00 às 0:00), para se evitar problemas de mistura de duas pilhas diferentes.

A pilha 1505 teve seu tempo de residência na usina entre 31 de Janeiro e 01 de Fevereiro, sendo que foram selecionadas as amostras coletadas nos turnos 2 e 3, a pilha 1506 no dia 01 de Fevereiro e amostrados os turnos 2 e 3, a pilha 1507 no dia 02 de Fevereiro e amostrados os turnos 1 e 2 e por fim, a pilha 1520 no dia 14 de Fevereiro, sendo amostrados os turnos 2 e 3 e no dia 15 de fevereiro no turno 1.

7.2 FRENTES DE LAVRA

Nesse item é feita uma breve descrição dos diferentes tipos de carbonatito que quando processados pela usina de concentração geram rejeitos utilizados como matéria prima para produção de foscálcio. A estimativa mineral apresentada refere-se à porcentagem em volume das espécies presentes, obtida por avaliação à vista desarmada.

Os litotipos foram separados apenas pelo caráter descritivo, seguindo critérios de mapeamento geológico atualmente aplicados na jazida.

Os mapas de localização das frentes de lavra encontram-se no anexo 1, figuras: 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, e refere-se às pilhas 1505, 1506, 1507 e 1520, respectivamente.

7.2.1 FRENTE DE LAVRA 03, BANCADA –70 (B-70FL03)

Localizado na região sul da mina é carbonatito tipicamente cinza, com grãos de carbonatos variando entre 1-3 mm, contendo apatita (0,3-2 mm) que corresponde a cerca de 10% da rocha, magnetita (0,5-3 cm) em proporções de 10-15% da rocha, no qual podem também ocorrer olivina centimétrica (2% da rocha), flogopita milimétrica (2% da rocha), e sulfetos (<1%). A maioria das vezes esses acessórios concentram-se em bolsões decimétricos subverticais (anexo 1, figuras: 7.1 e 7.2).

Esse tipo de rocha representa 13,8% em peso da pilha 1505 e 31,9% da pilha 1520 (tabela 2).

7.2.2 FRENTE DE LAVRA 31/3, BANCADA –60 (B-60FL31/3)

A rocha exposta por essa frente de lavra compreende a região centro-sul da mina e é constituída basicamente por grãos brancos de carbonatos com dimensões entre 2-4 mm, contendo apatita (2-5 mm, localmente centimétrica) que corresponde a cerca de 10% da rocha, magnetita (0,5-4 cm, localmente milimétrica) em proporções de 5-10% da rocha, bolsões de olivina (0,5-3 cm) por vezes serpentinizada, perfazendo em torno de 2-5% na rocha, e flogopita

verde (2% da rocha) milimétrica, sulfetos podem ocorrer. Esses minerais, por vezes, estão paralelos a uma foliação (anexo 1, figuras: 7.3 e 7.4).

Esse tipo de rocha integrou as pilhas 1505 (33,4% em peso), 1506 (38,6% em peso) e 1507 (43,1% em peso), sendo o principal tipo de rocha constituinte das pilhas 1506 e 1507 (tabela 2).

7.2.3 FRENTE DE LAVRA 465, BANCADA 10 (B10FL465)

A rocha que representa essa frente de lavra corresponde ao carbonatito periférico descrito em Bonás (2001), localizado na região sudoeste da mina.

A granulometria dos carbonatos é comumente superior a 5 mm, possui apatita em proporções entre 10-15% da rocha, com cristais de 0,3-1 cm, magnetita centimétrica em proporções de 7-10%, olivina comumente centimétrica constituindo em torno de 3% da rocha, muitas vezes concentrada em bolsões, e flogopita milimétrica em quantidades de 2%, pirrotita e serpentina podem ocorrer (anexo 1, figuras: 7.5 e 7.6).

Esse tipo de rocha compôs as pilhas 1505 (48,4% em peso), 1506 (20,4% em peso) e 1507 (2,7% em peso), sendo o principal tipo de rocha da pilha 1505 (tabela 2).

7.2.4 FRENTE DE LAVRA 461, BANCADA 10 (B10FL461)

Essa frente de lavra localiza-se no extremo sul da mina, e foi aberta em um tipo de rocha muito semelhante ao que foi descrito no item anterior, com uma quantidade um pouco maior de magnetita. A granulação dos carbonatos é geralmente superior a 5 mm, contém grãos de apatita geralmente entre 0,3-1 cm, correspondendo a 10-15% da rocha, magnetita comumente centimétrica, presente em torno de 7-15% da rocha, olivina centimétrica, geralmente concentrada em bolsões, perfazendo em torno de 3% da rocha, pirrotita e serpentina podem ocorrer. Amostras dessa rocha estão no anexo 1, figuras: 7.7, 7.8 e 7.9.

Esse carbonatito foi utilizado para compor as pilhas 1505 (4,4% em peso), 1506 (3,9% em peso) e 1507 (41,7% em peso) com indicado na tabela 2.

7.2.4 FRENTE DE LAVRA 79, BANCADA -50 (B-50FL79/1)

Expõe uma rocha muito semelhante à da frente de lavra 03 na bancada -70. A rocha é tipicamente cinza, possui carbonatos com granulação entre 2-4 mm, apatita de dimensões inferiores a 0,3 mm representando entre 7-10% da rocha, magnetita de granulação 0,2-1 cm em proporções de 5-10% da rocha, grãos de olivina 0,2-1 cm (1% da rocha) e flogopita milimétrica (1% da rocha), pirrotita e serpentina podem ocorrer. Em alguns locais da rocha a apatita, magnetita e olivina somam mais de 35% (detalhe das fotos) e concentram-se em bandas paralelas a uma foliação de fluxo (subvertical).

Essa frente de lavra faz parte somente na pilha 1520, sendo seu principal constituinte (68,1% em peso). Ver ilustração da no anexo 1, figuras: 7.10, 7.11 e 7.12.

7.2.4 FRENTE DE LAVRA 465, BANCADA 10 (B10FL466)

Localiza-se na região centro-norte da mina. Mostra um carbonatito cinza, com granulação entre 0,1-0,3 mm, que possui uma foliação de fluxo subvertical com apatita de dimensão geralmente inferior a 0,1 mm e em proporções de 5-10%, magnetita inferior a 1 cm, entre 5-7% da rocha, olivina milimétrica (1% da rocha), flogopita milimétrica (1% da rocha). Pirrotita pode ocorrer, muito localmente.

Essa frente foi utilizada para compor as pilhas 1506 (10,9% em peso) e 1507 (12,4% em peso). Observar fotos das amostras no anexo 1, figuras: 7.13 e 7.14.

7.3 AMOSTRAGEM DO REJEITO

Por se tratar da matéria-prima principal para a produção de foscálcio, todos os trabalhos de caracterização seguintes foram feitos com base na amostragem do rejeito, que é realizada sistematicamente em uma das linhas de saída do circuito de flotação na usina de concentração mineral e composta no final de cada hora, o que garante uma boa representatividade.

Pela sistemática de amostragem da usina foram geradas várias alíquotas horárias correspondentes ao período de processamento de cada uma das pilhas. Com o intuito de selecionar as amostras adequadas para estudo, de acordo com sua representatividade da pilha e cuidando que refletissem condições operacionais de concentração adequadas e constantes, realizou-se uma avaliação dos resultados das análises químicas das amostras de coleta horária, que são feitas como rotina pela empresa. Na tabela 3 pode-se observar as variações de qualidade de amostras de rejeitos provenientes de uma mesma pilha e aquelas que foram selecionadas (destacadas em vermelho) para composição e estudos, tendo-se eliminado as que refletiam mistura de pilhas e oscilações operacionais da usina. Entre estas últimas estavam as amostras do dia primeiro de Fevereiro (turno 1) que representava mistura de duas pilhas (1505 e 1506) e as amostras do dia quinze de Fevereiro referente à pilha 1520 (turno 2) que mostrava discrepâncias nos teores dos elementos analisados em relação aos outros turnos, o que pode significar oscilações operacionais do processo industrial.

Fez-se, então, composição de quatro amostras representativas de cada uma das pilhas selecionadas, respectivamente denominadas: R1505, R1506, R1607 e R1520, obedecendo à numeração da empresa.

As análises químicas feitas como rotina nos laboratórios da Bunge mostraram que há um certo enriquecimento de MgO e CaO nas amostras do rejeito em relação

aos teores do minério que alimentou a usina de concentração. Esse fato se deve pela retirada de apatita e magnetita da amostra inicial.

Tabela 3: Amostras selecionadas para a caracterização (resultado de análises feitas por FRX em pastilha prensada)

CONTROLE DO SISTEMA		CONTROLE DA MINA				CONTROLE DA USINA							
DIA	TURNO	PILHA	MASSA (10 ³ Kg)	% P ₂ O ₅	% MgO	CONCENTRADO FINAL			REJ. DA USINA				
						% P ₂ O ₅	% MgO	% Fe ₂ O ₃	% P ₂ O ₅	% Fe ₂ O ₃	% MgO	% SO ₃	% CaO
31/Jan	2	1505	19752,65	5,40	3,28	33,31	1,04	0,42	1,10	1,56	3,40	0,49	48,86
31/Jan	3	1505				32,44	1,11	0,37	1,22	1,56	3,41	0,47	48,75
01/Fev	1	1505/06				34,84	0,91	0,32	1,29	2,25	3,66	0,84	48,16
01/Fev	2	1506	14910,31	5,74	4,12	35,47	0,85	0,29	1,24	1,51	3,51	0,56	49,08
01/Fev	3	1506				36,38	0,77	0,25	1,12	1,49	3,53	0,56	49,06
02/Fev	1	1507	15736,79	6,16	3,65	38,30	0,61	0,20	1,30	2,00	3,87	0,89	48,48
02/Fev	2	1507				37,03	0,75	0,47	1,10	1,44	3,65	0,60	49,17
14/Fev	2	1520	19142,73	5,63	3,03	36,37	1,05	0,52	0,67	1,53	3,49	0,64	49,53
14/Fev	3	1520				36,16	1,01	0,48	0,56	1,40	3,23	0,63	50,11
15/Fev	1	1520				36,19	0,94	0,40	0,60	1,36	3,13	0,61	50,17
15/Fev	2	1520				33,74	1,25	0,58	0,46	1,31	4,08	0,44	49,95

7.4 CARACTERÍSTICA DO REJEITO

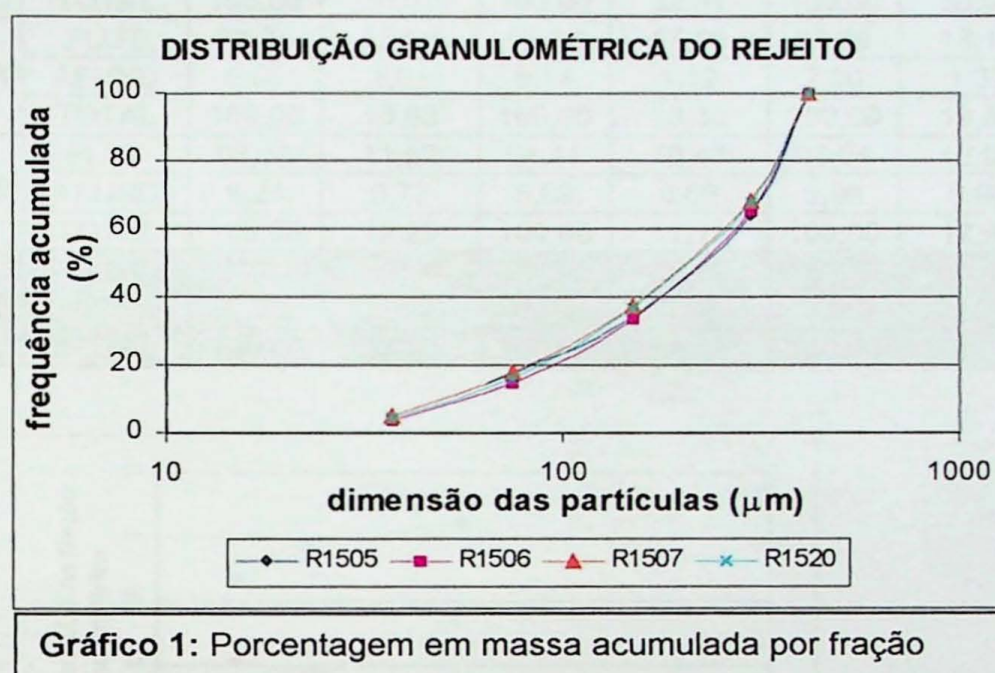
7.4.1 DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA

Cerca de 95% da massa total das amostras de rejeito estudadas está na faixa granulométrica –35+400# (escala *Tyler*), o restante são partículas inferiores a 400#. Essa distribuição é de se esperar, já que uma das operações unitárias da usina de concentração é a classificação granulométrica por ciclones, que elimina a maior parte das partículas inferiores a 400#, as quais se em excesso diminuem a eficiência do processo de flotação.

Na tabela 4 de distribuição granulométrica, bem como no gráfico de frequência acumulada por fração (gráfico 1), verifica-se que mais de 60% da massa das amostras está contida na fração –35+100#, sendo que cerca de 10% ficam retidos em 35# que é a granulometria de moagem aplicada na usina.

Tabela 4: Porcentagem em massa retida na fração granulométrica.

CLASSIFICAÇÃO GRANULOMÉTRICA DAS AMOSTRAS DE REJEITO					
	0,297mm	0,149mm	0,074mm	0,037mm	< 0,037mm
Amostras	%	%	%	%	%
R 1505	35,86	30,01	16,63	12,29	5,21
R 1506	34,64	32,01	18,30	11,13	3,92
R 1507	31,77	30,94	19,52	12,92	4,85
R 1520	31,97	31,32	20,38	11,88	4,45



A distribuição granulométrica do rejeito mostra similaridade em todas as amostras, o que demonstra operação bastante regular de cominuição/deslamagem na usina e que os amostragem/ensaios foram realizados adequadamente.

7.4.2 SEPARAÇÕES MINERAIS

Os principais minerais esperados como constituintes do rejeito são: carbonatos (calcita e dolomita), silicatos (olivina, flogopita e serpentina), óxidos (apatita e magnetita) e sulfetos (pirita e pirrotita), em vista das características dos minérios que compuseram as pilhas.

Pelo fato de alguns minerais componentes do minério possuírem densidade acima de $3,0 \text{ g/cm}^3$ (sulfetos, magnetita, olivina, serpentina e apatita) enquanto os carbonatos e a flogopita têm densidade inferior a $2,8 \text{ g/cm}^3$, foi utilizado um líquido de densidade intermediária (tetrabromoetano) para sua separação, o qual individualizou dois produtos: afundados e flutuados. A tabela 5 e gráfico 2 mostram os resultados da separação em meio denso.

Tabela 5: Balanço de massa da separação mineral em meio denso.

BALANÇO DE MASSA SEPARAÇÃO EM MEIO DENSO (2,96 g/cm ³)									
		R1505		R1506		R1507		R1520	
FRAÇÃO	PRODUTO	% fração	% amostra	% fração	% amostra	% fração	% amostra	% fração	% amostra
-35+48#	FLUT	92,33	33,11	92,93	32,19	93,01	29,55	96,72	30,92
	AFUND	7,67	2,75	7,07	2,45	6,99	2,22	3,28	1,05
	TOTAL	100,00	35,86	100,00	34,64	100,00	31,77	100,00	31,97
-48+100#	FLUT	93,06	27,93	93,34	29,88	92,88	28,74	96,24	30,14
	AFUND	6,94	2,08	6,66	2,13	7,12	2,20	3,76	1,18
	TOTAL	100,00	30,01	100,00	32,01	100,00	30,94	100,00	31,32
-100+200#	FLUT	93,94	15,62	93,86	17,18	93,00	18,15	95,80	19,52
	AFUND	6,06	1,01	6,14	1,12	7,00	1,37	4,20	0,86
	TOTAL	100,00	16,63	100,00	18,30	100,00	19,52	100,00	20,38
-200+400#	FLUT	93,76	11,52	94,11	10,47	93,04	12,02	95,33	11,33
	AFUND	6,24	0,77	5,89	0,66	6,96	0,90	4,67	0,55
	TOTAL	100,00	12,29	100,00	11,13	100,00	12,92	100,00	11,88
-35+400#	FLUT	93,02	88,18	93,38	89,72	92,97	88,46	96,20	91,91
	AFUND	6,98	6,61	6,62	6,36	7,03	6,69	3,80	3,64
	TOTAL	100,00	94,79	100,00	96,08	100,00	95,15	100,00	95,55

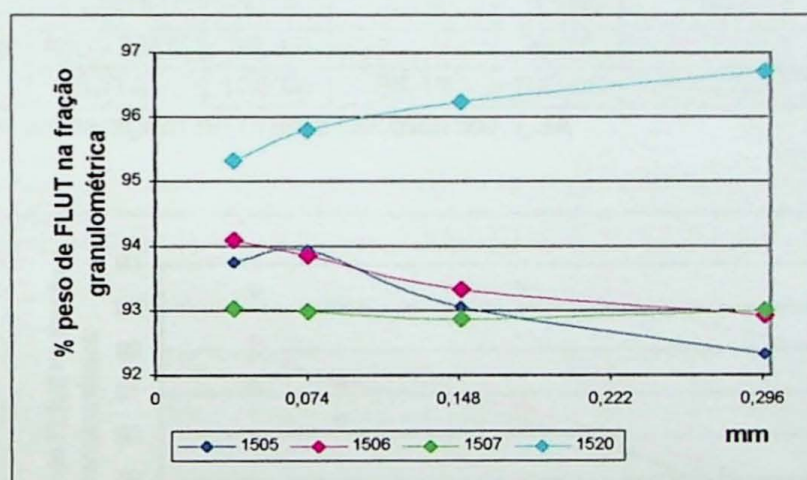


Gráfico 2: Distribuição em peso de flutuado em cada fração granulométrica

O resultado da separação em meio denso ressalta comportamento singular da pilha 1520, devido a maior porcentagem de carbonatos e flogopita em relação às demais.

O produto flutuado (FLUT) foi submetido à separação magnética com a finalidade de retirar a flogopita e obter um concentrado purificado de carbonatos, tendo assim gerado outros dois: produto flutuado não magnético (FLNM) constituído por carbonatos (calcita e dolomita), e o produto flutuado magnético (FLM) composto por flogopita (magnética no campo aplicado). O balanço de massa desses dois produtos pode ser vistos na tabela 6 e gráfico 3.

A serpentina (apesar de ser o menor constituinte, abaixo de 1%) foi detectada em todos os produtos por ineficiência dos ensaios, devido à sua densidade ser bem próxima da

densidade do líquido e a corrente aplicada na separação magnética se situar no limite para individualização efetiva desse mineral.

Tabela 6: Balanço de massa da separação magnética.

BALANÇO DE MASSA DA SEPARAÇÃO MAGNÉTICA									
		R1505		R1506		R1507		R1520	
FRAÇÃO	PRODUTO	% FLUT	% amostra	% FLUT	% amostra	% FLUT	% amostra	% FLUT	% amostra
-35+48#	MAG	5,21	1,73	5,28	1,70	5,39	1,59	8,47	2,62
	NÃO MAG	94,79	31,39	94,72	30,49	94,61	27,96	91,53	28,30
	TOTAL	100,00	33,11	100,00	32,19	100,00	29,55	100,00	30,92
-48+100#	MAG	2,86	0,80	2,53	0,76	2,70	0,78	3,68	1,11
	NÃO MAG	97,14	27,13	97,47	29,12	97,30	27,96	96,32	29,03
	TOTAL	100,00	27,93	100,00	29,88	100,00	28,74	100,00	30,14
-100+200#	MAG	2,79	0,44	2,17	0,37	2,20	0,40	2,64	0,51
	NÃO MAG	97,21	15,18	97,83	16,81	97,80	17,75	97,36	19,01
	TOTAL	100,00	15,62	100,00	17,18	100,00	18,15	100,00	19,52
-200+400#	MAG	2,01	0,23	1,20	0,13	0,99	0,12	1,37	0,16
	NÃO MAG	97,99	11,29	98,80	10,34	99,01	11,90	98,63	11,17
	TOTAL	100,00	11,52	100,00	10,47	100,00	12,02	100,00	11,33
-35+400#	MAG	3,65	3,19	3,30	2,95	3,29	2,88	4,83	4,40
	NÃO MAG	96,35	84,99	96,70	86,77	96,71	85,58	95,17	87,51
	TOTAL	100,00	88,18	100,00	89,72	100,00	88,46	100,00	91,91

MAG = amperagem no Frantz Isodinâmico 1,3A

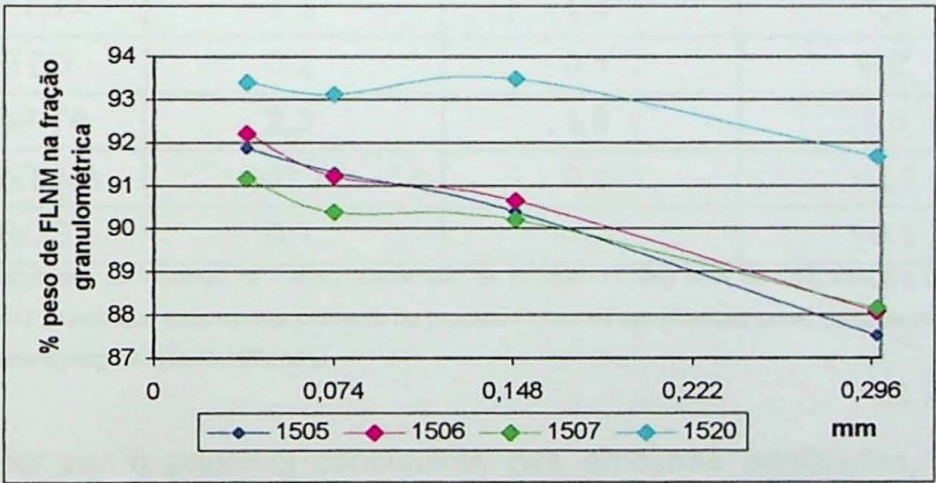


Gráfico 3: Distribuição em peso de FLNM em cada fração granulométrica

Os resultados mostram similaridade entre as pilhas 1505, 1506 e 1507 quanto à porcentagem de carbonatos, que é menor se comparada com a pilha 1520. Contudo todas possuem maior porcentagem em peso de carbonatos nas frações mais finas, isso significa que os minerais acessórios do rejeito da usina tendem a se concentrar nas frações mais grossas, principalmente entre -35+100#.

7.4.3 ESTUDOS MINERALÓGICOS

As frações do produto FLNM foram submetidas a análises químicas pelo método de absorção atômica, descritas em microscópio estereoscópico (anexo 5), além de terem partículas analisadas pontualmente ao MEV com microanálise acoplada.

As descrições em microscópio estereoscópico também foram efetuadas para os demais produtos gerados nas separações minerais (AF e FLM), para todas as frações granulométricas, e incluíram estimativas de porcentagem mineral por contagem de grãos, sendo escolhidos campos aleatórios de quadrantes diferentes da lupa e contados entre 300-600 grãos (anexo 6).

A composição mineralógica obtida a partir dos resultados das separações minerais conjugados com as contagens de grãos está exposta na tabela 7.

Tabela 7: Composição mineralógica estimada nos rejeitos estudados.

PORCENTAGEM EM PESO DOS MINERAIS NA AMOSTRA				
MINERAL	R1505	R1506	R1507	R1520
APATITA	3,0	3,6	3,9	1,7
¹ CARBONATOS	91	91,7	91,6	94,4
OLIVINA	1,9	1,2	1,1	0,4
MAGNETITA	1,5	1,4	1,4	1,3
SULFETO	0,2	0,1	0,2	0,1
FLOGOPITA	2,3	1,9	1,8	2,0
SERPENTINA	<0,1	0,1	<0,1	<0,1
² OUTROS	0,1	<0,1	<0,1	<0,1

¹soma dos resultados do balanço de massa (carbonato do produto FLNM) com os de contagem de grãos (carbonatos presentes em outros produtos), sendo que toda massa presente no produto FLNM foi considerada como de carbonatos.

²inclusões e impregnações não identificadas

Por ser o principal constituinte das amostras analisadas, o produto flutuado não magnético (FLNM) foi alvo de estudos mais detalhados.

O anexo 1, figuras 8.1 a 8.6, mostra as imagens obtidas por MEV, onde se observou inclusão de dolomita (cinza escuro) na calcita (cinza claro) e partículas mistas (dolomita + calcita), micro-inclusões não identificadas de outros minerais também ocorrem. Essas inclusões de dolomita, com dimensões variadas de 20-200µm podem representar expressiva porcentagem em volume dentro dos cristais de calcita.

Algumas associações possuem formas irregulares, provavelmente são exsoluções de dolomita na calcita. Partículas liberadas dos dois minerais também ocorrem.

Além de inclusões de dolomita, verificou-se por microanálise conteúdo variável e significativo de magnésio na estrutura da calcita, como indicado na tabela 8. Outro fato importante é que o cristal de dolomita também pode admitir porcentagens variadas de ferro, característica não detectada na calcita.

Tabela 8: Composição dos Óxidos Maiores Constituintes dos carbonatos

Análises dos carbonatos obtidas ao SEM-EDS				
Calcita	Dolomita	Calcita	Dolomita	Dolomita
CaO	CaO	MgO	MgO	FeO
50,88	28,66	0,73	17,31	0,82
49,71	28,26	0,75	17,64	1,09
49,99	32,28	1,04	14,96	2,24
50,71	28,72	0,42	17,44	1,70
50,26	28,18	1,00	16,58	2,78
51,56	27,97	0,00	17,81	1,07
51,46	28,77	0,41	18,13	0,49
50,30	27,87	1,11	17,99	0,85
49,98	28,84	0,82	17,61	0,00
48,78	29,21	1,27	17,92	0,52
50,45	27,96	0,47	17,25	1,27
51,22	28,87	0,00	18,16	0,58
49,37	28,64	1,35	17,40	0,86
	28,38		17,18	1,38
	28,54		17,41	0,00

8. DISCUSSÕES E INTERPRETAÇÕES

Nos rejeitos estudados da usina de concentração, correspondentes ao litotipo carbonatito calcítico sul, os principais minerais portadores de magnésio são: dolomita, flogopita, olivina e calcita; a sílica está presente somente nas olivina e flogopita. O ferro além de presente na magnetita pode ocorrer em menor quantidade associado à estrutura cristalina da dolomita; e, finalmente, o fósforo está presente na forma de apatita.

Na seqüência será discutida a composição de cada produto de separação mineral bem como as características das espécies que os compõem comparando-se os rejeitos das pilhas estudadas.

8.1 PRODUTO FLUTUADO NÃO MAGNÉTICO (FLNM)

O produto FLNM é composto essencialmente por carbonatos (calcita e dolomita), que são os principais constituintes dos rejeitos estudados (figuras 9.1, 9.2 e 9.3) e contribuem com mais de 50% do magnésio e parte do ferro da amostra. Ocorrem em partículas tipicamente brancas, podendo apresentar também tons amarelos e vermelhos, e possuem hábito romboédrico, sendo que algumas partículas possuem impregnações superficiais com cores vermelha e preta (provavelmente óxidos de ferro) como ilustrado nas imagens. As frações grossas destes produtos podem conter outros minerais associados, tais como: apatita, flogopita, olivina, sulfetos e magnetita; os quais, nas mais finas, ocorrem em partículas liberadas.

A tabela de distribuição dos elementos químicos presentes nos carbonatos encontra-se no anexo 7, que também indica a partição dos elementos químicos na amostra total e o produto FLNM. O anexo 8 mostra o teor total e por fração dos principais óxidos presentes nas pilhas de homogeneização.

Os carbonatos contêm mais de 90% do conteúdo de CaO associado às frações granulométricas, o restante encontra-se associado à apatita. O gráfico 4 mostra que as frações mais finas possuem maior porcentagem de CaO procedente de carbonatos em relação às frações mais grossas, já que essas possuem muitas partículas mistas de carbonatos e apatita.

O comportamento do MgO na granulometria (gráfico 5) é bastante heterogêneo, contudo, em todas as frações mais de 50% desse óxido provém de carbonatos. Há uma certa tendência das frações mais finas possuírem mais MgO associado aos carbonatos, ou seja, os silicatos portadores de magnésio (olivina e flogopita) estariam em maior proporção nas frações mais grossas, no entanto, as pilhas 1505 e 1507 mostram que esses silicatos podem também estar presentes nas frações intermediárias (-48+100# e -100+200#). O gráfico 5 mostra que conforme diminui a porcentagem de MgO (na fração granulométrica) no produto FLNM, maior é a contribuição de silicatos.



Gráfico 4: Conteúdo relativo de CaO nos carbonatos



Gráfico 5: Conteúdo relativo de MgO nos carbonatos

É importante frisar que as pilhas 1505 e 1507 possuem maior semelhança em sua composição mineralógica comparativamente a pilha 1520.

O ferro presente nesse produto refere-se à dolomita (gráfico 6), que mostra ter maior expressão nas frações mais grossas, o que foi confirmado pelas análises por MEV que indicaram grande quantidade de associações entre calcita e dolomita nessa granulação.

O pico de ferro na fração -200+400# da amostra R1507 provavelmente está relacionado com inclusões/impregnações desse mineral na calcita (como observado em microscópio estereoscópico).

O P_2O_5 presente nesse produto está ligado principalmente a aspectos de liberação da apatita e ineficiência do processo de separação mineral em meio denso para as frações inferiores a 100#.

O gráfico 7 indica que a pilha 1520, nas frações mais grossas que a 100#, possui maior quantidade de partículas mistas entre apatita e carbonatos que as pilhas 1505 e 1507, contudo, o teor desse elemento tende a aumentar nas frações mais finas e mostra que, apesar de ter sido utilizada centrífuga na separação em meio denso na fração -200+400#, o processo não foi muito eficiente. Esse gráfico mostra que do total de P_2O_5 presente em cada fração granulométrica, entre 5 e 25% se concentraram no produto FLNM.

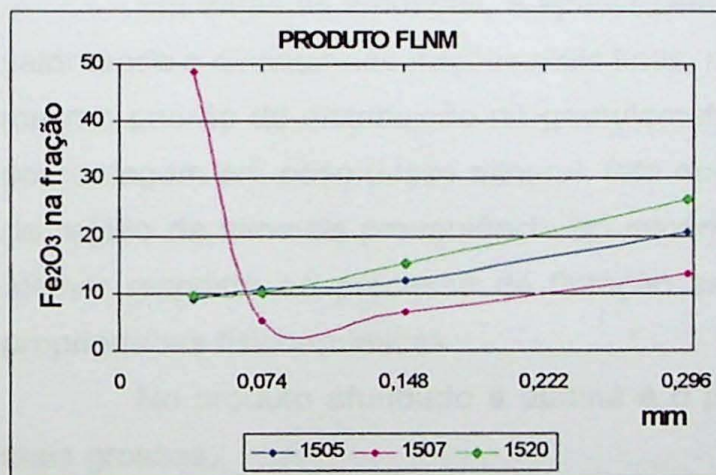


Gráfico 6: Conteúdo relativo de Fe_2O_3 nos carbonatos



Gráfico 7: Conteúdo relativo de P_2O_5 no produto FLNM

8.2 PRODUTO AFUNDADO (AF)

O produto afundado é composto por apatita, olivina, magnetita e sulfetos (flogopita, serpentina e carbonatos são constituintes em menor número).

Devido à insuficiência de massa a estimativa das proporções minerais foi feita por contagem de grãos que possibilitou avaliar o comportamento de cada mineral nas diferentes frações, tanto no próprio produto afundado quanto na amostra, como detalhado na sequência.

8.2.1 APATITA

A apatita é tipicamente transparente (anexo 1, figura 9.4), também pode ocorrer nas cores laranja e vermelha, com hábito acicular, subheuedrica, sendo que muitas partículas possuem inclusões (mineral preto não identificado) e algumas são recobertas por película preta.

Os gráficos 8 e 9, que contém os dados de contagem de grãos, mostram o comportamento da apatita na amostra e no produto afundado, respectivamente.

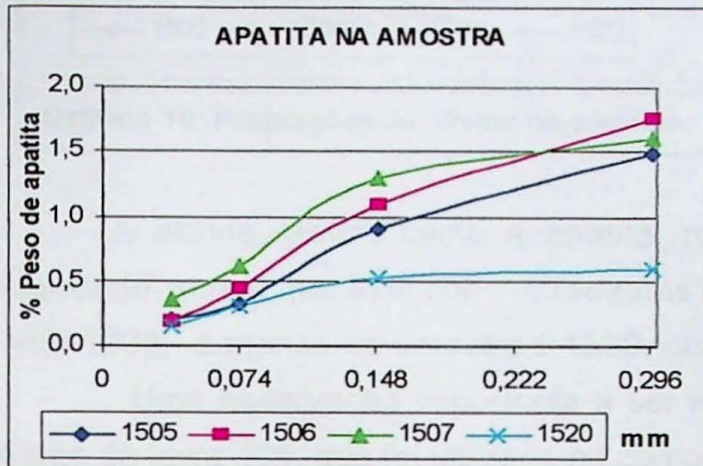


Gráfico 8: Proporções de apatita na amostra

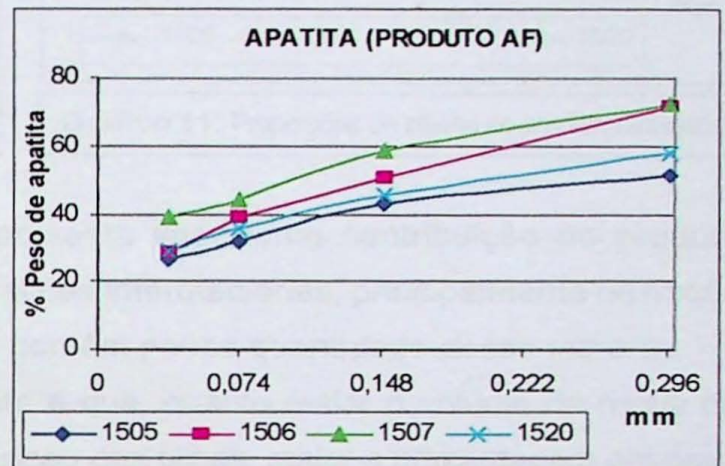


Gráfico 9: Proporções de apatita no produto afundado

Em todas as amostras, a apatita está presente em proporções inferiores a 2% e esse valor tende a diminuir nas frações mais finas; nas amostras R1505, R1506 e R1507 possuem o mesmo padrão de distribuição na granulometria. A amostra R1520 é a que apresenta menor porcentagem em peso desse mineral, fato que pode ser reflexo das características da apatita da região da mina de proveniência do minério de composição desta pilha, a qual apresenta melhor resposta ao processo de flotação seja por aspectos de granulação original ou de propriedades físico-químicas.

No produto afundado a apatita é o principal constituinte, principalmente nas frações mais grossas.

8.2.2 OLIVINA

Esse mineral é observado em cor verde típica (anexo 1, figura 9.5), em partículas comumente anhedrais. Os gráficos 10 e 11 referem-se aos resultados da porcentagem de massa estimada por contagem de grãos na amostra e no produto afundado, respectivamente.

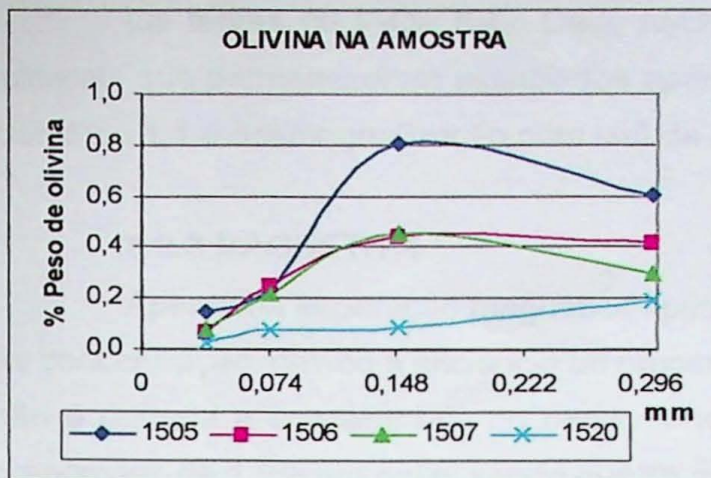


Gráfico 10: Proporções de olivina na amostra

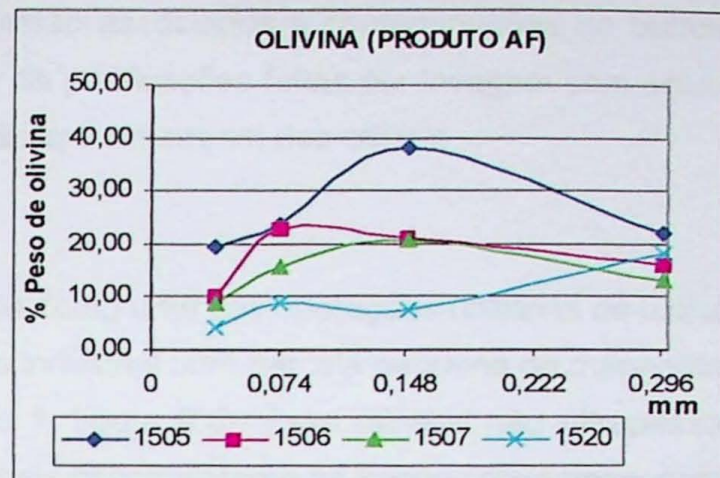


Gráfico 11: Proporções de olivina no produto afundado

A olivina, assim como a apatita, representa importante contribuição no produto afundado, sendo que está concentrada nas frações intermediárias, principalmente na fração –48+100#, a menos da amostra R1520, que contém pouca quantidade desse mineral.

Uma observação importante a ser feita é que, quanto maior o volume de rocha da frente de lavra 465, que foi utilizada na composição das pilhas, maior a porcentagem em peso de olivina. Como já foi visto, essa frente de lavra representa o dique SW, um dos locais da mina de maior ocorrência desse mineral e que é o principal constituinte da pilha 1505, está presente também nas pilhas 1506 e 1507, e é ausente na pilha 1520.

Foram feitas, para apoio aos estudos de caracterização, análises químicas pelo método de absorção atômica em concentrados de olivina (tabela 5) seletivamente coletadas em diferentes regiões da mina (anexo 1, figura 6.5), as quais mostraram uma composição essencialmente forsterítica com relação $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{MgO} = 0,11$. Destaca-se que a catação se ateve aos grãos de dimensões milimétricas a centimétricas, não tendo incluído os submilimétricos eventualmente presentes.

Tabela 5: Resultado de análises por absorção atômica de concentrados de olivina.

ANÁLISE DE CONCENTRADOS DE OLIVINA								
Ponto	MgO	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	Al ₂ O ₃	PF
2232	43,89	37,80	5,68	1,51	0,31	1,97	0,01	4,91
2239/40	46,85	38,75	5,03	1,65	0,00	2,10	0,01	1,70
2245	45,44	37,53	4,52	1,71	0,08	3,39	0,01	3,16
2274	40,65	37,84	5,74	1,58	0,23	4,96	0,01	5,74
2435	44,94	37,85	4,38	1,83	0,05	2,97	0,01	4,50
2431	44,52	38,23	4,74	0,95	0,09	1,83	0,01	5,08
2551	41,93	35,96	4,12	4,55	0,00	6,00	0,01	2,85

Os teores de P_2O_5 , K_2O , CaO , Al_2O_3 , estão associados a contaminações de outros minerais que permaneceram associados apesar de purificações feitas por lavagem com ácido clorídrico 1:1 e desmagnetização com ímã de mão após moagem dos cristais.

8.2.3 MAGNETITA

Apesar da separação magnética aplicada como uma das operações unitárias da usina de concentração, devido à eficiência do processo industrial uma parcela pequena da magnetita não é retirada e concentra-se no rejeito (anexo 1, figura 9.6). Esse mineral não ultrapassa proporções de 1,5% em peso, sendo que se associa principalmente às frações mais finas, com exceção da amostra R1505 onde uma parcela razoável pode ser encontrada na fração – 35+48#.

Os gráficos 12 e 13 referem-se à estimativa de porcentagem em massa por contagem de grãos, na amostra e no produto afundado, respectivamente.

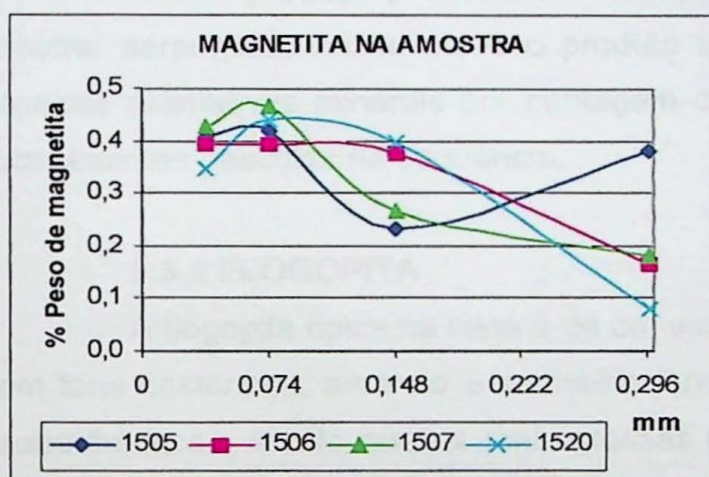


Gráfico 12: Proporções de magnetita na amostra

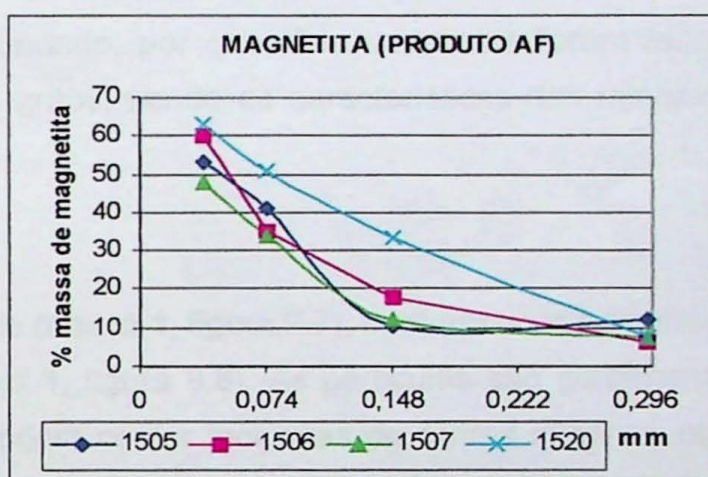


Gráfico 13: Proporções de magnetita no produto afundado

8.2.4 SULFETOS

O principal sulfeto reconhecido em microscópio estereoscópico é a pirrotita. Em todas as amostras/frações esse mineral ocorre em proporções inferiores a 0,2% em peso, sendo que no produto afundado concentra-se principalmente nas frações intermediárias (-48+100#), a menos da amostra R1507, onde a distribuição na granulometria é bastante homogênea.

O gráfico 14 refere-se à porcentagem estimada de pirrotita por fração granulométrica no produto afundado.

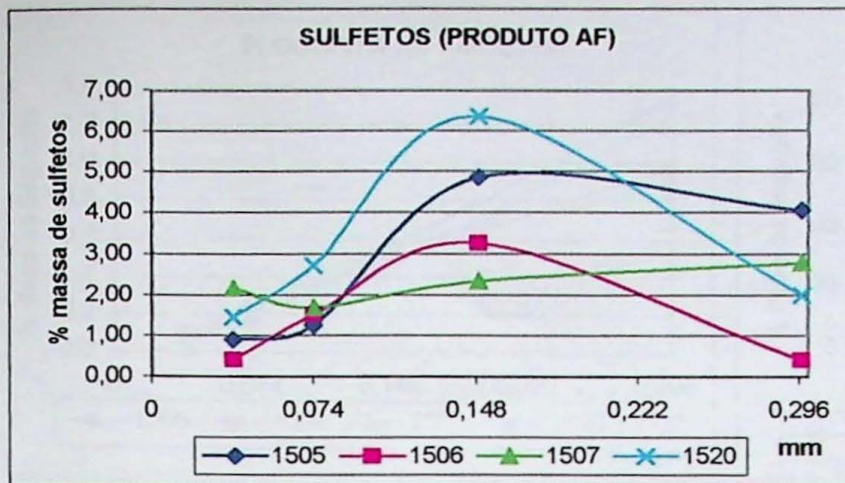


Gráfico 14: Proporções de sulfetos no produto afundado

8.3 PRODUTO FLUTUADO MAGNÉTICO

Nesse produto predominam flogopita e carbonatos, sendo que localmente pode ocorrer serpentina. Assim como o produto afundado, por questões de massa foram feitas apenas estimativas minerais por contagem de grãos, sendo as características dos minerais constituintes descritas na sequência.

8.3.2 FLOGOPITA

A flogopita típica na mina é de cor verde (anexo 1, figura 9.7), contudo ocorre também em tons castanhos, amarelo e vermelho (anexo 1, figura 9.8). As partículas são geralmente subeuédricas, sendo que as mais grossas podem conter inclusões de outros minerais tais como: carbonatos, apatita e magnetita. Pode ocorrer alteração dos cristais, com a formação de manchas escura sobre as camadas.

Na amostra (gráfico 15) a flogopita está concentrada principalmente nas frações mais grossas e tende a diminuir nas mais finas, sendo que o seu padrão de distribuição é semelhante para todas as amostras.

No produto FLM (gráfico 16) a distribuição de flogopita é bastante heterogênea. Nas amostras R1505 e R1520 tende a se concentrar nas frações mais grossas, na amostra R1507 nas frações intermediárias e na amostra R1506 nas frações mais finas.

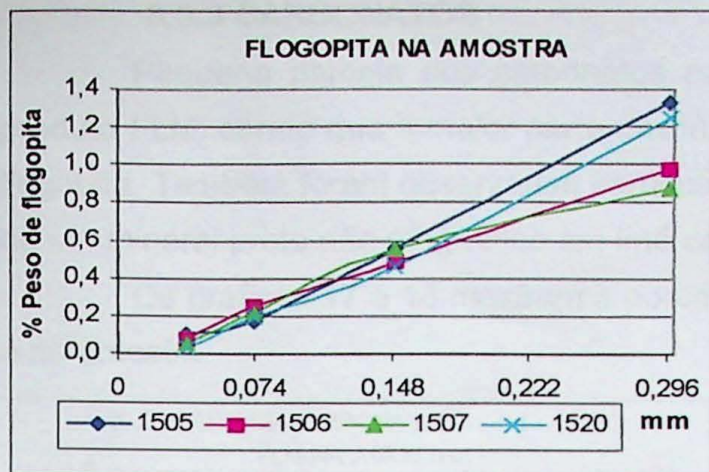


Gráfico 15: Proporções de flogopita na amostra

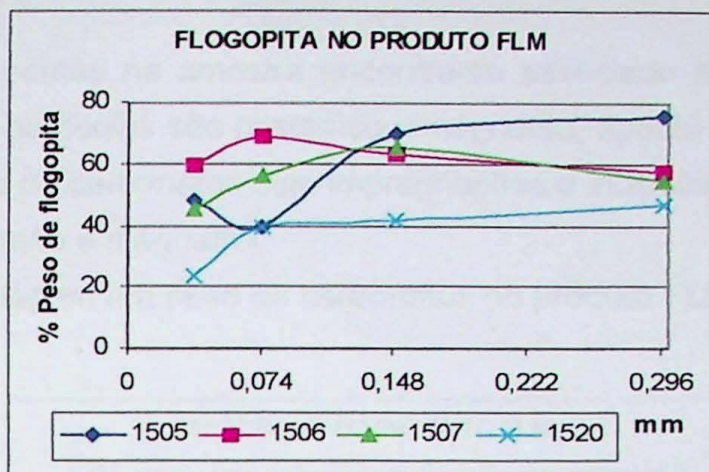


Gráfico 16: Proporções de flogopita no produto FLM

Foram coletadas amostras de flogopita de diversos pontos da mina (anexo 1, figura 6.5) que foram submetidas à análise com objetivo de se verificar sua composição química, como apresentado na tabela 6. Verificou-se que a composição da flogopita é bastante homogênea (com exceção da amostra 631) independentemente dos litotipos de minério amostrados, ressaltando-se que a coleta foi restrita aos grãos de dimensões milimétricas a centimétricas. Os valores observados para o CaO estão relacionados a possíveis contaminações de carbonatos, já que foram cristais selecionados manualmente. A coluna PF refere-se a soma dos voláteis, sendo que a maior parte deles está na própria estrutura da flogopita e pequena parcela se deve aos carbonatos.

Tabela 6: Resultado de análises por absorção atômica de concentrados de flogopita

ANÁLISE DE CONCENTRADOS DE FLOGOPITA							
amostra	MgO	SiO ₂	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	PF
sul da mina	24,50	40,89	10,35	3,84	12,44	0,30	3,35
1533/36/37	24,42	39,90	10,22	3,46	12,80	0,28	3,79
862	25,05	41,17	9,95	4,55	12,92	0,32	5,57
844	24,11	41,63	9,51	5,03	11,73	0,28	3,33
cota -30 leste	24,74	40,27	9,24	3,42	12,07	0,34	5,31
688	24,41	41,27	9,10	4,87	11,35	0,25	3,83
631	22,48	43,55	8,99	11,62	13,36	0,23	3,42
cota 10 leste	24,34	41,18	9,31	4,73	11,70	0,31	3,11
1217	24,31	40,24	9,15	3,65	12,28	0,23	4,25
1557/58/63/64	25,92	38,53	5,18	4,60	11,87	0,34	12,49
cota -70 sul	26,10	39,03	8,95	2,98	15,22	0,22	2,71
2265	26,13	38,80	8,74	3,49	14,49	0,60	3,44

8.3.3 CARBONATOS

Pequena parcela dos carbonatos presentes na amostra encontra-se associado ao produto FLM, sendo que a maior parte dessas partículas são mistas com magnetita, apatita e flogopita. Também foram observadas partículas de carbonatos com impregnações e inclusões de um mineral preto não magnético em ímã de mão e magnetita.

Os gráficos 17 e 18 mostram a porcentagem em peso de carbonatos no produto FLM e na amostra.

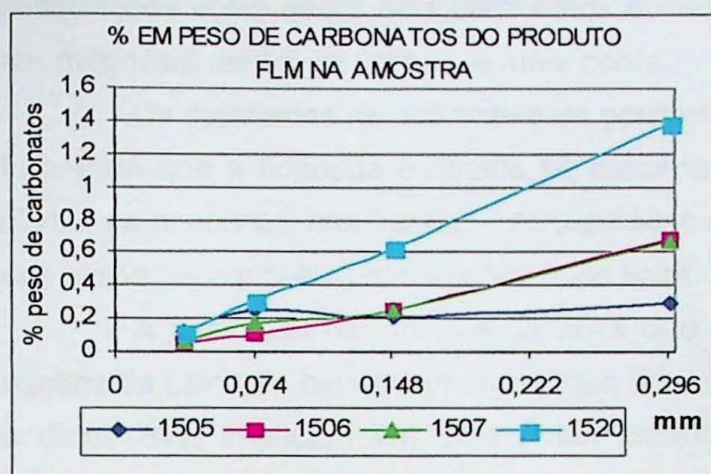


Gráfico 17: Proporções de carbonatos na amostra

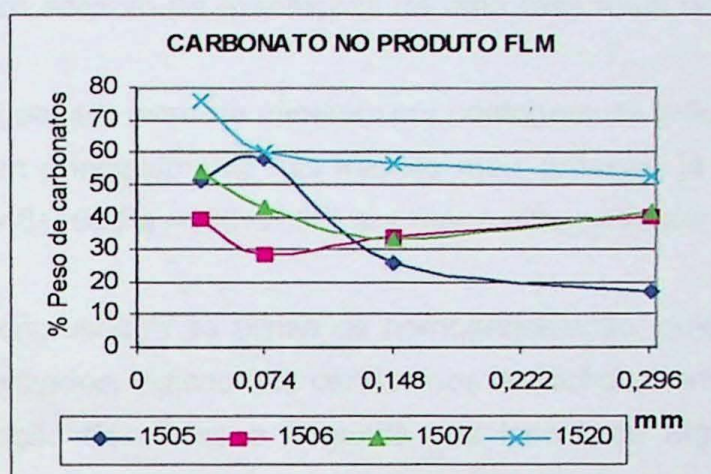


Gráfico 18: Proporções de carbonatos no produto FLM

9. CONCLUSÕES

Os rejeitos utilizados como matéria prima para foscálcio são provenientes de minério dos litotipos: carbonatito Sul e dique SW, que ocorrem na porção sul da mina de Cajati, e que entram na composição das pilhas de alimentação da usina de concentração em proporções relativas variadas em função do planejamento de desmonte da mina.

De uma forma geral apresentam a composição química rica em CaO, sendo o principal contaminante o MgO. A sua composição mineralógica é essencialmente calcita com proporções pequenas de dolomita, sendo que contém como minerais menores constituintes: apatita, magnetita, silicatos (flogopita, olivina, serpentina) e sulfetos.

Os resultados dos estudos de caracterização tecnológica em rejeitos de quatro pilhas, especificamente compostas para fins de foscálcio, indicaram que entre 60-66% do magnésio total provém dos carbonatos, principalmente dolomita. Microanálises por SEM-EDS indicaram que os cristais de calcita também podem admitir pequenas quantidades de MgO em sua estrutura. O restante do magnésio está distribuído entre a flogopita e a olivina, esta com composição típica de forsterita.

A maior parte do ferro da fração caracterizada provém da magnetita, contudo, entre 9-14% está contido nos carbonatos, na estrutura da dolomita e uma pequena parcela está presente na

flogopita e olivina. Conforme o balanço metalúrgico, entre 10-14% desse óxido está contido na fração -400#.

Os teores de P_2O_5 do rejeito se devem em parte à apatita associada à calcita e dolomita, na forma de partículas mistas, principalmente nas frações mais grossas. Entre 94-96% do CaO da fração caracterizada provém dos carbonatos, o restante está presente na apatita.

Análises por MEV indicaram que parte da dolomita das frações grossas está associada à calcita na forma de inclusões que variam de 200-20 μm . Além de inclusões, algumas formas de associações entre esses dois carbonatos possuem aspecto de exsoluções de uma fase mais rica em magnésio dentro de uma fase mais pobre.

Os resultados de estimativa de porcentagem em peso de minerais por contagem de grãos indicaram que a flogopita e apatita se concentram principalmente nas frações mais grossas, já a olivina se concentra nas frações intermediárias (-48+100# e -100+200#) e a magnetita, na maioria dos casos, se concentra nas frações mais finas.

A avaliação das frentes de lavra que compuseram as pilhas de homogeneização, cujos rejeitos da usina de beneficiamento foram caracterizados, indicou que certos tipos de rochas, como o dique SW, implicam em uma maior contribuição de olivina e flogopita nos teores de MgO associados aos rejeitos. Pode-se observar também que alguns litotipos de minério, como os carbonatitos da região sul (FL465B30) e o dique SW (FL461B10), onde a granulação da apatita é em geral mais grossa, por vezes centimétricas, proporcionam obtenção de um rejeito mais rico em P_2O_5 .

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, P.R.P.C., 1999. Estudos de caracterização tecnológica no minério apatítico do Complexo Alcalino de Jacupiranga, SP. Monografia de trabalho de formatura, TF99/011. USP. São Paulo.
- BARROS, G., 1998. Reavaliação dos recursos/reservas minerais da mina de Cajati (SP). Monografia de trabalho de formatura - USP. São Paulo.
- BAUER, H.E., 1877. As minas de ferro de Jacupiranga. *Rev. Eng.*, Rio de Janeiro, p 213.
- BONÁS, T.B., 2001. Consolidação de critérios de descrição litológica para o minério apatítico do Complexo Alcalino de Jacupiranga. Monografia de Trabalho de Formatura (TF-2001/36) USP. São Paulo. 48p.
- Bunge Fertilizantes, 2001. Relatório do projeto de otimização de cava e sequenciamento de lavra da mina de Cajati. Relatório interno.
- DERBY, O.A., 1891. The magnetite ore districts of Jacupiranga and Ipanema, São Paulo, Brazil. *American Journal of Science*, series 3, 41, p 311-321.
- GASPAR, J.C., 1989. Geologie el mineralogie du complexe carbonatitique de Jacupiranga, Brésil. França, Tese de Doutorado U.E.R. de Science Fundamentales et Appliquées, Université d'Orleans, 344 p.
- GERMAN, A.; MARKER, A.; FRIEDRICH, G., 1987. The alkaline complex of Jacupiranga, São Paulo, Brazil. Petrology and genetic consideration. *Zbl. Geol. Paleont.*, 1 (7/8): p 807 – 818.
- MELCHER, G.C. , 1965. O Carbonatito de Jacupianga. Boletim 282, Geologia nº 21, São Paulo, Brasil.
- MENEZES Jr, L.A.D.; MARTINS, J. M., 1984. The Jacupiranga mine. São Paulo, Brasil. *The Mineralogical Record*, September-October, p 261-269.
- RUBERTI, E.; SCHEIBE, L.F.; GOMES, C.B., 1988. The Jacupiranga Alkaline Complex. INT. CONF. " *GEOCHEMICAL EVOLUTION OF THE CONTINENTAL CRUST*", Poços de Caldas, 1988. Guidebook. Poços de Caldas, p 11-25.
- RUBERTI, E.; MARGUTI, R.L.; GOMES, C.B., 1992. O Complexo carbonatítico de Jacupiranga, SP: Informações gerais. Roteiro das excursões do 37º Congresso Brasileiro de Geologia – SBG/SP, São Paulo, SP. Vol 4, p 16.
- SILVA, J.F., 2001. Detalhamento da mineralogia em apoio à caracterização tecnológica do minério de fosfato da mina de Cajati, São Paulo. Monografia de trabalho de formatura (TF2001/22) USP, São Paulo.

ANEXO 1: FIGURAS

Figura 4.1. Perspectiva

Figura 4.2. Plano de planta



Figura 4.3. Plano de planta



Figura 4.1: Peneiradores



Figura 4.2: Ensaio em meio denso



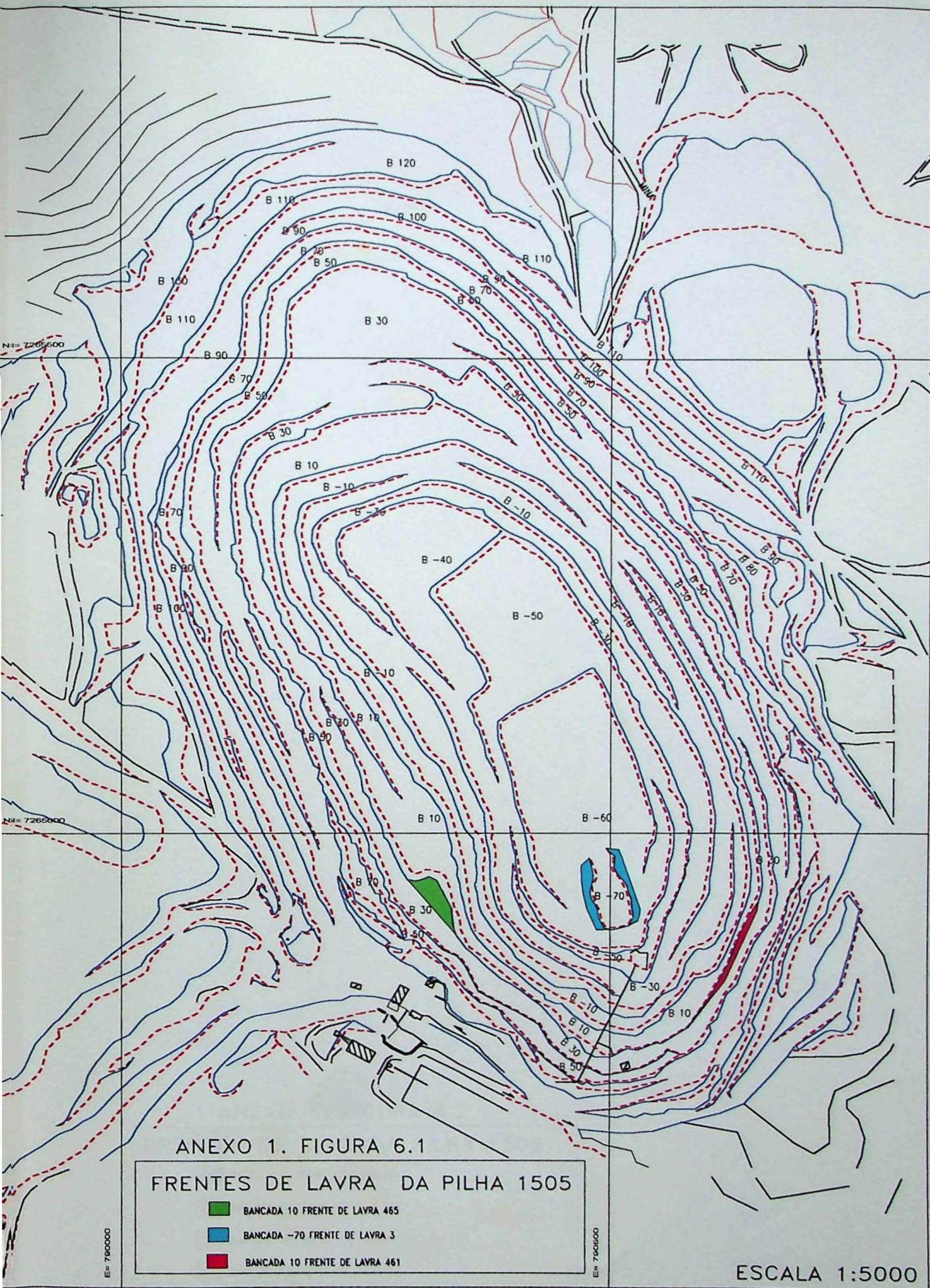
Figura 4.3: Frantz isodinâmico

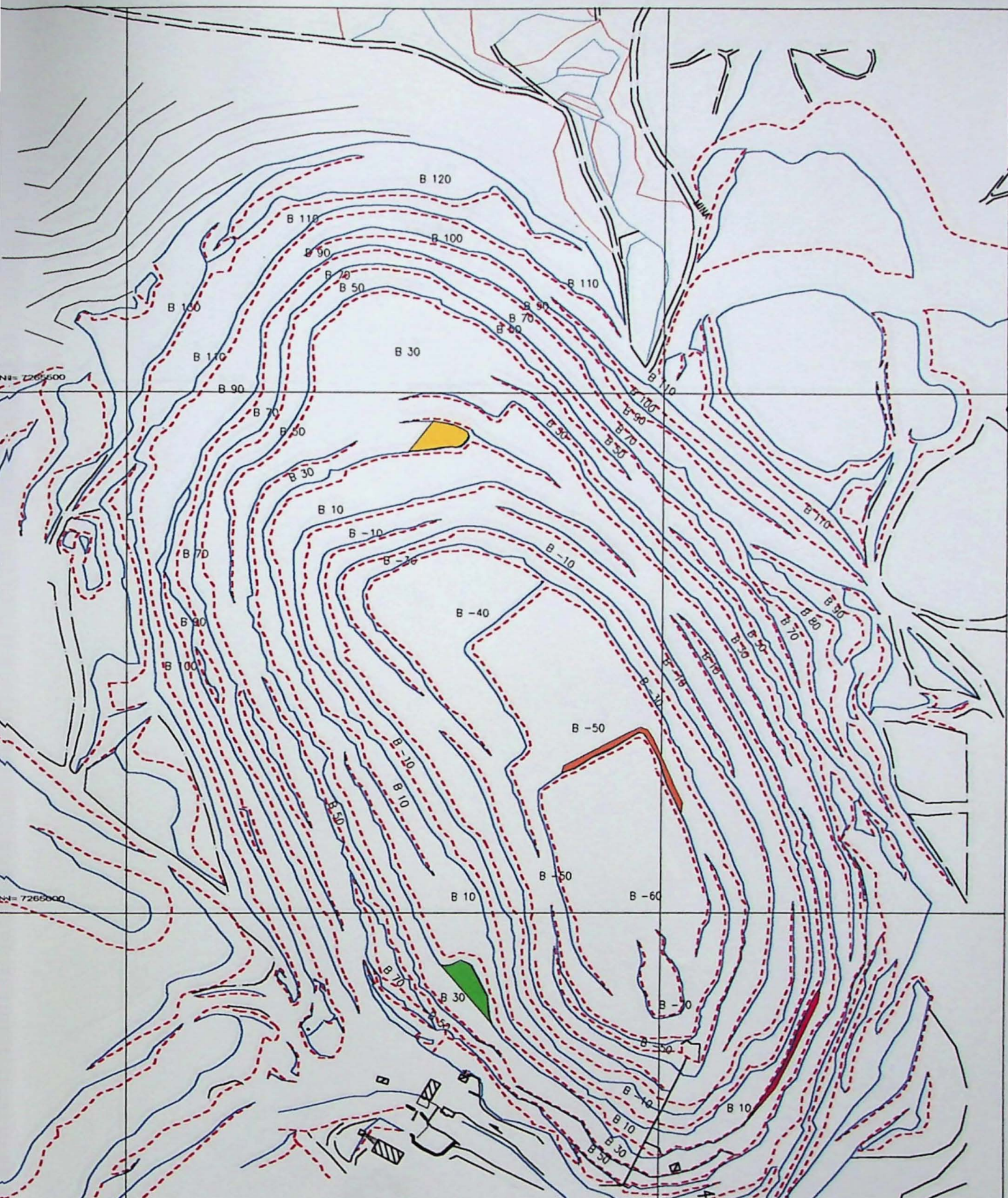


FIGURA 5.1: Pilha de homogeneização



FIGURA 5.2: Pilha de homogeneização



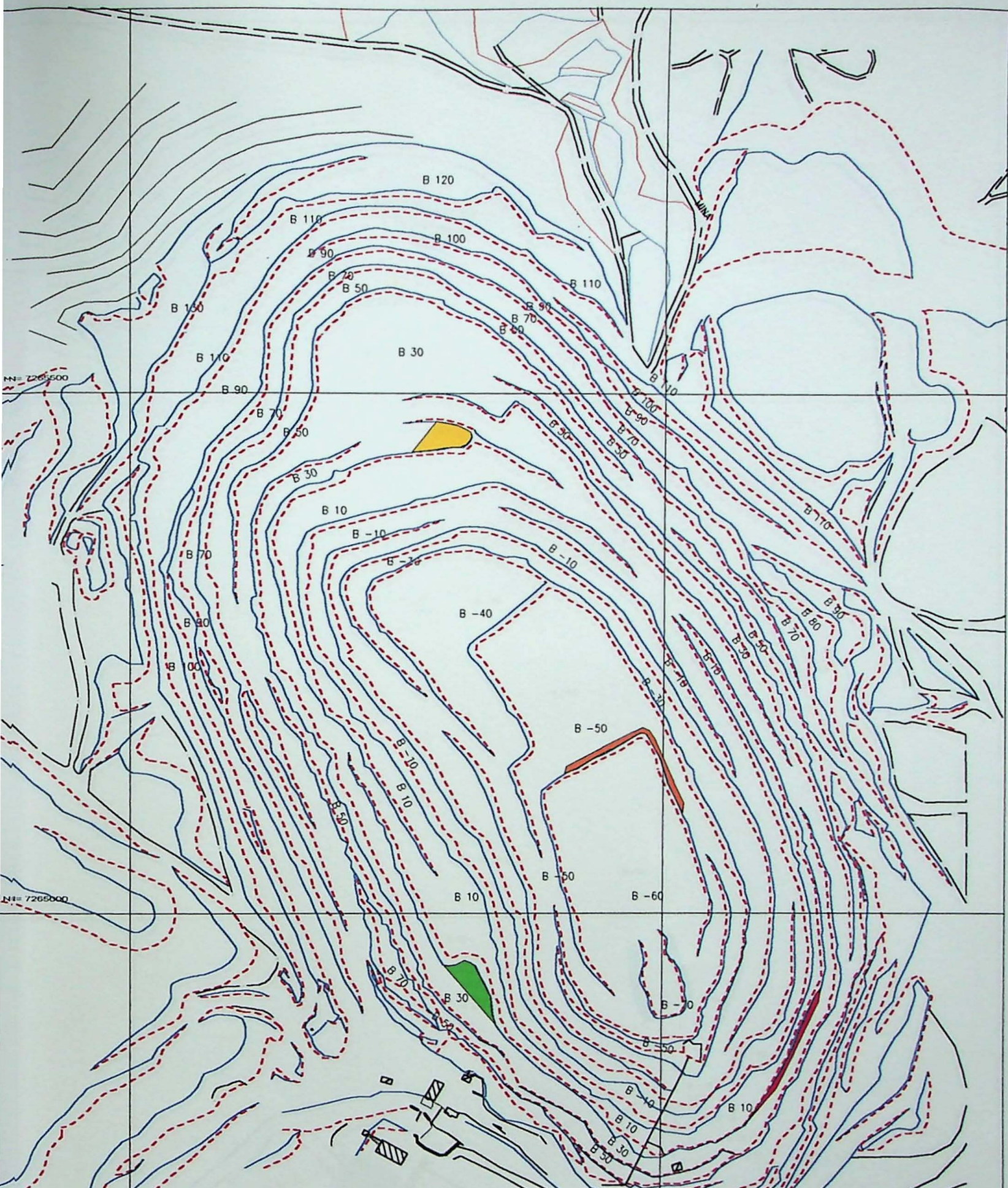


ANEXO 1. FIGURA 6.2

FRENTES DE LAVRADA PILHA 1506

- BANCADA 10 FRENTE DE LAVRA 465
- BANCADA 10 FRENTE DE LAVRA 466
- BANCADA -60 FRENTE DE LAVRA 31/3
- BANCADA 10 FRENTE DE LAVRA 461

ESCALA 1:5000



ANEXO 1. FIGURA 6.3

FRENTES DE LAVRADA PILHA 1507

-  BANCADA 10 FRENTE DE LAVRA 465
-  BANCADA 10 FRENTE DE LAVRA 466
-  BANCADA -60 FRENTE DE LAVRA 31/3
-  BANCADA 10 FRENTE DE LAVRA 461

ESCALA 1:5000





Figura 7.1 (B-70FL03): Porção do carbonatito com muita olivina, magnetita e apatita (à esquerda).



Figura 7.2 (B-70FL03): Detalhe da frente de lava da bancada -70, sul.



Figura 7.3 (B-60FL31/3): Porção da frente de lavra 31/3 pobre em acessórios, exibindo orientação mineral.

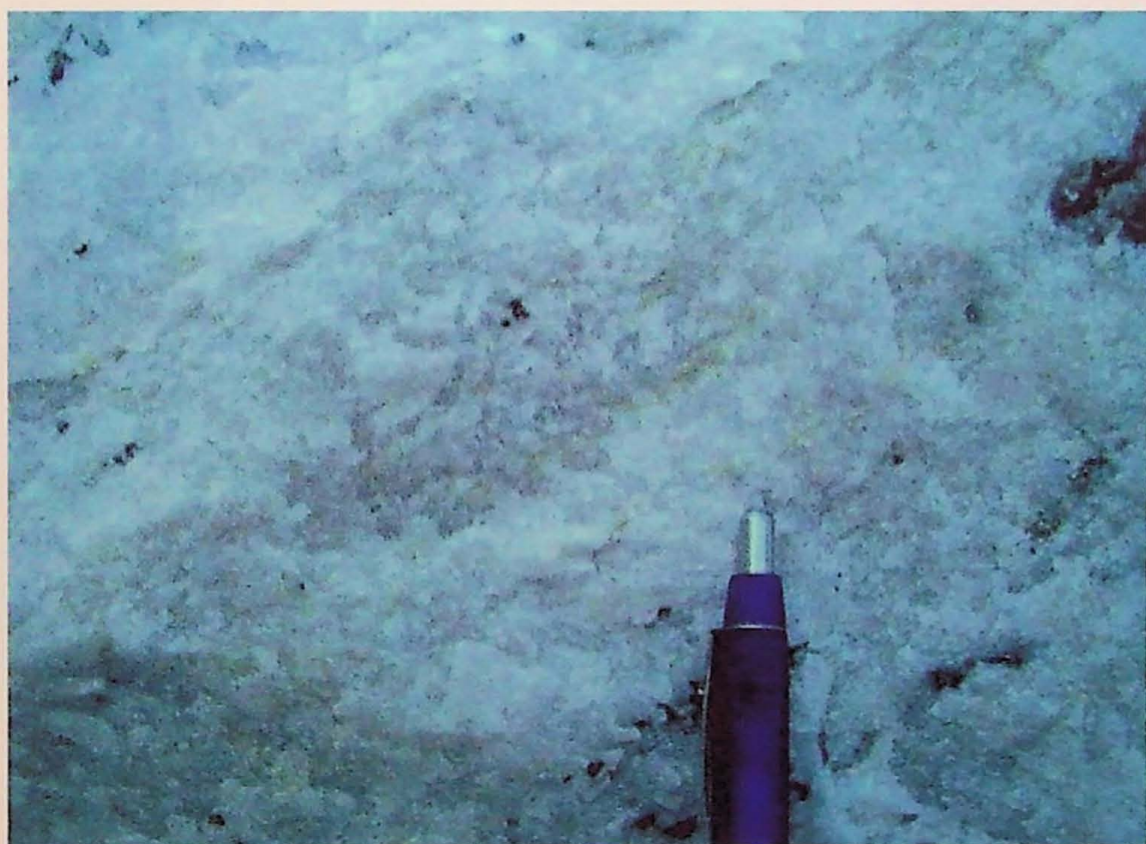


Figura 7.4 (B-60FL31/3): Detalhe da granulação fina da rocha.



Figura 7.5 (DIQUE SW): Carbonatito periférico (Bonás, 2001) na região sudoeste da mina. Frente de lavra com alta contribuição de silicatos (olivina e flogopita) no teor total de magnésio.



Figura 7.6 (B10FL465- DIQUE SW): Detalhe do carbonatito periférico com granulação grossa dos acessórios (magnetita e olivina)



Figura 7.7 (B10FL461): Carbonatito da região sul da mina com olivina em bolsões.



Figura 7.8 (B10FL461): Detalhe da estrutura bandada do carbonatito com intercalações de níveis ricos em olivina e magnetita e níveis com muita apatita.

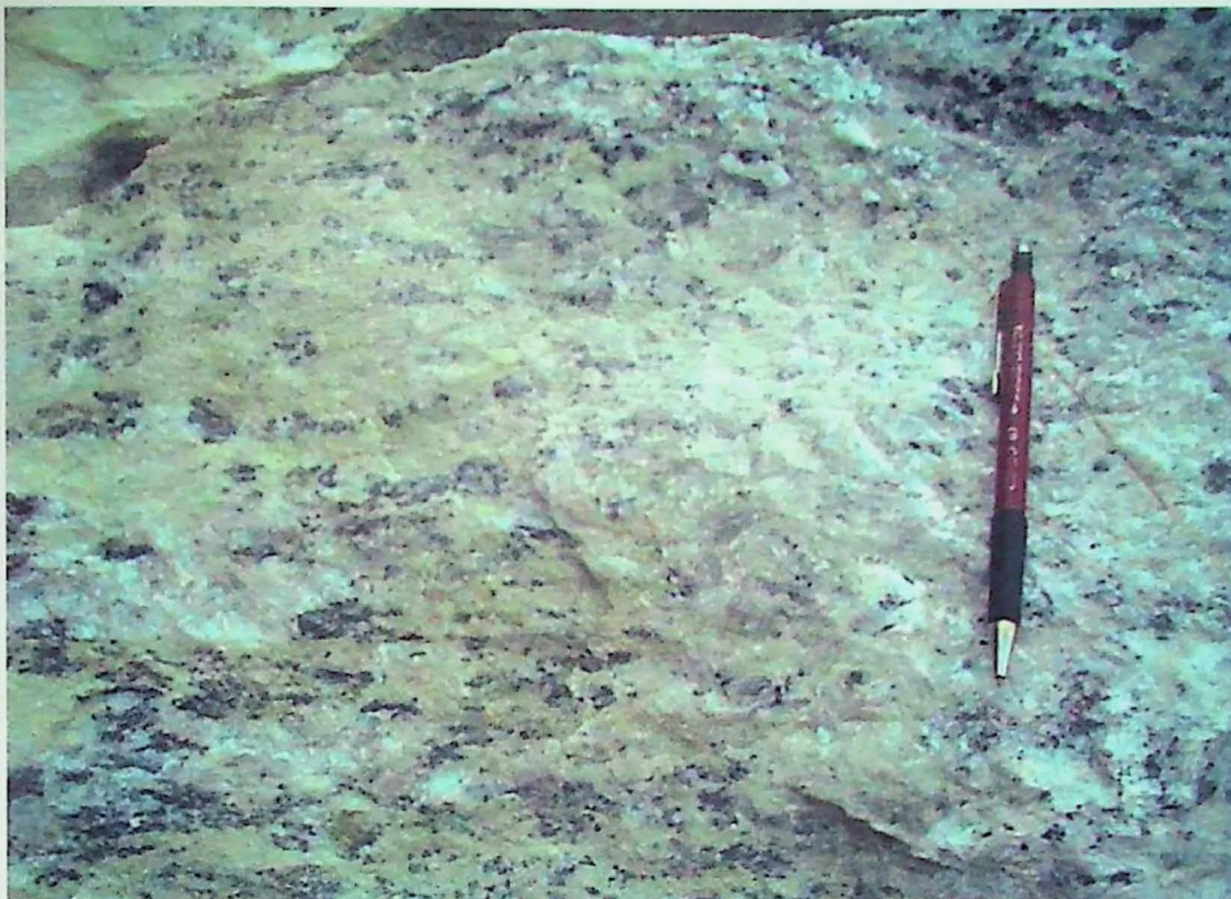


Figura 7.9 (B10FL461): Detalhe da granulação grossa do carbonatito observado na região sul da mina. Rocha com muita apatita e olivina



Figura 7.10 (B-50FL79/1): Rocha com muita apatita, olivina e magnetita da região centro sul da mina, utilizada apenas na composição da pilha 1520.



Figura 7.11 (B-50FL79/1): Detalhe da frente de lavra 79, bancada -50.



Figura 7.12 (B-50FL79/1): Bolsão de apatita e magnetita.

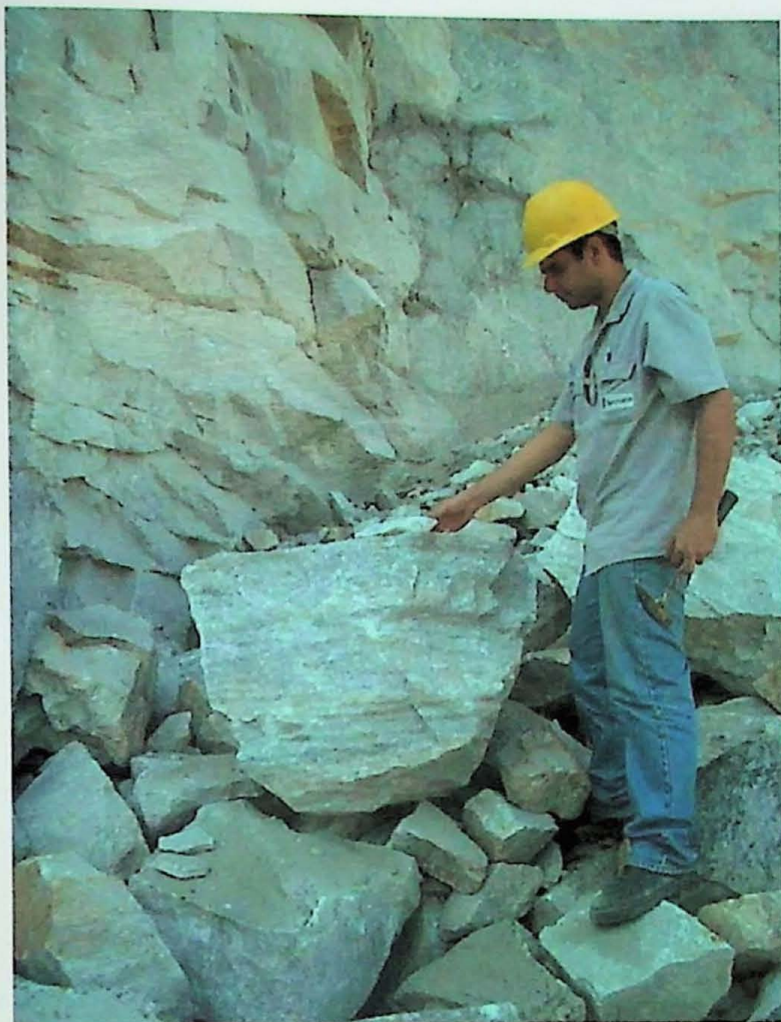


Figura 7.13 (B10FL466): Carbonatito da porção centro norte da mina, cor cinza e estrutura foliada



Figura 7.14 (B10FL466): Detalhe do carbonatito da Frente de lavra 466.

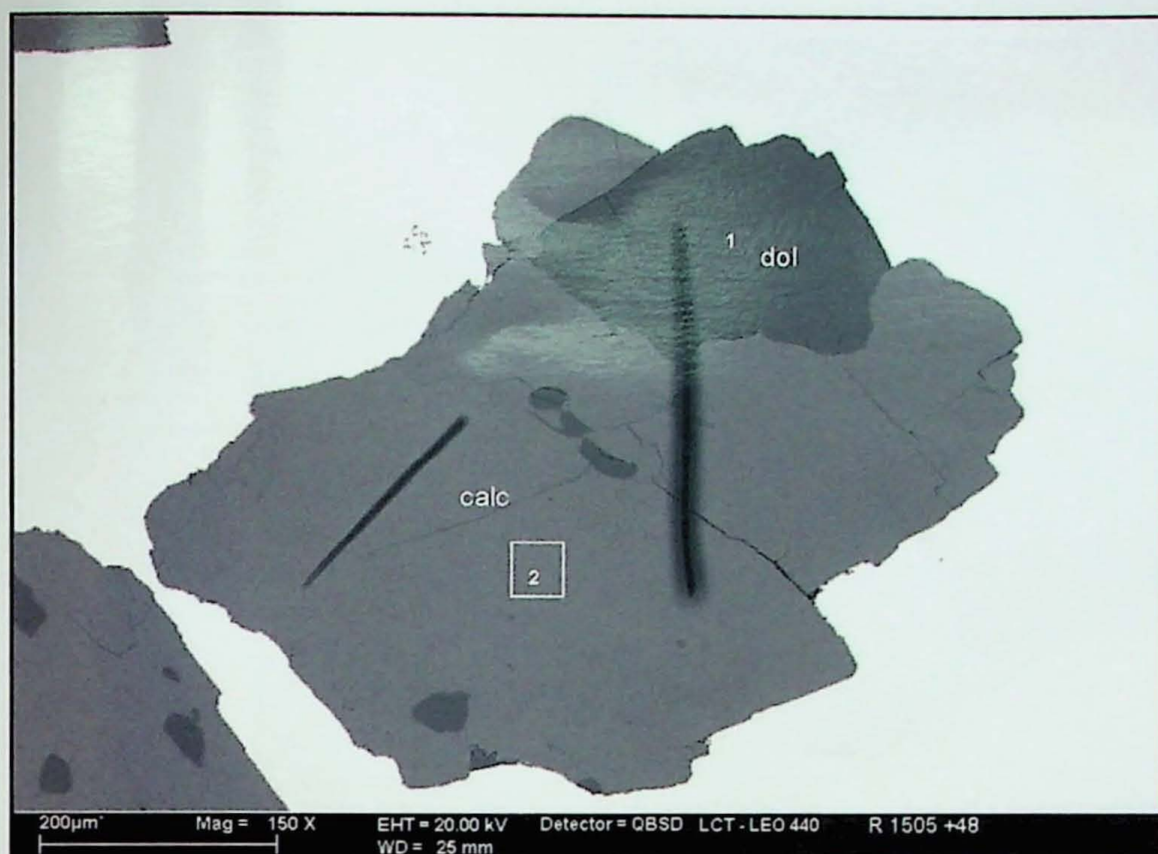


Figura 8.1: Inclusões de dolomita (cinza escuro) na calcita (cinza claro). Amostra R1505 (-35+48#)

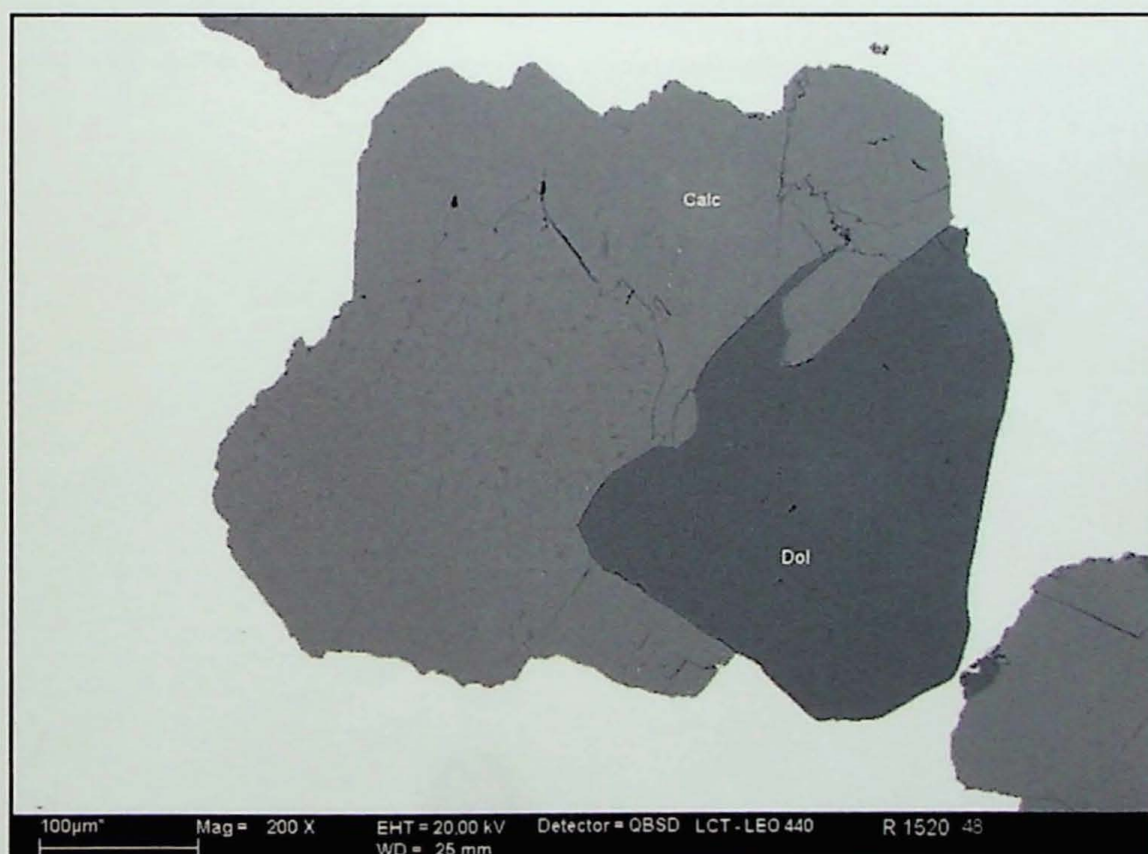


Figura 8.2: Grão misto de dolomita e calcita. Amostra R1520 (-35+48#)



Figura 8.3: Exsoluções de dolomita (cinza escuro) na calcita. Amostra R1505 (-35+48#)

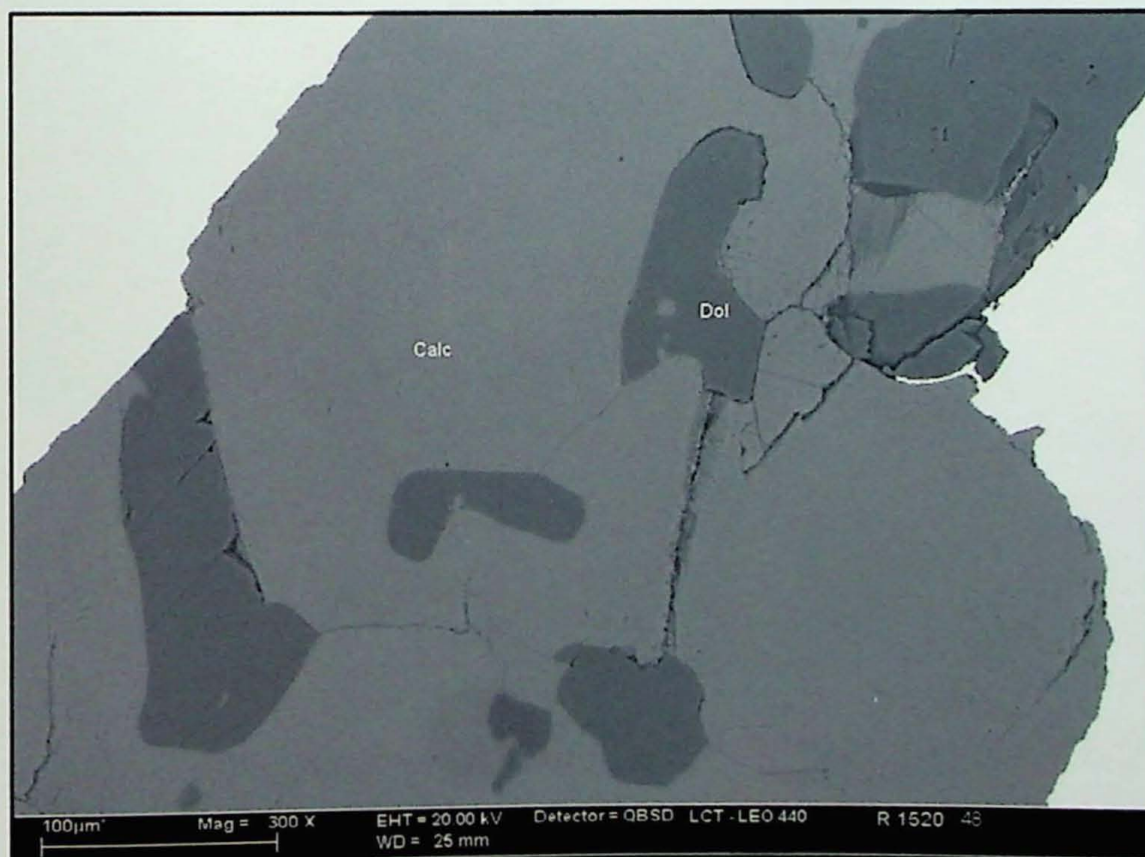


Figura 8.4: Inclusões de dolomita na calcita. Amostra R1520 (-35+48#)

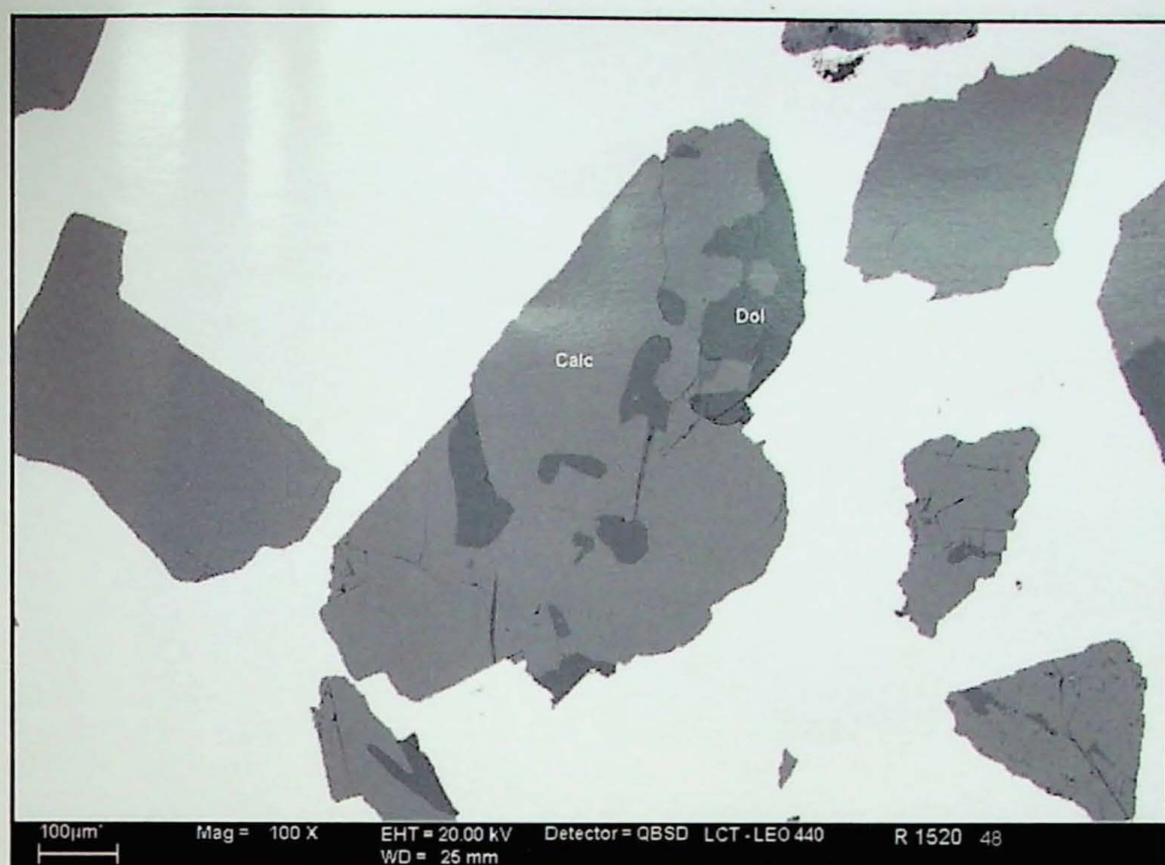


Figura 8.5: Diversas associações entre calcita (cinza claro) e dolomita (cinza escuro). Amostra R1520 (-35+48#)

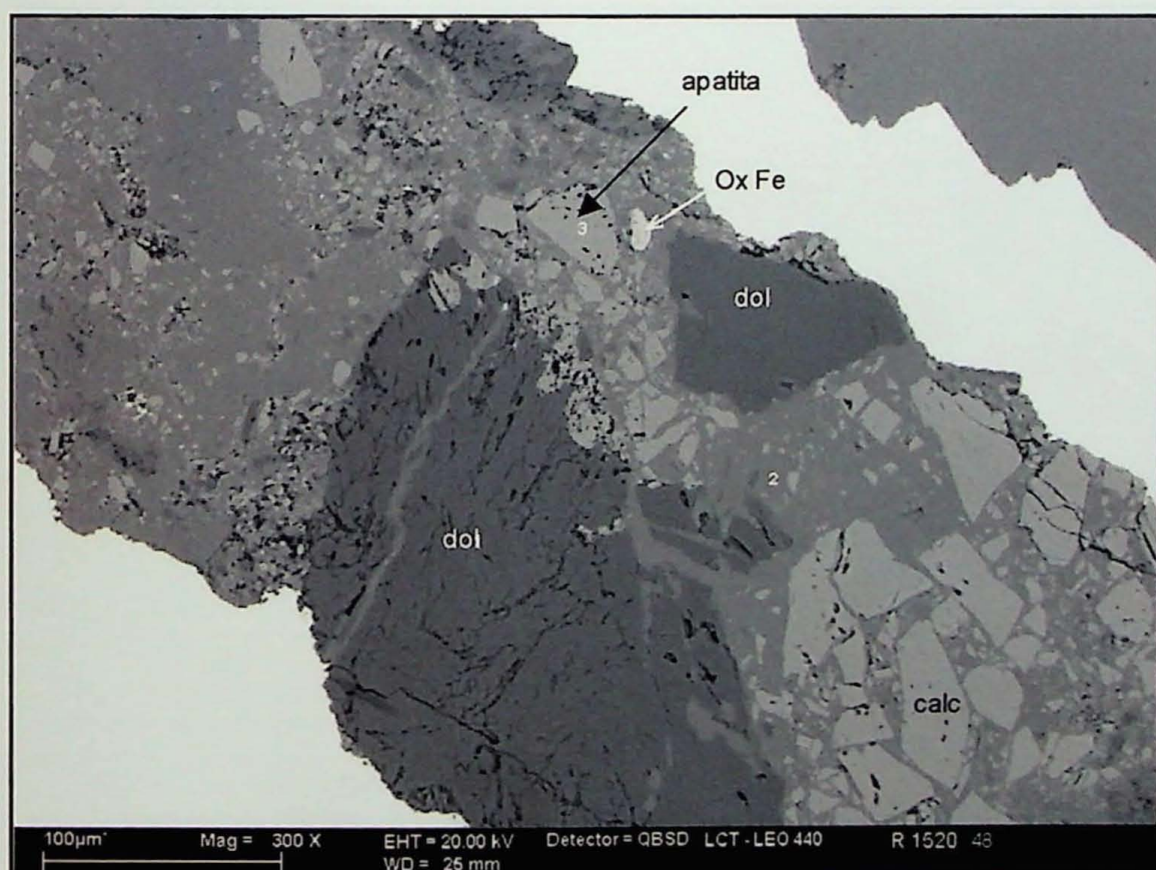


Figura 8.6: Partícula brechada: fragmentos de calcita, apatita e óxido de ferro em matriz dolomítica. Amostra R1520 (-35+48#)



FIGURA 9.1: Partículas de carbonatos. Amostra R1507 (-48+100#), produto flutuado não magnético

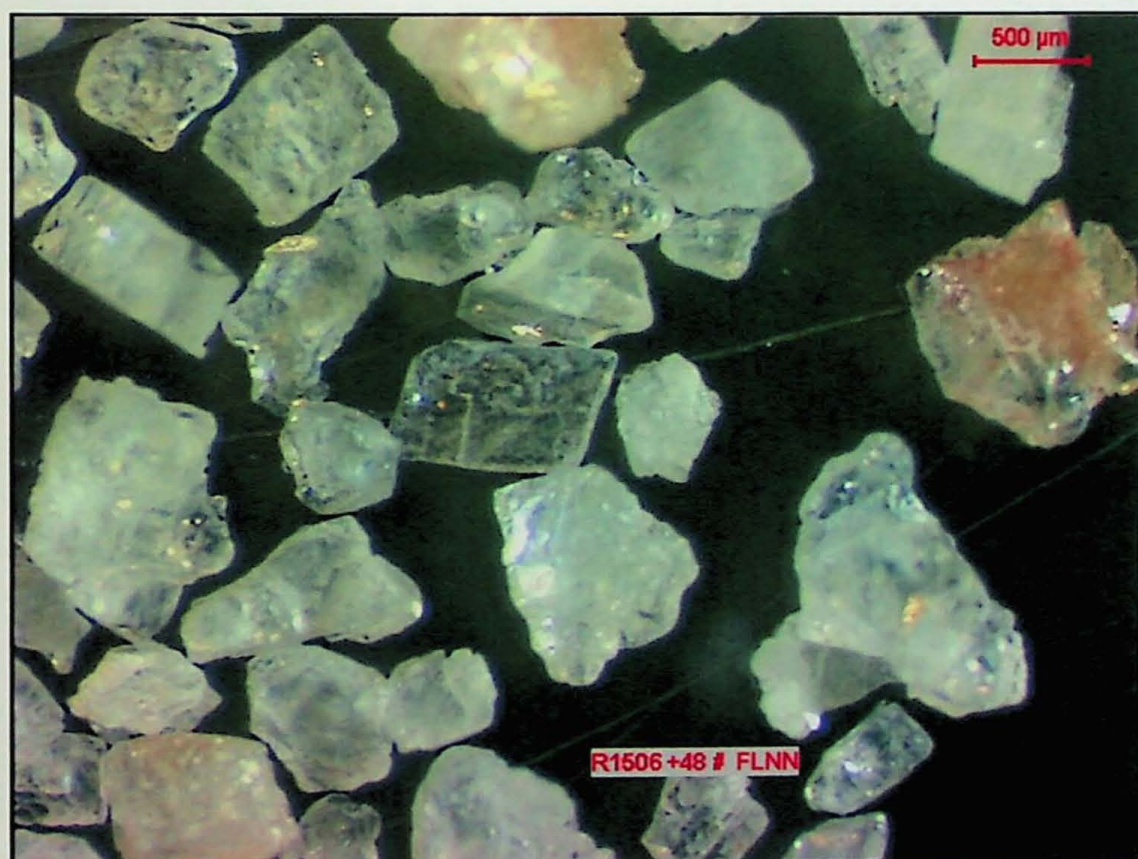


Figura 9.2: Partículas de carbonatos. Amostra R1506 (-35+48#), produto flutuado não magnético



Figura 9.3: Partículas de carbonatos, notar carbonato cor laranja no centro da imagem. Amostra R1506 (-35+48#), produto flutuado não magnético

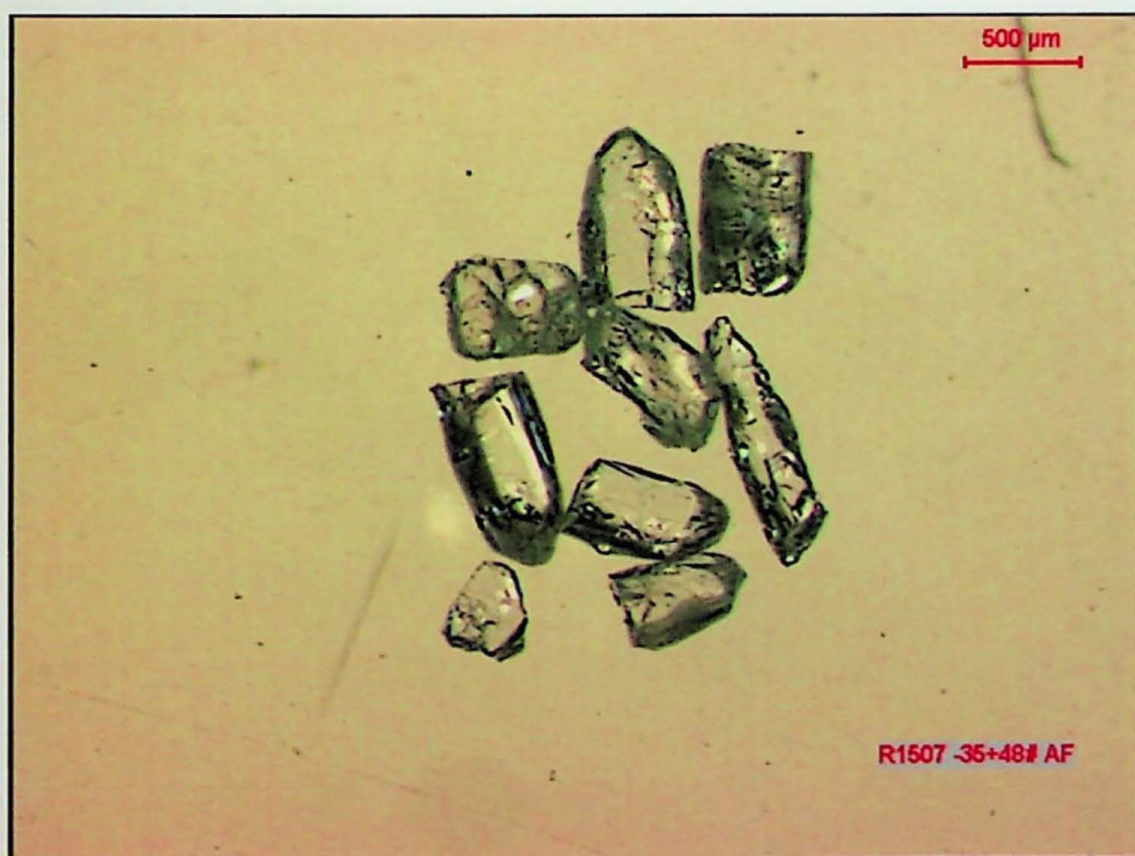


Figura 9.4: Partículas de apatita. Amostra R1507 (-35+48#), produto afundado em meio denso TBE ($d=2,96 \text{ g/cm}^3$)



Figura 9.5: Partículas de olivina. Amostra R1505 (-35+48#), produto afundado em meio denso TBE ($d=2,96 \text{ g/cm}^3$)

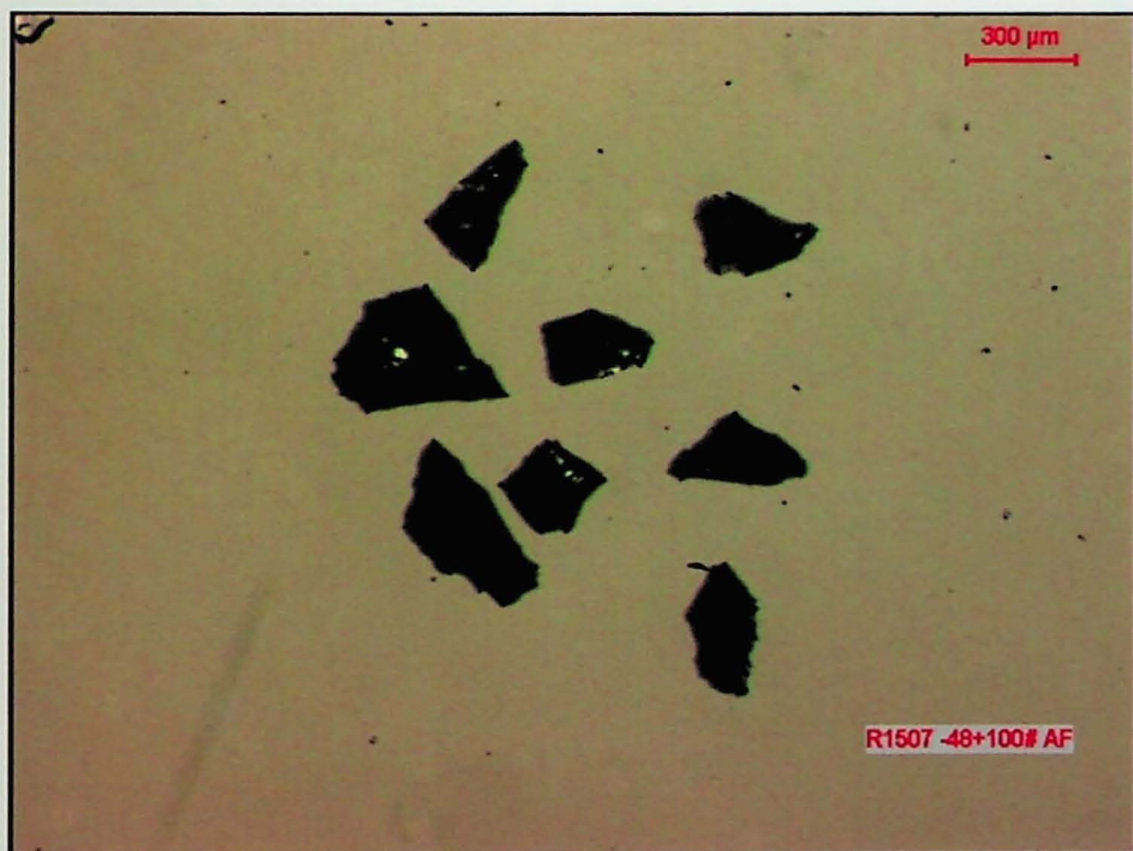


Figura 9.6: Partículas de magnetita. Amostra R1507 (-48+100#), produto afundado em meio denso TBE ($d=2,96 \text{ g/cm}^3$)



Figura 9.7: Partículas de flogopita. Amostra R1520 (-35+48#), produto flutuado ($d < 2,96 \text{ g/cm}^3$) magnético (1,3 A)

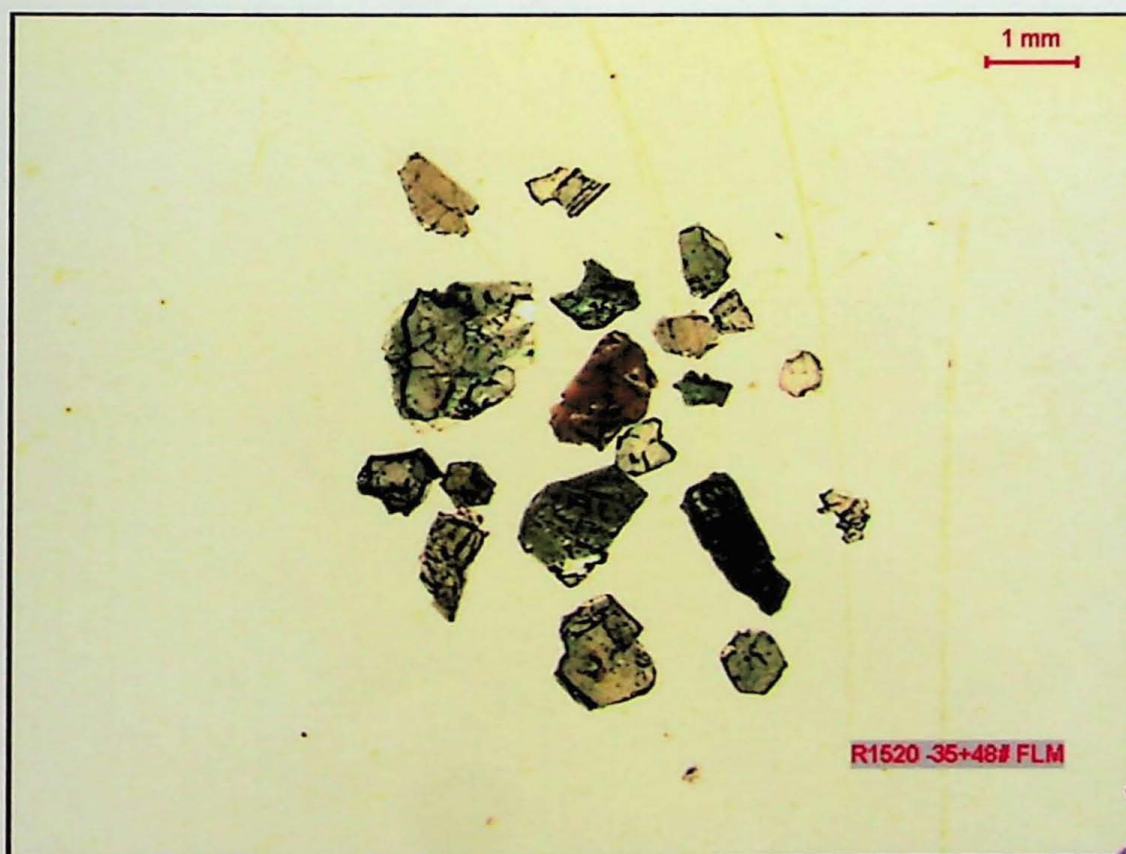
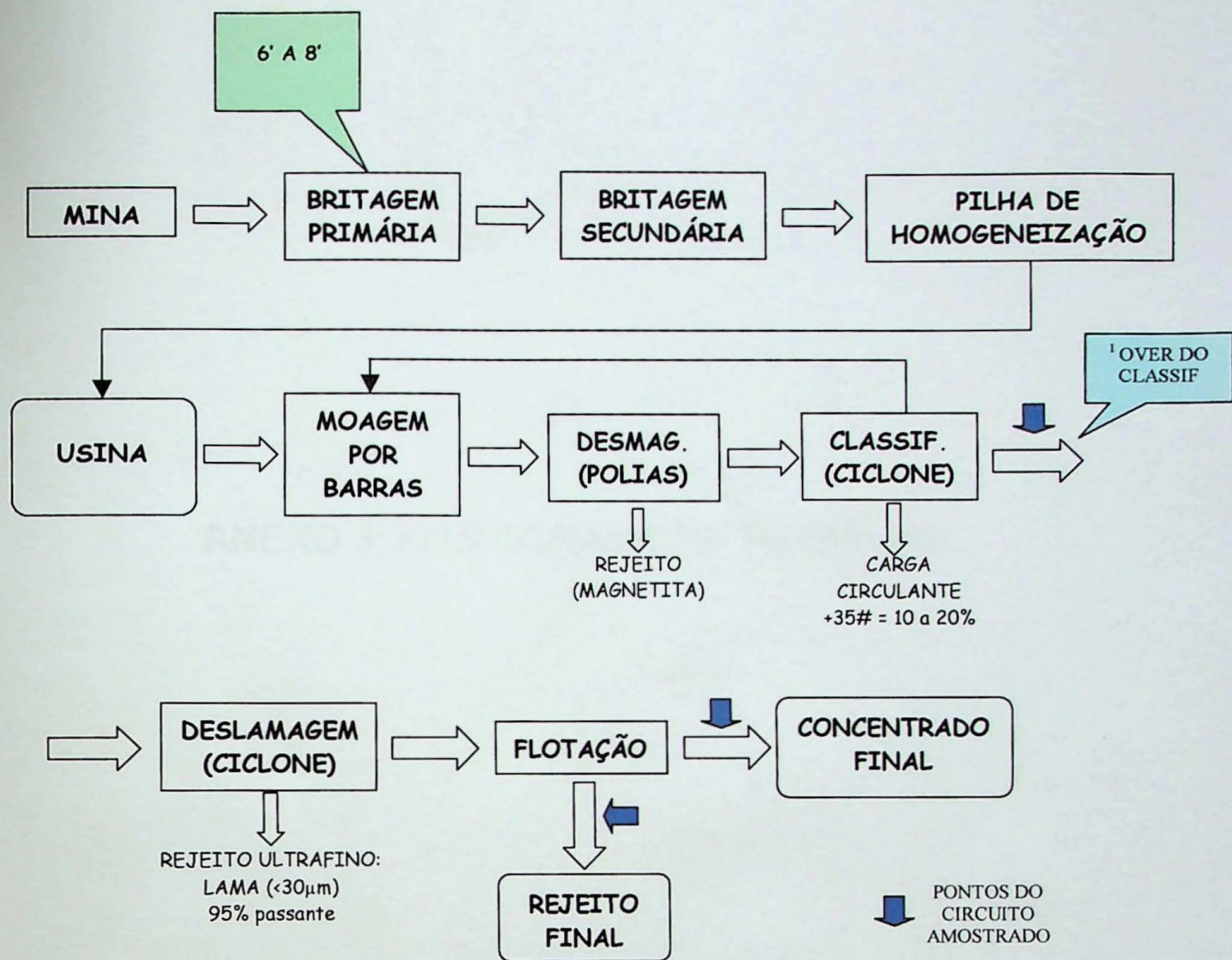
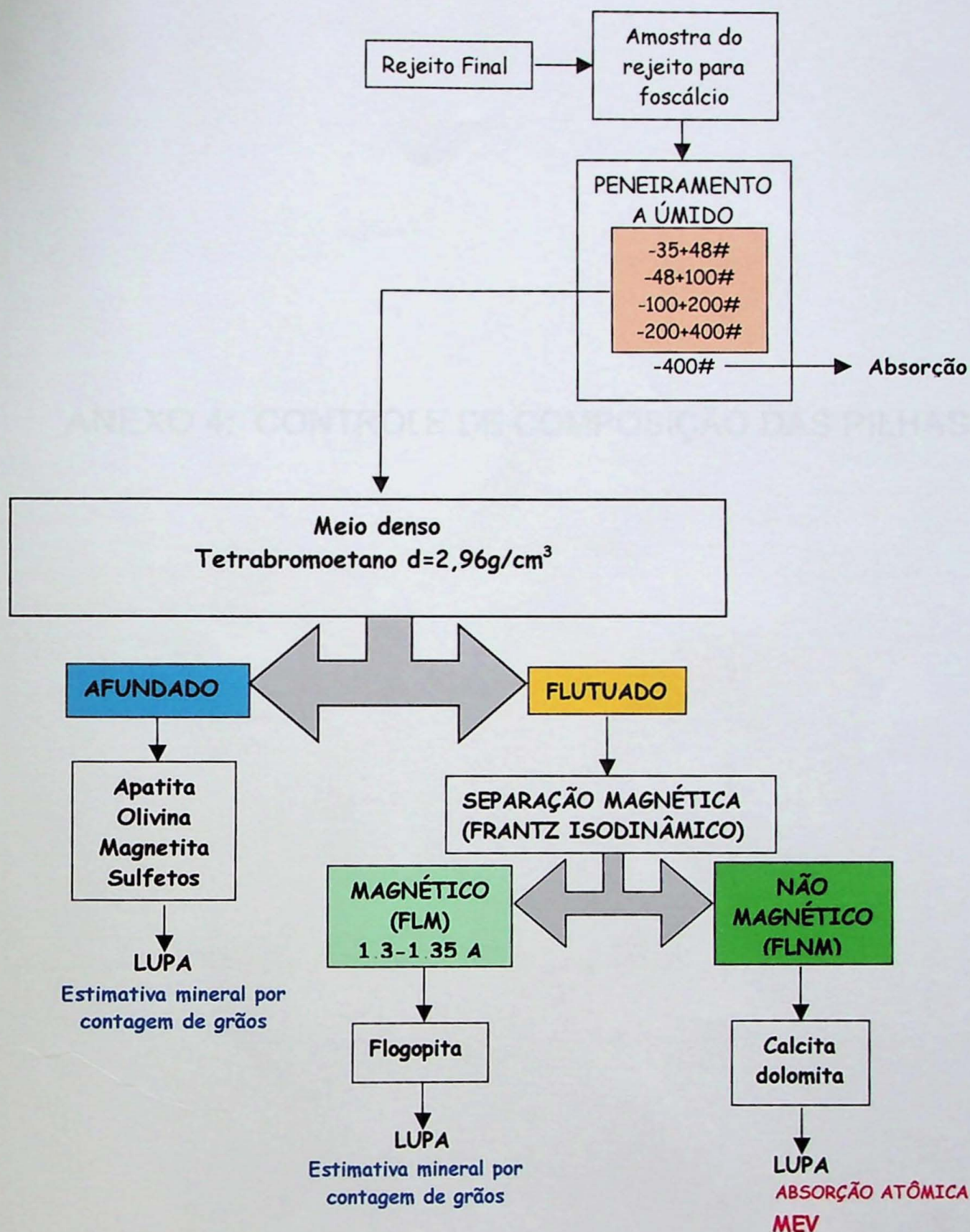


Figura 9.8: Partículas de flogopita. Amostra R1520 (-35+48#), produto flutuado ($d < 2,96 \text{ g/cm}^3$) magnético (1,3 A), que mostra alguns cristais de flogopita cor vermelha e castanha.

ANEXO 2: FLUXOGRAMA DA USINA



ANEXO 2. Fluxograma simplificado do complexo Mina-Usina, com indicação dos pontos do circuito amostrados (modificado de Cunha Alves, 1999)



ANEXO 3. Fluxograma simplificado dos trabalhos de caracterização

ANEXO 4. CONTROLE DE COMPOSIÇÃO DAS PILHAS DE MINÉRIO

PILHA: 1505

COMPOSIÇÃO:

INÍCIO (data e hora): 30/01/02 - 06:51

TÉRMINO (data e hora): 31/01/02 - 12:58

SEGMENTO DA PILHA: 020 a 120 faixa (m): 100

TIPOS DE MATERIAL							
BANCADA	FL	TONELAGEM	TON. (%)	P2O5 (%)	MgO (%)	CaO (%)	Fe2O3 (%)
-70	3	1002,81	14,53	6,27	3,35	48,65	6,42
-60	31/3	2311,68	33,49	6,46	3,77	46,37	9,20
10	465	2009,65	29,12	4,36	2,90	50,54	4,99
-50	465/R	1289,48	18,68	4,36	2,90	50,54	4,99
-60	461/1R	132,40	1,92	6,04	3,47	47,50	7,42
-70	461/1R	156,16	2,26	6,04	3,47	47,50	7,42
			0,00				
			0,00				
			0,00				
	TOTAL:	6902,18	MÉDIAS:	5,41	3,28	48,74	6,71

SEGMENTO DA PILHA: 120 a 320 faixa (m): 100

TIPOS DE MATERIAL							
BANCADA	FL	TONELAGEM	TON. (%)	P2O5 (%)	MgO (%)	CaO (%)	Fe2O3 (%)
-70	3	1722,63	13,41	6,27	3,35	48,65	6,42
-60	31/3	4282,92	33,33	6,46	3,77	46,37	9,20
10	465	3689,85	28,71	4,36	2,90	50,54	4,99
-50	465/R	2578,74	20,07	4,36	2,90	50,54	4,99
-60	461/1R	264,18	2,06	6,04	3,47	47,50	7,42
-70	461/1R	312,15	2,43	6,04	3,47	47,50	7,42
			0,00				
			0,00				
			0,00				
	TOTAL:	12850,47	MÉDIAS:	5,39	3,28	48,76	6,69

TOTAL: 19752,65 MÉDIAS: 5,40 3,28 48,75 6,70

ANEXO 4. CONTROLE DE COMPOSIÇÃO DAS PILHAS DE MINÉRIO

PILHA: 1506

COMPOSIÇÃO: foscálcio
INÍCIO (data e hora): 31/01/2002 as 12:59 TÉRMINO (data e hora): 01/02/2002 as 03:34

SEGMENTO DA PILHA: 020 a 245 faixa (m): 100

TIPOS DE MATERIAL							
BANCADA	FL	TONELAGEM	TON. (%)	P2O5 (%)	MgO (%)	CaO (%)	Fe2O3 (%)
10	466	1638,44	10,99	5,91	4,00	47,66	6,82
-60	31/3	5758,58	38,62	6,46	3,77	46,37	9,2
10	465	3038,37	20,38	4,36	2,90	50,54	4,99
-30	461/1	3559,35	23,87	6,04	3,47	47,5	7,42
-30	461/2	582,33	3,91	4,64	3,10	47,5	7,42
estoque		333,24	2,23	4,06	18,94		
			0,00				
			0,00				
			0,00				
	TOTAL:	14910,31	MÉDIAS:	5,75	3,86	46,64	7,38

ANEXO 4. CONTROLE DE COMPOSIÇÃO DAS PILHAS DE MINÉRIO

PILHA: 1507

COMPOSIÇÃO: foscálcio
INÍCIO (data e hora): 1/2/2002 03:36 TÉRMINO (data e hora): 1/2/2002

SEGMENTO DA PILHA: 020 a 120

TIPOS DE MATERIAL							
BANCADA	FOGO	TONELAGEM	TON. (%)	P2O5 (%)	MgO (%)	CaO (%)	Fe2O3 (%)
10	466	966,36	13,23	5,91	4,00	47,66	6,82
-60	31/3	3011,34	41,22	6,46	3,77	46,37	9,2
-50	465/R	203,70	2,79	4,36	2,90	50,54	4,99
-30	461/1	2723,97	37,29	6,04	3,47	47,50	7,42
-50	461/1R	399,84	5,47	6,04	3,47	47,50	7,42
			0,00				
			0,00				
			0,00				
			0,00				
	TOTAL:	7305,21	MÉDIAS:	6,15	3,65	47,14	8,01

SEGMENTO DA PILHA: 120 a 220 faixa (m): 100

TIPOS DE MATERIAL							
BANCADA	FOGO	TONELAGEM	TON. (%)	P2O5 (%)	MgO (%)	CaO (%)	Fe2O3 (%)
10	466	910,84	12,92	5,91	4,00	47,66	6,82
-60	31/3	2897,23	41,10	6,46	3,77	46,37	9,20
-50	465/R	203,70	2,89	4,36	2,90	50,54	4,99
-30	461/1	2638,34	37,42	6,04	3,47	47,50	7,42
-50	461/1R	399,84	5,67	6,04	3,47	47,50	7,42
			0,00				
			0,00				
			0,00				
			0,00				
	TOTAL:	7049,95	MÉDIAS:	6,15	3,65	47,14	8,00

SEGMENTO DA PILHA: 220 a 230 faixa (m): 10

TIPOS DE MATERIAL							
BANCADA	FOGO	TONELAGEM	TON. (%)	P2O5 (%)	MgO (%)	CaO (%)	Fe2O3 (%)
10	466	82,50	12,33	5,91	4,00	47,66	6,82
-60	31/3	278,10	41,58	6,46	3,77	46,37	9,20
-50	465/R	20,25	3,03	4,36	2,90	50,54	4,99
-30	461/1	248,16	37,10	6,04	3,47	47,50	7,42
-50	461/1R	39,87	5,96	6,04	3,47	47,50	7,42
			0,00				
			0,00				
			0,00				
			0,00				
	TOTAL:	668,88	MÉDIAS:	6,15	3,64	47,14	8,01

SEGMENTO DA PILHA: 330 a 335 faixa (m): 5

TIPOS DE MATERIAL							
BANCADA	FOGO	TONELAGEM	TON. (%)	P2O5 (%)	MgO (%)	CaO (%)	Fe2O3 (%)
-60	31/3	598,71	84,00	6,46	3,77	46,37	9,2
-30	461/1	114,04	16,00	6,04	3,47	47,5	7,42
			0,00				
			0,00				
			0,00				
			0,00				
			0,00				
			0,00				
	TOTAL:	712,75	MÉDIAS:	6,39	3,72	46,55	8,92

TOTAL: 15736,79 MÉDIAS: 6,16 3,65 47,12 8,05

ANEXO 4. CONTROLE DE COMPOSIÇÃO DAS PILHAS DE MINÉRIO

PILHA: 1520

COMPOSIÇÃO:

INÍCIO (data e hora): 13/2/2002 06:35 TÉRMINO (data e hora): 14/2/2002 05:16

SEGMENTO DA PILHA: 020 A 120 faixa (m): 100

TIPOS DE MATERIAL							
BANCADA	FL	TONELAGEM	TON. (%)	P2O5 (%)	MgO (%)	CaO (%)	Fe2O3 (%)
-70	3	2302,62	32,48	6,27	3,35	48,65	6,42
-60	79/1R	797,85	11,26	4,73	2,62	48,40	8,51
-50	79/1	2068,50	29,18	4,73	2,62	48,40	8,51
-50	79/1	797,85	11,26	5,49	2,95	48,40	8,51
-60	79/1R	1121,76	15,82	5,49	2,95	48,40	8,51
			0,00				
			0,00				
			0,00				
			0,00				
	TOTAL:	7088,58	MÉDIAS:	5,44	2,95	48,48	7,83

SEGMENTO DA PILHA: 120 A 280 faixa (m): 160

TIPOS DE MATERIAL							
BANCADA	FL	TONELAGEM	TON. (%)	P2O5 (%)	MgO (%)	CaO (%)	Fe2O3 (%)
-70	3	3811,12	31,62	6,27	3,35	48,65	6,42
-50	79/1	4398,94	36,49	5,49	2,95	48,4	8,51
-60	79/1R	3844,09	31,89	5,49	2,95	48,4	8,51
			0,00				
			0,00				
			0,00				
			0,00				
			0,00				
			0,00				
	TOTAL:	12054,15	MÉDIAS:	5,74	3,08	48,48	7,85

TOTAL: 19142,73 MÉDIAS: 5,63 3,03 48,48 7,84

ANEXO 5: DESCRIÇÃO EM MICROSCÓPIO ESTEREOSCÓPICO

ANEXO 5. – PRODUTO FLUTUADO NÃO MAGNÉTICO		
AMOSTRA	MINERAIS	DESCRIÇÃO
R 1505 (-35+48#) FLNM	Carbonatos	Predominam grãos de carbonato, branco, hábito romboédrico. Localmente são observados agregados microcristalinos de carbonato (recristalizado). Diversos grãos alteram-se para as cores laranja e amarelo, localmente ocorre cor de alteração vermelha. Ocorre associado a sulfeto, flogopita e um mineral preto (principal associação), sendo esse não magnético, alguns com hábito tabular (algum óxido talvez), localmente pode ocorrer associado à apatita e a um mineral verde (olivina). Foram observados pouquíssimos grãos de flogopita liberada (geralmente possuem cor verde, algumas amareladas). Presença de mineral verde, acicular (serpentina?)
R 1505 (-48+100#) FLNM	Carbonatos	Predomina carbonatos, cor branca, preservam hábito romboédrico localmente, alguns grãos possuem inclusões de um mineral preto, ou são associados a esse mineral. Pode estar alterando para cor laranja e vermelha. Localmente observam-se grãos de flogopita (verde claro) e mineral verde acicular (serpentina?)
R 1505 (-100+200#) FLNM	Carbonatos	Carbonatos cor branca, romboédrica, são predominantes, localmente com inclusões ou associados a cristais pretos, não magnéticos (esses também ocorrem livres). Alguns grãos de carbonato alteram para cor amarelo e laranja. Não foi observadas apatita, nem flogopita.
R 1505 (-200+400#) FLNM	Carbonatos	Predomina carbonatos, cor branca, raramente com inclusões, alguns grãos alteram para amarelo, laranja e vermelho. Contudo quase a totalidade dos grãos está liberada e sem inclusões. Foi observado, localmente, mineral verde acicular (serpentina?) e flogopita verde.

ANEXO 5. – PRODUTO FLUTUADO NÃO MAGNÉTICO		
AMOSTRA	MINERAIS	DESCRIÇÃO
R 1506 (-35+48#) FLNM	Carbonatos	Predominam grãos de carbonatos, brancos, romboédricos. Localmente estão associados a um mineral preto, não magnético ou possuem inclusões desse mesmo material; raramente ocorrem associados a sulfetos e a um mineral verde (brilho vítreo, olivina mais provável). Muitos grãos apresentam cor de alteração amarela, laranja e vermelha. Serpentina verde, acicular pode ocorrer raramente.
R 1506 (-48+100#) FLNM	Carbonatos	Predomina carbonato, branco, romboédricos, localmente alteram para cor laranja, amarelo e vermelho. Alguns grãos possuem inclusões ou película preta de um mineral não magnético. Podem ocorrer alguns grãos de flogopita verde e apatita verde e branca, acicular (<1%). Mineral preto não magnética, aparentemente serpentina.
R 1506 (-100+200#) FLNM	Carbonatos	Predomina carbonato, branco, partículas liberadas, sem inclusões, localmente ocorrem inclusões de mineral preto, não magnético, que muitas vezes parece formar uma película em torno dos grãos. Ocorre também em menor proporção carbonato alterado, cor amarela (mais comum), laranja e vermelha. Muito raramente podem ser observados grãos de flogopita verde.
R 1506 (-200+400#) FLNM	Carbonatos	Predomina carbonato branco, sem inclusões, cujas partículas estão livres. Localmente inclusões de mineral preto, não magnético (aspecto de sujeira no grão). Ocorre também, em pequena proporção carbonato amarelo, laranja e vermelho. Mineral preto, não magnético (não denominado). Muito localmente flogopita vermelha associada a carbonato (1grão) e flogopita verde (grão livre).

ANEXO 5. – PRODUTO FLUTUADO NÃO MAGNÉTICO		
AMOSTRA	MINERAIS	DESCRIÇÃO
R 1507 (-35+48#) FLNM	Carbonatos	Predominam grãos de carbonato subeuédricos, brancos, sem inclusões, localmente nas cores laranja e cinza, alguns grãos possuem recobrimento por uma película preta (algum óxido) ou vermelha. Pode estar associado à apatita, olivina e sulfeto (os dois últimos muito localmente). Presença de mineral verde com hábito fibroso (serpentina ?).
R 1507 (-48+100#) FLNM	Carbonatos	Predominam carbonatos subeuédricos, brancos, sem inclusões, podem ocorrer também nas cores laranja e cinza (esse localmente). Por vezes ocorre uma película de recobrimento preta (óxido Mn?) ou vermelha. Presença de mineral verde (serpentina?) e mineral preto, não identificado.
R 1507 (-100+200#) FLNM	Carbonatos	Predominam carbonatos subeuédricos, brancos, sem inclusões, podem ocorrer também em tons de amarelo. Alguns grãos com película de recobrimento preta e vermelha. Presença de mineral preto não magnético.
R 1507 (-200+400#) FLNM	Carbonatos	Predominam carbonatos subeuédricos, brancos, sem inclusões, podem ocorrer também em tons de amarelo e vermelho. Localmente grãos com película de recobrimento preta e vermelha. Aparentemente ocorrem pequenas descontinuidades (fraturas) dentro dos grãos preenchidas por material vermelho (óxido de ferro ?). Presença de mineral preto não magnético (não identificado).

ANEXO 5. – PRODUTO FLUTUADO NÃO MAGNÉTICO

AMOSTRA	MINERAIS	DESCRIÇÃO
R 1520(-35+48#) FLNM	Carbonatos	Predomínio de carbonato branco, subeuédricos, sem inclusões, pode ocorrer também nas cores laranja e amarelo, por vezes ocorre associado à apatita (principalmente), flogopita, olivina e sulfeto (esse muito localmente). Pode ocorrer grão recoberto por uma película preta (óxido de Mn?) ou vermelha (óxido de ferro). Localmente material preto e vermelho preenchido por fraturas nos grãos.
R 1520(-48+100#) FLNM	Carbonatos	Predomínio de carbonato branco, subeuédricos, sem inclusões, ocorre também nas cores: laranja, amarelo e verde. Localmente grãos com película de recobrimento preta, vermelha e dourada (sulfeto) ocorrer flogopita e inclusões de mineral preto (não magnético).
R 1520(-100+200#) FLNM	Carbonatos	Predomínio de carbonato branco, subeuédricos, sem inclusões, pode ocorrer também nas cores laranja e amarelo, muito raramente cinza e preto. Localmente grãos com fraturas preenchidas por material vermelho (óxido de ferro?). Presença de mineral preto não magnético (não identificado).
R 1520(-200+400#) FLNM	Carbonatos	Predomínio de carbonato branco, subeuédricos, sem inclusões, pode ocorrer também em tons de amarelo (localmente), alguns grãos recobertos por uma película preta, outros vermelhos. Presença de mineral preto (não identificado). Pode ocorrer apatita e flogopita.

ANEXO 5. – PRODUTO FLUTUADO MAGNÉTICO

AMOSTRA	MINERAIS	DESCRIÇÃO
R 1505 (-35+48#) FLM	Flogopita, carbonatos, apatita, magnetita	Predomina flogopita e carbonatos. A flogopita é observada nas cores verde, cor de mel e vermelha. O maior parte dos grãos de carbonato está associado a minerais, tais como: magnetita, flogopita, sulfetos, olivina e apatita (esses dois últimos localmente). Ocorre mineral preto, não magnético, não identificado. Localmente são observados alguns grãos de serpentina verde, acicular, com inclusões de magnetita. Grãos de carbonato alterando-se para cor laranja ocorrem. Localmente alguns grãos de olivina verde claro.
R 1505 (-48+100#) FLM	flogopita, carbonatos, magnetita, olivina	Flogopita e carbonato. Flogopita nas cores verde, castanha e vermelha, muitos grãos sujos (mineral preto entre as placas). Carbonato cor branca, muitos possuem inclusões ou estão associados à magnetita, alguns grãos desse mineral estão alterados para cor laranja. Ocorre flogopita cor laranja associada ao carbonato. Localmente ocorre serpentina verde acicular, mineral preto, não magnético e sulfeto.
R 1505 (-100+200#) FLM	Carbonatos, flogopita, serpentina	Predomina flogopita e carbonatos. Flogopita verde, castanha e vermelha. Carbonato geralmente associado a outros minerais, mais comumente com magnetita e alguns grãos cor laranja e amarela. Localmente ocorre serpentina verde acicular.
R 1505 (-200+400#) FLM	Carbonatos, flogopita, serpentina	Flogopita e carbonatos aparentemente nas mesmas proporções. Flogopita cor verde, castanho claro e vermelho. Carbonato com inclusões ou associado a um mineral preto não magnético e à magnetita. Alguns alterados cor laranja. Ocorre localmente apatita verde acicular (>1%) e mineral preto não magnético, aparentemente serpentina.

ANEXO 5. – PRODUTO FLUTUADO MAGNÉTICO		
AMOSTRA	MINERAIS	DESCRIÇÃO
R 1506 (-35+48#) FLM	Flogopita, carbonatos, olivina, serpentina	Flogopita e carbonatos. Flogopita ocorre nas cores verde, laranja e vermelha e pode estar associada a carbonato e apatita. Carbonato pode estar associado a flogopita, sulfeto, apatita e magnetita, ocorrem nas cores branca (mais comum, inclusões de magnetita são freqüentes), laranja, amarelo e vermelho. Apatita tipicamente acicular, verde, associada a carbonato, magnetita e flogopita, também pode ocorrer livre. Localmente pode ocorrer serpentina e olivina.. Mineral preto não magnético (não identificado).
R 1506 (-48+100#) FLM	Flogopita, carbonatos, olivina e serpentina	Flogopita e carbonato. Flogopita predomina na cor verde, ocorre também “cor de mel” e vermelha. Tipicamente ocorre livre, no entanto, pode conter inclusões de carbonato e magnetita, ou estar associada a esses. Carbonato ocorre nas cores branca, laranja e vermelha, grande parte dos grãos com inclusões ou associados à magnetita (mais freqüente), também pode ocorrer associada à sulfeto e flogopita. Pode ser observada (raramente) serpentina verde, acicular, grãos livres, algumas associadas à minerais como magnetita. Mineral preto, não identificado.
R 1506 (-100+200#) FLM	Flogopita, carbonatos, serpentina	Flogopita e carbonatos. Flogopita tipicamente verde, ocorre também laranja e vermelha, alguns grãos com inclusões de mineral preto. Carbonato tipicamente branco ocorre também alterado, amarelo, laranja e vermelho, são raros os grãos que não possuem inclusões (magnetita principalmente), alguns com uma película preta. Raramente pode ocorrer carbonato associado a flogopita. Ocorre serpentina verde, acicular, cujos grãos estão livres.
R 1506 (-200+400#) FLM	Flogopita, carbonatos, serpentina	Predomina flogopita e carbonatos . flogopita cores verde, laranja, amarela, vermelha e preta, geralmente anhedrais. Carbonato branco, sendo que diversos deles possuem pontos pretos na superfície (magnetita principalmente). Localmente observa-se serpentina (branca, com hábito acicular).

ANEXO 5. – PRODUTO FLUTUADO MAGNÉTICO		
AMOSTRA	MINERAIS	DESCRIÇÃO
R 1507 (-35+48#) FLM	Flogopita, carbonatos, serpentina	Predomina flogopita e carbonatos. Flogopita tipicamente subeuhedrica em tons de verde, ora em tons de vermelho, alguns grãos possuem inclusões de carbonatos, apatita e magnetita, outros possuem manchas escuras (alteração). A maioria dos grãos de carbonatos são mistos (apatita, magnetita e flogopita) e/ou possuem impregnações, normalmente possuem cor branca, grãos subeuhedricos, ocorrem também grãos laranja e amarelos (oxidados). Localmente serpentina cor branca, hábito fibroso.
R 1507 (-48+100#) FLM	Flogopita, carbonatos, serpentina	Predomina flogopita e carbonatos. Flogopita tipicamente subeuhedrica, cor verde (mais comum), laranja e vermelho, alguns grãos com manchas (alteração). Carbonato tipicamente branco (alterados também ocorrem) com inclusões e/ou impregnações (magnetita principalmente), grãos subeuhedricos. Localmente serpentina (branca, hábito fibroso)
R 1507 (-100+200#) FLM	Flogopita, carbonatos, serpentina	Predomina flogopita e carbonatos, serpentina em menor proporção. Flogopita tipicamente anedral em tons de verde, castanho e amarelo, alguns grãos, parcial ou totalmente recobertos por uma película preta (alteração), aparentemente todos os grãos liberados. Carbonato geralmente branco, localmente em tons castanhos, subeuhedricos, freqüentemente com pequenas inclusões e recobrimento superficial (provavelmente magnetita). Serpentina acicular, cor branca e verde.
R 1507 (-200+400#) FLM	carbonatos, Flogopita, serpentina	Predomina flogopita e carbonatos, serpentina em menor proporção. Flogopita geralmente anedral em tons de verde e castanho, em alguns grãos ocorrem manchas superficiais (alteração). Todas as partículas aparentemente liberadas. Carbonato anedral branco, localmente laranja, comumente com inclusões (provavelmente magnetita). Serpentina acicular branca.

ANEXO 5. – PRODUTO FLUTUADO MAGNÉTICO

AMOSTRA	MINERAIS	DESCRIÇÃO
R 1520 (-35+48#) FLM	Flogopita, carbonatos	Predominam carbonatos e flogopita. Flogopita subeuhedrica em tons de verde, localmente com inclusões de carbonato e manchas de alteração, a maior parte dos grãos liberados, no entanto pode estar associada a carbonatos. Este geralmente branco, localmente laranja, anedral a subeuhedrico, alguns grãos com recobrimento superficial (película preta, ora vermelha), pode conter pequenas inclusões (magnetita) e estar associado a flogopita (principalmente), olivina, sulfeto e apatita.
R 1520 (-48+100#) FLM	Carbonatos, Flogopita, serpentina	Predominam carbonatos e flogopita. Flogopita anedral a subeuhedrica em tons de verde e vermelho, por vezes castanha, sendo que a maior parte dos grãos liberados (localmente associado a carbonato), alguns grãos com manchas escuras superficiais (alteração). Carbonato branco, alguns laranja, geralmente anedral, comumente apresentam película de recobrimento escura e pequenas inclusões (magnetita), pode estar associado a sulfeto e flogopita. Localmente serpentina.
R 1520 (-100+200#) FLM	Flogopita, carbonatos	Predominam carbonatos e flogopita. Localmente serpentina. Flogopita em tons de verde e laranja, por vezes vermelha, geralmente anedral, alguns grãos com manchas escuras (alteração), muito localmente associada a carbonatos. Esses tipicamente anhedrais, brancos (laranja menos comum), comumente com recobrimento superficial (película preta, ora vermelha). Presença de serpentina acicular, branca.
R 1520 (-200+400#) FLM	Flogopita, carbonatos	Predominam carbonatos e flogopita. Localmente serpentina. Flogopita cor verde, castanha, vermelha e laranja, aparentemente todos os grãos liberados. Carbonato branco e laranja, pequenas inclusões (magnetita?) e recobrimento superficial são freqüentes (película preta). Serpentina branca, acicular.

ANEXO 5 DESCRIÇÃO DAS AMOSTRAS EM MICROSCÓPIO ESTEREOSCÓPICO		
DESCRIÇÃO EM LUPA PARA OS AFUNDADOS EM MEIO DENSO		
AMOSTRA	MINERAIS	DESCRIÇÃO
R1505 (-35+48#) AF	Apatita, olivina, carbonato, sulfetos, magnetita, outros	Apatita tipicamente transparente com hábito acicular, ocorre também nas cores laranja e verde (acicular) e vermelho; altera-se para cor amarela e algumas vezes vermelho escuro; pode ocorrer associada à carbonatos. Alguns grãos possuem inclusões de magnetita, outros são cobertos por uma fina camada escura (óxido). Olivina verde claro e verde oliva, muitos grãos alterando para serpentina. Carbonatos geralmente associados à apatita, magnetita, sulfeto. Mineral vermelho claro, transparente, brilho vítreo (não determinado). Flogopita verde, euédrica, com inclusão de sulfeto (1 grão).
R1505 (-48+100#) AF	Apatita, olivina, magnetita, carbonato, sulfetos, outros	Apatita tipicamente acicular e transparente, ocorre também verde (acicular), laranja e vermelha, muitos grãos são recobertos por uma película preta (possivelmente algum óxido), são observadas inclusões (provavelmente de magnetita). Olivina cor verde oliva característica, alguns grãos com inclusões de um mineral preto. Magnetita anedral a subeuédrica. Mineral vermelho claro, transparente, brilho vítreo (não determinado).
R1505(-100+200#) AF	Apatita, olivina, magnetita, sulfeto, carbonato, outros	Apatita geralmente transparente, subeuédrica, a maioria dos grãos possuem inclusões (magnetita) ou são recobertos por uma película de óxido, pouquíssimos grãos associados à magnetita. Olivina cor verde oliva característica, anedral, localmente ocorre associada à magnetita, alguns grãos com inclusões de magnetita. Alguns carbonatos alterando-se para cor laranja. Mineral vermelho claro, transparente, brilho vítreo (não determinado).
R1505(-200+400#) AF	Apatita, magnetita, olivina, carbonato, sulfeto	Apatita transparente, anedral, a maioria dos cristais com inclusões de magnetita ou recobertos por película de óxido, alguns grãos alterando para cor amarela, ocorre também nas cores verde e laranja. Olivina verde claro. Alguns grãos de carbonato alterando para cor laranja. Magnetita anedral em grande quantidade. Aparentemente todos os grãos estão liberados

ANEXO 5 DESCRIÇÃO DAS AMOSTRAS EM MICROSCÓPIO ESTEREOSCÓPICO		
DESCRIÇÃO EM LUPA PARA OS AFUNDADOS EM MEIO DENSO		
AMOSTRA	MINERAIS	DESCRIÇÃO
R1506(-35+48#) AF	Apatita, olivina, serpentina, carbonato, magnetita, sulfeto, outros	Apatita ocorre tipicamente acicular, transparente; pode ser encontrada localmente nas cores laranja, vermelho e verde; muitos cristais possuem inclusões de magnetita e alguns são recobertos por uma película de óxido. Ocorre associada com carbonato e magnetita (associada localmente com sulfeto e flogopita). Alguns cristais de olivina estão alterados para serpentina; inclusões de magnetita também ocorre nesse mineral. Grãos de carbonato associados à apatita, sulfetos e magnetita, alguns grãos alterando para cor laranja. Mineral vermelho claro, brilho vítreo (não identificado). Flogopita verde (1grão).
R1506 (-48+100#)AF	Apatita, olivina, serpentina carbonato, magnetita, flogopita, sulfeto	Apatita tipicamente transparente, acicular. A maior parte desses grãos possui inclusões de magnetita, alguns grãos cobertos por uma película de óxido; ocorre também nas cores verde e laranja; algumas alteram para cor amarela; localmente ocorre associada a olivina, carbonato e magnetita. Olivina verde, anedral, serpentina localmente. O carbonato ocorre associado à sulfeto, magnetita, apatita e livres (sem associações); alguns grão de carbonato amarelados.
R1506 -100+200#AF	Apatita, magnetita, olivina, serpentina, flogopita, carbonato, sulfeto	Apatita ocorre tipicamente transparente, sendo que a maioria dos grãos possui inclusões de magnetita ou são cobertos por uma película de óxido, ocorre também nas cores verde (essa bastante acicular) e laranja. Alguns grãos alteram-se para a cor vermelha. A olivina ocorre bastante limpa Alguns grãos de carbonato alterando-se para a cor laranja. Aparentemente todos os minerais estão liberados. Mineral vermelho claro, brilho vítreo (não identificado).
R1506(-200+400#) AF	Magnetita, apatita, olivina, carbonato, sulfeto, outros	Apatita transparente é a mais comum, foi observada também nas cores laranja e vermelha e muitos desses grãos possuem inclusões (provavelmente magnetita). Carbonato ocorre em pouca quantidade, sendo que muitos desses grãos alteram-se para cor laranja. Muita magnetita em relação às outras frações. Mineral vermelho claro, brilho vítreo (não identificado)

ANEXO 5 DESCRIÇÃO DAS AMOSTRAS EM MICROSCÓPIO ESTEREOSCÓPICO		
DESCRIÇÃO EM LUPA PARA OS AFUNDADOS EM MEIO DENSO		
AMOSTRA	MINERAIS	DESCRIÇÃO
R1507 (-35+48#) AF	Apatita, olivina, magnetita, carbonato, sulfeto, outros, serpentina	Predomina apatita transparente. Muitos grãos possuem inclusões ou são recobertos por uma película preta. Ocorre também apatita laranja, vermelha e roxa. Ocorre carbonato branco e laranja, grãos liberados e localmente associado à sulfeto. Localmente ocorre serpentina, levemente esverdeada, muito acicular e 1 grão de flogopita associada à sulfeto. Presença de mineral vermelho, transparente, brilho vítreo.
R1507 (-48+100#) AF	Apatita, olivina, magnetita, carbonato, sulfeto, outros	Predomina apatita incolor, transparente (alguns grãos laranja), anedral a subeuédrica, diversos grãos com impregnações superficiais e inclusões. Olivina anedral. Magnetita anedral, localmente subeuédrica. Sulfetos e carbonato ocorrem localmente.
R1507 (-100+200#) AF	Apatita, olivina, magnetita, carbonato, sulfeto, outros	Predomina apatita incolor, transparente, ocorre também alterada para laranja. Impregnações superficiais e inclusões são comuns. Magnetita em maior quantidade, tipicamente anedral, localmente subeuédrica. Olivina anedral, localmente com impregnações. Ocorre também sulfetos e serpentina.
R1507 (-200+400#) AF	Apatita, olivina, magnetita, carbonato, sulfeto, flogopita	Predomina apatita incolor, transparente, ocorre também laranja, inclusões e impregnações também podem ocorrer. Aumento significativo na % em volume de magnetita, anedral, localmente subeuédrica. Olivina, sulfetos e carbonatos também ocorrem.

ANEXO 5 DESCRIÇÃO DAS AMOSTRAS EM MICROSCÓPIO ESTEREOSCÓPICO		
DESCRIÇÃO EM LUPA PARA OS AFUNDADOS EM MEIO DENSO		
AMOSTRA	MINERAIS	DESCRIÇÃO
R1520 (-35+48#) AF	Apatita, magnetita, olivina, serpentina, flogopita, carbonato, sulfeto, outros	Predomina apatita incolor, transparente, diversos grão possuem impregnações superficiais e inclusões, ocorre também nas cores laranja, amarela e vermelha (essa muito localmente), pode ocorrer associada a carbonatos. Magnetita anedral a subeuédrica. Carbonato tipicamente associado à sulfeto, ocorre também olivina, serpentina, sulfeto (livre) e flogopita
R1520 (-48+100#) AF	Apatita, magnetita, olivina, flogopita, carbonato, sulfeto	Predomina apatita incolor, transparente, anedral a subeuédrica, sendo que diversos grãos apresentam impregnações e inclusões. Olivina anedral, sulfeto anedral a subeuédrico, magnetita anedral, olivina ocorre localmente.
R1520 (-100+200#) AF	Apatita, apatita mista, magnetita, olivina, carbonato, sulfeto, serpentina	Apatita tipicamente incolor, transparente, pode ocorrer também laranja, diversos grãos com impregnações e inclusões. Sulfetos e magnetita em maior proporção, tipicamente anedrais, localmente subeuédricos. Olivina anedral, serpentina localmente. Grãos mistos são raros. Carbonatos localmente.
R1520 (-200+400#) AF	Apatita, magnetita, olivina, carbonato, sulfeto, serpentina	Predomina magnetita anedral, apatita incolor, transparente, anedral, ocorre também laranja. Impregnações e inclusões são comuns. Olivina não é tão comum quanto nas frações mais grossas, serpentina e carbonatos também estão presentes

ANEXO 6: CONTAGEM DE GRÃOS

ANEXO 6. CONTAGEM DE GRÃOS
AMOSTRA R1505

AFUNDADOS				
R1505(-35+48#)	total	% vol	densidade	% peso
APATITA	186,3	55,3	3,2	51,4
CARBONATOS	26,4	7,8	2,7	6,2
OLIVINA	72,5	21,5	3,5	22,1
MAGNETITA	26,6	7,9	5,2	12,0
SULFETOS	9,4	2,8	5,0	4,1
FLOGOPITA	3,5	1,0	2,9	0,9
SERPENTINA	1,0	0,3	3,0	0,3
OUTROS	11,4	3,4	3,2	3,1
TOTAL	337,0	100,0	3,4	100,0
GRAU DE LIBERAÇÃO DA APATITA				85,2
GRAU DE LIBERAÇÃO DE CARBONATO				77,6
R1505(-48+100#)	total	% vol	densidade	% peso
APATITA	291,9	47,3	3,2	43,0
CARBONATOS	10,9	1,8	2,7	1,4
OLIVINA	235,6	38,2	3,5	38,3
MAGNETITA	43,1	7,0	5,2	10,4
SULFETOS	21,0	3,4	5,0	4,9
FLOGOPITA	0,0	0,0	2,9	0,0
SERPENTINA	0,0	0,0	3,0	0,0
OUTROS	14,5	2,4	3,2	2,1
TOTAL	617,0	100,0	3,5	100,0
GRAU DE LIBERAÇÃO DA APATITA				83,5
GRAU DE LIBERAÇÃO DE CARBONATO				82,8
R1505(-100+200#)	total	% vol	densidade	% peso
APATITA	160,5	39,3	3,2	32,0
CARBONATOS	4,0	1,0	2,7	0,7
OLIVINA	108,0	26,5	3,5	23,8
MAGNETITA	126,0	30,9	5,2	41,1
SULFETOS	4,0	1,0	5,0	1,3
FLOGOPITA	0,0	0,0	2,9	0,0
SERPENTINA	1,0	0,2	3,0	0,2
OUTROS	4,5	1,1	3,2	0,9
TOTAL	408,0	100,0	3,9	100,0
GRAU DE LIBERAÇÃO DA APATITA				83,6
GRAU DE LIBERAÇÃO DE CARBONATO				100
R1505(-200+400#)	total	% vol	densidade	% peso
APATITA	139,5	34,3	3,2	26,5
CARBONATOS	0,0	0,0	2,7	0,0
OLIVINA	92,0	22,6	3,5	19,3
MAGNETITA	171,0	42,0	5,2	53,0
SULFETOS	3,0	0,7	5,0	0,9
FLOGOPITA	0,0	0,0	2,9	0,0
SERPENTINA	0,0	0,0	3,0	0,0
OUTROS	1,5	0,4	3,2	0,3
TOTAL	407,0	100,0	4,1	100,0
GRAU DE LIBERAÇÃO DA APATITA				93,0
GRAU DE LIBERAÇÃO DE CARBONATO				

FLUTUADO MAGNÉTICO				
R1505(-35+48#)	total	% vol	densidade	% peso
APATITA	11,6	3,5	3,2	3,9
CARBONATOS	58,8	17,9	2,7	16,8
OLIVINA	0,0	0,0	3,5	0,0
MAGNETITA	5,6	1,7	5,2	3,1
SULFETOS	0,1	0,0	5,0	0,1
FLOGOPITA	250,0	76,0	2,9	75,3
SERPENTINA	0,0	0,0	3,0	0,0
OUTROS	2,9	0,9	2,7	0,8
TOTAL	329,0	100,0	2,9	100,0
GRAU DE LIBERAÇÃO DA APATITA				94,9
GRAU DE LIBERAÇÃO DE CARBONATO				56,2
R1505(-48+100#)	total	% vol	densidade	% peso
APATITA	2,6	0,7	3,2	0,7
CARBONATOS	105,6	27,0	2,7	25,7
OLIVINA	4,0	1,0	3,5	1,3
MAGNETITA	4,5	1,2	5,2	2,1
SULFETOS	0,0	0,0	5,0	0,0
FLOGOPITA	274,0	70,1	2,9	70,1
SERPENTINA	0,0	0,0	3,0	0,0
OUTROS	0,3	0,1	2,7	0,1
TOTAL	391,0	100,0	2,9	100,0
GRAU DE LIBERAÇÃO DA APATITA				80,8
GRAU DE LIBERAÇÃO DE CARBONATO				94,1
R1505(-100+200#)	total	% vol	densidade	% peso
APATITA	0,0	0,0	3,2	0,0
CARBONATOS	357,4	59,4	2,7	58,0
OLIVINA	0,0	0,0	3,5	0,0
MAGNETITA	1,6	0,3	5,2	0,5
SULFETOS	0,0	0,0	5,0	0,0
FLOGOPITA	232,0	38,5	2,9	39,6
SERPENTINA	11,0	1,8	3,0	2,0
OUTROS	0,0	0,0	2,7	0,0
TOTAL	602,0	100,0	2,8	100,0
GRAU DE LIBERAÇÃO DA APATITA				
GRAU DE LIBERAÇÃO DE CARBONATO				98,5
R1505(-200+400#)	total	% vol	densidade	% peso
APATITA	0,0	0,0	3,2	0,0
CARBONATOS	185,0	52,6	2,7	51,3
OLIVINA	0,0	0,0	3,5	0,0
MAGNETITA	0,0	0,0	5,2	0,0
SULFETOS	0,0	0,0	5,0	0,0
FLOGOPITA	165,0	46,9	2,9	48,1
SERPENTINA	2,0	0,6	3,0	0,6
OUTROS	0,0	0,0	2,7	0,0
TOTAL	352,0	100,0	2,8	100,0
GRAU DE LIBERAÇÃO DA APATITA				
GRAU DE LIBERAÇÃO DE CARBONATO				100

ANEXO 6. CONTAGEM DE GRÃOS
AMOSTRA R1506

AFUNDADOS				
R1506(-35+48#)	total	% vol	densidade	% peso
APATITA	275,3	74,2	3,2	71,5
CARBONATOS	15,5	4,2	2,7	3,5
OLIVINA	56,0	15,1	3,5	16,1
MAGNETITA	15,4	4,1	5,2	6,5
SULFETOS	1,0	0,3	5,0	0,4
FLOGOPITA	0,5	0,1	2,9	0,1
SERPENTINA	2,0	0,5	3,0	0,5
OUTROS	5,4	1,4	3,2	1,4
TOTAL	371,0	100,0	3,3	100,0

GRAU DE LIBERAÇÃO DA APATITA	87,8
GRAU DE LIBERAÇÃO DE CARBONATO	83,9

R1506(-48+100#)	total	% vol	densidade	% peso
APATITA	195,1	55,8	3,2	50,7
CARBONATOS	23,3	6,6	2,7	5,2
OLIVINA	73,5	21,0	3,5	21,1
MAGNETITA	41,8	11,9	5,2	17,7
SULFETOS	8,0	2,3	5,0	3,3
FLOGOPITA	1,1	0,3	2,9	0,3
SERPENTINA	5,0	1,4	3,0	1,2
OUTROS	2,3	0,6	3,2	0,6
TOTAL	350,0	100,0	3,5	100,0

GRAU DE LIBERAÇÃO DA APATITA	91,5
GRAU DE LIBERAÇÃO DE CARBONATO	94,6

R1506(-100+200#)	total	% vol	densidade	% peso
APATITA	162,5	47,0	3,2	39,3
CARBONATOS	1,0	0,3	2,7	0,2
OLIVINA	85,0	24,6	3,5	22,7
MAGNETITA	89,0	25,7	5,2	35,2
SULFETOS	4,0	1,2	5,0	1,5
FLOGOPITA	1,0	0,3	2,9	0,2
SERPENTINA	2,0	0,6	3,0	0,5
OUTROS	1,5	0,4	3,2	0,4
TOTAL	346,0	100,0	3,8	100,0

GRAU DE LIBERAÇÃO DA APATITA	93,9
GRAU DE LIBERAÇÃO DE CARBONATO	100,0

R1506(-200+400#)	total	% vol	densidade	% peso
APATITA	220,6	38,0	3,2	28,8
CARBONATOS	4,0	0,7	2,7	0,4
OLIVINA	70,0	12,1	3,5	10,1
MAGNETITA	281,0	48,4	5,2	59,9
SULFETOS	2,0	0,3	5,0	0,4
FLOGOPITA	0,0	0,0	2,9	0,0
SERPENTINA	0,0	0,0	3,0	0,0
OUTROS	2,4	0,4	3,2	0,3
TOTAL	580,0	100,0	4,2	100,0

GRAU DE LIBERAÇÃO DA APATITA	93,0
GRAU DE LIBERAÇÃO DE CARBONATO	100,0

FLUTUADO MAGNÉTICO				
R1506(-35+48#)	total	% vol	densidade	% peso
APATITA	0,0	0,0	3,2	0,0
CARBONATOS	136,3	41,5	2,7	40,2
OLIVINA	3,8	1,1	3,5	1,4
MAGNETITA	0,5	0,2	5,2	0,3
SULFETOS	0,0	0,0	5,0	0,0
FLOGOPITA	186,5	56,9	2,9	57,8
SERPENTINA	1,0	0,3	3,0	0,3
OUTROS	0,0	0,0	2,7	0,0
TOTAL	328,0	100,0	2,8	100,0

GRAU DE LIBERAÇÃO DA APATITA	
GRAU DE LIBERAÇÃO DE CARBONATO	95,4

R1506(-48+100#)	total	% vol	densidade	% peso
APATITA	6,1	1,8	3,2	2,0
CARBONATOS	123,0	35,1	2,7	33,9
OLIVINA	1,0	0,3	3,5	0,4
MAGNETITA	0,0	0,0	5,2	0,0
SULFETOS	0,1	0,0	5,0	0,1
FLOGOPITA	217,8	62,2	2,9	63,1
SERPENTINA	1,0	0,3	3,0	0,3
OUTROS	1,0	0,3	2,7	0,3
TOTAL	350,0	100,0	2,8	100,0

GRAU DE LIBERAÇÃO DA APATITA	50,0
GRAU DE LIBERAÇÃO DE CARBONATO	97,6

R1506(-100+200#)	total	% vol	densidade	% peso
APATITA	0,0	0,0	3,2	0,0
CARBONATOS	108,3	30,0	2,7	29,0
OLIVINA	0,0	0,0	3,5	0,0
MAGNETITA	0,0	0,0	5,2	0,0
SULFETOS	0,0	0,0	5,0	0,0
FLOGOPITA	247,0	68,4	2,9	69,5
SERPENTINA	2,0	0,6	3,0	0,6
OUTROS	3,8	1,0	2,7	1,0
TOTAL	361,0	100,0	2,8	100,0

GRAU DE LIBERAÇÃO DA APATITA	
GRAU DE LIBERAÇÃO DE CARBONATO	88,7

R1506(-200+400#)	total	% vol	densidade	% peso
APATITA	2,0	0,5	3,2	0,5
CARBONATOS	180,0	41,2	2,7	40,0
OLIVINA	0,0	0,0	3,5	0,0
MAGNETITA	0,0	0,0	5,2	0,0
SULFETOS	0,0	0,0	5,0	0,0
FLOGOPITA	255,0	58,4	2,9	59,5
SERPENTINA	0,0	0,0	3,0	0,0
OUTROS	0,0	0,0	2,7	0,0
TOTAL	437,0	100,0	2,8	100,0

GRAU DE LIBERAÇÃO DA APATITA	100
GRAU DE LIBERAÇÃO DE CARBONATO	100

ANEXO 6. CONTAGEM DE GRÃOS
AMOSTRA R1507

AFUNDADOS				
R1507 (-35+48#)	total	% vol	densidade	% peso
APATITA	291,8	76,2	3,2	72,4
CARBONATOS	8,9	2,3	2,7	1,9
OLIVINA	48,0	12,5	3,5	13,2
MAGNETITA	19,3	5,0	5,2	7,8
SULFETOS	7,1	1,9	5,0	2,8
FLOGOPITA	0,0	0,0	2,9	0,0
SERPENTINA	1,0	0,3	3,0	0,2
OUTROS	7,0	1,8	3,2	1,7
TOTAL	383,0	100,0	3,3	100,0
GRAU DE LIBERAÇÃO DA APATITA				87,22
GRAU DE LIBERAÇÃO DE CARBONATO				78,87
R1507(-48+100#)	total	% vol	densidade	% peso
APATITA	267,1	63,0	3,2	58,7
CARBONATOS	16,5	3,9	2,7	3,1
OLIVINA	86,0	20,3	3,5	20,9
MAGNETITA	34,0	8,0	5,2	12,2
SULFETOS	6,8	1,6	5,0	2,3
FLOGOPITA	10,0	2,4	2,9	2,0
SERPENTINA	0,0	0,0	3,0	0,0
OUTROS	3,6	0,9	3,2	0,8
TOTAL	424,0	100,0	3,4	100,0
GRAU DE LIBERAÇÃO DA APATITA				90,8
GRAU DE LIBERAÇÃO DE CARBONATO				78,8
R1507(-100+200#)	total	% vol	densidade	% peso
APATITA	165,25	51,97	3,17	44,30
CARBONATOS	16,00	5,03	2,72	3,68
OLIVINA	53,00	16,67	3,50	15,69
MAGNETITA	78,00	24,53	5,18	34,17
SULFETOS	4,00	1,26	5,00	1,69
FLOGOPITA	0,00	0,00	2,86	0,00
SERPENTINA	0,00	0,00	3,00	0,00
OUTROS	1,75	0,55	3,17	0,47
TOTAL	318	100,00	3,72	100,00
GRAU DE LIBERAÇÃO DA APATITA				93,1
GRAU DE LIBERAÇÃO DE CARBONATO				100,0
R1507(-200+400#)	total	% vol	densidade	% peso
APATITA	171,0	48,7	3,2	39,0
CARBONATOS	8,0	2,3	2,7	1,6
OLIVINA	36,0	10,3	3,5	9,1
MAGNETITA	128,0	36,5	5,2	47,7
SULFETOS	6,0	1,7	5,0	2,2
FLOGOPITA	1,0	0,3	2,9	0,2
SERPENTINA	1,0	0,3	3,0	0,2
OUTROS	0,0	0,0	3,2	0,0
TOTAL	351,0	100,0	4,0	100,0
GRAU DE LIBERAÇÃO DA APATITA				100,0
GRAU DE LIBERAÇÃO DE CARBONATO				100,0

FLUTUADO MAGNÉTICO				
R1507 (-35+48#)	total	% vol	densidade	% peso
APATITA	0,1	0,0	3,2	0,0
CARBONATOS	154,0	43,3	2,7	41,9
OLIVINA	1,0	0,3	3,5	0,3
MAGNETITA	1,0	0,3	5,2	0,5
SULFETOS	0,1	0,0	5,0	0,1
FLOGOPITA	192,3	54,0	2,9	55,0
SERPENTINA	5,0	1,4	3,0	1,5
OUTROS	2,5	0,7	2,7	0,7
TOTAL	356,0	100,0	2,8	100,0
GRAU DE LIBERAÇÃO DA APATITA				50,00
GRAU DE LIBERAÇÃO DE CARBONATO				92,86
R1507(-48+100#)	total	% vol	densidade	% peso
APATITA	0,0	0,0	3,2	0,0
CARBONATOS	160,6	34,8	2,7	33,6
OLIVINA	0,0	0,0	3,5	0,0
MAGNETITA	0,0	0,0	5,2	0,0
SULFETOS	0,0	0,0	5,0	0,0
FLOGOPITA	299,4	64,8	2,9	65,9
SERPENTINA	2,0	0,4	3,0	0,5
OUTROS	0,0	0,0	2,7	0,0
TOTAL	462,0	100,0	2,8	100,0
GRAU DE LIBERAÇÃO DA APATITA				
GRAU DE LIBERAÇÃO DE CARBONATO				98,4
R1507(-100+200#)	total	% vol	densidade	% peso
APATITA	0,0	0,0	3,2	0,0
CARBONATOS	153,0	44,6	2,7	43,4
OLIVINA	0,0	0,0	3,5	0,0
MAGNETITA	0,0	0,0	5,2	0,0
SULFETOS	0,0	0,0	5,0	0,0
FLOGOPITA	189,0	55,1	2,9	56,3
SERPENTINA	1,0	0,3	3,0	0,3
OUTROS	0,0	0,0	2,7	0,0
TOTAL	343,0	100,0	2,8	100,0
GRAU DE LIBERAÇÃO DA APATITA				
GRAU DE LIBERAÇÃO DE CARBONATO				100,0
R1507(-200+400#)	total	% vol	densidade	% peso
APATITA	0,0	0,0	3,2	0,0
CARBONATOS	171,0	55,5	2,7	54,3
OLIVINA	0,0	0,0	3,5	0,0
MAGNETITA	0,0	0,0	5,2	0,0
SULFETOS	0,0	0,0	5,0	0,0
FLOGOPITA	137,0	44,5	2,9	45,7
SERPENTINA	0,0	0,0	3,0	0,0
OUTROS	0,0	0,0	2,7	0,0
TOTAL	308,0	100,0	2,8	100,0
GRAU DE LIBERAÇÃO DA APATITA				
GRAU DE LIBERAÇÃO DE CARBONATO				100,0

ANEXO 6. CONTAGEM DE GRÃOS
AMOSTRA R1520

AFUNDADOS				
R1520(-35+48#)	total	% vol	densidade	% peso
APATITA	221,5	59,5	3,2	57,6
CARBONATOS	53,8	14,4	2,7	12,0
OLIVINA	64,0	17,2	3,5	18,4
MAGNETITA	18,0	4,8	5,2	7,6
SULFETOS	4,9	1,3	5,0	2,0
FLOGOPITA	5,4	1,4	2,9	1,3
SERPENTINA	3,0	0,8	3,0	0,7
OUTROS	1,5	0,4	3,2	0,4
TOTAL	372,0	100,0	3,3	100,0
GRAU DE LIBERAÇÃO DA APATITA				95,5
GRAU DE LIBERAÇÃO DE CARBONATO				91,2
R1520(-48+100#)	total	% vol	densidade	% peso
APATITA	202,5	53,3	3,2	45,3
CARBONATOS	33,0	8,7	2,7	6,3
OLIVINA	31,0	8,2	3,5	7,7
MAGNETITA	92,0	24,2	5,2	33,6
SULFETOS	18,0	4,7	5,0	6,4
FLOGOPITA	2,0	0,5	2,9	0,4
SERPENTINA	0,0	0,0	3,0	0,0
OUTROS	1,5	0,4	3,2	0,3
TOTAL	380,0	100,0	3,7	100,0
GRAU DE LIBERAÇÃO DA APATITA				95,1
GRAU DE LIBERAÇÃO DE CARBONATO				100,0
R1520(-100+200#)	total	% vol	densidade	% peso
APATITA	250,0	45,7	3,2	35,9
CARBONATOS	10,0	1,8	2,7	1,2
OLIVINA	55,0	10,1	3,5	8,7
MAGNETITA	218,0	39,9	5,2	51,2
SULFETOS	12,0	2,2	5,0	2,7
FLOGOPITA	0,0	0,0	2,9	0,0
SERPENTINA	1,0	0,2	3,0	0,1
OUTROS	1,0	0,2	3,2	0,1
TOTAL	547,0	100,0	4,0	100,0
GRAU DE LIBERAÇÃO DA APATITA				97,3
GRAU DE LIBERAÇÃO DE CARBONATO				100,0
R1520(-200+400#)	total	% vol	densidade	% peso
APATITA	157,0	38,7	3,2	29,0
CARBONATOS	13,0	3,2	2,7	2,1
OLIVINA	21,0	5,2	3,5	4,3
MAGNETITA	209,0	51,5	5,2	63,0
SULFETOS	5,0	1,2	5,0	1,5
FLOGOPITA	0,0	0,0	2,9	0,0
SERPENTINA	1,0	0,2	3,0	0,2
OUTROS	0,0	0,0	3,2	0,0
TOTAL	406,0	100,0	4,2	100,0
GRAU DE LIBERAÇÃO DA APATITA				100,0
GRAU DE LIBERAÇÃO DE CARBONATO				100,0

FLUTUADO MAGNÉTICO				
R1520(-35+48#)	total	% vol	densidade	% peso
APATITA	0,0	0,0	3,2	0,0
CARBONATOS	234,1	53,9	2,7	52,7
OLIVINA	0,0	0,0	3,5	0,0
MAGNETITA	0,0	0,0	5,2	0,0
SULFETOS	0,0	0,0	5,0	0,0
FLOGOPITA	199,0	45,9	2,9	47,1
SERPENTINA	0,0	0,0	3,0	0,0
OUTROS	0,9	0,2	2,7	0,2
TOTAL	434,0	100,0	2,8	100,0
GRAU DE LIBERAÇÃO DA APATITA				
GRAU DE LIBERAÇÃO DE CARBONATO				97,4
R1520(-48+100#)	total	% vol	densidade	% peso
APATITA	0,0	0,0	3,2	0,0
CARBONATOS	190,5	57,9	2,7	56,6
OLIVINA	0,0	0,0	3,5	0,0
MAGNETITA	0,0	0,0	5,2	0,0
SULFETOS	0,0	0,0	5,0	0,0
FLOGOPITA	133,0	40,4	2,9	41,6
SERPENTINA	5,0	1,5	3,0	1,6
OUTROS	0,5	0,2	2,7	0,1
TOTAL	329,0	100,0	2,8	100,0
GRAU DE LIBERAÇÃO DA APATITA				
GRAU DE LIBERAÇÃO DE CARBONATO				98,2
R1520(-100+200#)	total	% vol	densidade	% peso
APATITA	0,0	0,0	3,2	0,0
CARBONATOS	262,0	61,4	2,7	60,2
OLIVINA	0,0	0,0	3,5	0,0
MAGNETITA	0,0	0,0	5,2	0,0
SULFETOS	0,0	0,0	5,0	0,0
FLOGOPITA	165,0	38,6	2,9	39,8
SERPENTINA	0,0	0,0	3,0	0,0
OUTROS	0,0	0,0	2,7	0,0
TOTAL	427,0	100,0	2,8	100,0
GRAU DE LIBERAÇÃO DA APATITA				
GRAU DE LIBERAÇÃO DE CARBONATO				100,0
R1520(-200+400#)	total	% vol	densidade	% peso
APATITA	0,0	0,0	3,2	0,0
CARBONATOS	225,0	76,8	2,7	75,9
OLIVINA	0,0	0,0	3,5	0,0
MAGNETITA	0,0	0,0	5,2	0,0
SULFETOS	0,0	0,0	5,0	0,0
FLOGOPITA	68,0	23,2	2,9	24,1
SERPENTINA	0,0	0,0	3,0	0,0
OUTROS	0,0	0,0	2,7	0,0
TOTAL	293,0	100,0	2,8	100,0
GRAU DE LIBERAÇÃO DA APATITA				
GRAU DE LIBERAÇÃO DE CARBONATO				100,0

ANEXO 7: TABELA DE DISTRIBUIÇÃO DOS ELEMENTOS
QUÍMICOS NO PRODUTO FLNM

Anexo 7. Tabela de distribuição dos principais óxidos no produto FLNM

AMOSTRA	fração	produto	% peso		teores (% em peso)				distribuição (%)							
			fração	amostra	P ₂ O ₅	MgO	Fe ₂ O ₃	CaO	P ₂ O ₅		MgO		Fe ₂ O ₃		CaO	
									fração	amostra	fração	amostra	fração	amostra	fração	amostra
R1505	-35+48#	FLNM	87,53	31,39	0,15	1,98	0,22	51,48	7,06	4,87	54,33	16,75	20,71	4,09	92,08	33,51
		TOTAL	100,00	35,86	1,86	3,19	0,93	48,94	100	68,98	100	30,82	100	19,75	100	36,39
	-48+100#	FLNM	90,40	27,13	0,06	2,27	0,23	51,13	7,64	1,68	53,03	16,59	12,30	3,69	95,36	28,75
		TOTAL	100,00	30,01	0,71	3,87	1,69	48,47	100	22,03	100	31,28	100	30,03	100	30,15
	-100+200#	FLNM	91,28	15,18	0,03	2,48	0,24	51,05	13,04	0,52	59,76	11,11	10,81	2,36	97,12	16,06
		TOTAL	100,00	16,63	0,23	4,15	2,22	47,98	100	3,96	100	18,59	100	21,86	100	16,54
	-200+400#	FLNM	91,86	11,29	0,03	2,74	0,26	50,82	15,31	0,35	60,22	8,33	9,15	1,74	99,71	11,90
		TOTAL	100,00	12,29	0,18	4,18	2,61	46,82	100	2,29	100	13,84	100	18,99	100	11,93
	-35+400#	FLNM	89,66	84,99	0,08	2,26	0,23	51,20	8,57	8,34	60,99	57,66	14,27	12,93	94,96	90,22
		TOTAL	100,00	94,79	0,88	3,33	1,46	48,35	100	97,26	100	94,53	100	90,63	100	95,01
R1507	-35+48#	FLNM	88,01	27,96	0,19	2,38	0,14	50,26	8,32	5,27	62,90	18,78	13,69	2,74	93,38	33,97
		TOTAL	100,00	31,77	2,01	3,33	0,9	47,37	100	63,38	100	29,86	100	20,02	100	36,38
	-48+100#	FLNM	90,37	27,96	0,07	2,78	0,15	49,93	6,80	1,67	58,56	18,85	6,81	2,52	96,56	29,00
		TOTAL	100,00	30,94	0,93	4,29	1,99	46,73	100	24,54	100	32,19	100	37,04	100	30,03
	-100+200#	FLNM	90,93	17,75	0,04	2,87	0,15	49,39	9,83	0,53	57,99	10,85	5,29	1,41	98,10	15,99
		TOTAL	100,00	19,52	0,37	4,5	2,58	45,78	100	5,41	100	18,71	100	26,61	100	16,3
	-200+400#	FLNM	92,11	11,9	0,05	3,14	0,18	48,65	11,23	0,50	64,70	8,88	48,76	1,26	97,62	11,79
		TOTAL	100,00	12,92	0,41	4,47	0,34	45,9	100	4,43	100	13,73	100	2,59	100	12,08
	-35+400#	FLNM	89,94	85,58	0,10	2,72	0,15	49,74	8,15	7,97	60,55	57,21	8,91	7,69	95,93	90,93
		TOTAL	100,00	95,15	1,11	4,04	1,52	46,64	100	97,76	100	94,49	100	86,26	100	94,79
R1520	-35+48#	FLNM	88,52	28,3	0,20	2,04	0,21	50,57	18,44	10,84	59,21	17,08	26,56	3,84	91,38	29,85
		TOTAL	100,00	31,97	0,96	3,05	0,70	48,99	100	58,79	100	28,84	100	14,45	100	32,67
	-48+100#	FLNM	92,69	29,03	0,07	2,44	0,22	50,58	13,52	3,89	66,71	20,95	15,45	4,12	97,77	30,62
		TOTAL	100,00	31,32	0,48	3,39	1,32	47,95	100	28,8	100	31,4	100	26,7	100	31,32
	-100+200#	FLNM	93,28	19,01	0,04	2,66	0,23	49,79	23,32	1,46	68,73	14,96	10,17	2,82	99,83	19,75
		TOTAL	100,00	20,38	0,16	3,61	2,11	46,52	100	6,25	100	21,76	100	27,77	100	19,78
	-200+400#	FLNM	94,02	11,17	0,03	2,97	0,27	50,25	20,15	0,64	74,47	9,81	9,76	1,95	99,05	11,70
		TOTAL	100,00	11,88	0,14	3,75	2,60	47,70	100	3,18	100	13,17	100	19,94	100	11,81
	-35+400#	FLNM	91,59	87,51	0,10	2,43	0,23	50,36	17,35	16,83	65,97	62,79	14,33	12,73	96,17	91,92
		TOTAL	100,00	95,55	0,53	3,37	1,44	47,96	100	97,02	100	95,17	100	88,86	100	95,58

ANEXO 8: TABELA DOS TEORES DAS AMOSTRAS
CARACTERIZADAS

ANEXO 8: Tabela de resultado dos teores dos principais óxidos nas amostras caracterizadas (resultados de análises por absorção atômica)

AMOSTRA	FRAÇÃO	% PESO	P ₂ O ₅	MgO	CaO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	Al ₂ O ₃	TiO ₂	PF
R1505	-35+48#	35,86	1,86	3,19	48,94	0,93	1,86	0,19	0,33	0,07	39,60
	-48+100#	30,01	0,71	3,87	48,47	1,69	2,30	0,01	0,24	0,13	39,60
	-100+200#	16,63	0,23	4,15	47,98	2,22	2,27	0,23	0,14	0,17	39,90
	-200+400#	12,29	0,18	4,18	46,82	2,61	2,07	0,00	0,32	0,22	40,10
	-400#	5,21	0,51	3,90	46,23	3,04	1,93	0,00	0,48	0,26	39,10
	TOTAL	100,00	0,97	3,71	48,24	1,69	2,09	0,11	0,28	0,13	
R1507	-35+48#	31,77	2,01	3,33	47,37	0,90	1,39	0,00	0,49	0,04	39,60
	-48+100#	30,94	0,93	4,29	46,73	1,99	1,88	0,00	0,40	0,09	39,70
	-100+200#	19,52	0,37	4,50	45,78	2,58	1,93	0,00	0,37	0,11	40,00
	-200+400#	12,92	0,41	4,47	45,90	0,34	1,75	0,00	0,34	0,15	40,30
	-400#	4,85	0,49	4,23	46,81	4,25	1,55	0,79	0,15	0,23	38,20
	TOTAL	100,00	1,08	4,05	46,64	1,66	1,70	0,04	0,40	0,09	
R1520	-35+48#	31,97	0,96	3,05	48,99	0,70	1,31	0,04	0,28	0,03	29,06
	-48+100#	31,32	0,48	3,39	47,95	1,32	1,18	0,00	0,21	0,04	41,67
	-100+200#	20,38	0,16	3,61	46,52	2,11	1,09	0,00	0,17	0,07	42,06
	-200+400#	11,88	0,14	3,75	47,70	2,60	0,98	0,00	0,09	0,11	41,58
	-400#	4,45	0,35	3,68	47,65	3,88	0,92	0,00	0,16	0,00	39,67
	TOTAL	100,00	0,52	3,38	47,95	1,55	1,17	0,01	0,21	0,05	

