



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PARÁ

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM LAVRA E TECNOLOGIA MINERAL

PROJETO DE ESPECIALIZAÇÃO

**CONTRIBUIÇÃO ÀS ATIVIDADES DE GEOLOGIA DE MINA E LAVRA DA APATITA ATRAVÉS DO  
MAPEAMENTO GEOLÓGICO, ESCALA 1:500**

Silvânia Alves Braga

XXXXXXXX

Araxá–novembro/2012

# **CONTRIBUIÇÃO ÀS ATIVIDADES DE GEOLOGIA DE MINA E LAVRA DA APATITA ATRAVÉS DO MAPEAMENTO GEOLÓGICO, ESCALA 1:500.**

---

**por**

Silvânia Alves Braga

**orientador**

a definir

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Geologia da Universidade Federal do Pará como requisito parcial à obtenção do Título de Especialista em Lavra e Tecnologia Mineral.

## **ÍNDICE**

1- INTRODUÇÃO	4
2- OBJETIVOS	5
3- LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO	5
4 - METODOLOGIA	7
5- GEOLOGIA REGIONAL	8
6- GEOLOGIA LOCAL	10
6.1-MAPEAMENTO GEOLÓGICO	10
6.2-TRATAMENTO DOS DADOS	22
6.3-RESULTADOS OBTIDOS	24
7-CONCLUSÃO	25
8- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26

## **1-INTRODUÇÃO**

A proposta geral da presente pesquisa é investigar os controles que definem a mineralização de apatita (magmático, estrutural e intempérico) do Complexo Alcalino Carbonatítico de Araxá-MG.

Sobre este complexo está inserido uma das maiores jazidas de fosfato e nióbio do Brasil, sendo que o direito minerário das reservas de fosfato da Mina do Barreiro são pertencente a Vale Fertilizantes.

O complexo possui estrutura subcircular com 4,5 Km de diâmetro e está intrudido em quartzitos e xistos do Grupo Araxá, constituído por rochas ultramáficas metassomatizadas recortados por veios de natureza e dimensões diferentes (veios de apatita e magnetita, veios de barita e veios de sílexito). Um espesso manto de intemperismo desenvolveu sobre essas rochas e concentrou apatita, mineral-minério utilizado para a produção de fertilizantes.

Este depósito possui características geológicas muito peculiares, o que culmina numa série de dificuldades para manter a qualidade do processo de beneficiamento do bem mineral.

Em 2008/2009, foi realizado pela autora e o geólogo Leonardo Rangel, um trabalho de mapeamento geológico de detalhe da mina do Barreiro na escala 1:500, como produto do projeto de trainee proposto pela empresa aos autores, com colaboração e orientação da geóloga Marcia Mika Saito, e dos consultores Dr. Jorge Bettencourt (USP) e Lília D'Agostin – (USP). O principal objetivo deste trabalho era buscar soluções para os problemas rotineiros da lavra deste minério.

Esta pesquisa, também é de muita valia para o campo científico, pois o acesso a essas informações poderão contribuir com outros trabalhos desenvolvidos para depósitos com essas características, cujo conhecimento sobre a gênese e mineralização é palco de muitas discussões tanto no meio técnico como no meio acadêmico.

Na literatura existem poucos trabalhos sobre esse tipo de jazida. A maior parte das contribuições provém de convênios entre empresas que atuam nesse ramo com entidades acadêmicas. Uns dos primeiros trabalhos desenvolvidos nessa província carbonatítica foi o de Grossi Sad & Torres (1971), que descreve a gênese como resultado de enriquecimento supergênico. Alguns trabalhos, sobre a geologia estrutural foram desenvolvidos por Seer (1999), Seer *et al* (1998, 2000), nas rochas encaixantes da intrusão do Barreiro, mais especificamente nas rochas do grupo Araxá, Ibiá e Canastra.

Como dito anteriormente, em virtude das necessidades do processo produtivo e do conhecimento aprofundado da jazida, foi iniciado os trabalhos de mapeamento geológico de detalhe compreendendo uma área de 450.000 m<sup>2</sup> distribuído entre três subáreas da mina, na escala 1:500.

## **2- OBJETIVO**

Do ponto de vista científico, o objetivo é contribuir para o entendimento do contexto geológico e tectônico das associações das litologias aflorantes na região do complexo alcalino carbonatítico do Barreiro, e buscar respostas a questões ainda não resolvidas através do mapeamento das seguintes unidades:

- Unidades Saprolíticas
  - Alterito laranja
  - Alterito marrom
  - Alterito verde
- Rochas pouco intemperizadas

O objetivo técnico constitui-se no aprendizado e treinamento para o uso e aplicação de metodologia científica, bem como a aptidão para estudos de campo e laboratoriais sistemáticos para serem empregados às atividades mineiras. Também visa dar subsídio aos processos de lavra e beneficiamento para o melhor aproveitamento do mineral através de ferramentas que a geologia disponibiliza, como a geoguímica, geofísica, laboratórios, etc.

## **3-LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO**

A mina do Barreiro e F4 situam-se a oeste do estado de Minas Gerais, na região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, no município de Araxá, a 6 Km a sul do centro urbano e a 370Km da capital mineira, Belo Horizonte. As outras cidades, de grande porte, mais próximas são Uberaba (MG) e Uberlândia (MG), a cerca de 120 km e 180 km da mina, respectivamente.



Figura 1 – Mapa de Localização do Estado De Minas Gerais - [www.der.mg.gov.br](http://www.der.mg.gov.br)

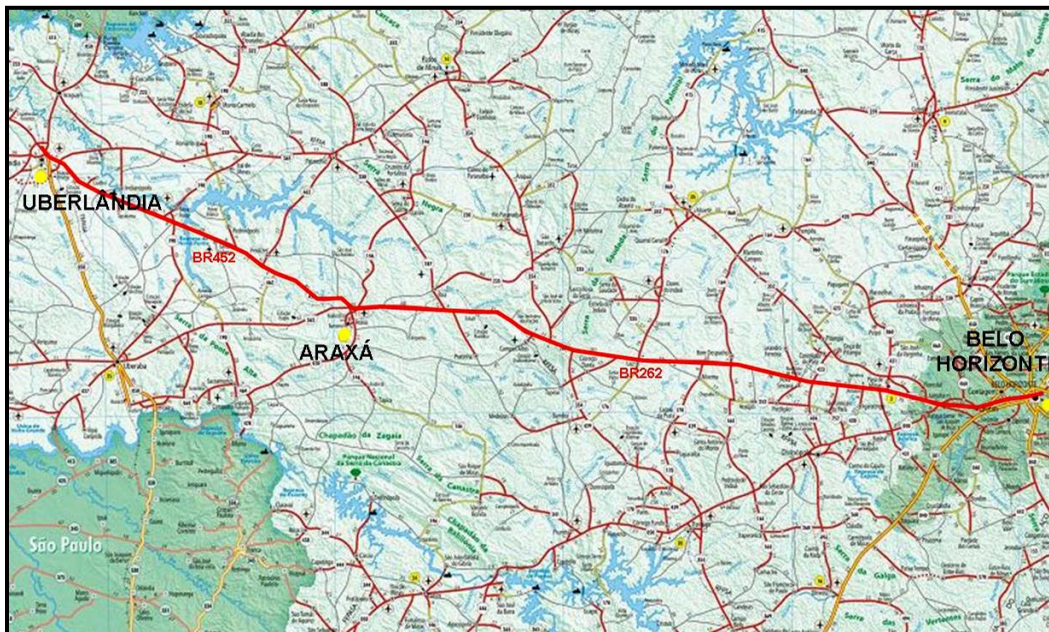


Figura 2 – Mapa de Localização do Município de Araxá- [www.der.mg.gov.br](http://www.der.mg.gov.br)

## **4- METODOLOGIA**

O trabalho foi desenvolvido em três fases, a saber:

### *Fase I*

- Pesquisa e compilação de dados bibliográficos de trabalhos anteriores.
- Definição da escala de trabalho e da área a ser mapeada:
  - Escala: 1:500
  - Área a ser mapeada: ~ 450.000 m<sup>2</sup> distribuído em quadrículas.
- Confecção de mapa topográfico na escala 1:500

### *Fase II*

- Planejamento diário das atividades.
- Anotações individuais no campo.
- Confecção do mapa geológico na escala 1:500.
- Integração entre os mapas de campo confeccionados em folha A4 para formato A0.
- Coleta e cadastro de amostras para análise química, RX e para ensaios laboratoriais, com base nos intervalos mapeados.
- Envolvimento com as áreas de laboratório químico (análise química), geologia de mina (amostragem das frentes mapeadas), processo (testes do material coletado em ensaios de bancada)
- Orientação e acompanhamento das atividades pelos consultores Jorge Bettencourt e Lília D'agostino.

### *Fase III*

- Tratamento dos dados laboratoriais e elaboração de mapas temáticos.
- Confecção do relatório final e apresentação.

## 5-GEOLOGIA REGIONAL

A área pesquisada situa-se na borda do Complexo Alcalino-Carbonatítico, que constitui uma das diversas manifestações alcalina do oeste de Minas Gerais e do sul de Goiás, ao lado de Catalão I e II, Serra Negra, Salitre e Tapira, com as suas importantes mineralizações de nióbio, fosfato, titânio, vermiculita e terras raras, correspondendo a Província Ígnea do Alto Paranaíba (Almeida, 1983; Brod et al, 2004).

As intrusões alcalinas dessa província foram datadas em cerca de 80 milhões de anos, por Amaral et. al. (1967) e Hasui e Cordani (1968). As rochas do Complexo de Araxá são, contudo um pouco mais antigas, com idades entre 87 e 95 Ma, (Cretáceo superior).

Segundo Moraes, et. al. (2008), a Província Ígnea do Alto Paranaíba tem alinhamento geral NW-SE, coincidente com o Arco do Alto Paranaíba, que se desenvolveu sobre o cinturão móvel conhecido como Faixa Brasília. A província ocupa a porção noroeste de Minas Gerais e sudeste de Goiás e configura a borda nordeste da Bacia do Paraná, sendo caracterizada pela distribuição de complexos alcalino-carbonatíticos, dos *pipes* kimberlíticos e kamafugíticos, das intrusões ultramáficas e dos seus equivalentes associados a lavas e rochas piroclásticas. Segundo Gaspar e Wyllie (1984) os carbonatitos e rochas alcalinas derivam da diferenciação de magma ultramáfico com afinidade kimberlítica na região superior do manto.

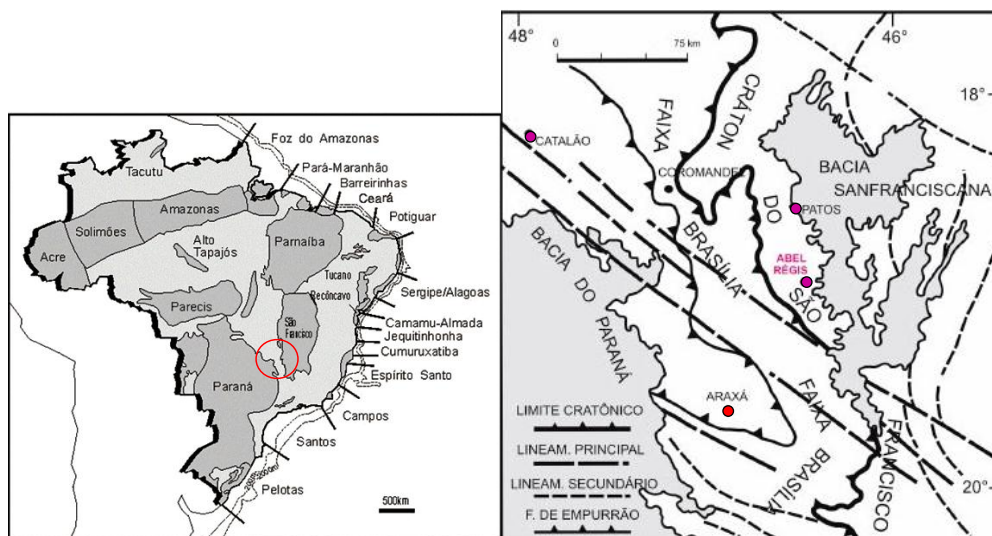


Figura 3 - Observam-se os lineamentos e a posição dos pipes nas proximidades da faixa Brasília (Modificado de Alkimim et al., 1993; Rev. Bras. Geof. vol.18 no.3 São Paulo 2000 ).

Numerosos estudos geológicos foram executados nessas áreas, porém, dada a importância das possibilidades minerais identificadas nas intrusões, o Triângulo Mineiro foi alvo de um trabalho específico de geologia, por parte do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM/PROSPEC S.A), o Projeto Chaminés finalizado em 1970.

O Complexo Alcalino-Carbonatítico de Araxá encontra-se alojado em xistos e quartzitos do Grubo Ibiá, Faixa de Dobramentos Brasília (Hasui et al. 1975, Almeida, 1976), Neoproterozóica. O complexo insere-se no flanco sul da Sinforma de Araxá, de dobramento regional de direção WNW, mergulhos para NNE e SSW e charneira com caimento suave para WNW. Nos flancos da dobra afloram as litologias correspondentes aos Grupos Araxá, Ibiá e Canastra (Seer, 1995) (Figura 3).

Os Grupos Araxá, Ibiá e Canastra acham-se dispostos em três escamas tectônicas, separados por zonas de cisalhamento subhorizontais e subverticais: inferior, intermediária e superior.

A história metamórfica e deformacional da Sinforma de Araxá pode ser descrita através de uma sucessão de eventos ocorridos em níveis crustais cada vez mais rasos. As diversas escamas tectônicas da região podem ser descritas como terrenos tectonoestratigráficos, com características próprias, gerados em paleoambientes específicos e em posições geográficas distintas. Esta metodologia pode ser aplicada na solução dos diversos problemas geológicos da Faixa Brasília. Esta história é parte do processo de colagem final do continente Gondwana (Seer,1995).

Dentre os complexos plutônicos conhecidos da província em questão – Tapira, Barreiro, Salitre I e II, Serra Negra e Catalão I e II – destaca-se o do Barreiro, em Araxá, por possuir a maior mina de nióbio do mundo, importante jazimentos de fosfato e águas minerais que alavancam as atividades econômicas e turísticas na região. Apesar de sua importância econômica, o conhecimento geológico do Complexo Alcalino-Carbonatítico do Barreiro, em Araxá, ainda é limitado; existem dados petrográficos, petrogenéticos e geocronológicos nas áreas das jazidas, mas são poucos os trabalhos sobre a geologia do complexo (Gomes et al, 1990; Rodrigues & Lima, 1984; Issa Filho et al., 1984).

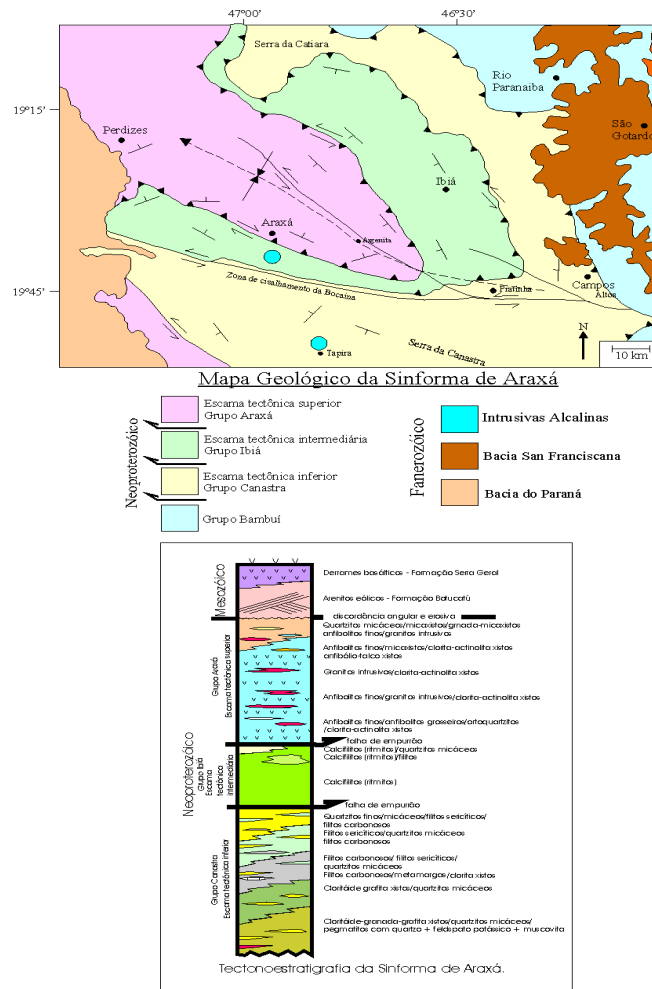


Figura 4: Mapa geológico da Sinforma de Araxá, ilustrando o posicionamento das escamas tectônicas inferior, intermediária e superior e a cobertura autóctone cratônica (Grupo Bambuí). Extraído de Seer, 1995.

## 6-GEOLOGIA LOCAL

### 6.1-MAPEAMENTO GEOLÓGICO

A área de estudo foi subdividida em sete partes ou quadrículas conforme mostra a figura 5, visando às frentes de lavra 2009 e 2010.

A locação dos pontos mapeados e o mapa topográfico base foram levantados pela equipe de topografia da mina, através do equipamento teodolito, utilizando um sistema de coordenadas local.

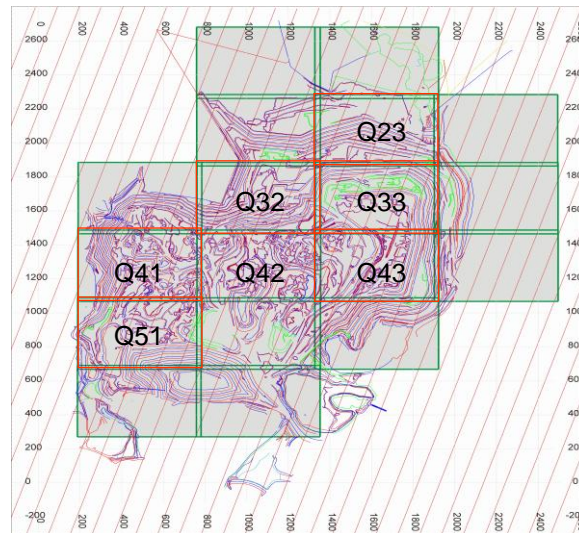


Figura 5 – Articulação das quadrículas de mapeamento.

O número de pontos mapeados ao longo do trabalho de campo foi 470. Estes pontos foram plotados em folhas tamanho A4 usadas em campo para representar as bancadas. Posteriormente os pontos e as informações de campo foram transferidos para um mapa A0 (integração das folhas A4), que constituem as quadrículas acima. Essas quadrículas foram digitalizadas, resultando num mapa final integrado (Figura6.1) e em arquivos no formato dwg, que fazem interface com os software de modelagem utilizado pela equipe da Valefert.

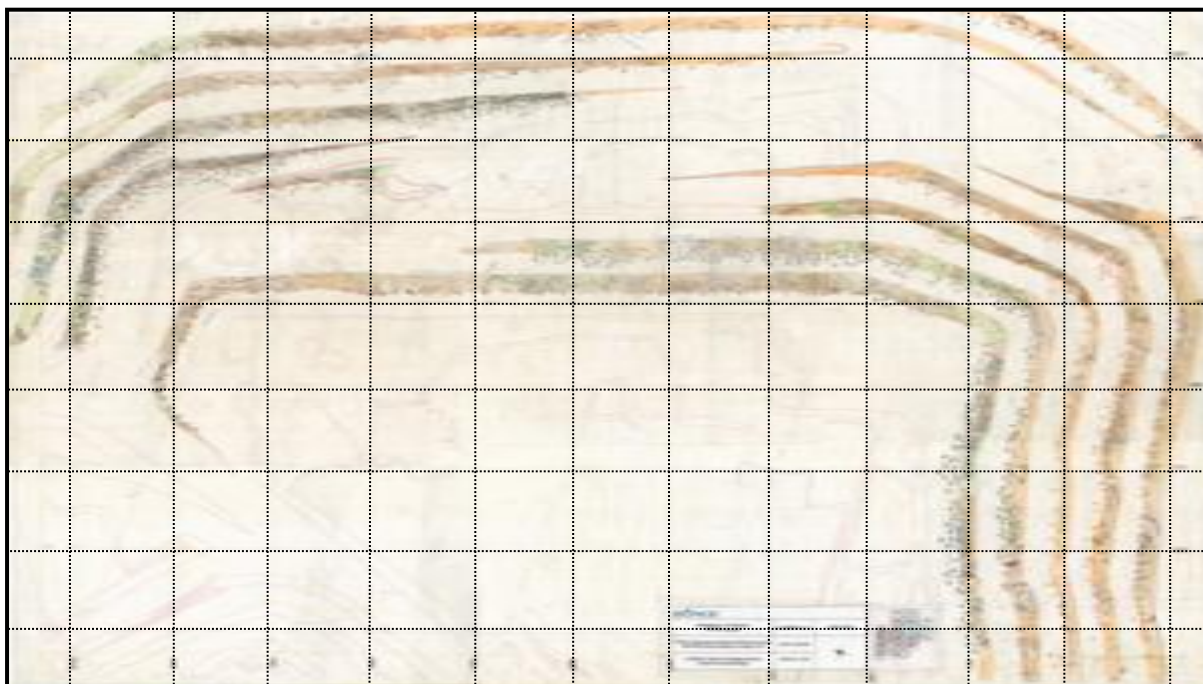


Figura 6: Mapa A0, representando a quadrícula Q33.

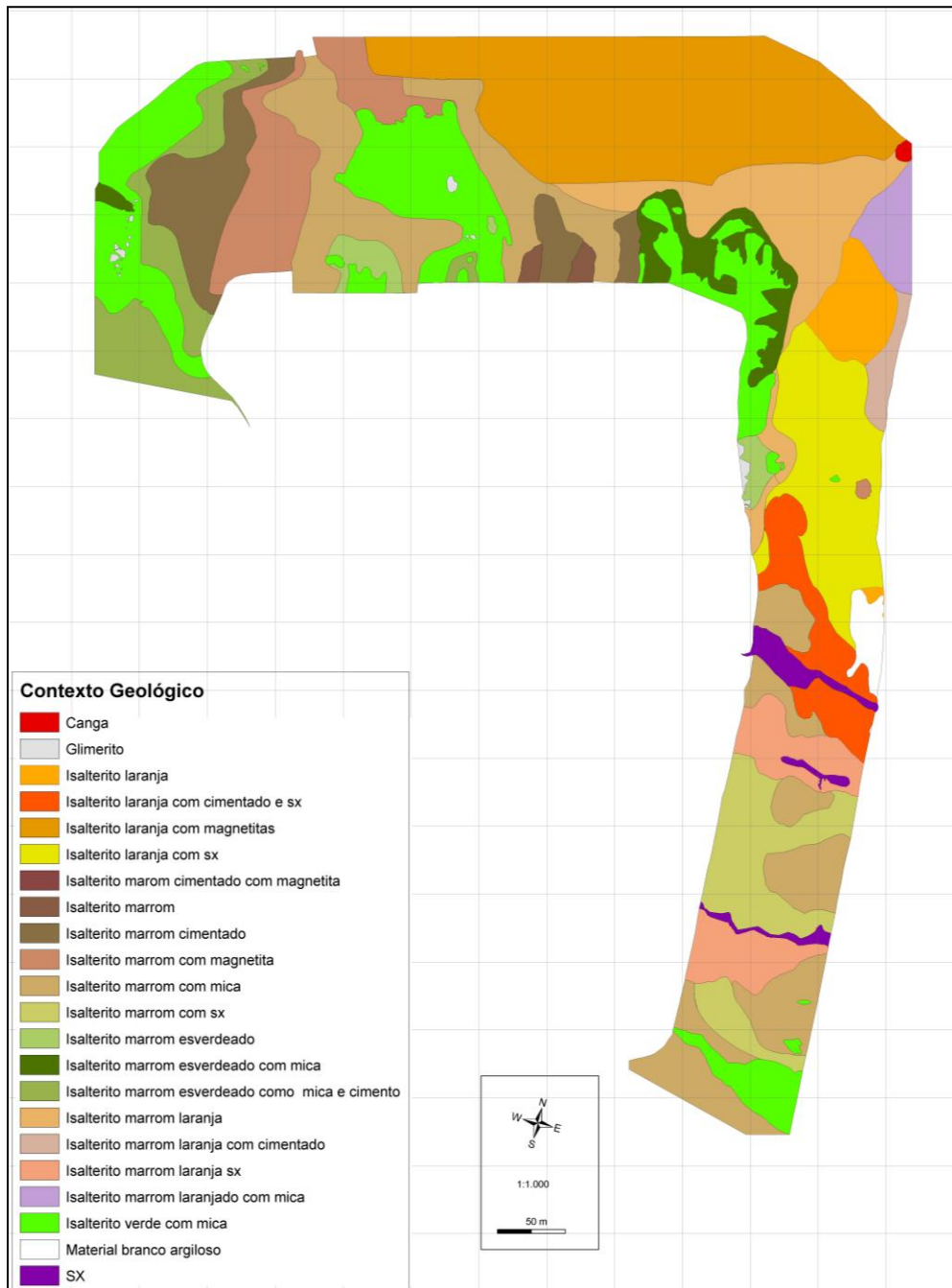


Figura 6.1 : Mapa final digitalizado.

As unidades geológicas dominantes (macro domínios) mapeadas na mina do Barreiro, do topo para a base do perfil de intemperismo são:

- Solo;
- Aloterito;
- Isalterito, subdividido em cinco níveis:
- Isalterito Laranja (ISL)
- Isalterito Marrom Alaranjado (ISML)
- Isalterito Marrom (ISM)
- Isalterito Marrom Esverdeado (ISMV)
- Isalterito Verde (ISV)
- Rocha pouco Intemperizada;
- Rocha Sã.

Esses horizontes geológicos (intempéricos) observados na mina do Barreiro foram definidos, por semelhança, a partir das terminologias utilizadas por Toledo (2008) e Imbernon (1993). Cita-se também Oliveira & Imbernon (1998) que definiu para o Complexo Carbonatítico de Catalão I o perfil de intemperismo com cinco níveis da base para o topo (Figura 7):

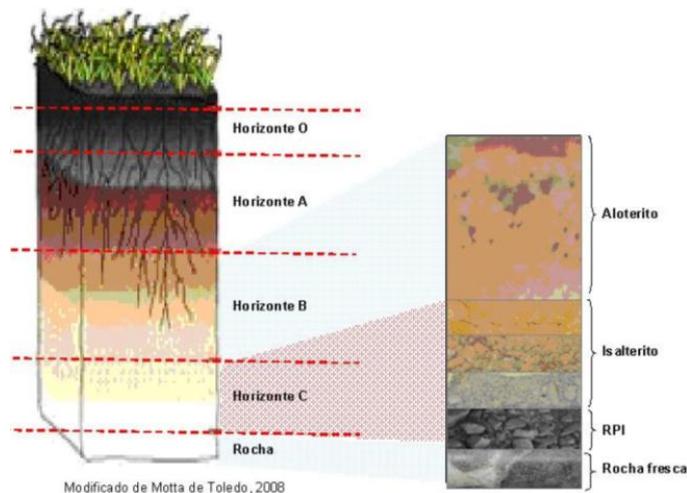


Figura 7- perfil intempérico adotado para a mina do Barreiro

Solo

Designa-se solo aos horizontes O, A e B (parcialmente) do perfil pedológico. Podem ser autóctones (formados in situ) ou mesmo alóctones (transportados). Pode ser constituído por um material acinzentado, de granulometria muito fina a média (argilosa a siltosa), enriquecido em minerais de titânio, formando localmente uma bacia. Também pode ser formado por um material avermelhado, bastante friável e desagregado.

#### Aloterito

O aloterito corresponde à parte dos horizontes B (base) e C (topo) do perfil do solo. Caracteriza-se pela ausência total de estruturas preservadas da rocha original. Material extremamente intemperizado de granulometria granulação fina a média (siltoarenosa a siltosa) constituída principalmente por óxido-hidróxidos de ferro, fosfatos secundários do grupo da crandallita e pouco quartzo. Na coluna geológica esquemática apresentada na Figura 7 é representada pela canga (material ferruginoso, duro, característico de laterização ou intemperismo em condições tropicais que concentra óxidos e hidróxidos de ferro, podendo ter silicificação associada).

#### Isalterito

O isalterito está inserido basicamente no horizonte C do perfil do solo, constituindo camada logo abaixo da aloterita. Trata-se de um material intemperizado que mantém preservadas algumas feições da rocha original e caracteriza-se por abrigar concentrações residuais de magnetita e apatita, minerais mais resistentes ao intemperismo dentre aqueles constituintes principais das rochas do CAB.

#### A. Isalterito Laranja (ISL)

O isalterito laranja (ISL) está inserido basicamente no topo do horizonte C do perfil do solo, onde não ocorrem apatita, carbonatos e argilominerais 2:1, além de ser muito pobre em elementos como Ca, Na, P, K e Mg. Geralmente apresenta-se com granulação fina a média (silto-arenosa a siltosa). É composto principalmente por óxido-hidróxidos de Fe e Al, fosfatos secundários de Fe, Al e Ba. Não ocorrem minerais micáceos preservados, podendo notar-se às vezes pseudomorfos filossilicatos argilizados. Não apresenta efervescência, sendo assim ausente de carbonatos.

Uma característica fundamental que o diferencia dos demais é o fato de o ISL (Figura 8) apresentar-se bastante pulverulento além de geralmente possuir um teor de Fe elevado devido à presença em certas áreas de bolsões métricos de magnetita granular, por vezes apresentando associações titaníferas (anatásio), além da presença de minerais ferruginosos (hematita, goethita...). A estrutura do ISL é pouco

preservada às vezes marcada por bandas alternadas de cor alaranjada e uma banda mais escura, geralmente ferruginosa e/ou manganésifera. Nota-se feições de colapso estrutural por perda do volume original.

Localmente pode ocorrer nesse horizonte camadas pouco espessas (<10m) ou blocos e matacões de canga.

#### B. Isalterito Marrom Alaranjado (ISML)

O isalterito marrom alaranjado ou isalterito marrom laranja (ISML), encontra-se no topo do horizonte C do perfil pedológico. É geralmente friável, exceto pelo fato de existirem associados veios e/ou vênulas de plasma silexítico (material endurecido e constituído por materiais em que não se percebem os cristais individuais. Pode ser maciço ou poroso apresentado cavidades e estruturas stock work, tem dureza mais alta e cor marrom a cinza, que pode conter acessórios apatita e magnetita; rotineiramente designado de silexito pela equipe de mineração) e/ou plasma apatítico (material endurecido idem acima de cor rosa ou marrom, rico em apatita, de dureza um pouco menor, que pode conter pouca magnetita ou plasma silexítico; rotineiramente designado de cimentado ou cimentado apatítico pela equipe de mineração; Figura 9).

Os minerais presentes no horizonte ISML são apatita, magnetita e argilominerais 1:1 (caulinita), além de pseudomorfos de vermiculita alterada. Geralmente a granulometria do material passa de silto-arenosa/siltosa para arenosa com o aumento na quantidade de apatita granular, além de conter quartzo e material silicificado. Pode apresentar bandamentos escuros, por vezes de composição manganésifera, em uma matriz marrom alaranjada. Raramente nota-se a presença de vermiculitas caulinizadas. Geralmente no ISML não ocorrem carbonatos e/ou argilominerais 2:1, podendo existir óxidos/hidróxidos de Fe e Al associados. É pobre em Al, ETR, Ti e Nb. Localmente, pode estar associado a venulações carbonatíticas próximos ao contato com os corpos carbonatíticos. Também podem ocorrer bandas micáceas alternadas de matriz marrom esverdeada a marrom alaranjada. Uma característica própria deste material é que ele pode apresentar-se como estéril ou minério de acordo com os teores químicos e testes de flotação em bancada.

Por isso, na lavra o ISML é considerado zona de transição, por vezes mineralizada, que entre o ISL (predominantemente estéril) e o ISM (em geral corresponde ao minério oxidado).

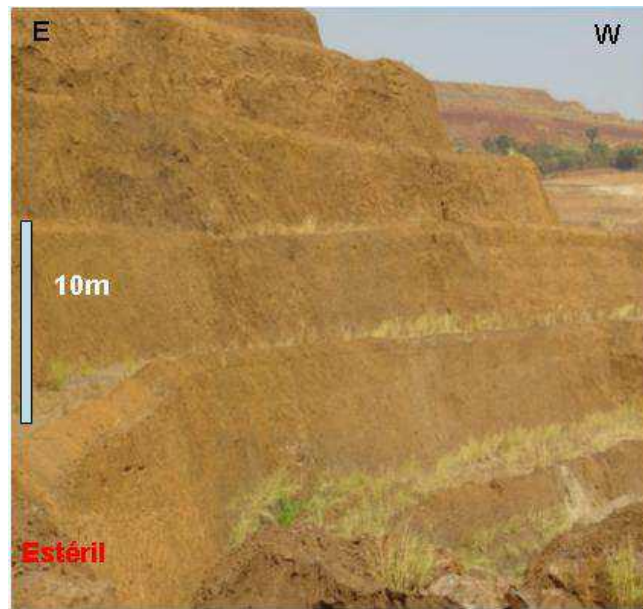


Figura 8 - Foto de talude na Mina do Barreiro mostrando o ISL. Fonte Saito et al 2006.



Figura 9 - Foto de talude de ISML com veios de sílexito em mapeamento geológico de detalhe 1:500.

#### C-Isalterito Marrom (ISM)

O isalterito marrom (ISM) corresponde ao horizonte C do perfil pedológico, e quase sempre com uma natureza friável, geralmente arenosa a areno-siltosa. Podem ocorrer veios e/ou blocos fraturados de plasma silexítico e/ou apatítico (Figura 11). Esse horizonte é caracterizado pela concentração residual de apatita e magnetita, esta em menor quantidade que nos horizontes mais superficiais ISL e ISML.

Raramente ocorrem carbonatos, argilominerais 2:1 (vermiculita, serpentina) ou óxidos/hidróxidos de Fe e Al nesse nível, o que o torna pobre em Al, ETR, Ti e Nb. O ISM constitui a principal zona mineralizada que corresponde à classe de minério oxidado, onde nota-se grãos de apatita cristalinos ou em agregados, geralmente associados a caulinita e/ou magnetita. Observa-se ainda a presença de cristais de quartzo com associações de argilominerais 1:1 (caulinita).

#### D. Isalterito Marrom Esverdeado (ISMV)

O isalterito marrom esverdeado ou marrom verde (ISMV) também corresponde ao horizonte C perfil pedológico. Em geral é pouco espesso, com menos de 10 metros.

Nota-se que há correspondência da espessura desse horizonte com o topo da rocha protolítica. Em geral rochas com elevadas taxas de venulações carbonatíticas tendem a apresentarem perfis menos espessos. A natureza do ISMV é friável, exceto na presença de silexito e/ou cimentado. É pobre em carbonatos, argilominerais 1:1 e óxidos/hidróxidos de Fe e Al, o que reflete suas baixas concentrações de ETR, Ti e Nb.

Constitui nível formado por manchas esverdeadas a marrom alaranjadas, de granulação fina a média (areno-siltoso a arenoso, com predomínio do arenoso), geralmente muito micáceo (vermiculita e/ou flogopita alterada), com magnetita fina presente e com baixa efervescência. Geralmente é pobre em venulações carbonáticas, mas pode apresentar veios de material alterado amarronzado, pulverulento, apresentando uma efervescência leve à moderada. No contato do ISMV com a rocha pouco intemperizada (RPI) estes veios alterados manganésíferos assumem uma composição essencialmente carbonática.



Figura 10- Foto de detalhe de um bloco de cimentado apatítico mostrando estrutura alveolar

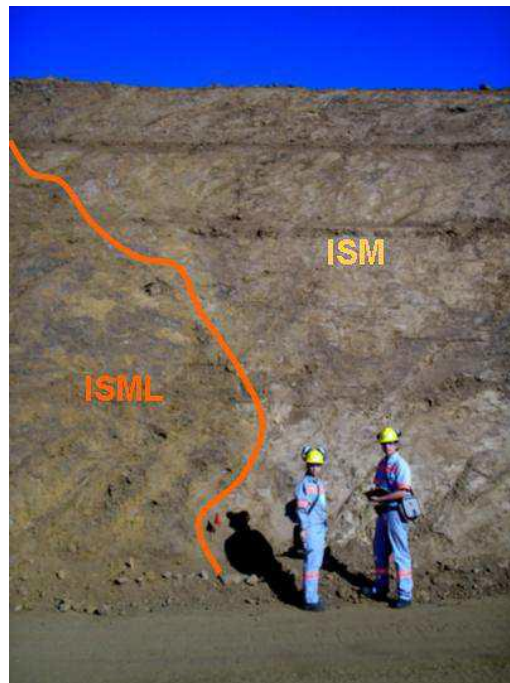


Figura 11- Foto de talude na Mina do Barreiro mostrando o contato entre ISML e ISM em mapeamento geológico de detalhe 1:500.

O ISMV corresponde geralmente a classe de minério SIC-B. A transição deste para o ISV muitas vezes é marcado pela presença de carbonatos (Figura 12).

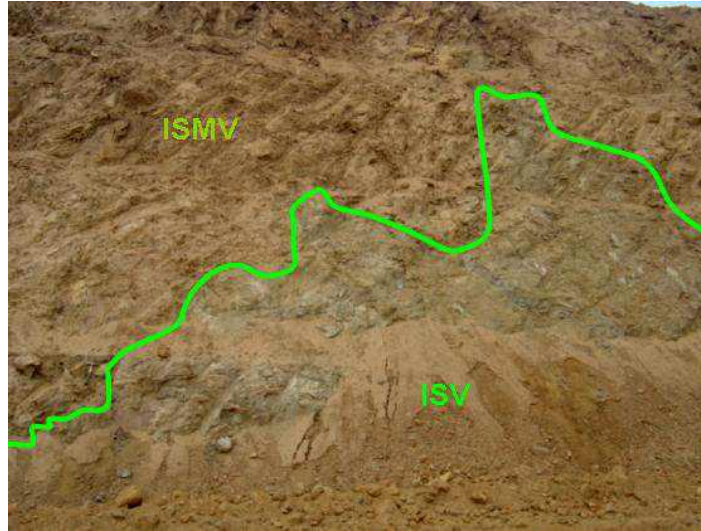


Figura 12 - Foto de talude na Mina do Barreiro mostrando o contato entre ISMV e ISV em mapeamento geológico de detalhe 1:500.

#### E. Isalterito Verde (ISV)

O isalterito verde (ISV) se encontra na base do horizonte C do perfil pedológico e constitui horizonte predominantemente esverdeado, de granulometria areno-siltosa, podendo ser de natureza em geral semi-compacta a compacta, dependendo do nível de preservação do material. O ISV é constituído principalmente por minerais micáceos geralmente de granulometria fina, mas podendo apresentar-se como textura grossa em bolsões e mesmo associados a carbonatos. Grãos de quartzo/apatita e magnetita também são freqüentes. Veios de calcita ainda são encontrados entrecortando o material, além de níveis enriquecidos em óxidos de Mn, por vezes com associações carbonáticas ou mesmo veios e/ou blocos de material cimentado apatítico branco-rosado com associações de apatita secundária preenchendo nódulos e cavidades do mesmo.

As estruturas da rocha ainda se encontram preservadas e esta geralmente apresenta alto grau de fraturamento e falhamento com cristalização de minerais silicáticos ou mesmo argilominerais.

Rocha pouco Intemperizada

A rocha pouco intemperizada (RPI) representa a porção basal do perfil de intemperismo e pode ocorrer em contato direto com a rocha sã ou em associação com a mesma. Trata-se de material semi-consolidado formado por blocos de material rochoso proveniente do fraturamento e/ou cominuição da rocha fresca, mantendo ainda as estruturas originais e os minerais primários constituintes. O RPI possui composição é variável, dependendo diretamente da composição original da rocha. Dessa forma os minerais presentes podem ser: minerais micáceos, grânulos de quartzo, carbonatos, minerais acessórios de naturezas variadas, bem como pode apresentar venulações de apatitito e grãos de magnetita formando níveis ferruginosos bem definidos. Pode apresentar associações de minerais provenientes da alteração de outros minerais pré-existentes, tal como serpentinização de olivinas e anfibólios.

### Rocha Sã

As rochas que constituem o complexo alcalino do Barreiro são formadas por Flogopitito, Foscorito, Carbonatito, Serpentinito, recortados por veios de natureza e dimensões diferentes (veios de apatita e magnetita, veios de barita e veios de silexito). Quartzito e Xisto constituem as rochas encaixantes que delimitam o Complexo Alcalino.

Os carbonatitos são divididos em dois principais tipos: Carbonatito dolomítico e carbonatito calcítico . O carbonatito dolomítico pode ser de coloração branca a creme, geralmente maciço a foliado e de granulação fina. Magnetita e flogopita, muito finas, constituem minerais acessórios que ocorrem em taxa reduzida. Podem ser encontrados ainda preservados, ou mesmo em forma de vênulas e veios semialterados. O carbonatito acinzentado, geralmente calcítico, apresenta granulação média e estrutura maciça (localmente foliada). Os minerais acessórios são magnetita anedral, flogopita e apatita fina. Localmente assemelha-se a foscoritos, mas ainda com teores de carbonato superiores a 50%. Ocorre como veios e blocos preservados em meio à rocha pouco intemperizada, e contém venulações de material apatítico rosado.

O flogopitito é uma rocha equigranular de textura muito fina, podendo conter micas grossas, eventualmente maiores que 1cm, apresentando-se como uma rocha de coloração cinza escura a marrom avermelhada. Pode apresentar ainda venulações de calcita cristalina. É caracterizada por conter mais de 80% flogopita. Em geral, as rochas contêm mais de 40% flogopita, e por isso são designadas de glimerito (conforme Saito et al. 2006), termo mais utilizado internamente pelos geólogos da Bunge Fertilizantes na década de 1990 e 2000. Também é comum a existência de brechas e feições dão a rocha aspecto de mistura entre carbonatito e glimerito / flogopitito (Figuras 13).



Figura 13: Amostra de flogopitito, com veios de carbonatito.



Figura 14: Carbonatito com veios de apatitito.

Os foscorititos geralmente apresentam associações mineralógicas de magnetita, apatita e um silicato, geralmente olivina, piroxênio ou flogopita (Brod et al., 2004; Torres, 1995), podendo ser encontrados nas bordas dos corpos de ISV e/ou RPI.

O serpentinito é observado como camadas centimétricas em alguns intervalos rochosos, cujo protólito é composto por rochas ultramáficas enriquecidas em minerais do grupo dos anfibólios, piroxênios e olivina (Torres, 1995). Trata-se de uma rocha constituída por minerais do grupo da serpentina.

De modo geral, pode-se dizer que a maioria destas rochas que constituem o complexo, apresentam elevado grau de intemperismo, por esta razão ao final do trabalho de mapeamento e identificação das características litológicas descritas acima, analisamos a correlação do perfil litoestratigráfico encontrado com outros perfis intempéricos existentes na literatura, de forma a manter uma coerência da terminologia adotada com a nomenclatura acadêmica - Figura 7.

## **6.2–TRATAMENTO DOS DADOS**

Durante toda a fase de mapeamento até o término, os dados obtidos em campo, eram tratados e interpretados. As informações litológicas foram casadas com os dados químicos e de processo. Os pontos mapeados e lançados no mapa A0 foram interpretados e ligados banco a banco gerando o mapa de fácies (figura 15), ou seja, geramos o mapa das litologias. A partir desse mapa de fácies, definimos os pontos de coleta de amostras para análise química e testes de processo (ensaio padrão e de bancada). O método usado na amostragem foi canaleta vertical e horizontal, feito com equipamentos da mina.

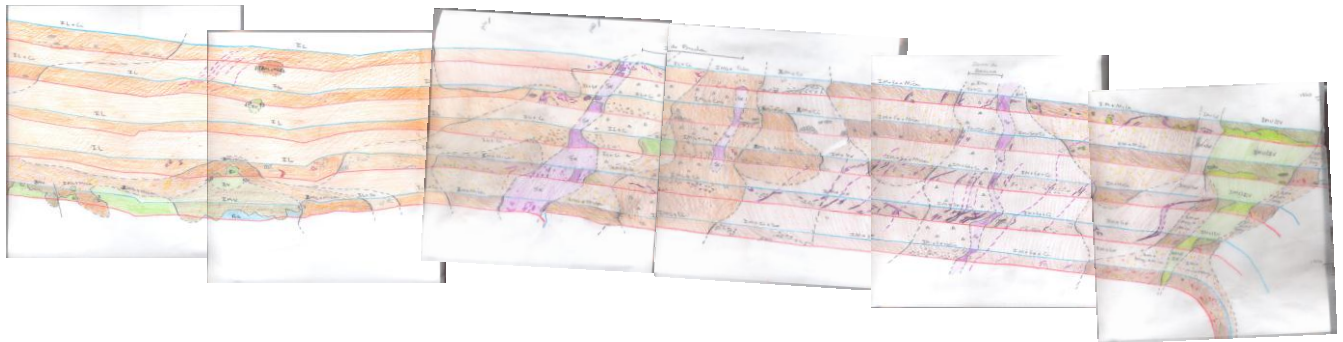


Figura 15- Mapa de fácies e interpretação das litologias mapeadas.

De posse dos resultados das análises químicas e dos testes de bancada, foi possível definir uma correlação entre as litologias mapeadas, sua assinatura química e seu comportamento no processo de beneficiamento (figura 17). Os pontos amostrados receberam, no mapa, uma codificação correspondente

ao desempenho dos testes de bancada, como forma de prever os resultados quando estas frentes alimentassem a usina de beneficiamento (figura 16) garantindo assim o melhor aproveitamento do bem mineral, a assertividade da lavra através dos bandos das litologias correspondentes, e cumprimento das metas de produção.

Note na figura abaixo que os melhores resultados estão associados às zonas de mesma litologia (alterito marrom), com baixa presença de veios e blocos (os traços em rosa correspondem aos veios de sílexito)

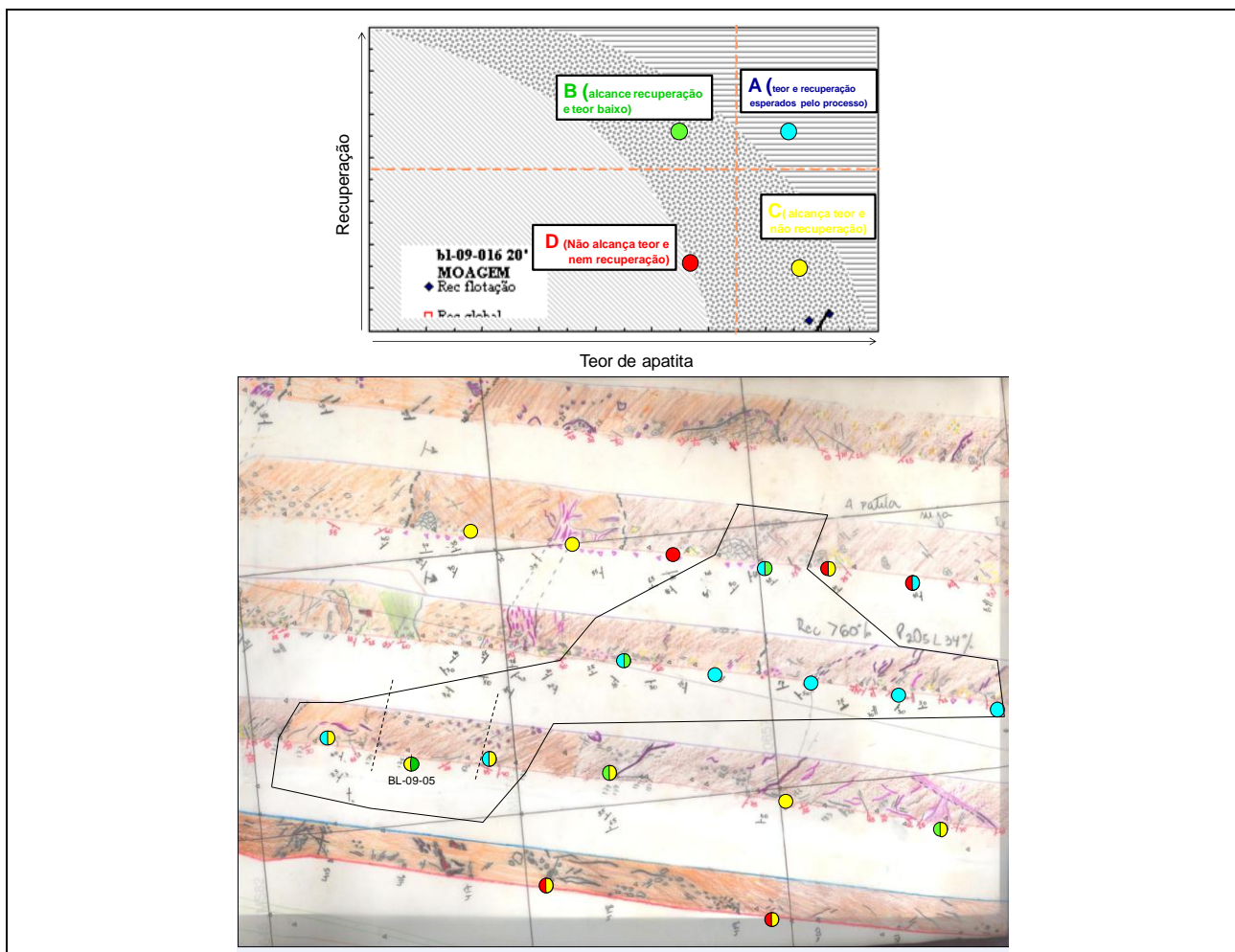


Figura16- Mapa das litologias com os carimbo dos testes de desempenho.

LITOLOGIA	PROCESSO	MgO	RCP
ISALTERITO LARANJA	Estéril	2.5 a 3.0	0.7
ISALTERITO MARROM ALARANJADO	Estéril/ Minério fino de baixa recuperação		
ISALTERITO MARROM	Minério franco, alta recuperação e alto teor		1.3
ISALTERITO MARROM ESVERDEADO	Minério de transição baixo teor recuperação		
ISALTERITO VERDE	Minério de transição/ Sílico-carbonatado- baixo teor e recuperação		
ROCHA POUCO INTEMPERIZADA	Estéril		
ROCHA SÃ	Estéril*		

Figura 17- correlação da geologia, com os testes de processo e a química.

### 6.3—RESULTADOS OBTIDOS

A fim de enfatizar a importância deste trabalho no processo produtivo, foi feito um estudo de caso para a região conhecida pela equipe de operação como zona do silexito (região brechada, ricas em veios e fragmentos de dimensões distintas).

No primeiro trimestre de 2008, verificou-se a redução no processo produtivo em termos de qualidade e recuperação metalúrgica, cujos valores de produção oscilaram entre 12% a 35% a menos da tonelada produzida pela usina de beneficiamento por dia. Essa queda foi associada às ocorrências de veios de silexito nas frentes lavradas, sendo estas, portanto bloqueadas e promovendo uma redução de cerca de 4% das reservas de minério oxidado disponível.

Por esta razão direcionamos o trabalho de mapeamento geológico de detalhe para estas frentes a fim de minimizar o impacto do bloqueio desta área pela operação. O mapeamento mostrou que era cabível, subdividir as frentes em função da taxa de ocorrência dos veios e blocos e suas dimensões (granulometria). Após separar estas faixas enviamos amostras para os testes de bancadas e percebemos que era possível obter bons resultados quando tratávamos estas áreas individualmente (figura 18). Embasados por essas informações a equipe de operação iniciou, portanto, a lavra destas frentes separadas pela geologia. Estas áreas entraram com pequenas participações nas pilhas ao longo do tempo e assim obtivemos sucesso em escala de produção, desbloqueando toda essa região e propiciando a sustentabilidade do negócio.



Amostragem do Silexito: (Intervalo Sx1-Sx2) + (Intervalo Sx3-Sx4) = Amostra total

Intervalos amostrais de aprox. 20 m nas bordas do corpo silexítico principal (Sx1 -Sx2 e Sx3-Sx4)



Figura 18- Frente de silexito amostradas para testes em bancadas.

## 7-CONCLUSÃO

Podemos concluir, portanto que o trabalho de mapeamento possibilitou o amadurecimento dos conhecimentos geológicos, e que os litotipos foram reconhecidos e definidos sistematicamente por critérios:

- ✓ Texturais - topo argiloso e base arenosa a fragmentada;
- ✓ Estruturais - topo sem estruturas preservadas e base com foliações e bandamentos visíveis;
- ✓ Mineralógicas – os minerais guias são apatita, filossilicatos e carbonatos;
- ✓ Químicos - assinatura química correspondente a uma assembleia mineralógica

Cada um desses critérios é de extrema importância para a definição das principais tipologias de minério.

O mapeamento geológico é ferramenta fundamental para o desenvolvimento das atividades mineiras e deve ser implementado como rotina, dando suporte ao processo de lavra e concentração dos minérios.

## **8-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Alkmim, F.F.; Neves, B.B.B.; Alves, J.A.C. 1993. Arcabouço tectônico do Cráton do São Francisco- uma revisão. In: Dominguez, J.M.L. & Misi, A. (eds.) Simpósio Sobre o Cráton do São Francisco. Reunião Preparatória. Salvador, 1993, SBG/SGM/CNPq, p. 45-62.

Almeida F F M (1967). Origem e evolução da plataforma brasileira. Boletim da Div. de Geol. e Mineral., DNPM. (241). Págs 1-36.

Brod, J.A.; Ribeiro, C.C.; Gaspar, J.C.; Junqueira-Brod, T.C.; Barbosa, E.S.R.; Riffel, B.F.; Silva, J.F. da; Chaban, N.; Ferrari, A.J.D. (2004) Geologia e mineralizações dos Complexos Alcalino- Carbonatíticos da Província Ígnea do Alto Paranaíba. Excursão 1. In: SEER, H.J. (org), Guia de Excursões, CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 42°, Araxá, 2004, Sociedade Brasileira de Geologia/Núcleo Minas Gerais, p 1-32, 2004.

Gaspar J C & Wyllie P J (1984). Magnetite in the carbonatites from the Jacupiranga Complex, Brazil. Am. Mineral, 68 (1,2). Págs. 195-213.

Gomes C B, Rubberti E & Morbidelli L (1990). Carbonatites complexes from Brazil: a review. J.S. Am. Earth Sci. 3(1). Págs. 51-63. 26

Grossi Sad J H & Torres N (1976). Geology and mineral resources of the Barreiro Complex, Araxá, Minas Gerais. 1º Congr. Int. Carbonatitos. Págs. 307-312. Poços de Caldas, Brazil.

Hasui Y & Cordani U G (1968). Idades K/Ar de rochas eruptivas mesozóicas do oeste mineiro e sul de Goiás. XXII Congr. Bras. Geol. Págs. 63-85. Belo Horizonte.

Hasui, Y. & Almeida F. F. M. (1970). Geocronologia do centro-oeste brasileiro. Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia, v. 19, p. 5-26.

Issa Filho A, Lima P R A S & Souza O M (1984). Aspectos da Geologia do Complexo Carbonatítico do Barreiro, Araxá, MG, Brasil. CBMM, Comp. Carb. Bras. Ed. CBMM. São Paulo. Págs. 20-44.

Moraes L C, Seer H J, Bento J H B, Leal C F Leal & Madeira M R (2008). Análise geométrica do alojamento de magmas no entorno do complexo alcalino-carbonatítico do Barreiro, Araxá, Minas Gerais, por meio da atitude espacial de fraturas e diques. IV Simpósio de Vulcanismo e Ambientes Associados. Foz do Iguaçu, PR Abril/2008.

Rodrigues, C.S. & Lima, P.R.A.S. (1984) Complexos Carbonatíticos do Brasil: geologia. Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração, Araxá, 44p.

Saito, M., Aparício, E., Trindade, J., & Bettencourt, J. (2006). O Depósito de Fosfato Residual do Barreiro-Araxá (MG): Modelamento Geológico-Tecnológico e Classificação de Reservas. Congresso Geológico Brasileiro, Aracaju. August 2006.

Seer H.J. (1995). Estudo da deformação em zonas internas de orógenos: o exemplo da área tipo do Grupo Araxá, Araxá, Minas Gerais. Plano de tese-Exame de qualificação. IGC-UNB. 66p.

Torres M G (1995). Caracterização mineralógica do minério fosfático da Mina da Arafertil S.A., no Complexo Carbonatítico do Barreiro, Araxá, MG Dissertação de mestrado nº 112 da UnB. Brasília-DF.

Torres M G & Gaspar J G (1995). Geoquímica do manto de intemperismo da minade fosfato do complexo lcalino-carbonatítico do Barreiro, Araxá-MG. V Congr. Bras. Geoq. & III Congr. De Geoq. Dos Países de Língua Portuguesa, CD Rom, Niterói, RJ.