

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**GEOLOGIA E PETRO-METALOGÊNESE DA
MINERALIZAÇÃO DE OURO DA MINA SÃO BENTO,
QUADRILÁTERO FERRÍFERO, MG**

Fernando Benegas Valladares

Orientador: Prof. Dr. Johann H. D. Schorscher

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-2000/9)

SÃO PAULO
2000

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**GEOLOGIA E PETRO-METALOGÊNESE DA MINERALIZAÇÃO
DE OURO DA MINA SÃO BENTO, QUADRILÁTERO
FERRÍFERO, MG**

FERNANDO BENEGAS VALLADARES

DISCIPLINA 0440500 - TRABALHO DE FORMATURA

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Johann H.D. Schorscher

Jo. Hans H. Schorscher

Profa. Dra. Gianna Maria Garda

Gianna Garda

Prof. Dr. João Batista Moreschi

João Batista Moreschi

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**GEOLOGIA E PETRO-METALOGÊNESE DA
MINERALIZAÇÃO DE OURO DA MINA SÃO BENTO,
QUADRILÁTERO FERRÍFERO, MG**

Fernando Benegas Valladares



Orientador: Prof. Dr. Johann H. D. Schorscher

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-2000/9)

DEDALUS - Acervo - IGC



30900006057

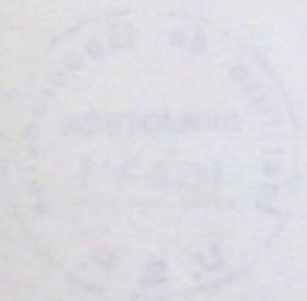
SÃO PAULO
2000

17
V176
FB.g

DOAÇÃO Comissão

do Trabalho de Formação

Data: 07 / 02 / 01



Índice

1. Resumo	1
2. <i>Abstract</i>	2
3. Introdução	4
4. Metas e Objetivos	5
5. Trabalhos Prévios	5
5.1- Geologia Regional	5
5.2- Estratigrafia (Greenstonebelt Rio das Velhas)	7
5.3- Geologia Local	8
6. Materiais e Métodos	11
7. Desenvolvimento do Trabalho	12
8. Resultados Obtidos	14
8.1 Estudos Meso e Micorscópicos das amostras coletadas	14
8.1.1. Descrição macro e mesoscópica detalhada	14
8.1.2. Resumo da descrição microscópica	18
8.1.3. Petrografia dos minerais opacos	23
8.1.4. Trabalhos de Campo	25
8.1.5. Análises geoquímicas multielementares	26
9. Interpretação/ Discussão dos Resultados	29
10. Conclusões	30
11. Bibliografia	32

Anexos

Anexo 1 - Mapa Litológico do Nível 15

Anexo 2 - Fotografias

Anexo 3 - Fotomicrografias

Anexo 4 - Tabelas

Anexo 5 - Gráficos dos estudos realizados por FRX

Anexo 6 - Gráficos dos estudos realizados por ICP-AES

1 – Resumo

Foi estudada a mineralização de ouro da mina São Bento, com métodos de campo e laboratoriais mineralógico-petrográficos e geoquímicos, visando contribuir à petro-metalogênese desse depósito em ambiente *greenstone belt* arqueano.

Sob aspectos geológicos regionais verificou-se a disposição litoestratigráfica e estrutural invertida do Supergrupo Rio das Velhas no perfil entre Santa Bárbara e a mina São Bento. A falta na área da mina de anomalias estruturais, como repetições e dobramento isoclinal, aponta para a possibilidade de serem as relações de topo e base, adotadas informalmente na estratigrafia da mina, invertidas em relação a sucessão estratigráfica real.

Os detalhamentos macro, meso e microscópicos do nível 15 (travessa 2070), intersectando toda a mineralização (Membro Ferrífero Basal da Formação Ferrífera São Bento), assim como as rochas encaixantes (xisto grafitoso da Formação Grafitosa Basal da lapa e Membro Ferrífero do Topo e xisto quartzoso clorítico da Formação Carrapato da capa), evidenciam que a mineralização comportou-se como um sistema petro-metalogenético fechado, sem contribuições externas, entretanto com indicações de remobilizações internas.

Os horizontes de minérios, da lapa a capa (Oeste, Middle ou Meio, São Bento e Leste), consistem em formações ferríferas bandadas (*bifs*) de fácies sulfeto e mistas, em proporções variáveis, com fácies carbonato e óxido com magnetita; predominando a fácies carbonato e/ou óxido tornam-se não econômicas a estéreis. Ocorreram vários pulsos mineralizantes sinsedimentares a sindiagenéticos e redistribuições tectono-metamórfico-hidrotermais. O mais antigo é representado por ouro refratário que ocorre em grãos $\leq 10\mu\text{m}$ inclusos na pirita de primeira geração predominante; o segundo, por inclusões de ouro refratário (grãos $\leq 5\mu\text{m}$) em arsenopirita de primeira geração predominante; o terceiro, ocorre em grãos mais grossos ($\geq 20\mu\text{m} - 250\mu\text{m}$), como ouro livre e incluso em pirrotita sugerindo remobilizações/redistribuições tectono-metamórfico-hidrotermais.

Os estudos geoquímicos ainda iniciais via FRX (rocha global) e ICP-AES em extrações seletivas por Água Régia caracterizaram bem as rochas encaixantes através de anomalias positivas dos elementos Al, Mg, Ti, Na, K, Cr, Ni, U, Co, Ba, Sr, Rb e Ga, nitidamente superiores àquelas dos horizontes mineralizados. Destacam-se os teores de Ti, Cr, Ni, V e Co, como típica associação apontando para a contribuição vulcânica básica nas encaixantes. Assimetrias geoquímicas nas encaixantes com enriquecimentos seletivos mais fortes de K, Rb e dos ETR leves Ce, La, Nd, entre outros, são características e apontam eventualmente também para a inversão estratigráfica da sequência, tratando-se de elementos incompatíveis mais provavelmente enriquecidos por processos diagenéticos de compactação nas encaixantes do topo estratigráfico real da sequência.

Os horizontes mineralizados caracterizam-se por teores baixos dos elementos maiores Ti, Al, Na, K e traços Cr, Ni, V, Co, Rb, Ga e ETR leves e altos de Fe e Mn, em relação às encaixantes. Apresentam ainda anomalias metalogenéticas conjuntas e sincrônicas dos metais Au, Ni, Co, Zn, Cu, Cr e W, principalmente. Desvios eventuais desses elementos, assim como o comportamento do chumbo indicam processos epigenéticos de remobilização/redistribuição tectono-metamórfico-hidrotermais. O arsênio embora considerado um elemento traçador do Au em prospecção geoquímica, neste caso, apresenta-se apenas fracamente correlacionado com Au, exceção feita para alguns dos minérios mais ricos.

O grau metamórfico na mina é de fácies xisto-verde inferior a médio dado por Fe-stilpnomelano+quartzo e clorita+muscovita+quartzo estáveis.

Estes resultados, que ainda devem ser confirmados com estudos de outras intersecções do minério, evidenciam a natureza poligenética da jazida de ouro, iniciada como uma mineralização singenética estratiforme hidrotermal-exalativa, com pelo menos dois pulsos auríferos (relacionados às inclusões de ouro na pirita e arsenopirita). As transformações diagenéticas subsequentes e tectono-metamórficas posteriores, incluíram remobilizações e redistribuições do Au, durante a orogênese do *greenstone belt* Rio das Velhas (final do Arqueano) e, possivelmente, no decorrer das orogêneses proterozóicas dos ciclos Minas/Espinhaço e Brasileiro.

2 - Abstract

The Au-mineralization of the São Bento mine (Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais) was studied by field and laboratory, mineralogical, petrological and geochemical methods in order to understand the petro-metallogenesis of this Archaean greenstone belt deposit. Regional geological study revealed an overturned lithostratigraphical succession within the Rio das Velhas Supergroup in a profile from Santa Bárbara to the São Bento mine. The lack of local structural anomalies as, for instance, repetitions and/or isoclinal folding in the São Bento area and mine indicate that true stratigraphic up could be inverted in the informal stratigraphy of the mine. Macro, meso and microscopical investigations of level 15 (adit 2070), which completely intersects both mineralization (i.e., the basal ferriferous member of the informal São Bento iron formation) and host rocks, (i.e., graphitic schists of the basal graphitic formation as foot wall, and upper ferriferous member and quartz-chlorite schists of the Carrapato Formation as hanging wall), showed that the individual mineralized and barren horizons (various schists, oxide-and silicate-facies BIF with magnetite and Fe-stilpnomelane forming interlayers and host rocks) acted as closed petro-metallogenetical systems without any external mineralizing contributions. The ore horizons (horizons designed from foot to hanging wall, i.e., from west to east, as Oeste, Middle, São Bento and Leste horizons) consist of sulphide and mixed facies BIFs, including variable but minor proportions of carbonate and magnetite-oxide facies. When carbonate and/or magnetite-oxide facies predominate, gold contents drop sharply and the ore horizons become non-economic and even barren.

There occurred various mineralizing pulses of syngenetic origin as well as tectono-metamorphic hydrothermal remobilizations and redistributions. The oldest one is represented by tiny refractory Au-inclusions ($\leq 10\mu\text{m}$) in pyrite of the first main (py) generation. The second one consists of still finer-grained refractory Au in arsenopyrite, also of the first main (as-py) generation (Au-inclusions $\leq 5\mu\text{m}$). The third generation is free Au and Au as inclusions in deformed pyrrhotite. This Au is coarser (grain size varying strongly from ≥ 20 to $250\mu\text{m}$), suggesting origins by tectono-metamorphic hydrothermal remobilizations, redistribution and reprecipitation.

Although geochemical XRF (global rock) and ICP-AES studies of the ores through selective leaching with Aqua Regia are still in the beginnings, it has been possible to characterize wall rocks showing strong positive anomalies of Al, Mg, Ti, Na, K, Cr, Ni, V, Co, Ba, Sr, Rb, Ga, when compared to Au-ore horizons. The presence and quantities of Ti, Cr, Ni, V and Co typically point to basic magmatic (volcanic or volcanoclastic) contributions in the composition of the wall rocks. Asymmetrical geochemical anomalies in the wall rocks with selective stronger enrichments of K, Rb, LREE (Ce, La, Nd), among others, in the graphitic schists of the foot wall suggest stratigraphic and structural inversion (upside-

down position) of the investigated horizon of the São Bento mine as these incompatible elements are more typically enriched through diagenetic compaction and lithification in the rock horizons overlying ore bodies.

The ore-horizons are characterized by lower contents of Ti, Al, Na, K, Cr, Ni, V, Co, Ba, Sr, Rb, Ga and LREE and higher contents of Fe and Mn, when compared to the wall rocks. In addition, they show joint and synchronous anomalies of the metallogenetically significant elements: Au, Ni, Co, Zn, Cu, Cr and W. Exceptions to these patterns as well as the contents and distribution patterns of Pb are indicative of epigenetic processes of tectono-metamorphic hydrothermal remobilizations and redistributions.

The element As is in general considered a reliable pathfinder element for Au. In the studied ores As shows only a weak positive correlation with Au, with the exception of only some of the richest Au-ores.

The regional metamorphism at the São Bento mine is of the lower to middle greenschist facies rank, as indicated by the stability of assemblages of Fe-stilpnomelane + quartz and of chlorite + muscovite + quartz.

The results of the present study indicate a polygenetic nature of the São Bento Au-deposit. At the beginning, a syngenetic stratiform hydrothermal exhalative Au-mineralization was formed, comprising at least two pulses of Au-deposition (related to the genetically distinct Au-inclusions in the first generation pyrites and arsenopyrites). Subsequently, this primary Au-mineralization suffered diagenetic transformations and lithification. Finally, it was subjected to at least three tectono-metamorphic events, causing remobilizations and redistributions of the gold and associated sulphides, as well as replacements of other ore and gangue minerals during the Archean Rio das Velhas orogenesis (at the end of the greenstone belt cycle of crustal evolution) and during the Proterozoic Minas/Espinhaço (Paleoproterozoic) and Brasiliano (Neoproterozoic) cycles. These results should be checked by studying additional ore body intersections deeper down-dip in the São Bento mine.

3 - Introdução (incluindo relevância do trabalho no contexto em que se insere)

A pesquisa compreende estudos geológicos e petro-metalogenéticos da jazida de ouro da mina São Bento, localizada no NE do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, (Figura 1), com base em revisões bibliográficas, trabalhos de campo e laboratoriais mineralógico-petrográficos e geoquímicos.

O reconhecimento do tipo genético de uma mineralização é fundamental, tanto para a exploração mineral regional, quanto para a avaliação de uma jazida específica. Para tanto, a caracterização pormenorizada mineralógico/petrográfica dos minérios, das encaixantes e suas relações mútuas é imprescindível.

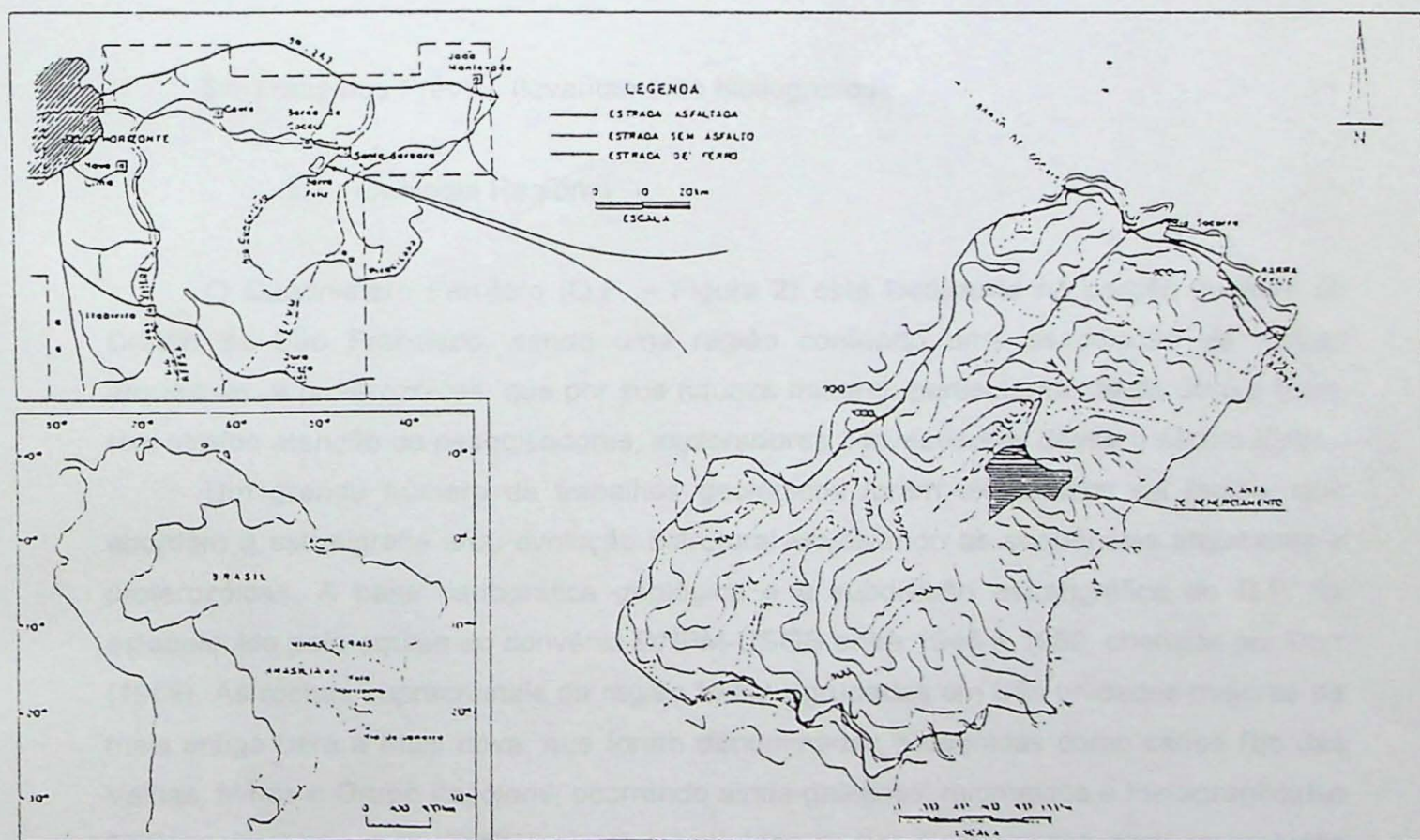


Figura 1: Localização da Mina São Bento (extraído de Abreu et al., 1988)

4 - Metas e Objetivos

O principal objetivo da pesquisa é contribuir com estudos detalhados, macro, meso e microscópicos, ao conhecimento das características mineralógico-petrográficas, estruturais, texturais, paragenéticas e geoquímicas de uma intersecção contínua da mineralização, compreendendo os quatro horizontes auríferos (Oeste, Middle, São Bento e Leste), assim como as rochas encaixantes.

A principal meta do trabalho consiste em fornecer dados que contribuam no esclarecimento petro-metalogenético dos diversos pulsos e fases mineralizantes que condicionaram o minério de ouro sulfetado em bifs e remobilizações eventuais da mina São Bento. Verificar as interações minério-rochas encaixantes e sua posição genética.

No contexto maior contribuir ao conhecimento de mineralizações de ouro em bifs de *greenstone belts* arqueanos.

5 – Trabalhos Prévios (levantamento bibliográfico)

5.1 - Geologia Regional

O Quadrilátero Ferrífero (Q.F. – Figura 2) está localizado na porção sudeste do Cráton do São Francisco, sendo uma região contendo uma associação de rochas arqueanas e proterozóicas, que por sua riqueza mineral, particularmente de ouro e ferro, tem atraído atenção de pesquisadores, exploradores e investidores desde o século XVIII.

Um grande número de trabalhos geológicos foram executados na região, que abordam a estratigrafia e/ou evolução estrutural envolvendo as sequências arqueanas e proterozóicas. A base cartográfica geológica e a subdivisão estratigráfica do Q.F. foi estabelecida pela equipe do convênio DNPM-USGS entre 1946 e 1962, chefiada por Dorr (1969). As rochas supracrustais da região foram agrupadas em três unidades maiores da mais antiga para a mais nova, que foram denominadas e definidas como séries Rio das Velhas, Minas e Grupo Itacolomi, ocorrendo ainda gnaisses, migmatitos e metagranitóides TTG, assim como metagranitóides mais evoluídos de tipo Borrachudos, com composição de álcali-feldspato granitos com fluorita.

A Série Minas e o Grupo Itacolomi são constituídos por sequências essencialmente metassedimentares de quartzitos, metaconglomerados, filitos, dolomitos e

formações ferríferas tipo Lago Superior. As subdivisões estratigráficas não sofreram modificações substanciais, a não ser no trabalho de Ladeira (1980), que propôs alterações na interpretação da parte basal e do topo do conjunto proterozóico.

O conjunto arqueano, englobando tanto as rochas graníticas *latu sensu* quanto as sequências vulcano-sedimentares Rio das Velhas, tem sido objeto de estudos mais detalhados nos últimos anos, especialmente após ter sido sugerida por Almeida (1976) e confirmada por Schorscher (1976, 1978) a sua natureza como uma associação lito-estrutural do tipo *greenstone belt*. Essa importante modificação e redefinição da sucessão litoestratigráfica Rio das Velhas, de uma série eugeossinclinal (Dorr, 1969) para Supergrupo representativo de uma sequência de tipo *greenstone belt* essencialmente completa, baseou-se na inclusão de um conjunto de rochas ultramáficas que eram antes consideradas intrusivas mais jovens, inclusive do que a Série Minas, como unidade inferior denominada Grupo Quebra Osso do Supergrupo Rio das Velhas, após terem sido reconhecidas como metakomatiitos (Schorscher, 1978, 1979).

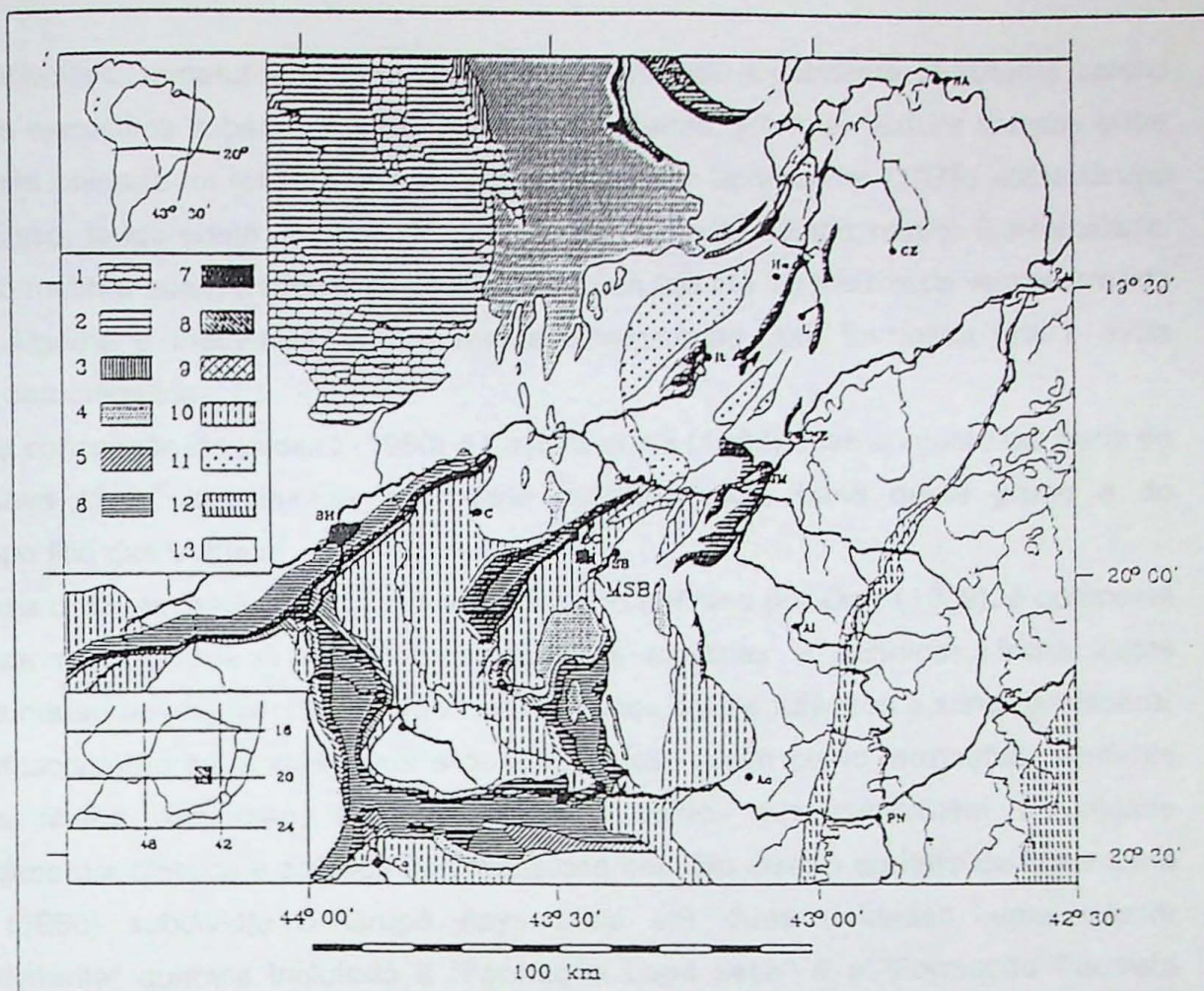


Figura 2 – Localização e contexto geológico da região da Mina São Bento (MSB).

Legendas: 1 a 3-Sgr. São Francisco (meso a neoproterozóico); 4-Sgr. Espinhaço (paleo a mesoproterozóico); 5 a 9-Sgr. Minas (paleoproterozóico); 10-greenstone belt; Sgr. Rio das Velhas (arqueano); 11-Metagranitoides Borrachudos; 12-Mylonitognisses, migmatitos e quartzitos; 13-Gnaisses graníticos, migmatitos e metagranitoides indiferenciados (arqueanos e proterozóicos) do Complexo Regional de Rochas sensu lato Graníticas.

Cidades: Ac-Acaiaca; Al-Alvinópolis; BC-Barão de Cocais; BH-Belo Horizonte; C-Caeté; CE-Cocais das Estrelas; CF-Coronel Fabriciano; Co-Congonhas; He-Hematita; I-Itabirito; Ip-Ipatinga; It-Itabira; JM-João Monlevade; L-Liberdade; M-Mariana; NE-Nova Era; OP-Ouro Preto; PN-Ponte Nova; PSA-Ponte de Santo Antônio; RC-Rio Casca; SB-Santa Bárbara; SG-São Gonçalo do Rio Abaixo. Extraído de Schorscher (1992).

5.2 - Estratigrafia (Greenstone belt Rio das Velhas)

A sucessão lito-estratigráfica atualmente mais aceita do Supergrupo e *greenstone belt* Rio das Velhas (Inda et al., 1984) é a seguinte:

Uma unidade inferior constituída por rochas metaultramáficas, serpentinitos, talco-

xistos, anfibolitos, metatufos e metakomatiitos, mostrando localmente estruturas típicas vulcânicas extrusivas subaquáticas de lavas almofadadas, além de textura *spinifex* entre outras. Esta unidade foi reconhecida e denominada por Schorscher (1979) como Grupo Quebra Osso, tendo como local tipo o vale do córrego de mesmo nome. É assinalada, ainda pelo mesmo autor, a presença de intercalações (de até 10 metros de espessura) de bifs tipo Algoma e metachert, variavelmente ferruginosas com turmalina fina e meta scheelita característica.

Na concepção de Ladeira (1980) e Ladeira et alii (1983) esse conjunto faz parte do Grupo Nova Lima, constituindo a unidade metavulcânica, base deste grupo e do Supergrupo Rio das Velhas.

Uma unidade média, Grupo Nova Lima como definido por Dorr (1969), é composta por rochas metavulcânicas e metassedimentares clásticas e químicas. Inclui xistos máficos e matagrauvas máficas, xistos carbonáticos, xistos tufáceos e xistos grafitosos, raros metaconglomerados, quartzitos e quartzo xistos, assim como formações ferríferas bandadas fácies carbonato, silicato, sulfeto e óxido, que constituem a unidade metassedimentar clástica e química do greenstone belt. No distrito aurífero de Nova Lima Ladeira (1980) subdividiu o Grupo nova Lima em duas unidades, uma inferior metassedimentar química incluindo a "Formação Lapa seca" e a "Formação Ferrífera Bandada Raposos".

A unidade superior do Supergrupo Rio das Velhas é constituída de metaconglomerados, grauvas, protoquartzitos, *grit* e filitos, reunidos no Grupo Maquiné, (1969) separado do Grupo Nova Lima subjacente por discordância erosiva e localmente angular.

5.3 - Geologia Local (Fonte: Divisão Geologia São Bento Mineração S. A.)

Estratigrafia

Considerando a estratigrafia atualmente mais aceita para o Quadrilátero Ferrífero, o pacote de metassedimentos clásticos e químicos que ocorre em São Bento faz parte do Grupo Nova Lima, do Supergrupo Rio das Velhas, estando posicionado na sua porção basal, de acordo com a coluna sugerida por Schorscher (1979).

O pacote metassupracrustal apresenta direção geral NE com caimentos essencialmente constantes de 50°-60° para SE. Indicações de repetições tectônicas seja

por falhas ou dobramentos isoclinais não foram reconhecidos/descritos.

Na área foram individualizadas quatro unidades litoestratigráficas principais, mapeáveis na escala 1:25.000, e de oeste para leste informalmente designadas: Formação Ferrífera Inferior (FFI), Formação Grafitosa Basal (FGB), Formação Ferrífera São Bento (FFSB) e Formação Carrapato (FC). Foram caracterizadas por Abreu et al. (1988) e Martins Pereira (1995), conforme abaixo resumido e complementado com algumas observações deste trabalho.

Formação Ferrífera Inferior

Esta unidade, melhor exposta na porção NW da área, é constituída por formações ferríferas bandadas fácies óxido, silicato e carbonato. A mineralogia básica é representada por quartzo, magnetita, clorita e carbonato, sendo rochas finamente bandadas. Rochas frescas não são observadas e, além disso, não foi desenvolvido, sobre esta unidade, trabalho sistemático de prospecção. Uma espessura de 50 metros foi medida em uma trincheira aberta durante a fase de pesquisa para a reavaliação do depósito.

Formação Grafitosa Basal

É constituída por clorita-xistos grafitosos e carbonáticos, em geral finamente laminados, de coloração cinza-escuro e negro. A laminação pode tornar-se quase imperceptível à vista desarmada em razão de granulometria muito fina. Os leitos mais ricos em quartzo marcam a estratificação. Intercalações quartzo-carbonáticas, de espessura milimétrica a métrica, são comuns e, localmente, podem ser portadoras de algum ouro. Uma característica marcante desta sequência é a presença de nódulos de sulfeto (pirita) nos xistos grafitosos, principalmente no contato com a unidade ferrífera superior.

Formação Ferrífera São Bento

É constituída essencialmente por um pacote de formação ferrífera bandada fácies óxido, carbonato, silicato, sulfeto e mistos, que se apresentam como uma sucessão de estratos milimétricos a centimétricos, constituídos principalmente por quartzo, ankerita,

siderita, magnetita, estilpnomelana e clorita e, subordinadamente, de sulfetos, grafita e scheelita.

A rocha é bandada com leitos de cores claras e escuras. Os primeiros de tom geralmente creme, são constituídos por quartzo e carbonatos, ao passo que os leitos escuros de tonalidade esverdeada são ricos em clorita e estilpnomelana e os de tom cinza-escuro, ricos em magnetita ou grafita.

Metassedimentos clásticos de granulação fina (metapelitos) representados por clorita-quartzo xistos grafitosos e mica xistos quartzo-carbonáticos são encontrados preferencialmente na base da sequência.

Suas características distintas e importância econômica permitiram subdividir a Formação Ferrífera São Bento em dois membros informais:

- Membro Ferrífero Basal: Este é caracterizado pela heterogeneidade litológica, pois além de bifs, estão presentes intercalações de metassedimentos clásticos finos - xistos grafitosos e carbonáticos. É o hospedeiro da mineralização de ouro e foi por sua vez, subdividido em 4 horizontes mineralizados: Oeste, Middle ou do Meio, São Bento e Leste com intercalações estéreis.
- Membro Ferrífero do Topo: Mais homogêneo, é constituído por bifs de fácies óxido, silicática e carbonática, ocorrendo em proporções variadas, vertical e lateralmente, possuindo cerca de 80 metros de espessura.

Formação Carrapato

Segue para E sobre a Formação Ferrífera São Bento. É composta por uma sequência de mica xistos variando de cinza-claro a escuros. São observadas também metagrauvacas, quartzo xistos, xistos carbonáticos ou grafitosos, além de horizontes de formação ferrífera bandada, fácies carbonática e silicática, eventualmente com algum ouro associado.

Rochas Metabásicas

Rochas metaígneas básicas foram observadas em furos de sondagem e nos escassos afloramentos da região. Próximos aos contatos apresentam granulação fina, passando rapidamente a média em direção ao centro do corpo de metabasito. A elevada

proporção de anfibólios, epidoto e carbonatos confere às rochas uma coloração verde, com eventuais concentrações de feldspato e quartzo. O metamorfismo é de fácies xisto-verde. Estas rochas representam diques e soleiras intrusivas principalmente na Formação Carrapato de idade proterozóica.

6 - Materiais e Métodos

A pesquisa foi baseada em estudos bibliográficos, trabalhos de campo e no estudo petrográfico sistemático da coleção de amostras coletadas pelo orientador em etapas prévias da pesquisa. As amostras coletadas pertencem ao nível 15, travessa 2070, da mina São Bento (Anexo 1 - Mapa litológico do nível 15) e ao furo de sonda SS-493, que atravessa completamente a Formação Ferrífera São Bento. A amostragem foi realizada de forma que os quatro horizontes mineralizados da Formação Ferrífera São Bento (Oeste, Middle ou do Meio, São Bento e Leste) fossem interceptados, assim como partes da Formação Grafítica Basal a W e da Formação Carrapato a E. Sobre estas amostras foram realizados:

1 - Estudos detalhados mineralógico-petrográficos mesoscópicos (escala de amostra de mão) para identificações estruturais e mineralógicas, sua ordem e hierarquia relativa e genética. Por exemplo: acamamento, dobras, foliações/clivagens, fraturas, veios e respectivas mineralogias principais de minério e rochas encaixantes.

2 - Estudos microscópicos de luz transmitida e refletida com métodos qualitativos e semi-quantitativos, visando detalhamentos mineralógicos-paragenéticos, micro-estruturais e texturais.

3 - Detalhamentos microscópicos-petrográficos de aspectos selecionados das feições petro-metalogenéticas principais, tipificadas nos estudos meso e microscópicos precedentes.

4 - Estudos geoquímicos multielementares iniciais.

Trabalhos de campo de reconhecimento geológico regional petrográfico, estratigráfico e tectônico do greenstone belt Rio das Velhas e trabalhos geológicos de detalhe no subsolo da mina São Bento (Nível 25, 4º subnível travessa 2020), para observações comparativas e amostragens complementares.

Os trabalhos finais compreenderam a análise e integração dos resultados, confrontação com dados da literatura e redação/confecção do relatório final.

Foram estudadas em detalhe o total de 56 (cinquenta e seis) amostras do nível 15 - travessa 2070 e 5 (cinco) amostras de uma intersecção de cerca de 3 metros do Membro Ferrífero do Topo ao longo do furo de sonda SS-493, inicialmente a olho nú e com lupa binocular. Em seguida foram selecionadas partes representativas das amostras homogêneas e subamostras (quando heterogêneas) para as preparações microscópicas (petrográficas) e preservadas alíquotas para estudos geoquímicos.

Os estudos microscópicos tiveram por finalidade a análise de diferentes fases de mineralização aurífera com base na caracterização paragenético-textural e microestrutural das associações de minerais de minério e de ganga. As paragêneses de sulfetos foram analisadas em relação aos óxidos dos bifs e as paragêneses de minério (sulfetos e óxidos) em conjunto, em relação as paragêneses de ganga nos minérios e nas rochas encaixantes.

Atenção especial foi dada a eventuais alterações de contato nas rochas encaixantes com a proximidade dos minérios.

7 - Desenvolvimento do Trabalho

Os trabalhos obedeceram o cronograma formal da disciplina e incluiu as etapas pré-estabelecidas. A pesquisa em si iniciou-se com trabalhos simultâneos bibliográficos e das coleções de amostras na sequência: estudos preliminares e trabalhos de preparação inicial; macro e mesoscopia detalhada; preparações/confecções de lâminas petrográficas e seções polidas, assim como de pós para análises geoquímicas multielementares; microscopia petrográfica e de minérios; trabalhos de campo; trabalhos finais petrográfico-metalogenéticos e trabalhos iniciais de análise e interpretações sendo que os dados analíticos via FRX e ICP-MS foram obtidos em cooperação internacional do orientador com pesquisadores do Instituto de Mineralogia aplicada e Geoquímica da Universidade Técnica de Munique e do Geoforschungszentrum, Potsdam, respectivamente.

Análises complementares por ICP-AES foram realizadas com a participação laboratorial direta do aluno, em cooperação com a Prof. Dra. Elisabeth de Oliveira do IQ-USP. Por último constaram a análise integrada e interpretação de todos os resultados e a confecção do relatório final (ver cronograma anexo).

Cronograma das atividades principais efetivamente realizadas

Atividade	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Projeto Inicial	_____									
Pesquisa Bibliográfica	_____									
Estudo da coleção de amostras meso e microscópicas	_____									
Preparação para Análise Química					_____					
Análises Químicas						_____				
Trabalho de campo							_____			
Confecção Relatório de Progresso					_____					
Confecção Relatório Final e Apresentação								_____		

Dificuldades encontradas

Os trabalhos de campo, previstos inicialmente para o mês de julho, não puderam ser realizados devido aos atrasos do período letivo decorrente da greve.

Entretanto, os mesmos foram realizados no mês de setembro, não implicando em prejuízos no decorrer da pesquisa.

8 – Resultados Obtidos

8.1 - Estudos Meso e Microscópicos das amostras coletadas

As amostras foram serradas (serra diamantada) em fatias perpendiculares aos elementos planares principais, em seguida, foram minuciosamente descritas e fotografadas. Foi realizada a seleção de subamostras para preparação de lâminas e seções polidas.

Para fins de descrição das amostras no contexto lito-estratigráfico e estrutural local foram utilizadas as terminologias adotadas pelos geólogos da mina São Bento (Abreu et al., 1988): Horizonte para indicar as diferentes unidades litoestratigráficas mineralizadas em ouro do Membro Ferrífero Basal. Estes horizontes foram denominados de acordo com sua posição geográfica relativa na mina: "Horizonte Oeste", "Horizonte Middle ou do Meio", "Horizonte São Bento" e "Horizonte Leste". Os "horizontes" estéreis intermediários aos mineralizados foram denominados: M1, M2, M3 e M4, também conforme sua posição geográfica na mina, de oeste para leste. (Anexo 1 – Mapa Geológico do Nível 15)

8.1.1 - Descrição macro e mesoscópica detalhada

O estudo foi realizado fazendo-se uso de lupa, imã, ácido clorídrico, lupa binocular e lâmpada de luz ultra-violeta (Mineralight). A descrição obedeceu a disposição de W para E no perfil, da travessa 2070 amostrada, compreendendo as unidades litológicas abaixo descritas, cujas fotografias são apresentadas no anexo 2.

Formação Grafítica Basal

Amostras 01, 02 (Fotografia 01), 03 e 04.

São rochas com fino bandamento, com espessura variável (1,0 mm a 1,0 cm), alternando bandas claras - esbranquiçadas e bandas cinza médio a escuras. As bandas claras são compostas por quartzo e carbonato, enquanto que as bandas escuras são constituídas principalmente por clorita e sericita com quartzo, carbonato e minerais opacos finos subordinados.

As bandas quartzo-carbonáticas apresentam-se mais competentes à deformação, sendo menos estiradas e comumente boudinadas. As bandas compostas por clorita e

sericita apresentam-se mais estiradas paralela à alternância composicional e amoldando-se às bandas quartzo-carbonáticas disruptas.

Ocorrem sulfetos (principalmente pirita) disseminados, com granulometria variável (0,1mm a 3,0 mm).

Veios de quartzo e quartzo-carbonato não deformados ocorrem paralelos a subparalelos ao bandamento composicional. Nas amostras estudadas não foram identificados veios de quartzo discordantes do bandamento. Não foram observadas evidências de contatos, impregnações ou alterações hidrotermais nesta unidade em direção ao contato com o minério de ouro nem mesmo em amostras do próprio contato.

Horizontes Intermediários (estéreis intercalados à mineralização)

Amostras 11B, 11C (Fotografia 02), 12 (Fotografia 03), 14, 17, e 26.

Compreende rochas bandadas, alternando bandas bege claro e bandas de coloração cinza (claro a escuro), com intercalações de bandas com coloração verde.

As bandas de coloração bege são constituídas essencialmente por carbonato e quartzo sendo bifs de fácies carbonato, com scheelita (identificada com mineralight) em proporções menores, variáveis, associada a estas bandas, sem estar presente em remobilizações.

As bandas de coloração cinza são compostas por quartzo e magnetita (bifs fácies óxido). Os níveis de coloração esverdeada são compostos principalmente por clorita e sericita.

O bandamento é do tipo plano paralelo com espessura variável (5,0 mm a 8,0 cm), em geral, paralelo a subparalelo à foliação principal.

Ocorrem níveis sulfetados com espessuras variáveis (5,0 mm a 5,0 cm) compostos principalmente por arsenopirita, pirita e pirrotita, subidiomórficas a idiomórficas, apresentando granulometrias variáveis (1,0 mm a 3,0 mm).

Sulfetos disseminados (xenomórficos a idiomórficos) com granulometria variável (0,1mm a 2,5 mm) ocorrem nas bandas carbonáticas, quartzosas e nos leitos cloríticos (geralmente nas bordas deste último).

O grau de deformação das rochas é variável. Em níveis de fraca deformação ocorrem veios de quartzo e veios quartzo-carbonáticos paralelos, oblíquos a discordantes ao bandamento, observando-se ainda a ondulação dos leitos cloríticos e das bandas carbonáticas.

Deformações mais intensas e poligenéticas são evidenciadas por dobras fechadas de pequeno porte - milimétricas a centimétricas, estiramento de níveis quartzosos, cloríticos e sulfetados, e por veios quartzosos e/ou quartzo-carbonáticos discordantes truncando o bandamento composicional.

Ocorrem falhas e fraturas (milimétricas a centimétricas) que cortam o bandamento podendo deslocá-lo, não ocorrendo remobilizações de sulfetos.

Horizontes mineralizados

Amostras 05, 06, 07, 08, 09 (Fotografia 04), 10 (Fotografia 05), 11A, 13, 15 (A, B, C – Fotografia 06, D), 16, 18 (Fotografia 07), 19, 20 (A, B, e C), 21 (A – Fotografia 08 e B), 22 (A, B, C e D), 23, 24, 27, 28 (A, B – Fotografia 09, C – Fotografia 10 e D), 29 (A e B) e 30A.

Estrutura bandada, alternando bandas bege claro a escuro, bandas cinza escuro e bandas sulfetadas sendo bifs fácies sulfeto, além de intercalações de leitos de coloração verde.

As bandas de cor bege são compostas principalmente por quartzo e carbonato sendo bifs fácies carbonato com scheelita (identificada com mineralight) em proporções menores variáveis ocorre associada a estas bandas, sem estar presente em remobilizações.

As bandas de coloração cinza são compostas por magnetita sendo bifs de fácies óxido. Os níveis de coloração verde são constituídos por clorita e sericita.

As bandas sulfetadas são compostas predominantemente por arsenopirita, pirita e pirrotita com formas xenomórficas a idiomórficas e granulometria variável (<1,0 mm a 3,0 mm).

O bandamento é do tipo plano paralelo com espessura variável (5,0 mm a 10,0 cm), em geral, paralelo a subparalelo à foliação principal.

Ocorrem sulfetos (arsenopirita, pirita e pirrotita predominantes) com formas xenomórficas a idiomórficas e granulometria variável (0,1mm a 2,0 mm), disseminados no bandamento quartzo-carbonático, e concentrado na borda de níveis cloríticos.

A deformação nos horizontes mineralizados é semelhante à deformação que ocorre nos horizontes intermediários.

Em níveis de fraca deformação ocorrem veios de quartzo e veios quartzo-carbonáticos paralelos, oblíquos a discordantes ao bandamento, observando-se ainda a

ondulação dos leitos cloríticos e das bandas carbonáticas.

Deformações mais intensas e poligenéticas são evidenciadas por dobras fechadas de pequeno porte - milimétricas a centimétricas, estiramento de níveis quartzosos, sulfetados e cloríticos (com remobilização de sulfetos, principalmente em suas bordas) e veios quartzosos e quartzo-carbonáticos oblíquos a discordantes truncando o bandamento composicional.

Ocorrem falhas e fraturas (milimétricas a centimétricas) que cortam o bandamento podendo deslocá-lo, ocorrendo pouca ou nenhuma remobilização de sulfetos.

Membro Ferrífero do Topo

Amostras 30 (B e C), 31 (Fotografia 11), 32, 33 (A, B e C – Fotografia 12), 34, 9, 10>, 33, 33A e 40-1 (as últimas cinco amostras pertencem ao furo de sonda SS-493).

Estrutura bandada, alternando bandas de coloração cinza claro compostas por quartzo e carbonato consistindo bifs fácies carbonato, bandas cinza escuro compostas por magnetita sendo bifs fácies óxido, além de intercalações de níveis de coloração verde compostos por clorita e sericita e leitos de coloração verde escuro compostos por estilpnomelana.

O bandamento é do tipo plano paralelo com espessura variável (5,0 mm a 5,0 cm), em geral, paralelo a subparalelo à foliação principal.

Ocorrem veios de quartzo e veios quartzo-carbonáticos paralelos, oblíquos a discordantes ao bandamento, observando-se ainda ondulação dos leitos cloríticos e das bandas carbonáticas.

Formação Carrapato

Amostra 35 (Fotografia 13).

Rocha com fino bandamento (1,0 mm a 8,0 mm), alternando bandas de coloração cinza-escuro e bandas cinza claro. As bandas de coloração cinza-escuro são compostas essencialmente por quartzo, sericita e um mineral verde intenso (clorita), enquanto que as bandas claras são compostas por quartzo e carbonato. As bandas quartzo-carbonáticas apresentam-se mais competentes à deformação menos estiradas sendo comumente boudinadas. As bandas compostas por quartzo, sericita e clorita apresentam-se mais estiradas, paralelas à alternância composicional e amoldando-se às bandas quartzo-

carbonáticas disruptas.

Ocorrem opacos com granulometria fina ($<1,0$ mm), disseminados, por vezes estirados paralelos ao bandamento.

Veios de quartzo e quartzo-carbonato não deformados ocorrem paralelos a subparalelos ao bandamento composicional. Nas amostras estudadas não foram identificados veios de quartzo discordantes do bandamento. Não foram observadas evidências de contatos, impregnações ou alterações hidrotermais nesta unidade.

8.1.2 - Resumo da descrição microscópica

Microscopia petrográfica

No estudo petrográfico foi utilizado um microscópio Zeiss Axioplan com câmera fotográfica acoplada. As descrições são resumidas na tabela 4 e as fotomicrografias apresentadas no anexo 3.

Formação Grafitosa Basal

Lâminas 01 (Fotomicrografia 01), 02, 03 e 04.

Os principais minerais são quartzo, carbonato, clorita e sericita. Os minerais presentes em menor quantidade são opacos e rutilo. Estes minerais associam-se de modo a compor leitos que se alternam formando bandas.

- Bandas quartzo-carbonáticas: espessura variável (0,01 mm a 2,5 mm), textura grano-lepidoblástica. Granulometria fina: quartzo ($< 0,002$ mm a 0,4 mm) e carbonato ($< 0,002$ mm a 0,3 mm), clorita e sericita associam-se a estes leitos intersticialmente. As bandas quartzo-carbonáticas apresentam-se mais competentes à deformação menos estiradas sendo comumente boudinadas

Ocorrem opacos xenomórficos a subidiomórficos com granulação fina ($< 0,01$ mm a 0,1 mm) disseminados, estirados paralelamente ao bandamento

- Bandas compostas por clorita e sericita: espessura variável (0,4 mm a 4,0 mm), textura geral lepidoblástica. Granulação fina: clorita ($< 0,01$ mm a 0,08 mm) e sericita ($< 0,01$ mm a 0,05 mm), contém carbonato, quartzo e opacos (xenomórficos a subidiomórficos) disseminados. As bandas compostas por clorita e sericita apresentam-se mais estiradas paralelas a alternância composicional e amoldando-se as bandas quartzo-

carbonáticas disruptas.

Ocorrem bandas puras de clorita e/ou sericita irregulares contendo opacos com granulometria variável (<0,1 mm a 1,0 mm) disseminados.

- Ocorrem veios de quartzo, indeformados subparalelos a discordantes do bandamento principal, sem observações de remobilização de opacos.

Horizontes Intermediários

Lâminas 11B, 11C (1 - Fotomicrografia 02, 2 e 3), 12, 14, 17 e 26 (1 E 2). A mineralogia principal é composta por quartzo, carbonato, clorita e menores proporções de sericita e muscovita. Opacos ocorrem em menor proporção.

Estes minerais associam-se de modo a compor leitos que se alternam formando o bandamento.

- Bandas quartzosas: espessura variável (0,1mm a 8,0 mm), textura poligonal, formando bandas regulares a irregulares. A granulometria é variável (< 0,02mm a 1,5 mm) com cristais apresentando ou não extinção ondulante. A estas bandas associa-se carbonato com granulometria variável e em várias formas (intersticial aos cristais de quartzo e até como bolsões monominerálicos com cristais euhedrais a subedrais de até 1,5 mm de espessura), ocorrem opacos intersticialmente ao quartzo e como cristais xenomórficos a idiomórficos com granulometria variável (0,1mm a 2,0 mm) disseminados.

- Bandas carbonáticas: textura granoblástica, granulação fina (< 0,02mm a 0,05 mm), clorita e quartzo ocorrem em proporções variáveis. Opacos ocorrem intersticialmente a matriz carbonática e como cristais disseminados xenomórficos a subidiomórficos de granulometria variável (<0,1 mm a 2,0 mm).

- Bandas quartzo-carbonáticas: espessura variável (0,1 mm a 2,5 mm), textura grano-lepidoblástica. Granulometria: quartzo (< 0,002 mm a 0,8 mm) e carbonato (< 0,002mm a 0,8 mm), clorita e sericita associam-se a estes leitos intersticialmente.

Ocorrem opacos xenomórficos a subidiomórficos com granulometria variável (< 0,01mm a 2,0 mm) disseminados.

- Bandas cloríticas: espessuras variável (0,1 mm a 2,0 mm), textura lepidoblástica a grano-lepidoblástica, granulometria variável (< 0,02 mm a 0,1mm).

Apresenta-se paralela a subparalela ao bandamento. O contato com as bandas adjacentes é brusco, clorita grosseira pode desenvolver-se em aglomerados radiais discordantes do bandamento.

Sericita e carbonato ocorrem em proporções variáveis, de modo geral intersticialmente aos cristais de clorita.

Minerais opacos ocorrem de forma disseminada como cristais xenomórficos estirados e paralelos ao bandamento, como cristais xenomórficos nas bordas destas bandas e como minerais opacos idiomórficos a subidiomórficos estirados paralelos ao bandamento.

- Bandas opacas: espessura variável (0,1 mm a 5,0 mm), formam em geral bandas regulares paralelas (podendo estar levemente onduladas), até bandas fortemente dobradas (Fotomicrografia 02).

- Ocorrem veios de quartzo e quartzo-carbonato poligenéticos que deformam o bandamento, possuem granulometria mais grosseira (0,2 mm a 2,5 mm) com espessura variável (0,2 mm a 2,5 mm). Aparecem ondulados, ramificados subparalelos a discordantes do bandamento principal.

Horizontes Mineralizados

Lâminas 05 (1 e 2 - Fotomicrografia 03), 06, 07 (1 - Fotomicrografia 04, 2 e 3), 08, 09 (1 e 2 - Fotomicrografia 05), 10 (1 e 2), 11A, 11B, 13 (1 e 2), 15A (1, 2 e 3), 15C (1 e 2), 15D, 16, 18 (1 e 2), 19 (A e B), 20C (1 e 2), 21A, 21B, 22A, 22C, 22D, 23, 24A, 24B (1 e 2), 25, 27 (1, 2 e 3), 28A, 28B, 28C, 28D, 29A, 30A e 30B.

As características petrográficas das zonas mineralizadas são semelhantes em todos os níveis estudados. A mineralogia é composta por quartzo, carbonato e opacos, em proporções menores ocorre clorita, sericita, muscovita e rutilo. Estes minerais compõem leitos que se alternam formando um bandamento:

As principais associações presentes são:

- Bandas carbonáticas: textura granoblástica, granulometria variável (< 0,02mm a 0,8 mm), clorita e quartzo podem ocorrer de forma intersticial.

- Bandas quartzo-carbonáticas: espessura variável (0,1 mm a 3,5 mm), textura grano-lepidoblástica. Granulometria variável: quartzo (< 0,002 mm a 0,8 mm) e carbonato (< 0,002 a 0,8 mm), clorita e sericita associam-se a estes leitos intersticialmente.

As bandas quartzo-carbonáticas apresentam-se mais competentes à deformação menos estiradas.

Ocorrem opacos xenomórficos a subidiomórficos com granulometria variável (< 0,01mm a 2,0 mm) disseminados, estirados paralelamente ao bandamento.

- Bandas quartzosas: espessuras variáveis (0,1 mm a 9,0 mm), textura poligonal, formando bandas regulares a irregulares. A granulometria é variável (< 0,02 a 1,5 mm) com cristais apresentando ou não extinção ondulante. A estas bandas ocorre associado o carbonato com granulometria variável (< 0,002 a 0,9 mm), e sob várias formas (intersticial e até como bolsões monominerálicos com cristais euhedrais a subedrais de até 1,5 mm de espessura). Opacos subidiomórficos a idiomórficos com granulometria variável (0,2mm a 2,0mm) ocorrem disseminados, sem orientação.

- Bandas opacas possuem espessura variável (1,0 mm a 3,0 cm), textura granoblástica a grano-lepidoblástica (quando associados a clorita e sericita). Formam bandas regulares onduladas a retilíneas, paralelas a subparalelas ao bandamento, até bandas onde ocorre forte dobramento (podendo formar dobras fechadas disruptas com estiramento plano axial), possuem granulometria muito variável (< 0,1 mm a 3,0 mm).

Os opacos dentro de um pequeno espaço podem variar de xenomórficos a idiomórficos e associam-se principalmente as bandas carbonáticas e quartzo-carbonáticas (Fotomicrografias 03 e 05), nas bordas de níveis cloríticos (Fotomicrografia 04), e por vezes associados a veios de quartzo (principalmente nas suas bordas).

- Bandas cloríticas, onde ocorre sericita associada: espessuras variáveis (0,1mm a 2,0 mm), textura lepidoblástica a grano-lepidoblástica, forte orientação paralela ao bandamento e granulação fina a muito fina (< 0,02 mm a 0,1mm). As bandas compostas por clorita e sericita apresentam-se mais estiradas paralelas a alternância composicional e amoldando-se as bandas quartzo-carbonáticas disruptas.

O contato com as bandas adjacentes e subjacentes é brusco, clorita grosseira pode desenvolver-se em aglomerados radiais discordantes do bandamento.

As bandas cloríticas normalmente associam-se as bandas carbonáticas de granulação mais fina. Minerais opacos ocorrem nas bandas cloríticas de forma disseminada como cristais xenomórficos estirados paralelos ao bandamento, como cristais xenomórficos nas bordas dos leitos e como cristais opacos idiomórficos a subidiomórficos estirados paralelos ao bandamento.

- veios quartzosos e quartzo-carbonáticos poligenéticos deformam o bandamento, possuem granulometria mais grosseira (0,2 a 3,0 mm) e espessura variável (0,2 a 2,5 mm).

Aparecem em geral ondulados, paralelos, subparalelos a discordantes do bandamento principal.

Assembléias mineralógicas nos contatos entre os tipos de bandamento, nas

zonas intermediárias e mineralizadas:

- No contato entre bandas quartzosas e opacas, ocorrem concentrações de carbonato e clorita.
- No contato entre bandas quartzosas e cloríticas ocorre carbonato com granulometria fina ($< 0,02$ mm), o quartzo é granulométricamente mais fino nestes contatos, raramente ultrapassando 0,1 mm.
- O contato entre as bandas cloríticas e carbonáticas é brusco e ondulado, não foram observados contatos gradacionais.
- No contato entre as bandas quartzo-carbonáticas e opacas ocorre uma maior concentração de carbonato, assim como a diminuição da granulometria do quartzo.
- Na região de contato entre as bandas quartzosas e carbonáticas há um aumento gradativo da proporção e uma diminuição da granulometria do carbonato.

Membro Ferrífero do Topo

Lâminas 30 (B e C), 31, 33 (A, B e C), L-17, L-61, L-62, L-63, L-64 (Fotomicrografia 06).

A mineralogia é composta por quartzo, opacos, carbonato, clorita e estilpnomelano. Em proporções menores ocorre sericita e muscovita. A estrutura é bandada, com textura grano-lepidoblástica nas bandas onde há predominância de quartzo e carbonato e textura lepidogranoblástica nos leitos onde predominam estilpnomelano e clorita.

- Bandas quartzo-carbonáticas: possuem espessuras variáveis (0,1mm a 2,5 mm), textura grano-lepidoblástica. Granulometria variável: quartzo ($< 0,002$ mm a 0,8 mm) e carbonato ($< 0,002$ a 0,8 mm), clorita, sericita e estilpnomelano associam-se a estes leitos intersticialmente, podendo por vezes estarem orientados. As bandas quartzo-carbonáticas apresentam-se mais competentes à deformação menos estiradas sendo comumente boudinadas. Ocorrem opacos xenomórficos a subidiomórficos com granulação fina ($< 0,01$ mm a 0,1 mm) disseminados, estirados paralelamente ao bandamento, cristais subidiomórficos a idiomórficos com granulometria fina ocorrem disseminados.

- Bandas onde predomina estilpnomelano e clorita (Fotomicrografia 06): textura lepidogranoblástica, ocorrem de forma regulares a disruptas, possuem forte orientação paralela ao bandamento. A este bandamento associam-se carbonato e quartzo em variadas proporções.

Formação Carrapato

Amostra 35 (Fotomicrografia 07).

A mineralogia composta por quartzo, carbonato e clorita, em menores proporções ocorre sericita e opacos. Estes minerais compõem leitos que se alternam formando o bandamento.

- Bandas quartzo-carbonáticas: espessuras variáveis (0,3mm a 3,5 mm), textura grano-lepidoblástica. Granulometria variável: quartzo (< 0,002 mm a 0,4 mm) e carbonato (< 0,002mm a 0,4 mm), clorita e sericita associam-se a estes leitos intersticialmente, pouca estilpnomelana ocorre nestas bandas e é intersticial ao quartzo e carbonato. As bandas quartzo-carbonáticas apresentam-se mais competentes à deformação menos estiradas sendo comumente boudinadas

Ocorrem opacos xenomórficos disseminados, estirados paralelamente ao bandamento.

- Bandas cloríticas e sericíticas: granulometria muito fina (<0,01mm), textura lepidoblástica. Nestas bandas está desenvolvida uma forte crenulação, que não ocorre nas bandas quartzo-carbonáticas. As bandas compostas por clorita e sericita apresentam-se mais estiradas paralelas a alternância composicional e amoldando-se as bandas quartzo-carbonáticas disruptas.

8.1.3 Petrografia dos minerais opacos

Lâminas delgadas polidas 05 (1 e 2), 09 (1 e 2), 10 (1 e 2), 11A, 15A (1, 2 e 3) e 15C (1 e 2). Seções polidas 05 (1 e 2), 06, 07 (1, 2 e 3), 08, 09 (1 e 2), 10 (1 e 2), 11 (A e B), 13 (1 e 2), 15A (1 e 2) e 15C (1 e 2).

A descrição dos minerais opacos foi somente realizada para os horizontes mineralizados. Foi realizada com microscópio Zeiss - Axioplan com luz refletida com câmera acoplada. As descrições são resumidas na tabela 5 e as fotomicrografias apresentadas no anexo 3.

Os principais minerais opacos presentes nas seções polidas estudadas são (em % de volume relativos aos minerais opacos totais): arsenopirita, pirrotita, pirita e magnetita. Ocorrem em proporções menores a calcopirita e a esfalerita.

Arsenopirita: possui cor branca, com um tom ligeiramente bege, pleocroísmo fraco e forte anisotropia. Forma desde cristais idiomórficos com granulometria variável ($< 0,01$ a $3,0$ mm), dando seções rômbricas ou triangulares (Fotomicrografia 08). A arsenopirita ocorre em duas gerações texturais, arsenopiritas de primeira geração (predominante), anedrais a subedrais com inclusões de outros sulfetos (pirrotita, esfalerita) (Fotomicrografia 09). Arsenopiritas de segunda geração, euedrais pobre em inclusões (Fotomicrografia 10).

Pirrotita: possui coloração marrom clara, levemente avermelhada, anisotropia forte e pleocroísmo nítido. Ocorre em duas gerações morfológicas.

Uma primeira morfologia, podendo ocorrer recristalizada formada por cristais subedrais com inclusões de outros sulfetos (arsenopirita) e ouro (Fotomicrografias 11 e 12), sempre com exsoluções de pentlandita. A segunda ocorre na forma de cristais anedrais, deformados, alongados na foliação (Fotomicrografia 13), pobre em inclusões, exceto pentlandita. O alongamento evidencia a maleabilidade da pirrotita sob esforços.

Pirita: possui coloração amarelo forte, pleocroísmo ausente, podendo ser isotropa a subisótropa. Ocorre em quase todas as seções como mineral secundário, possui diversas formas e hábitos. Ocorre em duas gerações texturais bem definidas. Piritas da primeira geração formam cristais anedrais a subedrais com inclusões de silicatos, outros sulfetos (arsenopirita, pirrotita, calcopirita e esfalerita (Fotomicrografia 14)) e ouro (Fotomicrografia 15).

Comumente, a pirita apresenta bordas externas idioblásticas (idiomórficas), indicativas de supercrescimento por transformação metamórfica (Fotomicrografia 16). A segunda geração é formada por cristais idioblásticos, normalmente sem inclusões.

Magnetita: apresenta cor cinza claro, não é pleocróica, apresenta anisotropia e sua ocorrência é variável nos níveis estudados até o momento, sendo predominante nos níveis de bifs's fácies óxido e mista óxido-silicato, onde ocorre em bandas paralelas, com formas diversas (cristais tabulares, granulares, subédrica a euédrica) e granulometrias variáveis ($< 0,01$ a $1,0$ mm).

Magnetita (subédrica a euédrica) ocorre estirada, paralela ao

bandamento em porções sulfetadas. Possui inclusões de arsenopirita, pirita e pirrotita. Não foram observados sulfetos englobando a magnetita.

Calcopirita: Apresenta coloração amarela (forte, um pouco escuro), é pleocróica e possui anisotropia fraca. Ocorre comumente associada à pirrotita (ocorrendo nas bordas desta última), possui forma ovalada e ocorre também como pequenas inclusões. São raros os cristais de calcopirita livres na matriz, apresentando granulometria entre 0,01 a 0,1 milímetros.

Esfalerita: possui coloração cinza (mais escuro que o da magnetita), não pleocróica, é isótropa. São poucos os cristais livres na matriz (quando presentes são xenomórficos) apresentando granulometria fina (0,01 a 0,05mm). Sua principal forma de ocorrência é intersticial, de forma irregular e como raras inclusões, principalmente na arsenopirita, pirita e pirrotita.

Ouro: Pleocroísmo ausente, é isótropo. Refratário, como inclusões (grãos $\leq 10\mu\text{m}$) na pirita (predominantemente) de primeira geração (Fotomicrografia 10), como inclusões de ouro refratário (grãos $\leq 5\mu\text{m}$) em arsenopiritas (predominantemente) de primeira geração, como ouro livre (Fotomicrografia 11), e incluso em pirrotita deformada (Fotomicrografia 12) ocorre em geral em grãos mais grossos ($\geq 20\mu\text{m} - 250\mu\text{m}$).

8.1.4 - Trabalhos de campo

Foram visitados afloramentos e perfis-chave para a evolução crustal, petrogênese e metalogênese arqueana e proterozóica do Quadrilátero Ferrífero. Com base na sucessão lito-estratigráfica atualmente mais aceita do Supergrupo e *greenstone belt* Rio das Velhas (Inda et al., 1984), verificou-se a disposição litoestratigráfica invertida do Supergrupo Rio das Velhas (Schorscher, 1992), com as unidades mergulhando para leste com o Grupo Quebra-Osso no topo, sobreposto ao Grupo Nova Lima e também ao Grupo Maquiné.

Estes dados, associados à falta de evidências locais, na mina São Bento, de anomalias estruturais como repetições e dobramento isoclinal, apontam para a

possibilidade de serem invertidas as relações de topo e base adotadas informalmente na estratigrafia da mina.

A visita à mina São Bento consistiu na observação de estruturas e mineralogia, sua ordem e hierarquia relativa e genética: acamamento, dobras, foliações/clivagens, fraturas, veios e respectivas mineralogias principais de minérios e rochas encaixantes.

Os trabalhos foram realizados no nível 25, no Quarto subnível - travessa 2020. Na base da sequência ocorrem xistos grafitosos, com atitude consistente da foliação (N30-38°/50-60°SE) apresentando-se crenulada, lineações de estiramento ocorrem paralelas à foliação. O contato com a formação ferrífera bandada (Horizonte São Bento) adjacente é brusco. Foram observadas variações na composição da formação ferrífera bandada, alternando em proporções variáveis *bifs* de fácies óxido, carbonato e sulfeto.

8.1.5 Análises geoquímicas multielementares

Nos estudos geoquímicos multielementares, foram realizadas análises por FRX (Fluorescência de raios X), ICP-AES (Espectrometria de emissão atômica com fonte de plasma indutivamente acoplado) e ICP-MS (Espectrometria de massa com fonte de plasma indutivamente acoplado). Foram incluídas rochas encaixantes da mineralização, horizontes intermediários aos corpos de minério e os horizontes mineralizados.

Os estudos geoquímicos representam um trabalho a parte do trabalho de formatura. Não serão apresentados os dados referentes as análises por ICP-MS. Os resultados aqui apresentados são iniciais.

Estudos geoquímicos por Fluorescência de raios X (FRX)

Os estudos basearam-se em dados de elementos maiores e traços em um total de 8 amostras. A seguir serão brevemente descritas as principais variações geoquímicas observadas nas rochas encaixantes da mineralização (Formação Grafitosa Basal e Formação Carrapato) e em amostras de *bifs* fácies carbonato. Os dados são apresentados na tabela 6 e os gráficos apresentadas no anexo 5.

Anexo 5A TiO_2

As rochas encaixantes apresentam-se enriquecidas em titânio, enquanto que as amostras de bifs fácies carbonato apresentam-se empobrecidas.

Anexo 5B Al_2O_3

Apresenta comportamento similar ao do TiO_2 . As amostras das rochas encaixantes apresentam-se enriquecidas em alumina enquanto que nos bifs fácies carbonato há empobrecimento.

Anexo 5C Fe_2O_3

As rochas encaixantes apresentam-se empobrecidas em ferro. Os bifs fácies carbonato apresentam teores variáveis, porém mais enriquecidas em Fe.

Anexo 5D MnO

As rochas encaixantes apresentam-se empobrecidas em manganês. Os bifs fácies carbonato apresentam teores variáveis, porém mais elevados.

Anexo 5E MgO

As rochas encaixantes possuem teores altos e semelhantes para este elemento. Há uma grande variação do teor de magnésio nos bifs fácies carbonato.

Anexo 5F CaO

Os teores deste elemento são mais baixos nas rochas encaixantes do que nos bifs fácies carbonato.

Anexo 5G Na_2O

As amostras das rochas encaixantes, especialmente na Formação Carrapato, apresentam teores mais elevados de sódio, enquanto que as amostras de bifs fácies carbonato apresentam teores baixos.

Anexo 5H K_2O

Os teores de potássio são mais elevados nas encaixantes, especialmente na Formação Gráfica Basal, nas amostras de bifs fácies carbonato os teores são baixos.

Anexo 5I Cr e Ni

As rochas encaixantes são mais ricas nestes elementos, os bifs fácies carbonato apresentam teores mais baixos e algo variáveis.

Anexo 5J V e Co

Ambos os elementos estão enriquecidos nas encaixantes, os bifs fácies carbonato apresentam teores mais baixos.

Anexo 5K Ba e Sr

As encaixantes apresentam altos teores de ambos os elementos, especialmente de bário na Formação Grafitosa Basal. Os bifs fácies carbonato possuem baixos teores.

Anexo 5L Rb e Ga

As encaixantes apresentam teores elevados de ambos os elementos, especialmente a Formação Grafitosa Basal que possui teor mais alto de Rb. As amostras de bifs fácies carbonato apresentam baixos teores nestes elementos.

Anexo 5M La, Ce e Nd

As encaixantes apresentam teores elevados para os três elementos, especialmente a Formação Grafitosa Basal. Os bifs fácies carbonato apresentam teores mais baixos e variáveis.

Estudos Geoquímicos por ICP-AES

Os estudos geoquímicos da mineralização foram realizados por extração seletiva da fase metálica com Água Régia e analisadas po ICP-AES, englobaram bifs fácies sulfeto dos horizontes São Bento e Leste, em um total de 29 amostras. As dados são apresentados na tabela 7 e os gráficos no anexo 6.

A seguir, serão descritas as principais variações observadas no perfil analítico realizado.

Anexo 6A - Correlação positiva entre Au e Ni, como resultado da presença constante de pirrotita no minério, já que este sulfeto se constitui como um dos principais minerais de minério, podendo conter inclusões de pentlandita. Logo uma forte evidência de Au sin-pirrotita.

Anexo 6B - Correlação positiva entre Au e Co, apesar das variações resultantes de possíveis efeitos de remobilização existirem nos gráficos.

Anexo 6C - Correlação positiva entre Au e Zn, com picos anômalos de teores de zinco, possivelmente como efeito de remobilizações. Sempre há esfalerita no minério.

Anexo 6D - Correlação positiva entre Au e Cu é explicada pela constante presença de calcopirita no minério.

Anexo 6E - Correlação positiva entre Cr e Ni, lógica, visto que tais elementos geoquimicamente compatíveis em processos geológicos endógenos quaisquer.

Anexo 6F - Correlação positiva fraca entre Au e W, verificado pela forte associação de scheelita às zonas mineralizadas.

Anexo 6G - Desvios na correlação entre Au e Pb, que apresenta tendência de correlação positiva. Efeito esse observado em zonas de veios tardios, discordantes, e que representam remobilizados metamórficos.

Anexo 6H - Correlação fraca entre Au e As. Apesar de ser guia prospectivo comum na região, neste trabalho não foi observada tal característica.

9 - Interpretações/Discussão dos Resultados

O bandamento original tanto das rochas encaixantes quanto das formações ferríferas bandadas foi bem preservado, ocorrendo em geral paralelo a subparalelo ao longo da seção estudada. Não foram observadas grandes remobilizações, ficando claro o controle litoestratigráfico da mineralização.

Deformações primárias são observadas nas formações ferríferas tais como dobras irregulares e estiramento paralelo ao bandamento, causados talvez por deformações gravitacionais em sedimentos químicos com densidades diferentes.

As características texturais primárias dos minérios estão preservadas, apresentando variabilidade composicional e textural, indicativa da ambientação litoestratigráfica essencialmente metassedimentar dos minérios de ouro.

Os estudos geoquímicos indicam anomalias positivas dos elementos Al, Mg, Ti,

Na, K, Cr, Ni, U, Co, Ba, Sr, Rb e Ga nas rochas encaixantes em relação aos horizontes mineralizados. Ocorrem assimetrias geoquímicas nas encaixantes com enriquecimentos de K, Rb e ETR leves.

Os horizontes mineralizados, analisados por FRX, caracterizam-se por apresentar teores baixos em elementos maiores Ti, Al, Na e K e traços Cr, Ni, V, Co, Rb, Ga e ETR leves e teores altos de Fe e Mn em relação às encaixantes.

10 - Conclusões

A mineralização é caracterizada petrograficamente como uma formação ferrífera bandada do tipo Algoma. Consistindo em *bifs* de fácies sulfeto e mistas, em proporções variáveis, com fácies carbonato e óxido com magnetita.

Os detalhamentos macro, meso e microscópicos das rochas encaixantes da mineralização, horizontes mineralizados e horizontes intermediários estéreis evidenciam que a mineralização comportou-se como um sistema petro-metalogenético fechado, sem contribuições externas, entretanto com indícios de remobilizações internas.

Ocorreram vários pulsos mineralizantes sinsedimentares a sindiagenéticos e redistribuições tectono-metamórfico-hidrotermais posteriores.

Nas seções polidas observadas, conclui-se que o ouro ocorre como inclusões, predominantemente na pirita de primeira geração, na arsenopirita de primeira geração, como ouro livre e incluso em pirrotita deformada.

Os estudos geoquímicos ainda iniciais de FRX (rocha global) e ICP-AES caracterizaram bem as rochas encaixantes através de anomalias positivas dos elementos Al, Mg, Ti, Na, K, Cr, Ni, U, Co, Ba, Sr, Rb e Ga, nitidamente superiores àquelas dos horizontes mineralizados. Destacam-se os teores de Ti, Cr, Ni, V e Co, como típica associação apontando para a contribuição vulcânica básica nas encaixantes.

Assimetrias geoquímicas nas encaixantes, com enriquecimentos seletivos mais fortes de K, Rb e dos ETR leves, Ce, La, Nd, entre outros, são características e apontam eventualmente também para a inversão estratigráfica da sequência, tratando-se de elementos incompatíveis mais provavelmente enriquecidos por processos diagenéticos de compactação nas encaixantes do topo estratigráfico real da sequência.

Os horizontes mineralizados caracterizam-se por teores baixos em elementos maiores Ti, Al, Na, K e traços Cr, Ni, V, Co, Rb, Ga e ETR leves e altos de Fe e Mn, em relação às encaixantes.

Apresentam ainda anomalias metalogenéticas conjuntas e sincrônicas dos metais Au, Ni, Co, Zn, Cu, Cr e W, principalmente. Desvios eventuais desses elementos, assim como o comportamento do chumbo, indicam em geral processos epigenéticos de remobilização/redistribuição tectono-metamórfico-hidrotermais.

O arsênio, embora considerado um elemento traçador do Au em prospecção geoquímica em *greenstone belt*, neste caso apresenta-se apenas fracamente correlacionado com Au, exceção feita para alguns dos litotipos de minérios mais ricos.

O grau metamórfico na mina é de fácies xisto-verde inferior a médio, dado pelas condições Fe-estilpnomelano+quartzo e clorita+muscovita+quartzo estáveis.

Estes resultados, que ainda devem ser confirmados com estudos de outras intersecções do minério, evidenciam a natureza poligenética da jazida de ouro, iniciada como uma mineralização singenética estratiforme hidrotermal-exalativa, com pelo menos dois pulsos auríferos (relacionados às inclusões de ouro na pirita e arsenopirita).

Transformações diagenéticas subsequentes e tectono-metamórfica posteriores, incluindo remobilizações e redistribuições do Au, afetaram a mineralização inicial durante a orogênese do greenstone belt Rio das Velhas (final do Arqueano) e, possivelmente, no decorrer das orogêneses proterozóicas dos ciclos Minas/Espinhaço e Brasileiro.

11 - Bibliografia

- Abreu, A. S., Diniz, H. B., Prado, M. G. B., Santos, S. P. 1988. Mina de ouro de São Bento, Santa Bárbara, Minas Gerais. In: Schobbenhaus, C. & Coelho, C. E. S. (Editores), Principais depósitos minerais do Brasil - metais básicos não-ferrosos, ouro e alumínio, 3: 393-411.
- Abreu, G. C. 1995. Geologia e Metalogênese do ouro da mina do Pari, NE do Quadrilátero Ferrífero-MG. Dissertação de Mestrado, 140 p., IG - USP.
- Almeida, F. F. M. (1976): Estruturas do Pré-Cambriano Inferior Brasileiro. - In: 29º Cong. Bras. Geol., Resumos: 201-202, SBG, Ouro Preto/Belo Horizonte.
- Dorr, J. V. N. 1969. Physiographic, stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. USGS Prof. Paper 641-A, 109 pp.
- Inda, H. A. V., Schorscher, H. D., Dardenne, M. H., Schobbenhaus, C., Haralyi, N. L. E., Branco, P. C. A., Ramalho, R. 1984. O cráton do São Francisco e a Faixa de dobramentos Araçuaí. In: Schobbenhaus, C., Campos, D. A., Derze, G. R. Asmus, H. E., (editores), Geologia do Brasil. Brasília DNPM-MME, p. 196 - 250.
- Ladeira, E. A. 1980. Metallogenesis of Gold at the Morro Velho Mine in Nova Lima District, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. University of Western Ontario Unpubl. PhD. Thesis, 272 p, London, Ontario, Canada.
- Ladeira, E. A., & Roeser, H. P. M. 1983. Petrography of the Rio das Velhas Greenstone Belt, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. Zbl. Geol. Miner., Teil I, H 314, 430-445.
- Martins Pereira, S. L. 1995. Controles litoestruturais da mineralização aurífera do Distrito de Santa Bárbara, Quadrilátero Ferrífero, MG: Mina de São Bento. Unpub. M.Sc. Thesis, Univ. Fed. Minas Gerais, Belo Horizonte, 158 pp.
- Schobbenhaus, C., Coelho, C. E. S. (coords.) (1988). Metais básicos não-ferrosos, Ouro e Alumínio. - Principais depósitos minerais do Brasil, Vol.III, 670 pp., DNPM-CVRD, Brasília.
- Schorscher, H. D. 1976. Polimetamorfismo do Pré-Cambriano na região de Itabira, Minas Gerais, Brasil. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 29, B. Hte., 1976. Resumo dos Trabalhos. p. 194-5.
- Schorscher, H. D. 1978. Komatiitos na Estrutura "Greenstone Belt" Série Rio das Velhas, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasilien. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 30 Recife (Resumo).
- Schorscher, H. D. 1979. Evolução Geotectônica e Petrogenética do Embasamento Arqueano do Quadrilátero Ferrífero. Anais Acad. Bras. ci., 51: 767-8 (Resumo).
- Schorscher, H. D. 1992. Arcabouço Petrográfico e Evolução Crustal de terrenos PréCambrianos do sudeste de M.G.: Quadrilátero Ferrífero, Espinhaço Meridional e domínios granito-gnássicos adjacentes. Tese de Livre-Docência, 2 vol., 394

págs., IG - USP, São Paulo, 1992.

Anexos

Anexo 1 - Mapa Litológico do Alentejo

Anexos

Anexo 1 - Mapa Litológico do Nível 15

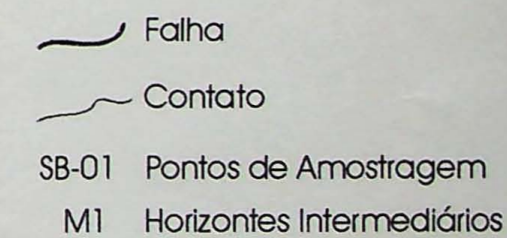
Mapa Litológico Nível 15 - Mina São Bento



Sucessão Litológica E - W



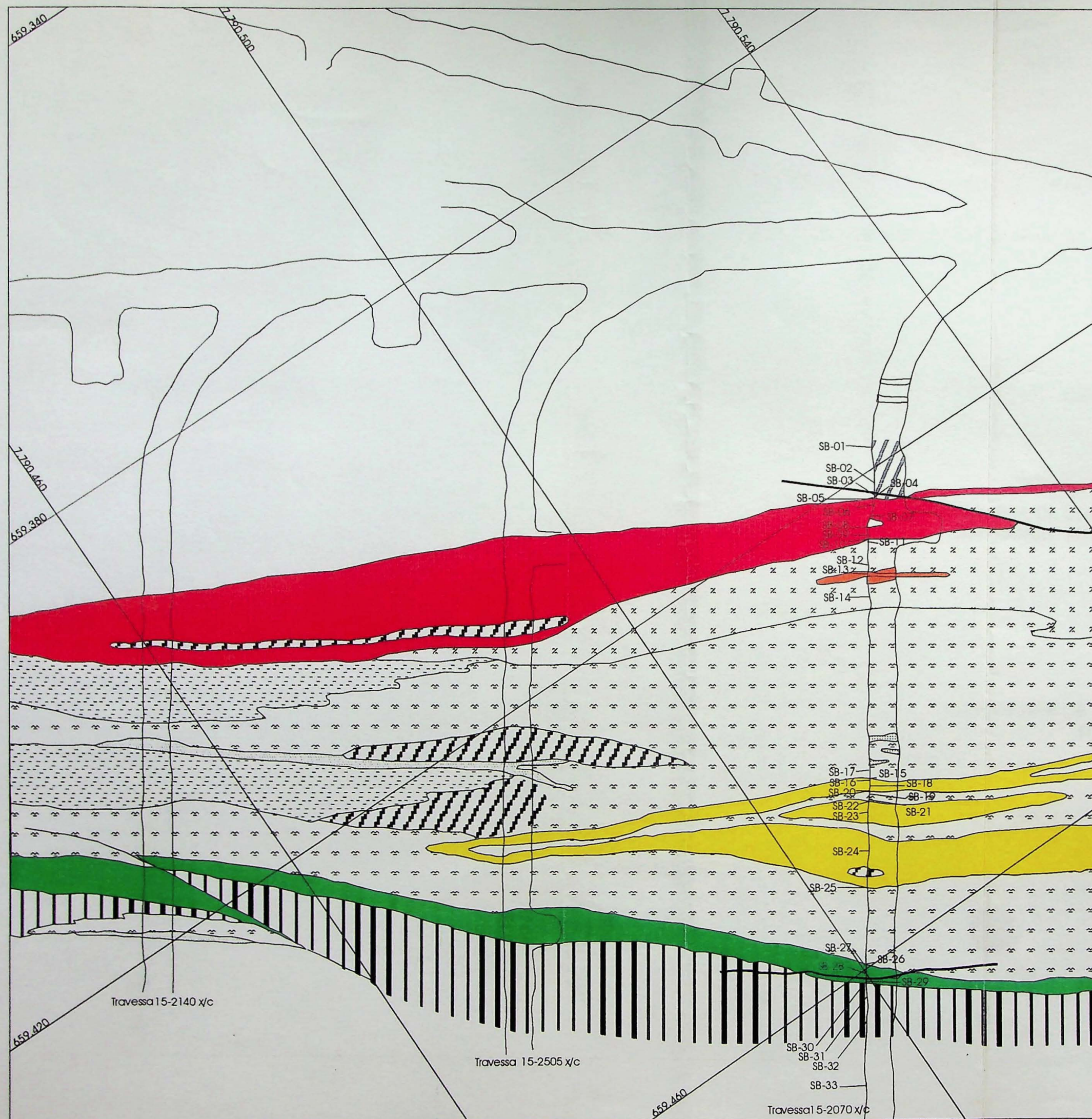
Legenda



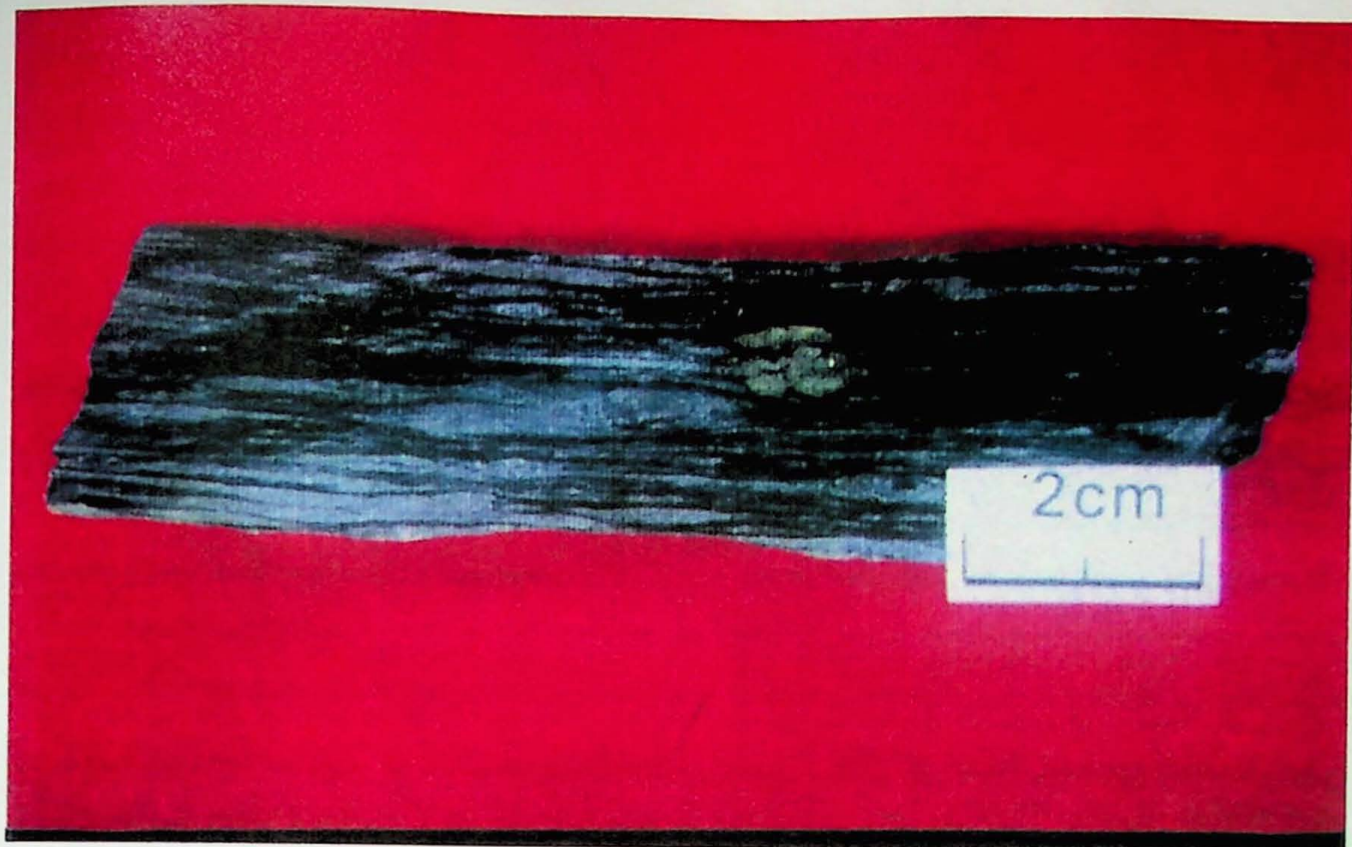
Geologia: S. L. M. Pereira
Desenho: Sidenea

Escala: 1: 400

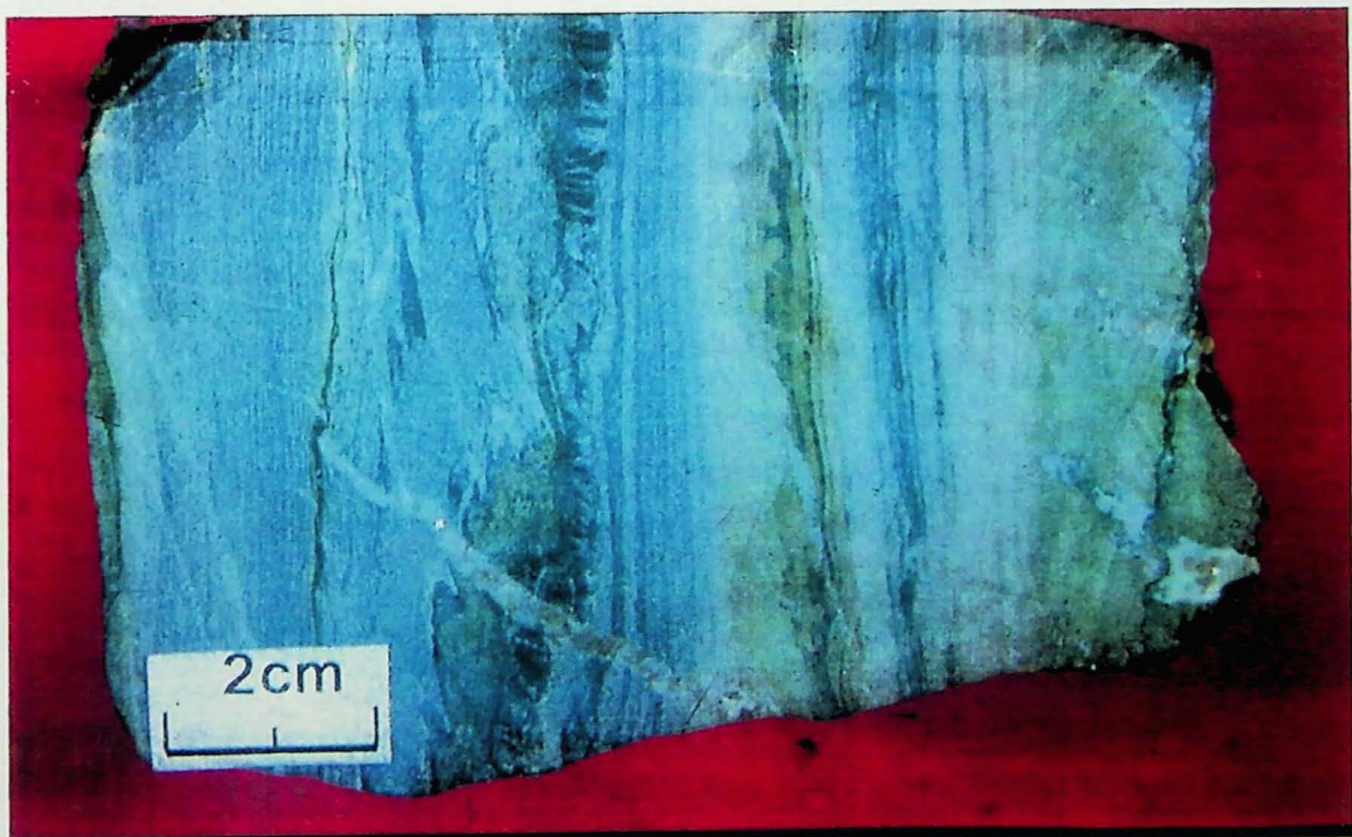
São Bento Mineração S. A.



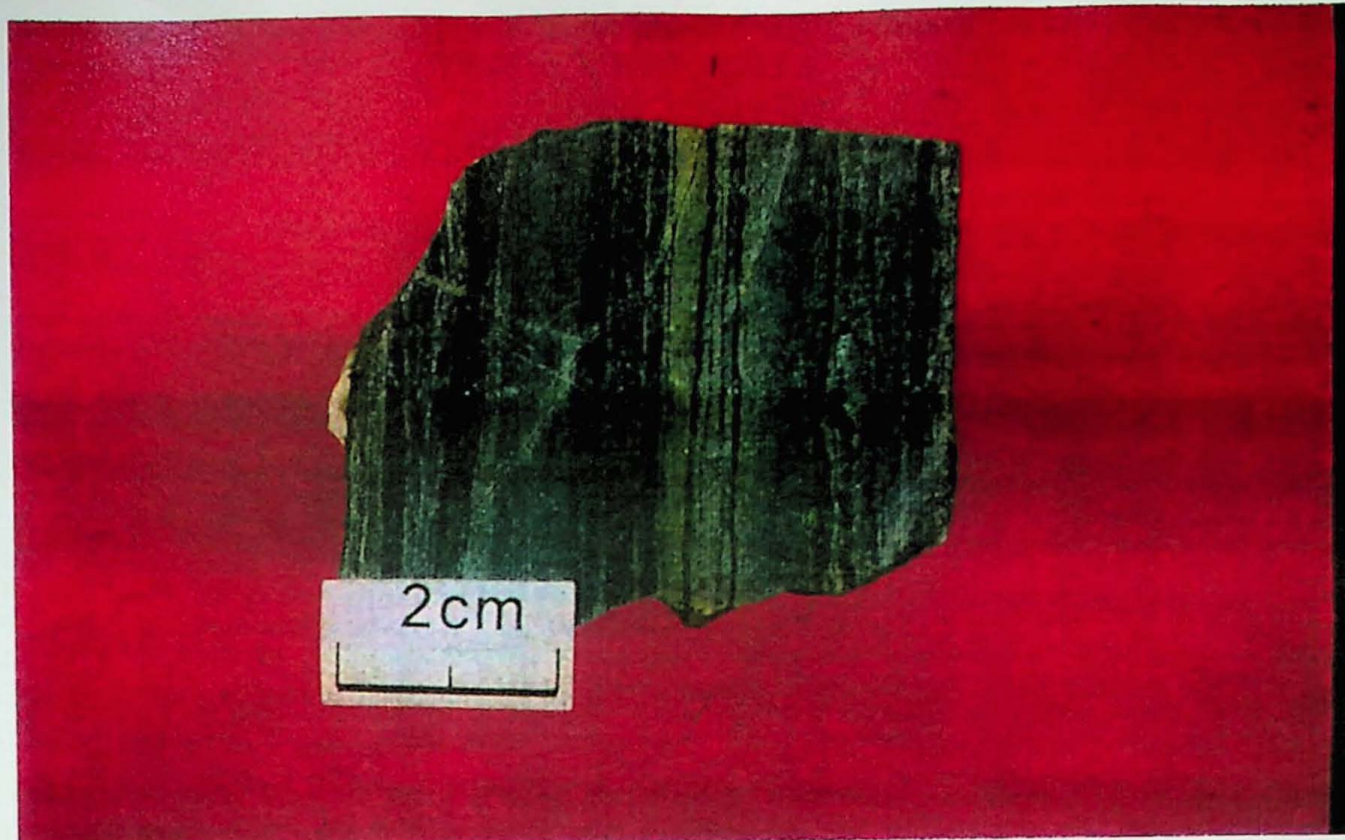
Anexo 2 - Fotografias



Fotografia 1: Amostra SB-01 -Formação Grafítica Basal: quartzo-clorita-sericita xisto grafitoso, alternando bandas onduladas de coloração escura, bandas quartzo-carbonáticas estiradas e boudinadas e nódulos de pirita estirados paralelamente ao bandamento.



Fotografia 2: Amostra SB-11C - Zona intermediária 1: Bif fácies mista carbonato e óxido. Apresenta bandas compostas por magnetita, onduladas a dobradas (podendo apresentar bandas disruptas por estiramento). Veio quartzo carbonático irregular, truncando o bandamento, sendo deslocado por veio clorítico ondulado. Veios quartzosos dobrados com estiramento plano-axial paralelo ao bandamento (canto direito superior da foto).



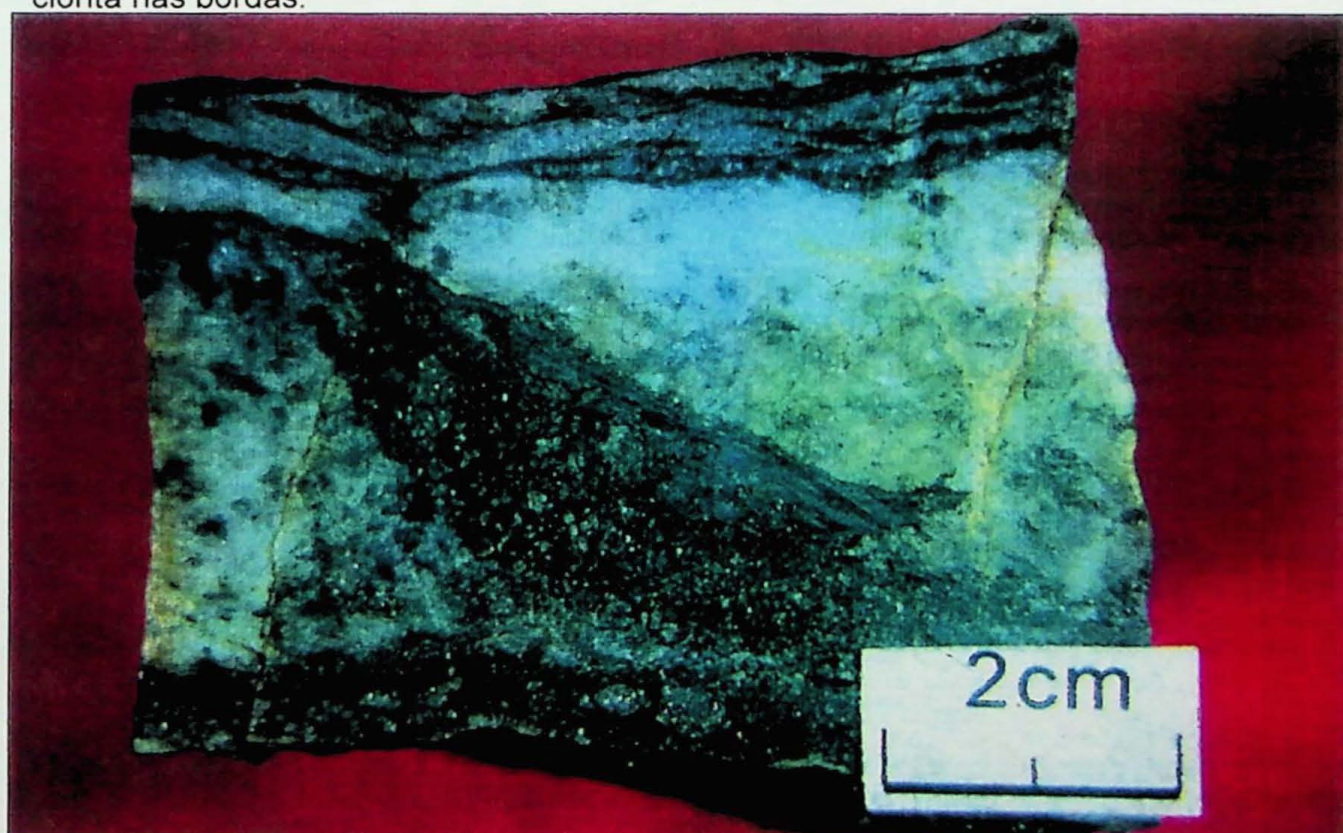
Fotografia 3: Amostra SB-12 - zona intermediária 1: Bif fácies óxido. Apresenta bandamento paralelo com bandas onduladas compostas por magnetita . Fraturas truncam o embasamento obliquamente, intersectando veio quartzo-carbonático discordante do bandamento (porção esquerda da foto).



Fotografia 4: Amostra SB-09 - Horizonte Oeste: Bif fácies sulfetada maciço apresentando bandamento paralelo a sub-paralelo. Os sulfetos principais são pirita, arsenopirita e pirrotita. Ocorrem leitos cloríticos ondulados com sulfetos nas bordas. (Horizonte Oeste)



Fotografia 5: Amostra SB-10 - Horizonte Oeste: Bif fácies sulfetada maciço apresentando bandamento paralelo a sub-paralelo. Os sulfetos principais são arsenopirita, pirita e pirrotita. Apresenta veio de quartzo ondulado sub-paralelo ao bandamento com níveis de clorita nas bordas.



Fotografia 6: Amostra SB-15C - Horizonte São Bento: Bif fácies sulfetada. Veios de quartzo irregulares com remobilização de sulfetos (arsenopirita, pirita e pirrotita) associado a veios cloríticos.



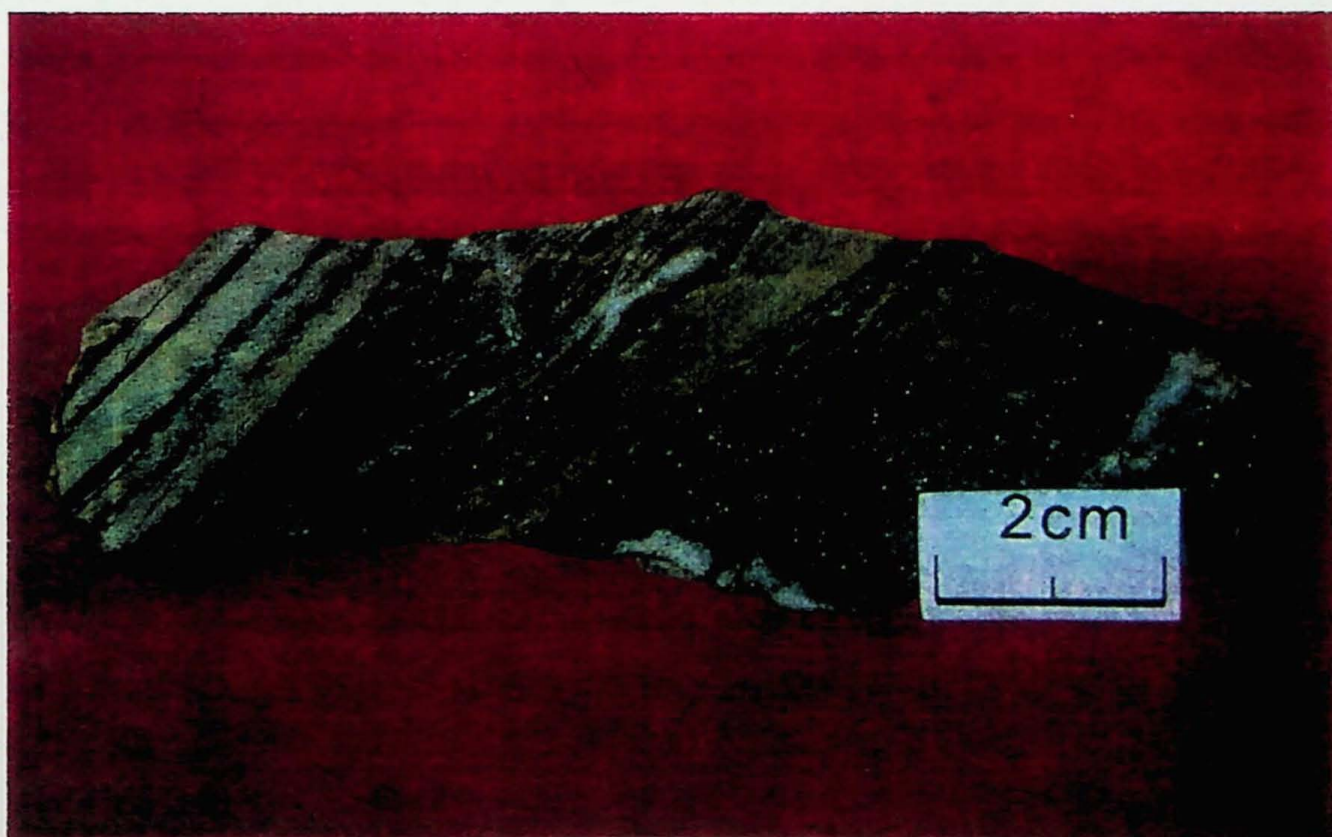
Fotografia 7: Amostra SB-18 - Horizonte São Bento: Bif fácies carbonato apresentando dobramentos rompidos e deslocados por veios de quartzo.



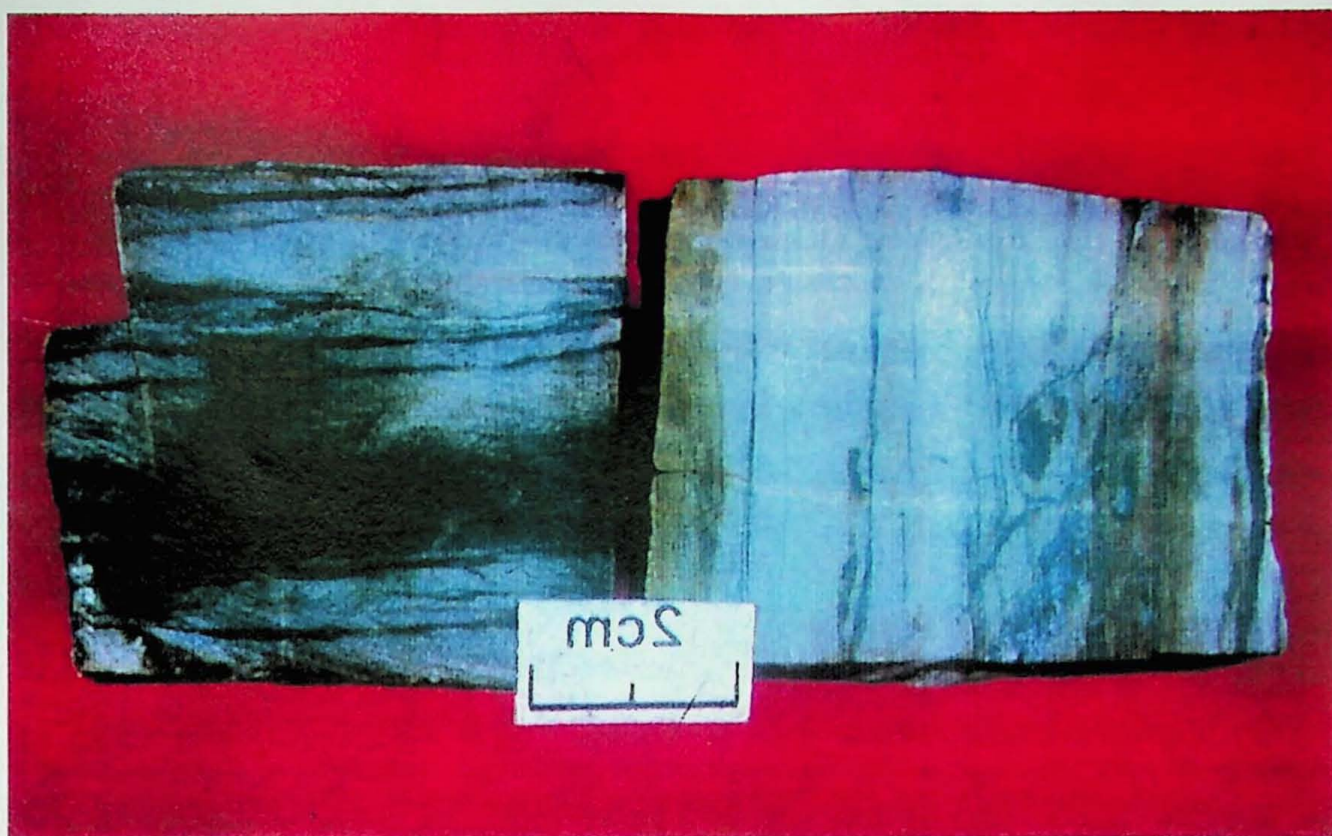
Fotografia 8: Amostra 21A - Horizonte São Bento: Bif fácies carbonato homogêneo com veios de quartzo estirados paralelos e oblíquos ao bandamento.



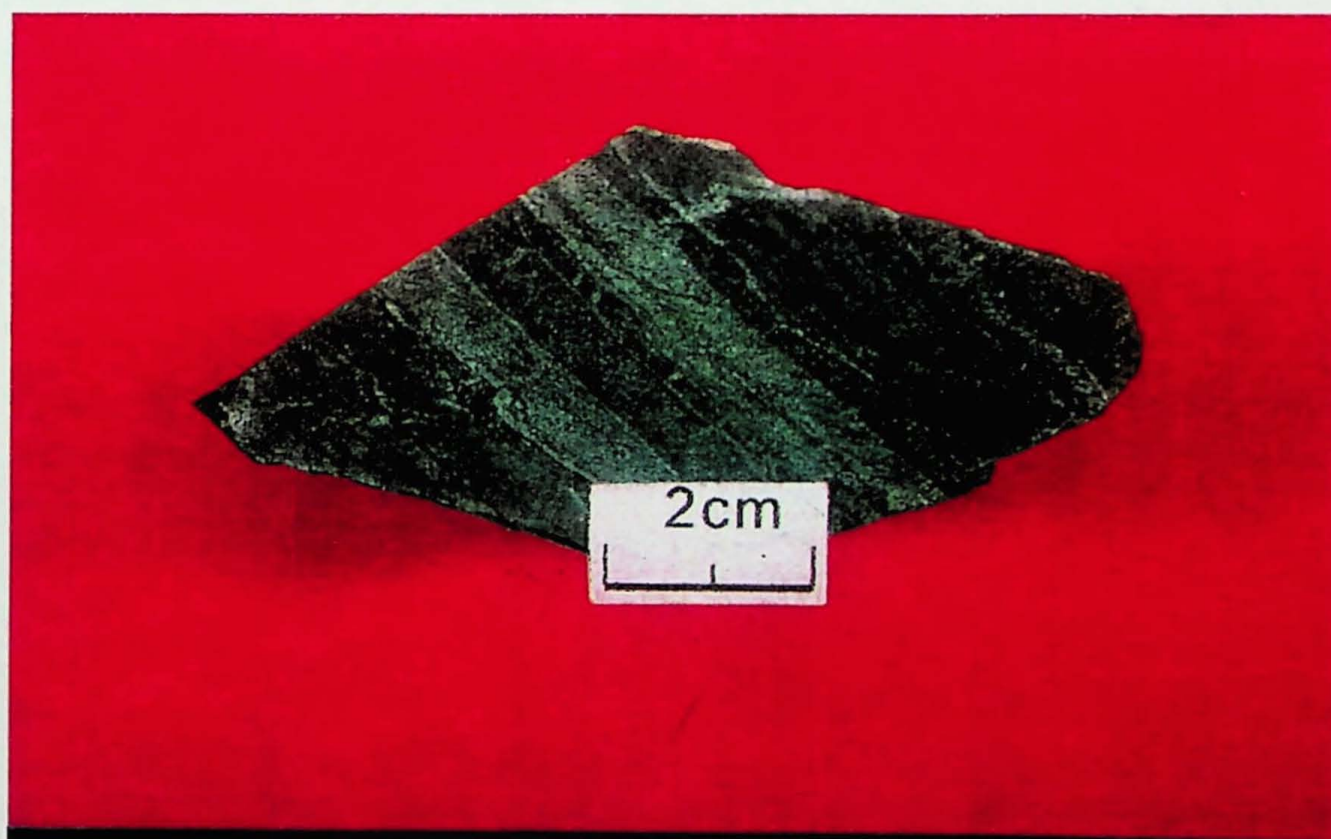
Fotografia 9: Amostra SB-28B - Horizonte Leste: Bif fácies mista sulfeto e carbonato com bandamento plano-paralelo apresentando veios de quartzo irregulares e ondulados.



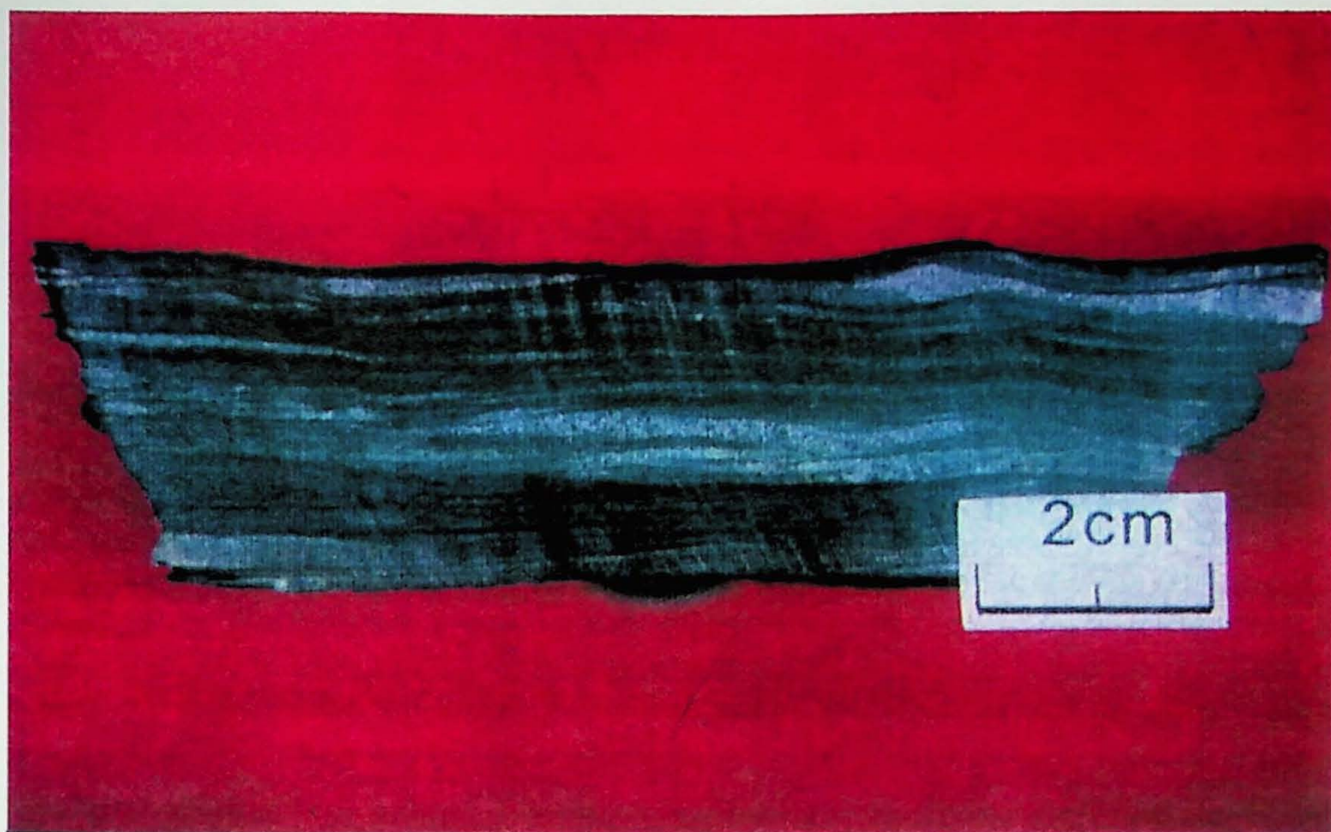
Fotografia 10: Amostra SB-28C -horizonte Leste: Bif fácies mista sulfeto e carbonato com bandamento plano-paralelo.



Fotografia 11: Amostra SB-31 - Membro Ferrífero do Topo: Bif fácies mista carbonato e óxido com bandamento plano-paralelo apresentando níveis cloríticos ondulados.

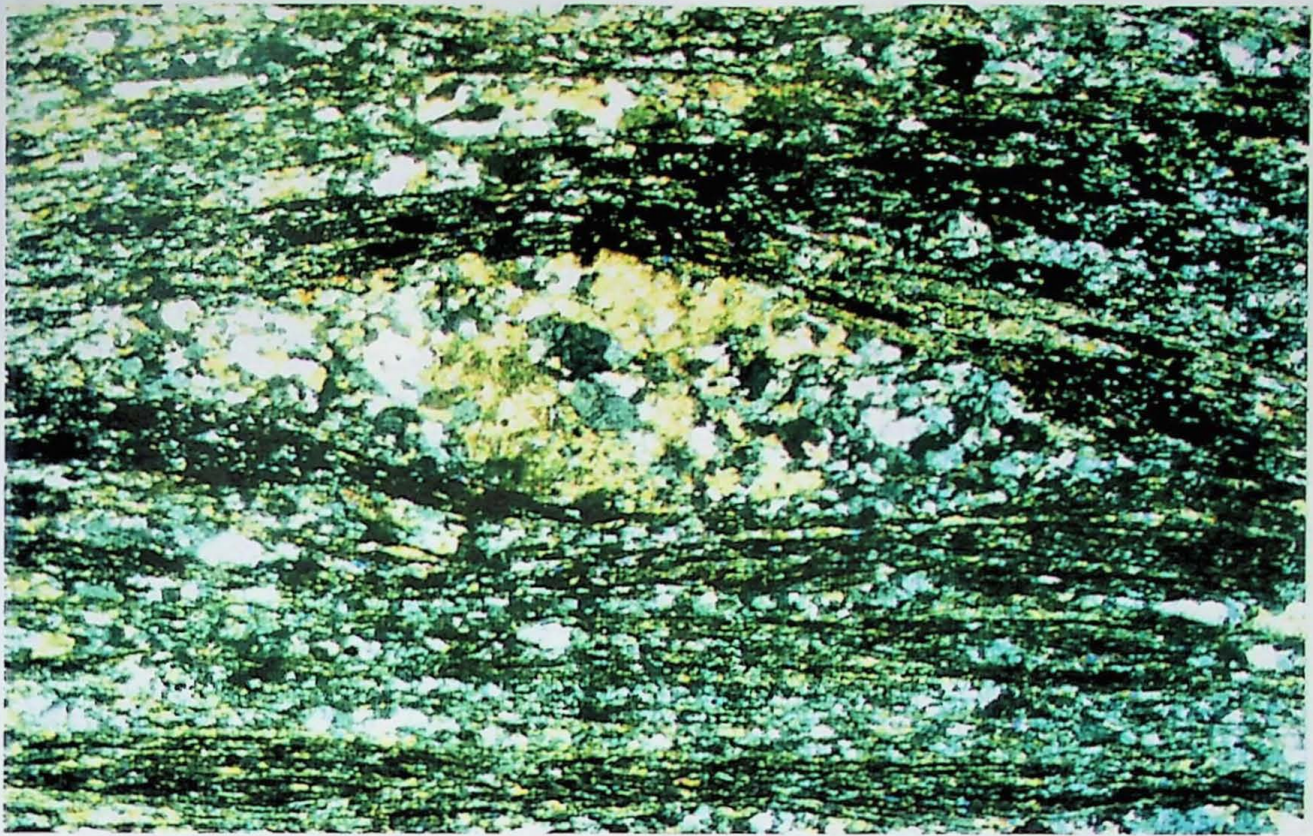


Fotografia 12: Amostra SB-33C - Membro Ferrífero do Topo: Bif fácies óxido apresentando bandamento plano-paralelo com ondulações.

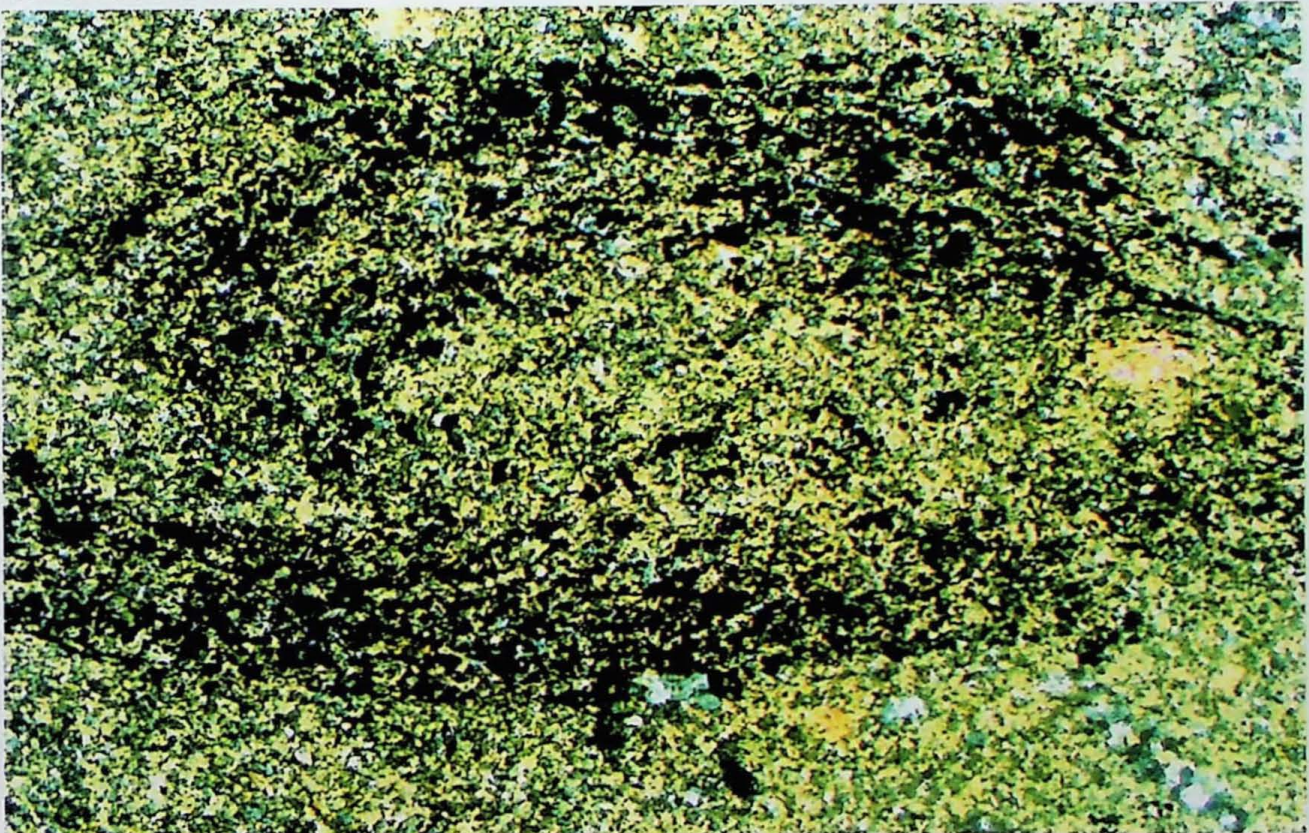


Fotografia 13: Amostra SB-35 - Formação Carrapato: quartzo-clorita-sericita xisto apresentando bandamento ondulado com níveis quartzo-carbonáticos boudinados.

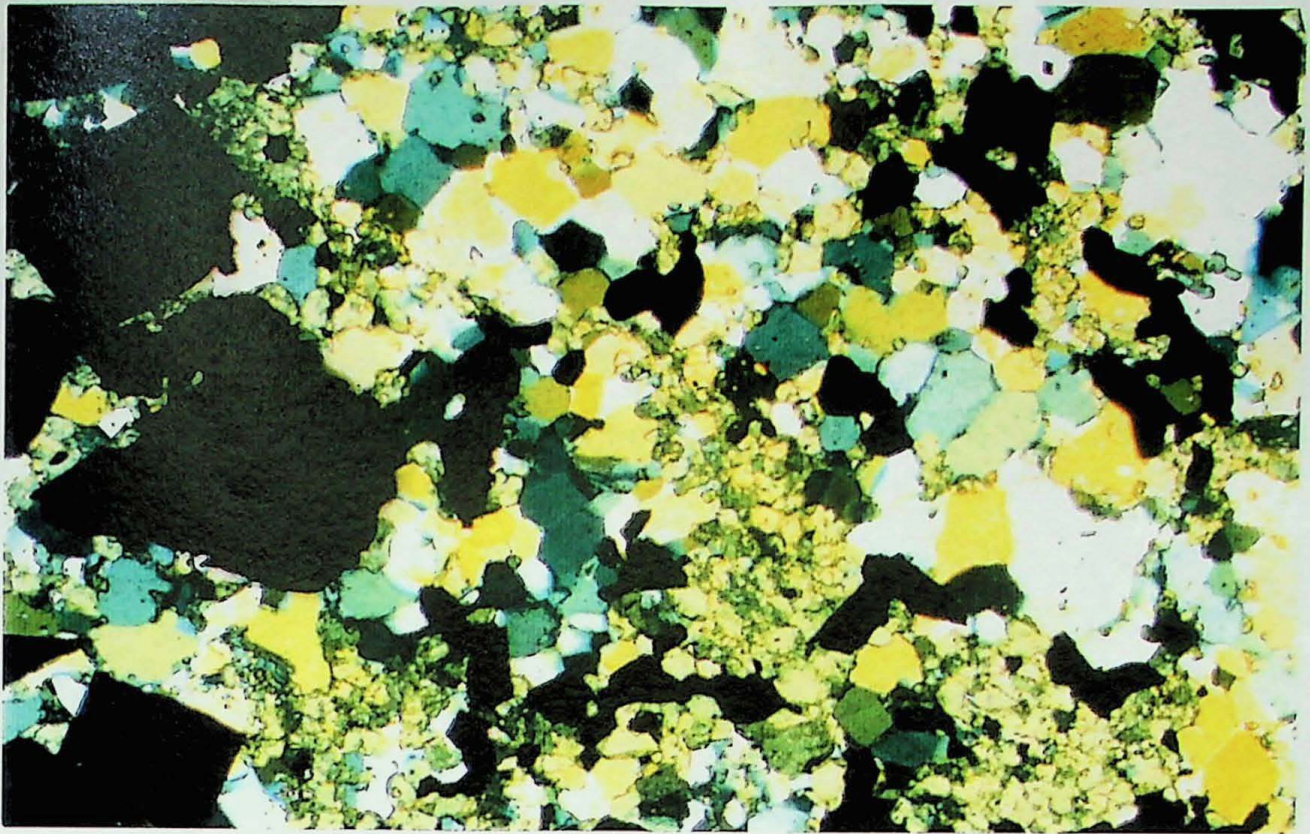
Anexo 3 - Fotomicrografias



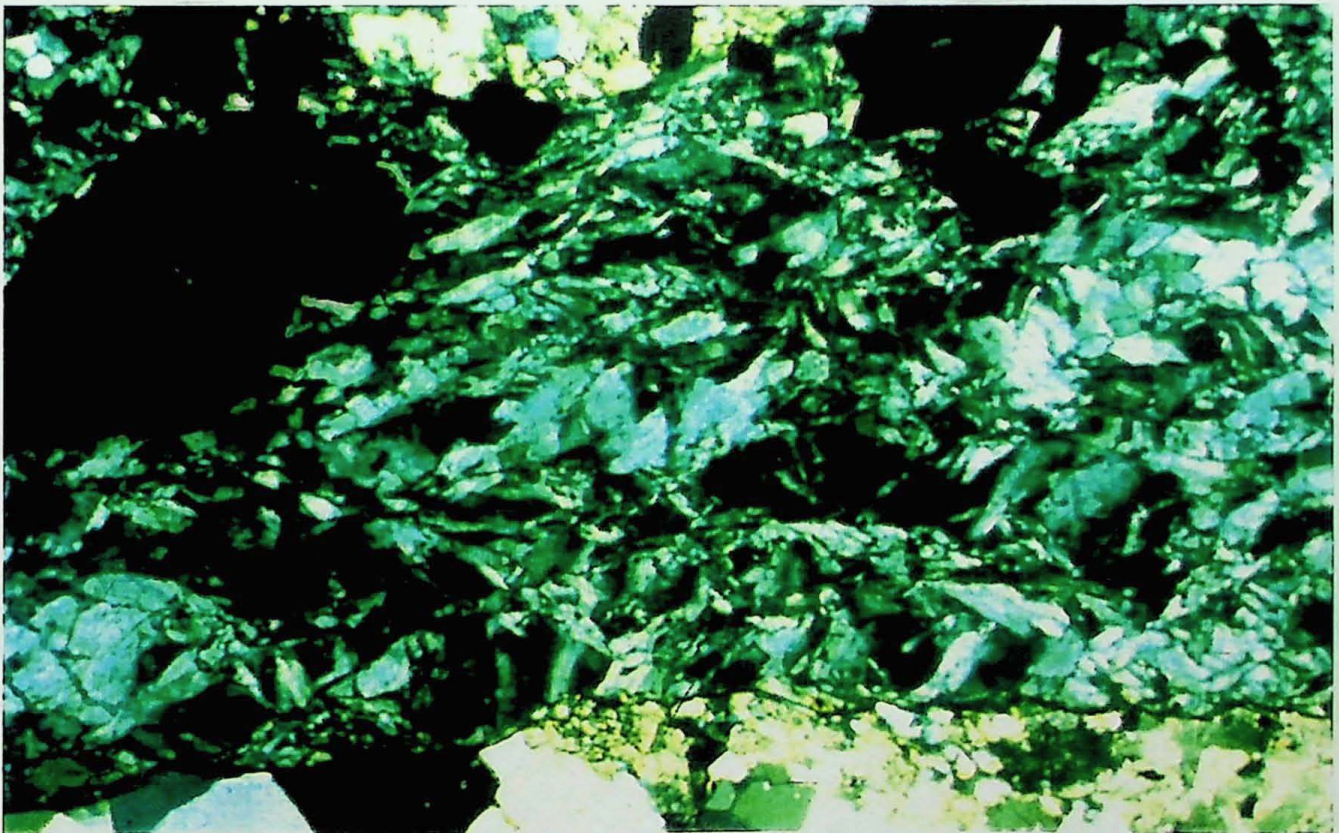
Fotomicrografia 1: Amostra SB-02, Formação Grafítica Basal, lâmina delgada SB-02, largura maior da foto 2,8mm, Luz transmitida, polarizadores cruzados. Bandamento milimétrico entre bandas quartzo-carbonáticas e bandas compostas por clorita e sericita onde concentram-se opacos estirados paralelamente ao bandamento. Níveis quartzo-carbonáticos boudinados.



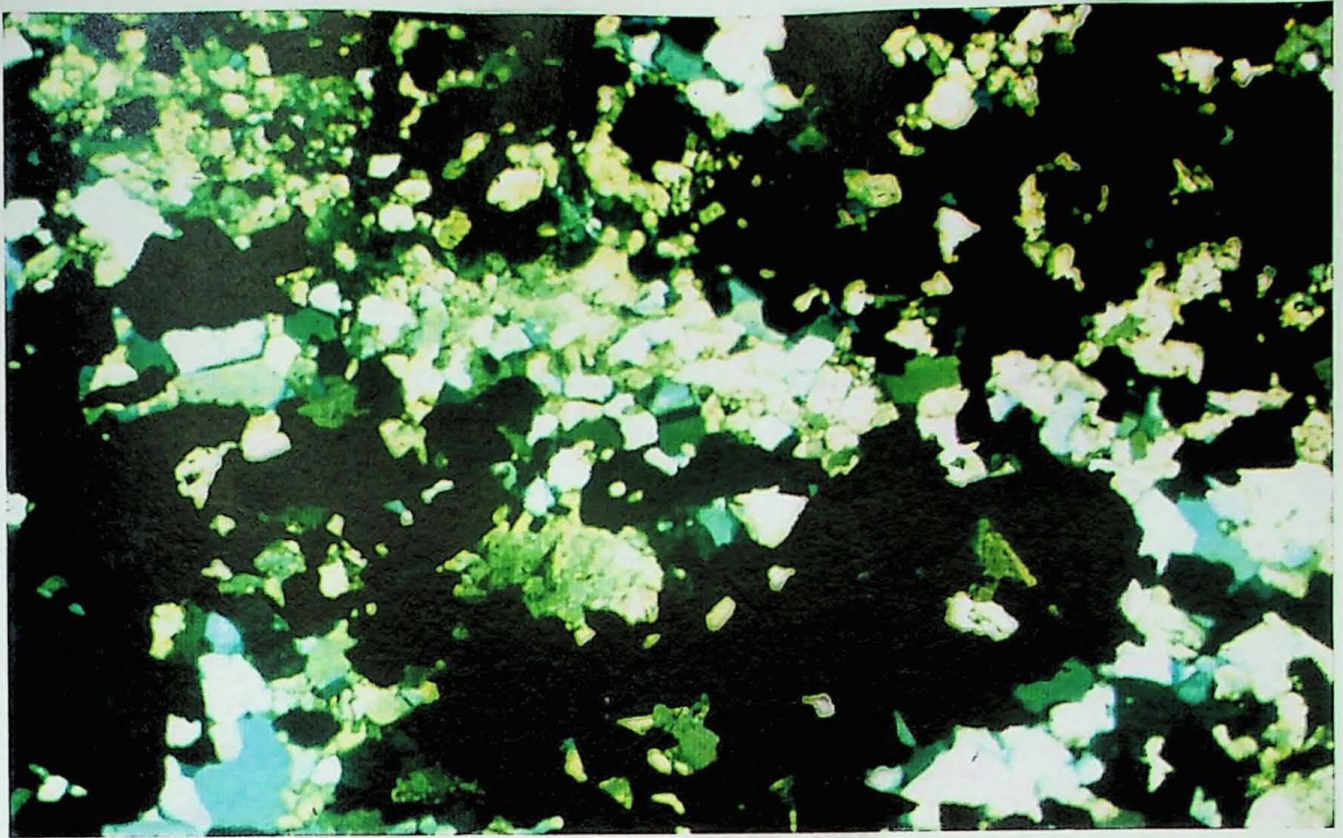
Fotomicrografia 2: Amostra SB-11C, Zona intermediária 1, lâmina delgada SB-11C-1, largura maior da foto 5,6mm, luz transmitida, polarizadores cruzados. Dobra sin-sedimentar fechada no bandamento composto por bandas carbonáticas, quartzo e sericita e por bandas de opacos xenomórficos.



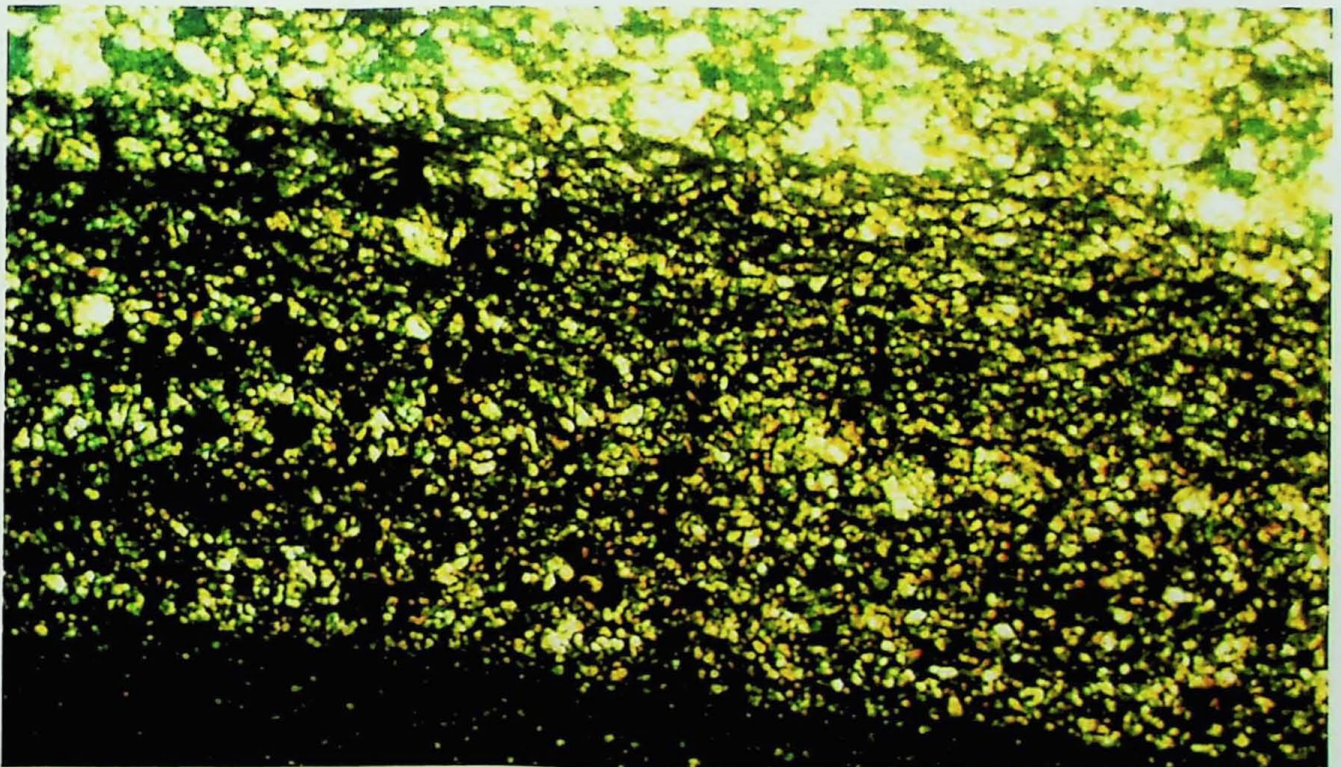
Fotomicrografia 3: Amostra SB-05, Horizonte Oeste, lâmina delgada SB-05-2, largura maior da foto 2,8mm, luz transmitida, polarizadores cruzados. Bandamento quartzo-carbonático com presença de opacos intersticiais e como cristais subedrais a euedrais.



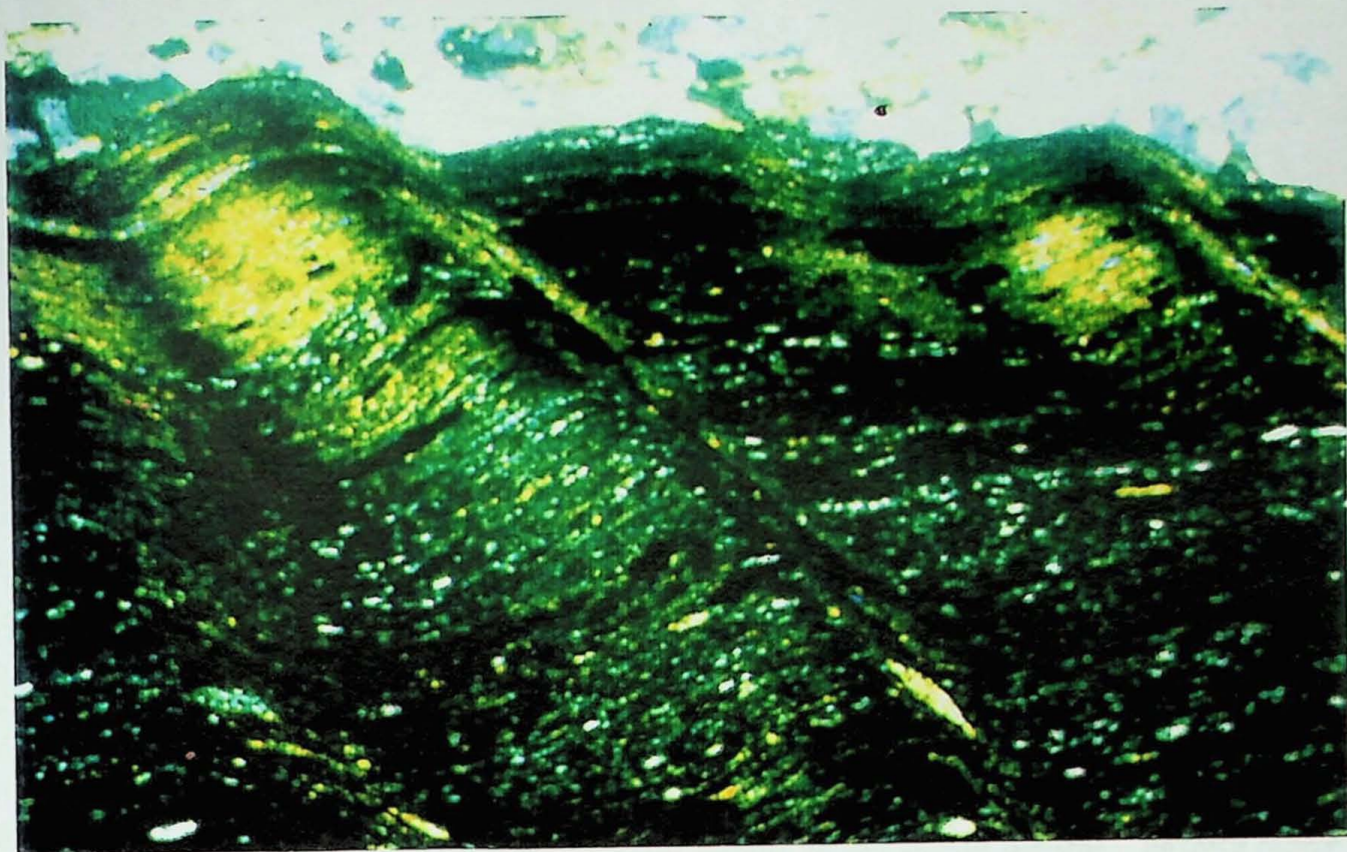
Fotomicrografia 4: Amostra SB-09, Horizonte Oeste, lâmina delgada SB-09-1, largura maior da foto 2,8mm, luz transmitida, polarizadores cruzados. Veio de clorita em contato brusco com bandamento quartzo-carbonático. Opacos subedrais ocorrem em sua borda.



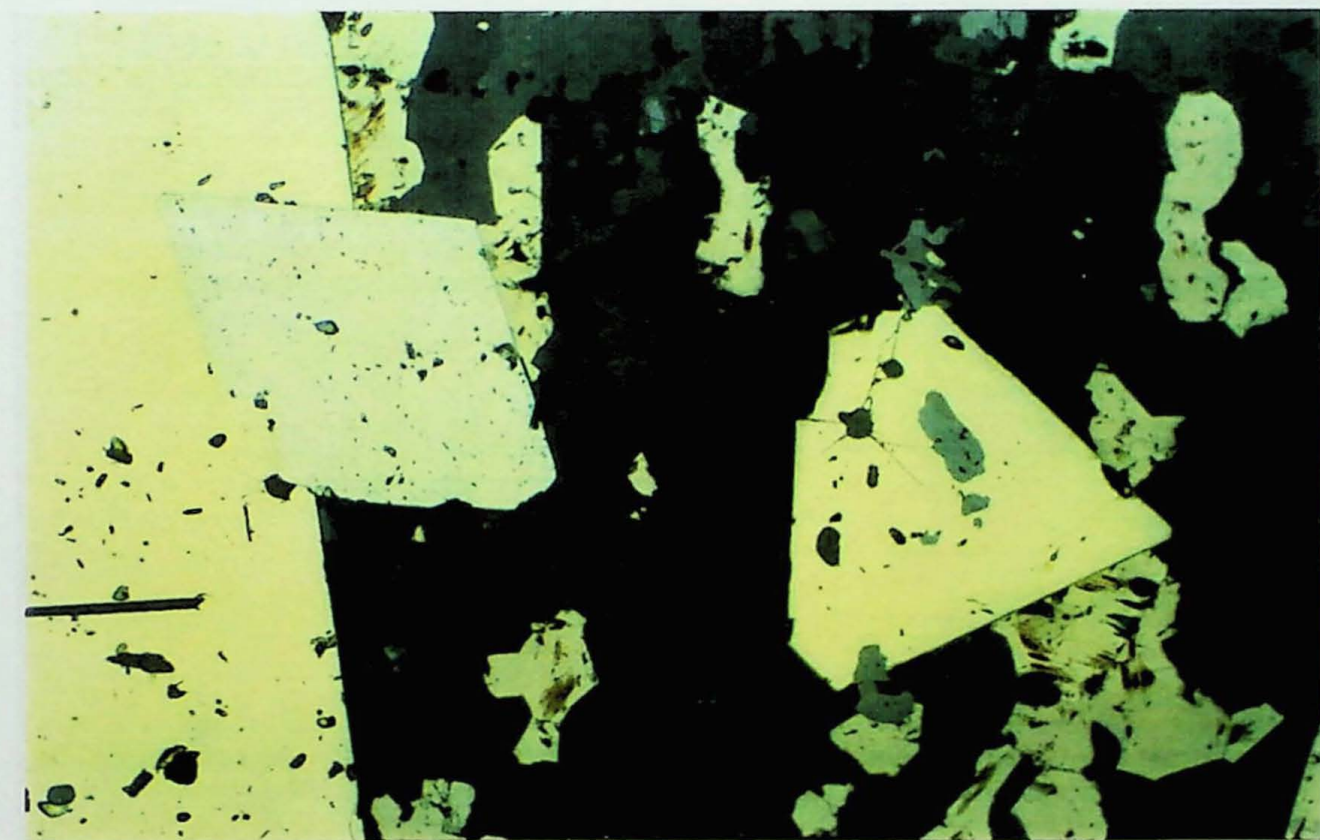
Fotomicrografia 5: Amostra SB-09, Horizonte Oeste, lâmina delgada SB-09-2, largura maior da foto 2,8mm, luz transmitida, polarizadores cruzados. Aspecto geral do bandamento quartzo-carbonático com opacos apresentando granulometria variável. Veio de quartzo com poucos opacos corta o bandamento.



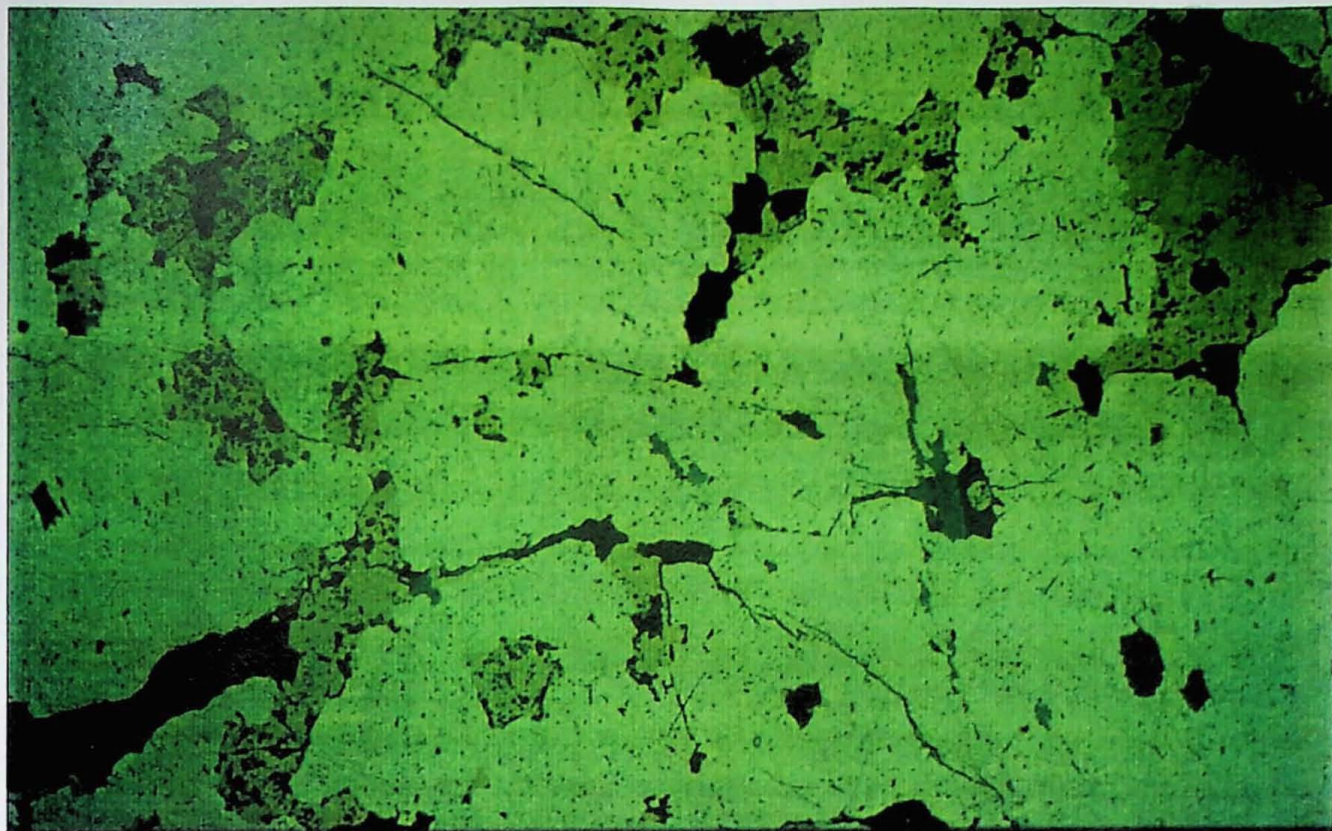
Fotomicrografia 6: Amostra L-64, Membro Ferrífero do Topo, lâmina delgada L-64, largura maior da foto 2,8mm, luz transmitida, polarizadores cruzados. Veio composto por estilpnomelano e clorita, apresentando-se orientado paralelo ao bandamento.



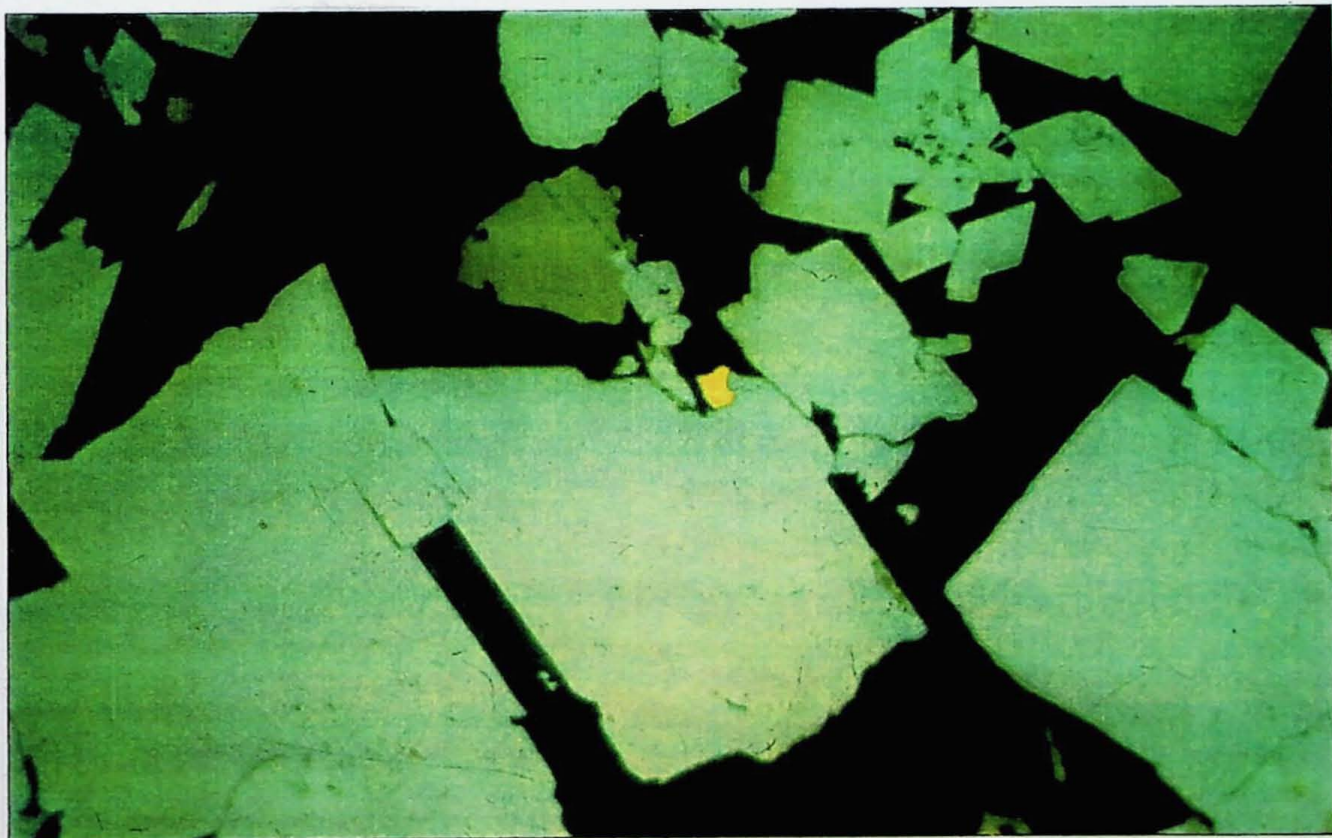
Fotomicrografia 7: Amostra SB-35, Formação Carrapato, lâmina delgada SB-35, largura maior da foto 2,8mm, luz transmitida, polarizadores cruzados. Crenulação em nível composto por clorita e sericita.



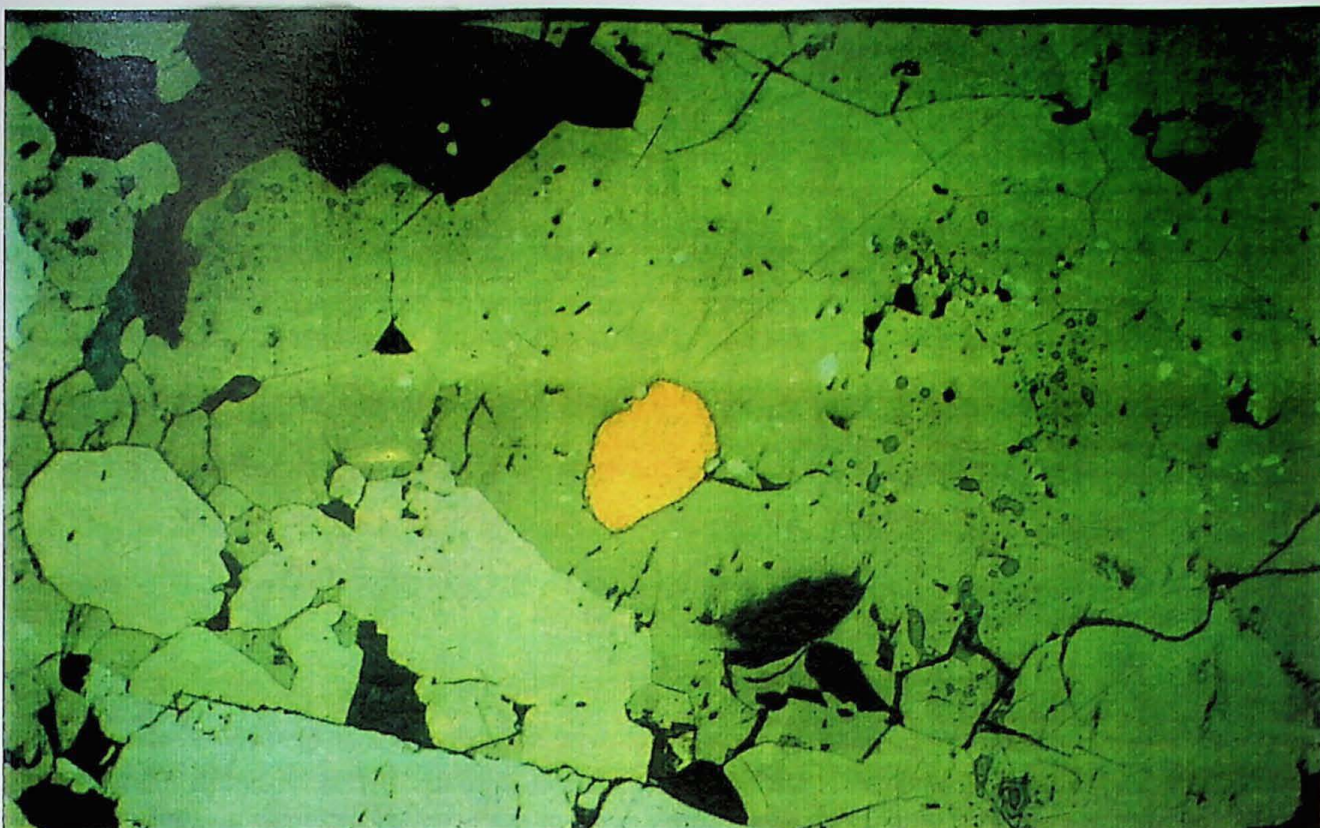
Fotomicrografia 8: Amostra SB-09, Horizonte Oeste, lâmina delgada polida SB-09-1, largura maior da foto 0,7mm, luz refletida, polarizadores paralelos. Seção rombica de arsenopirita em contato com idióblasto de pirita. Pirita subedral com inclusões de magnetita e esfalerita, cinza médio a escuro respectivamente no centro esquerdo da foto.



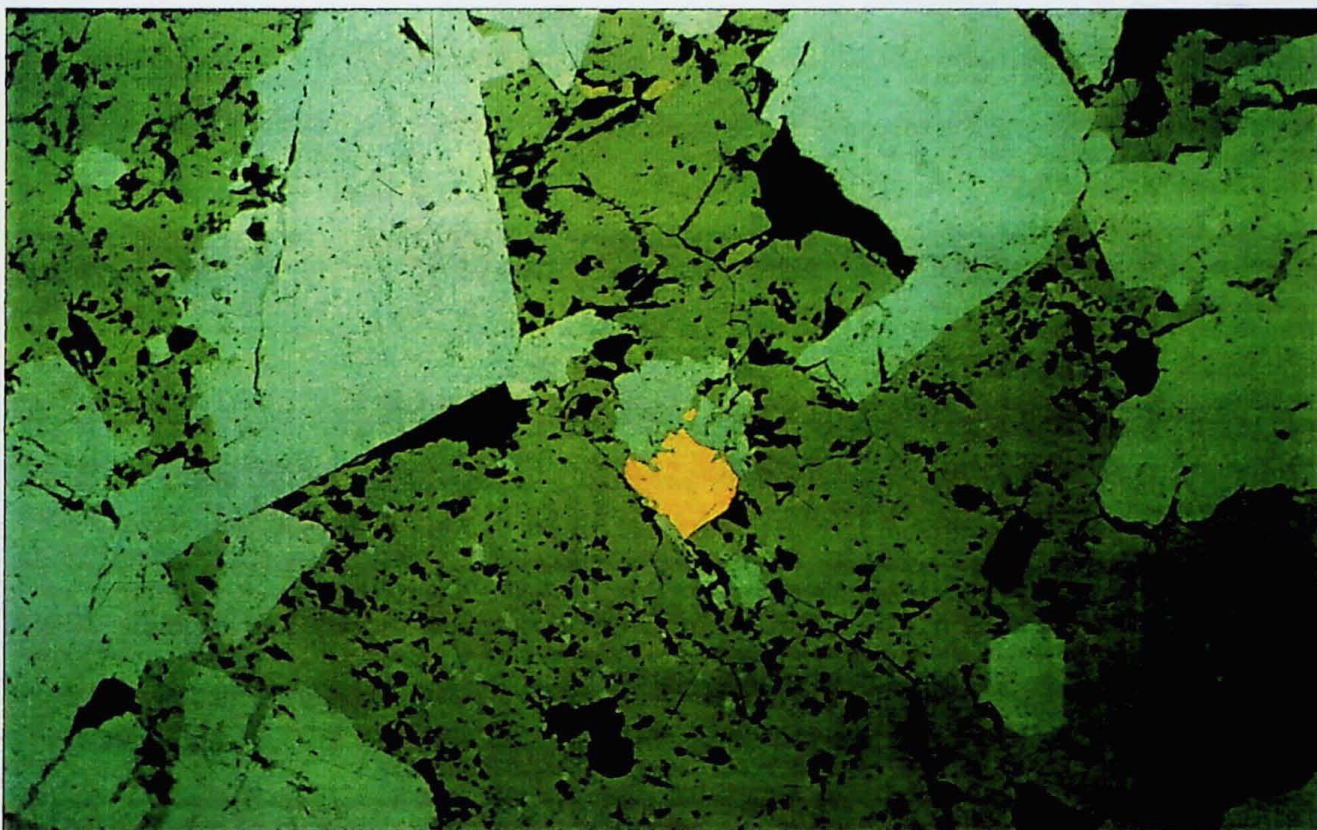
Fotomicrografia 9: Amostra SB-09, Horizonte Oeste, seção polida SB-09-1, largura maior da foto 1,4mm, luz refletida, polarizadores paralelos. Intercrescimento de pirrotita (amarelo mais escuro) e arsenopirita (amarelo claro). Cristais de magnetita tabular ocorrem estirados como inclusões na arsenopirita.



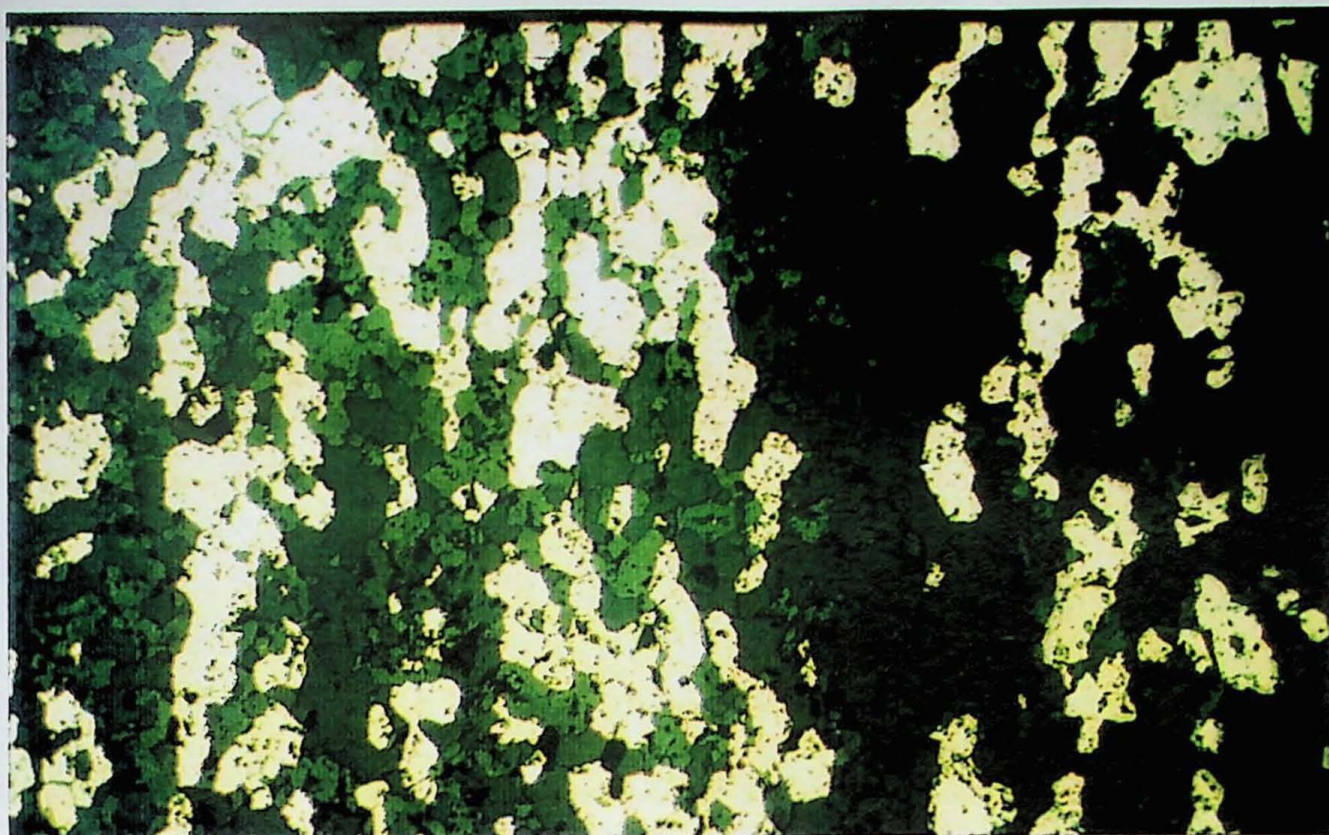
Fotomicrografia 10: Amostra SB-15C, horizonte São Bento, seção polida SB-15C-2, largura maior da foto 1,4mm, luz refletida, polarizadores paralelos. Ouro livre em contato com arsenopirita idioblástica sem inclusões.



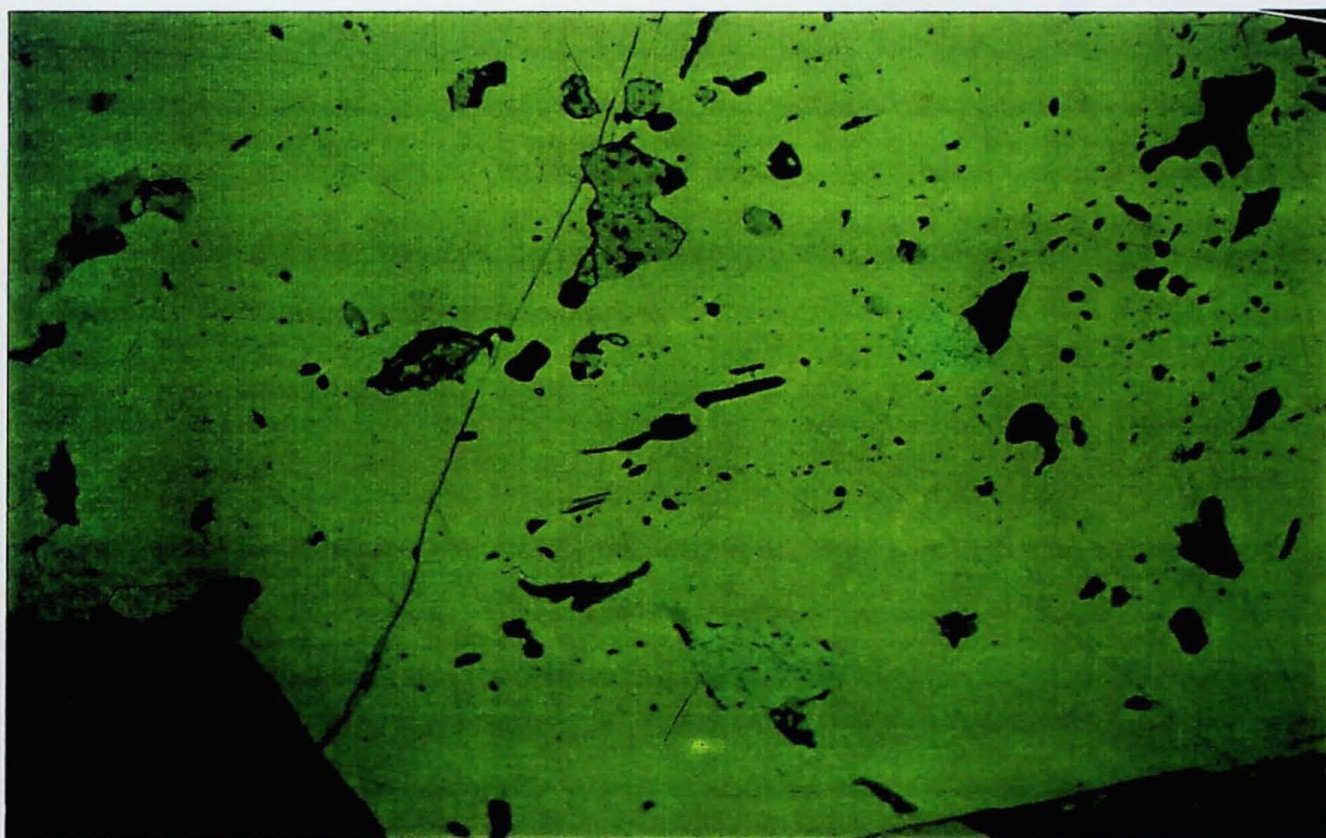
Fotomicrografia 11: Amostra SB-09, Horizonte Oeste, seção polida SB-09-2, largura maior da foto 0,7mm, luz refletida, polarizadores paralelos. Ouro refratário incluído em pirrotita de primeira geração.



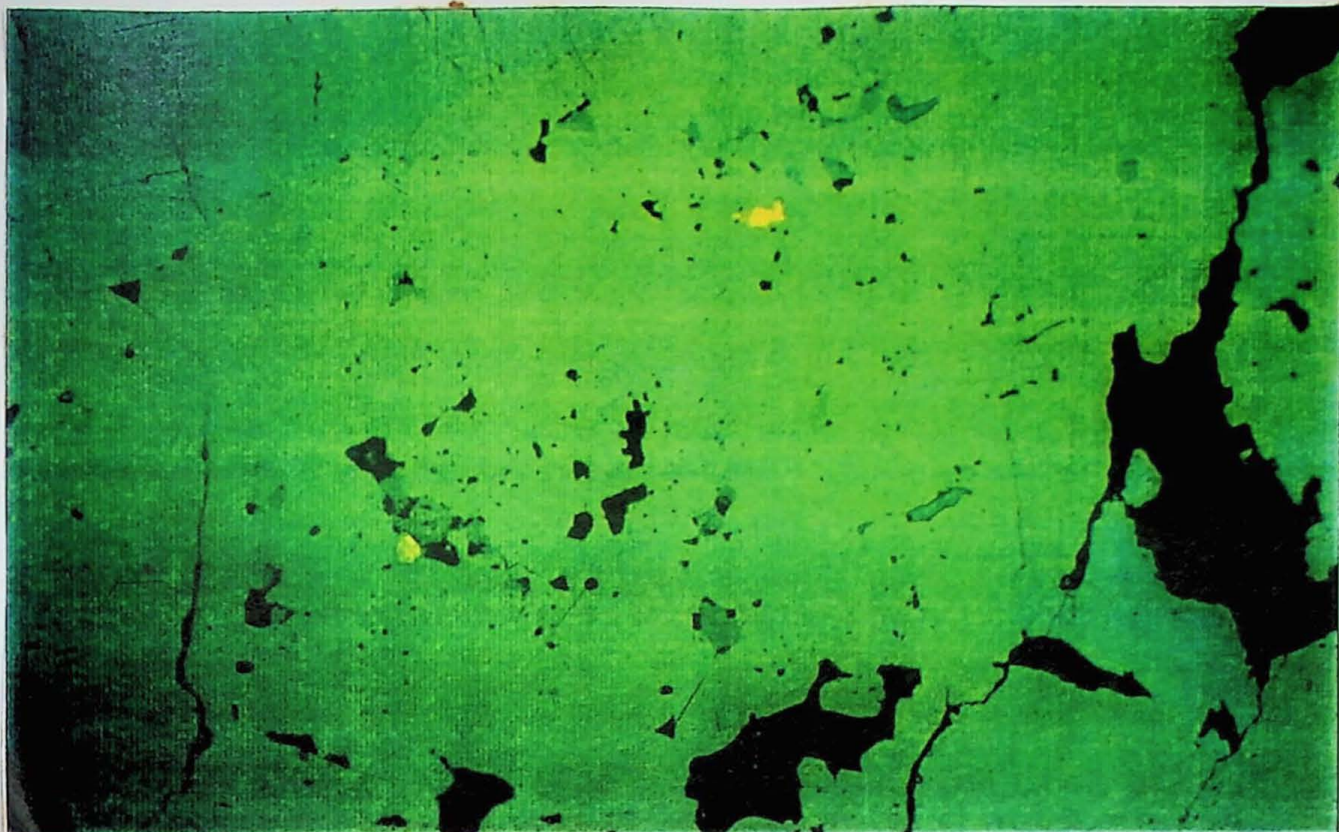
Fotomicrografia 12: Amostra SB-15A, Horizonte São Bento, seção polida SB-15A-11, largura maior da foto 1,4mm, luz refletida, polarizadores paralelos. Ouro refratário incluído em pirrotita da primeira geração em contato com arsenopirita.



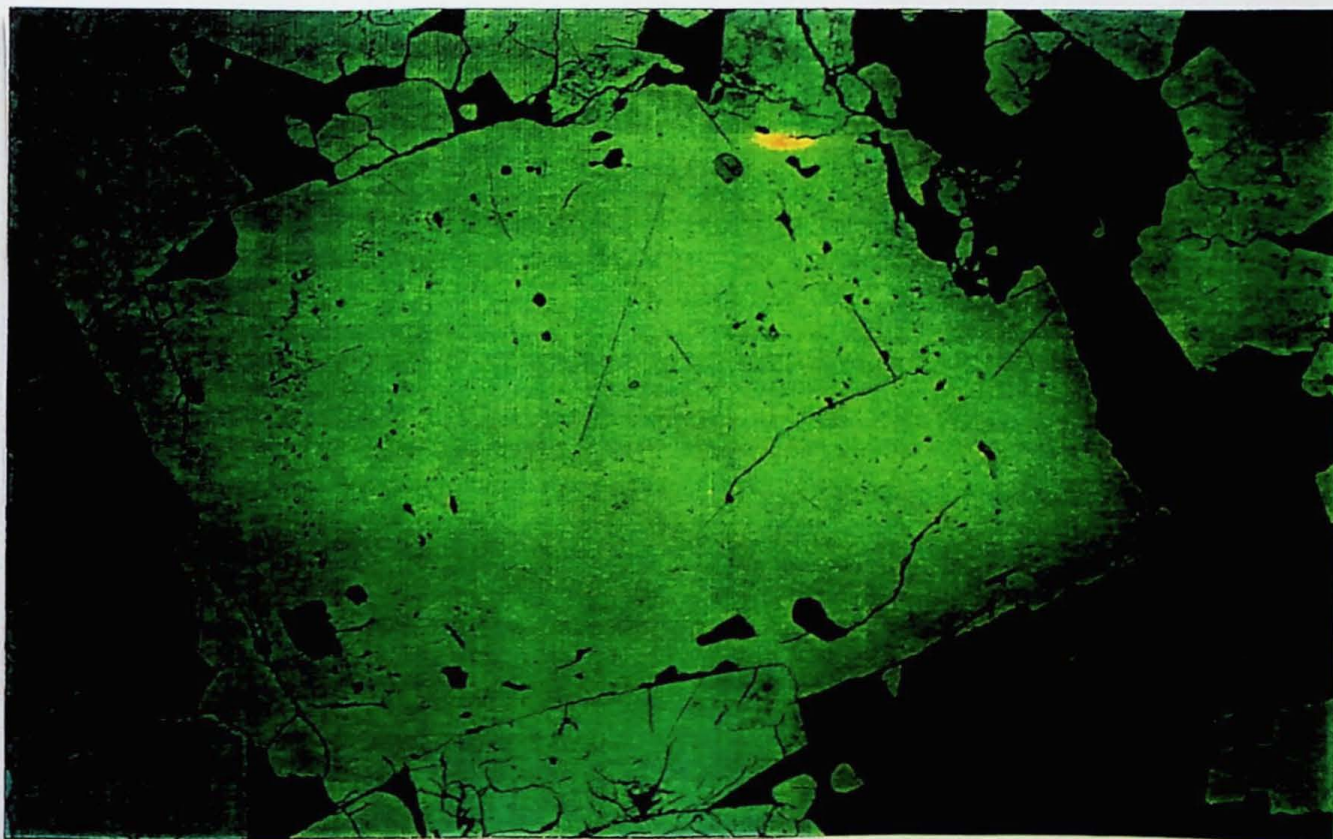
Fotomicrografia 13: Amostra SB-09, Horizonte Oeste, seção polida SB-09-1, largura maior da foto 2,8mm, luz refletida, polarizadores paralelos. Pirrotita xenomórfica de segunda geração estirada paralela à foliação.



Fotomicrografia 14: Amostra SB-09, Horizonte Oeste, seção polida SB-09-1, largura maior da foto 1,4mm, luz refletida, polarizadores paralelos. Inclusões de pirrotita e arsenopirita em pirita idioblástica de segunda geração.



Fotomicrografia 15: Amostra SB-10, Horizonte Oeste, seção polida SB-10-1, largura maior da foto 0,7mm, luz refletida, polarizadores paralelos. Inclusões de ouro em pirita rica em inclusões (ganga e pirrotita).



Fotomicrografia 16: Amostra SB-10, Horizonte Oeste, seção polida SB-10-2, largura maior da foto 2,8mm, luz refletida, polarizadores paralelos. Diminutas inclusões de ouro e pirrotita em pirita idioblástica.

Anexo 4 - Tabelas

Tabela 1- Dados gerais do trabalho

TRABALHOS: amostragem, preparação e análises	QUANTIDADE
Amostras	61
Lâminas delgadas sem cobertura	64
Lâminas delgadas polidas	12
Seções polidas	20
Pós para análise química	117
Análise por fluorescência de raios X (XRF)	8
Análise ICP-AES	29
Análise ICP-MS	20

Tabela 2 - Amostras, localização, lâminas e seções polidas

AMOSTRA Nº	LOCALIZAÇÃO	LÂMINA DELGADA	LÂMINA DELGADA POLIDA	SEÇÕES POLIDAS
SB-01	FORMAÇÃO GRAFITOSA BASAL	SB-01		
SB-02	FORMAÇÃO GRAFITOSA BASAL, MAIS PRÓXIMA DO CONTATO	SB-02		
SB-03	FORMAÇÃO GRAFITOSA BASAL JUNTO A ZONA DE TRANSIÇÃO	SB-03		
SB-04	FORMAÇÃO GRAFITOSA BASAL EM CONTATO COM CORPO OESTE	SB-04		
SB-05	HORIZONTE OESTE		SB-05-1	SB-05-1
			SB-05-2	SB-05-2
SB-06	HORIZONTE OESTE	SB-06		SB-06
SB-07	HORIZONTE OESTE	SB-07-1		SB-07-1
		SB-07-2		SB-07-2
		SB-07-3		SB-07-3
SB-08	HORIZONTE OESTE	SB-08		SB-08
SB-09	HORIZONTE OESTE		SB-09-1	SB-09-1
			SB-09-2	SB-09-2
SB-10	HORIZONTE OESTE		SB-10-1	SB-10-1
			SB-10-2	SB-10-2
SB-11A	HORIZONTE OESTE		SB-11A	SB-11A
SB-11B	ZONA INTERMEDIÁRIA 1	SB-11B		SB-11B
SB-11C	ZONA INTERMEDIÁRIA 1	SB-11C-1		SB-11C-1
		SB-11C-2		SB-11C-2
		SB-11C-3		SB-11C-3
SB-12	ZONA INTERMEDIÁRIA 1	SB-12		
SB-13	HORIZONTE MIDDLE	SB-13-1		SB-13-1
		SB-13-2		SB-13-2
SB-14	ZONA INTERMEDIÁRIA 2	SB-14		
SB-15A	HORIZONTE SÃO BENTO		SB-15A-1	SB-15A-1
			SB-15A-2	SB-15A-2
			SB-15A-3	

• Tabela 2 - Continuação

AMOSTRA Nº	LOCALIZAÇÃO	LÂMINA DELGADA	LÂMINA DELGADA POLIDA	SECÇÕES POLIDAS
SB-15B	HORIZONTE SÃO BENTO	SB-15B		
SB-15C	HORIZONTE SÃO BENTO		SB-15C-1	SB-15C-1
			SB-15C-2	SB-15C-2
SB-15D	HORIZONTE SÃO BENTO	SB-15D		
SB-16	HORIZONTE SÃO BENTO	SB-16		
SB-17	ZONA INTERMEDIÁRIA 2	SB-17		
SB-18	HORIZONTE SÃO BENTO	SB-18-1		
		SB-18-2		
SB-19A	HORIZONTE SÃO BENTO	SB-19A		
SB-19B	HORIZONTE SÃO BENTO	SB-19B		
SB-20A	HORIZONTE SÃO BENTO			
SB-20B	HORIZONTE SÃO BENTO			
SB-20C	HORIZONTE SÃO BENTO	SB-20C-1		
		SB-20C-2		
SB-21A	HORIZONTE SÃO BENTO	SB-21A		
SB-21B	HORIZONTE SÃO BENTO	SB-21B		
SB-22A	HORIZONTE SÃO BENTO	SB-22A		
SB-22B	HORIZONTE SÃO BENTO			
SB-22C	HORIZONTE SÃO BENTO	SB-22C		
SB-22D	HORIZONTE SÃO BENTO	SB-22D		
SB-23	HORIZONTE SÃO BENTO	SB-23		
SB-24A	HORIZONTE SÃO BENTO	SB-24A		
SB-24B	HORIZONTE SÃO BENTO	SB-24B-1		
		SB-24B-2		
SB-25	CONTATO HORIZONTE SÃO BENTO/HORIZONTE INTERMEDIÁRIO M3	SB-25		
SB-26	CONTATO DA ZONA INTERMEDIÁRIA M3 COM HORIZONTE LESTE	SB-26-1		
		SB-26-2		
SB-27	TRANSIÇÃO DA ZONA INTERMEDIÁRIA M3 COM HORIZONTE LESTE	SB-27-1		
		SB-27-2		
		SB-27-3		

Tabela 2 - Continuação

AMOSTRA Nº	LOCALIZAÇÃO	LÂMINA DELGADA	LÂMINA DELGADA POLIDA	SEÇÕES POLIDAS
SB-28A	HORIZONTE LESTE	SB-28A		
SB-28B	HORIZONTE LESTE	SB-28B		
SB-28C	HORIZONTE LESTE	SB-28C		
SB-28D	HORIZONTE LESTE	SB-28D		
SB-29A	HORIZONTE LESTE	SB-29A		
SB-29B	HORIZONTE LESTE	SB-29B		
SB-30A	HORIZONTE LESTE	SB-30A		
SB-30B	CONTATO ENTRE HORIZONTE LESTE E MEMBRO FERRÍFERO DO TOPO	SB-30B-1		
		SB-30B-2		
SB-30C	CONTATO ENTRE HORIZONTE LESTE E MEMBRO FERRÍFERO DO TOPO	SB-30C		
SB-31	MEMBRO FERRÍFERO DO TOPO	SB-31-1		
		SB-31-2		
SB-32	XISTO CLORÍTICO INTERCALADO NO MEMBRO FERRÍFERO	SB-32		
SB-33A	MEMBRO FERRÍFERO DO TOPO	SB-33A		
SB-33B	MEMBRO FERRÍFERO DO TOPO	SB-33B		
SB-33C	MEMBRO FERRÍFERO DO TOPO	SB-33C		
SB-34	VEIO REMOBILIZADO			
SB-35	FORMAÇÃO CARRAPATO	SB-35		
L-17	MEMBRO FERRÍFERO DO TOPO	L-17		
L-61	MEMBRO FERRÍFERO DO TOPO	L-61		
L-62	MEMBRO FERRÍFERO DO TOPO	L-62		
L-63	MEMBRO FERRÍFERO DO TOPO	L-63		
L-64	MEMBRO FERRÍFERO DO TOPO	L-64		

Tabela 3 - Código das análises realizadas

1 - ICP-AES (Espectrometria de emissão atômica com fonte de plasma indutivamente acoplado), efetuadas no Instituto de Química da Universidade de São Paulo.

2 - ICP-MS (Espectrometria de massa com fonte de plasma indutivamente acoplado), efetuadas no Geoforschungszentrum (GFZ) em Potsdam, Alemanha.

3 - FRX (Fluorescência de raios X) foram realizadas no Instituto de Mineralogia Aplicada e Geoquímica da Universidade Técnica de Munique.

Tabela 3 - Pós analíticos preparados (litotipo) e análises efetuadas

PÓS PREPARADOS PARA ANÁLISES QUÍMICAS - LITOTIPO	ANÁLISES		
	1	2	3
SB-01 XISTO GRAFITOSO		X	X
SB-02 XISTO GRAFITOSO			
SB-03-01 XISTO GRAFITOSO COM SULFETOS DISSEMINADOS		X	
SB-03-02 VEIO DE QUARTZO COM SULFETOS DISSEMINADOS			
SB-04 XISTO GRAFITOSO COM SULFETOS DISSEMINADOS/MAGNÉTICO			
SB-05-1 FÁCIES CARBONÁTICA			
SB-05-2 FÁCIES MISTA CARBONÁTICA - SULFETADA		X	
SB-05-3 FÁCIES CARBONÁTICA COM SULFETOS DISSEMINADOS			
SB-05-4 FÁCIES SULFETADA MAGNÉTICO			
SB-06-1 FÁCIES SULFETADA POUCO MAGNÉTICA			
SB-06-2 FÁCIES CARBONÁTICA POUCO MAGNÉTICO			
SB-07-01 VEIO DE QUARTZO COM POUCOS SULFETOS DISSEMINADOS			
SB-07-02 FÁCIES SULFETADA COM VEIO DE QUARTZO, POUCO MAGNÉTICO			
SB-07-03 VEIO DE QUARTZO COM SULFETOS E CARBONATO			
SB-08-01 VEIO DE QUARTZO COM CARBONATO E POUCOS SULFETOS DISSEMINADOS			
SB-08-02 NÍVEL SERICÍTICO COM POUCOS SULFETOS DISSEMINADOS			
SB-09-01 FÁCIES SULFETADA			
SB-09-02 FÁCIES SULFETADA COM CLORITA PRESENTE			
SB-10 FÁCIES SULFETADA			
SB-11A-01 FÁCIES SULFETADA MAGNÉTICA			
SB-11A-02 FÁCIES SULFETADA			
SB-11B-01 FÁCIES CARBONÁTICA COM SULFETOS DISSEMINADOS			X
SB-11B-02 FÁCIES CARBONÁTICA			X
SB-11C-01 FÁCIES ÓXIDO		X	
SB-11C-02 FÁCIES MISTA CARBONATO - ÓXIDO		X	
SB-12 FÁCIES ÓXIDO			
SB-13-01 FÁCIES SULFETADA			
SB-13-02 FÁCIES CARBONÁTICA COM SULFETOS DISSEMINADOS			
SB-14-01 FÁCIES ÓXIDO			
SB-14-02 FÁCIES ÓXIDO			
SB-15A-1 FÁCIES SULFETADA COM CLORITA	X		
SB-15A-2 FÁCIES SULFETADA	X		
SB-15A-3 FÁCIES SULFETADA	X		
SB-15A-4 FÁCIES SULFETADA COM CLORITA	X		
SB-15B FÁCIES SULFETADA	X		
SB-15C FÁCIES SULFETADA	X		
SB-15D-1 FÁCIES SULFETADA COM CLORITA E SERICITA	X		
SB-15D-2 FÁCIES SULFETADA COM CLORITA E SERICITA	X		
SB-15D-3 FÁCIES SULFETADA COM CARBONATO	X		
SB-16-1 FÁCIES MISTA CARBONÁTICA - SULFETADA	X	X	
SB-16-2 FÁCIES SULFETADA COM CLORITA	X		
SB-17-1 FÁCIES CARBONÁTICA			X
SB-17-2 FÁCIES CARBONÁTICA			X
SB-17-3 FÁCIES CARBONÁTICA			X
SB-18 FÁCIES CARBONÁTICA			
SB-19A FÁCIES CARBONÁTICA			
SB-19B FÁCIES CARBONÁTICA		X	

Tabela 3 - Continuação

PÓS PREPARADOS PARA ANÁLISES QUÍMICAS - LITOTIPO	ANÁLISES		
	1	2	3
SB-20A-1 FÁCIES CARBONÁTICA COM VEIO DE QUARTZO E POUCOS SULFETOS DISSEMINADOS			
SB-20A-2 FÁCIES SULFETADA			
SB-20A-3 FÁCIES CARBONÁTICA COM POUCOS SULFETOS DISSEMINADOS			
SB-20B FÁCIES CARBONÁTICA COM QUARTZO			
SB-20C-1 FÁCIES CARBONÁTICA COM SULFETOS DISSEMINADOS			
SB-20C-2 FÁCIES SULFETADA MAGNÉTICA			
SB-21A - FÁCIES CARBONÁTICA			
SB-21B-1 FÁCIES CARBONÁTICA			
SB-21B-2 VEIO CLORÍTICO, COM CARBONATO ASSOCIADO			
SB-22A FÁCIES CARBONÁTICA COM SULFETOS DISSEMINADOS			
SB-22B-1 FÁCIES CARBONÁTICA			
SB-22B-2 VEIO DE QUARTZO COM POUCO CARBONATO E SULFETOS DISSEMINADOS			
SB-22C-1 FÁCIES SULFETADA MAGNÉTICA	X		
SB-22C-2 FÁCIES SULFETADA MAGNÉTICA	X		
SB-22C-3 VEIO DE QUARTZO, COM CLORITA E SERICITA			
SB-22D-1 VEIO DE QUARTZO COM POUCOS SULFETOS DISSEMINADOS			
SB-22D-2 FÁCIES SULFETADA	X		
SB-23 FÁCIES SULFETADA	X		
SB-24A-1 VEIO DE QUARTZO COM POUCOS SULFETOS DISSEMINADOS			
SB-24A-2 FÁCIES SULFETADA	X		
SB-24B-1 FÁCIES SULFETADA	X		
SB-24B-2 FÁCIES SULFETADA	X		
SB-24B-3 FÁCIES SULFETADA			
SB-24B-4 FÁCIES CARBONÁTICA COM SULFETOS DISSEMINADOS			
SB-25-1 FÁCIES CARBONÁTICA			
SB-25-2 FÁCIES CARBONÁTICA			
SB-25-3 FÁCIES CARBONÁTICA			
SB-25-4 FÁCIES SULFETADA	X		
SB-25-5 FÁCIES CARBONÁTICA COM POUCOS SULFETOS DISSEMINADOS			
SB-26-1 FÁCIES ÓXIDO		X	
SB-26-2 FÁCIES ÓXIDO			
SB-27-1 FÁCIES ÓXIDO		X	
SB-27-2 FÁCIES SULFETADA	X		
SB-27-3 FÁCIES SULFETADA	X		
SB-27-4 VEIO DE QUARTZO			
SB-27-5 FÁCIES CARBONÁTICA COM QUARTZO			
SB-28A-1 FÁCIES SULFETADA COM QUARTZO E CLORITA			
SB-28A-2 FÁCIES SULFETADA MAGNÉTICA	X		
SB-28A-3 VEIO DE QUARTZO E SULFETOS DISSEMINADOS			
SB-28B-1 FÁCIES SULFETADA	X		
SB-28B-2 FÁCIES SULFETADA	X		
SB-28C-1 FÁCIES CARBONÁTICA MAGNÉTICO			
SB-28C-2 FÁCIES SULFETADA COM CARBONATO	X	X	
SB-28D FÁCIES SULFETADA COM QUARTZO/MAGNÉTICO	X		
SB-29A-1 VEIO QUARTZO CARBONÁTICO			
SB-29A-2 FÁCIES SULFETADA	X		
SB-29B-1 FÁCIES SULFETADA	X		

Tabela 3 - Continuação

PÓS PREPARADOS PARA ANÁLISES QUÍMICAS - LITOTIPO	ANÁLISES		
	1	2	3
SB-29B-2 FÁCIES SULFETADA	X		
SB-30A-1 FÁCIES SULFETADA MISTA CARBONATO			
SB-30A-2 FÁCIES SULFETADA MISTA CARBONATO			
SB-30A-3 FÁCIES SULFETADA MISTA FÁCIES ÓXIDO			
SB-30B-1 FÁCIES CARBONÁTICA		X	
SB-30B-2 FÁCIES CARBONÁTICA COM SULFETOS DISSEMINADOS			
SB-30C FÁCIES MISTA CARBONATO E ÓXIDO			
SB-31-1 FÁCIES CARBONÁTICA		X	
SB-31-2 FÁCIES MISTA CARBONATO E ÓXIDO			
SB-32 XISTO CLORÍTICO		X	X
SB-33A FÁCIES CARBONÁTICA			
SB-33B-1 FÁCIES ÓXIDO			
SB-33B-2 FÁCIES ÓXIDO			
SB-33C FÁCIES ÓXIDO		X	
SB-34-1 CALCITA			
SB-34-2 FOLHELHO GRAFITOSO			
SB-35 XISTO CLORÍTICO		X	X
X-1 FÁCIES SILICATO		X	
9 FÁCIES SILICATO		X	
33 BASE FÁCIES ÓXIDO MISTA CARBONATO		X	
33A BASE FÁCIES SILICATO		X	
40-1 FÁCIES SILICATO		X	

Tabela 4 - Microscopia petrográfica

Nº Lâm.	Nº Am.	Qz.	Ca.	Cl.	Ser.	Musc.	Op.	Turm.	Estilp.
SB-01	SB-01	P	P	Me	Ma		Me		
SB-02	SB-02	P	P	Me	Me		Ma		
SB-03	SB-03	P	P	Me	Me		Me		
SB-04	SB-04	P	P	Me	Me		Ma		
SB-05-1	SB-05	P	P		Me	Me	Ma	T	
SB-05-2	SB-05	P	P	Me			P		
SB-06	SB-06	P	P		Me		Ma		
SB-07-1	SB-07	P	P		Me		Ma		
SB-07-2	SB-07	P	P		Me		Me		
SB-07-3	SB-07	P	P		Me		Me		
SB-08	SB-08	P	P		Me		Ma		
SB-09-1	SB-09	P	Ma	Me	Me		P		
SB-09-2	SB-09	P	P		T	Me	Me		
SB-10-1	SB-10	P	P	Me	T		P		
SB-10-2	SB-10	P	P	Me	T		P		
SB-11A	SB-11A	P	P	Ma		T	Ma		
SB-11B	SB-11B	P	P	Me	Me		Ma		
SB-11C-1	SB-11C	P	P		Me		Ma		
SB-11C-2	SB-11C	P	P		Me		Me		
SB-11C-3	SB-11	P	P	Me	Me		T		
SB-12	SB-12	P	P	Me	Me				
SB-13-1	SB-13	P	P		Me		Me		
SB-13-2	SB-13	P	P		Me		Me		
SB-14	SB-14	P	P		Me		Ma		
SB-15A-1	SB-15A	P	P	Ma	Me		Ma		
SB-15A-2	SB-15A	P	P	Ma	T		Me		
SB-15A-3	SB-15A	P	P	Ma	T		Me		
SB-15B	SB-15B	P	P	Me	T		Ma		
SB-15C-1	SB-15C	P	P	Me	Ma		Ma		
SB-15C-2	SB-51C	P	P	Ma	Ma		Me		
SB-15D	SB-15D	P	P	Ma	Me				
SB-16	SB-16	P	P	Ma			Ma		

Tabela 4 - continuação

Nº Lâm.	Nº Am.	Qz.	Ca.	Cl.	Ser.	Musc.	Op.	Turm.	Estilp.
SB-17	SB-17	P	P	T			T		
SB-18-1	SB-18	P	P		Ma	Me	T		
SB-18-2	SB-18	P	P		Me		T		
SB-19A	SB-19A	P	P			T	T		
SB-19B	SB-19B	P	P			Me			
SB-20C-1	SB-20C	P	P		Me		Me		
SB-20C-2	SB-20C	P	P			Me	Ma		
SB-21A	SB-21A	P	P			Me	T		
SB-21B	SB-21B	P	P		Ma		T		
SB-22A	SB-22A	P	P			Me	Me		
SB-22C	SB-22C	P	P	ME			Ma		
SB-22D	SB-22D	P	P			Me	Ma		
SB-23	SB-23	P	P	T		Me	Ma		
SB-24A	SB-24A	Ma	P	T		Me	Ma		
SB-24B-1	SB-24B	P	P	T		Me	P		
SB-24B-2	SB-24B	P	P	T		T	P		
SB-25	SB-25	P	P				P		
SB-26-1	SB-26	P	P	T			Ma		
SB-26-2	SB-26	P	P	Me			Ma		
SB-27-1	SB-27	P	P				Ma		
SB-27-2	SB-27	P	P	Me			Ma		
SB-27-3	SB-27	P	P	T			Ma		
SB-28A	SB-28A	P	P	Me			Ma		
SB-28B	SB-28B	P	P	T			Ma		
SB-28C	SB-28C	P	P	T			Ma		
SB-28D	SB-28D	P	P	T			P		
SB-29A	SB-29A	P	P	Me			P		
SB-29B	SB-29B	P	P	T			Ma		
SB-30A	SB-30A	P	P	T			Ma		
SB-30B-1	SB-30B	P	P	T			Ma		
SB-30B-2	SB-30B	P	P	T			Ma		
SB-30C	SB-30C	P	P				Me		
SB-31-1	SB-31	P	P	Me			Me		

Tabela 4 - continuação

Nº Lâm.	Nº Am.	Qz.	Ca.	Cl.	Ser.	Musc.	Op.	Turm.	Estilp.
SB-31-2	SB-31	P	P	Me			Ma		
SB-32	SB-32	P	Ma	P			Me		
SB-33A	SB-33A	P	P	Me			Ma		Me
SB-33B	SB-33B	P	P	T			Ma		T
SB-33C	SB-33C	P	P	Me			Ma		Me
SB-35	SB-35	P	Ma	Me	Ma		Me		
L-17	X-1	Ma	P	P			T		Me
L-61	9	P	P	Ma			Ma		Ma
L-62	33 BASE	P	Ma	Me			Ma		Me
L-63	33A BASE	P	Ma	Me		Me	Me		Me
L-64	40-1	P	Ma	Me			Me		P

Tabela 5 - Microscopia de minerais opacos

Nº Lâm.	Nº Am.	Ars.	Pirrot.	Pi.	Calco.	Mag.	Esf.
SB-05-1	SB-05	P	P	Ma	Me	T	T
SB-05-2	SB-05	P	Me	Ma	T	Me	T
SB-06	SB-06	P	P		T		
SB-07-1	SB-07	Ma	P	Me	T		
SB-07-2	SB-07	P	P		Me	T	
SB-07-3	SB-07	P	P	Me	T	T	
SB-08	SB-08	P	P		Me	Me	
SB-09-1	SB-09	P	Ma	Ma	T	Me	T
SB-09-2	SB-09	P	Ma	Ma	T	Me	T
SB-10-1	SB-10	P	Ma	P	T	T	T
SB-10-2	SB-10	P	Ma	P	T	T	T
SB-11A	SB-11A	Ma	Me	P	T	T	T
SB-11B	SB-11B	Ma	P		T	T	
SB-11C-1	SB-11C	Me	Ma			P	
SB-11C-2	SB-11C	T	Ma			P	
SB-11C-3	SB-11C		T			P	
SB-13-1	SB-13	P	Ma	Me	T	T	T
SB-13-2	SB-13	P	Ma	Me	T		
SB-15A-1	SB-15A	P	Ma	Me	T	T	T
SB-15A-2	SB-15A	P	Ma	Me	T	T	T
SB-15A-3	SB-15A	P	Ma	Me	T	T	T
SB-15C-1	SB-15C	P	P	Me	T	T	T
SB-15C-2	SB-15C	P	P	Me		T	T

Legenda da tabela 4:

Microscopia petrográfica:

Nº Lâm. - Número da Lâmina

Nº Am. - Número da Amostra

Abreviações quanto à mineralogia:

Qz. - Quartzo

Ca. - Carbonato

Cl. - Clorita

Ser. - Sericita

Op. - Opacos

Musc. - Muscovita

Turm. - Turmalina

Estilp. - Estilpnomelana

Abreviações quanto à percentagens:

P - 50% a 30%

Ma - 25% a 15%

Me - 10% a 5%

T - 3% a 1%

Abundância relativa dos minerais constitutivos.

Legenda da tabela 5:

Microscopia de minerais opacos:

Nº Lâm. - Número da Lâmina

Nº Am. - Número da Amostra

Abreviações quanto à mineralogia:

Ars. - Arsenopirita

Pirrot. - Pirrotita

Pi. - Pirita

Calco. - Calcopirita

Mag. - Magnetita

Esf. - Esfalerita

Abreviações quanto à percentagens:

P - 50% a 30%

Ma - 25% a 15%

Me - 10% a 5%

T - 3% a 1%

P - Principal opaco ocorrente na seção polida descrita;

Ma - Segundo mineral em abundância;

Me - Terceiro mineral em abundância;

T - Mineral com menor quantidade.

Dados semi-quantitativos obtidos através das abundâncias relativas entre os minerais opacos totais em cada seção descrita

Tabela 6 - Dados geoquímicos de rochas encaixantes e bif's fácies carbonato.

Amostra		Lim. Det.	SB01	SB11B-1	SB11B-2	SB17-1	SB17-2	SB17-3	SB32	SB35
% - Peso	%									
TOTAL	%		100,6	99,4	100,8	99,7	100,2	100,8	100,3	99,2
LOI	%		5,3	28,1	9,8	22,4	11,2	19,6	11,7	3,7
SIO2	%	0,01	49,30	5,81	71,40	20,12	63,3	37,2	34,0	58,9
TIO2	%	0,001	0,910	0,080	0,000	0,090	0,00	0,04	0,45	0,62
AL2O3	%	0,02	26,51	1,82	0,39	2,22	0,44	1,04	10,6	13,9
FE2O3	%	0,01	6,56	51,10	16,60	48,20	22,79	36,40	36,30	13,60
MNO	%	0,0006	0,0573	0,2495	0,0742	0,498	0,2107	0,2792	0,0758	0,0886
MGO	%	0,01	3,60	5,87	1,26	3,03	1,05	1,78	6,58	3,17
CAO	%	0,01	1,12	5,35	1,14	2,65	1,32	4,14	0,39	1,20
NA2O	%	0,02	0,86	0,20	0,01	0,03	0,01	0,02	0,02	3,03
K2O	%	0,01	6,05	0,10	0,05	0,03	0,04	0,04	0,05	0,81
P2O5	%	0,005	0,110	0,160	0,000	0,100	0,000	0,140	0,030	0,030
F	%	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0
AS	ppm	20	216	1292	2	59	17	26	30	18
BA	ppm	20	996	32	0	3	0	16	23	364
CE	ppm	40	128	48	5	56	3	11	54	32
CL	ppm	400	0	0	0	0	352	234	0	0
CO	ppm	8	52	0	0	0	12	12	24	48
CR	ppm	6	498	81	9	79	16	55	297	346
CS	ppm	30	27	0	8	11	0	0	0	0
CU	ppm	8	67	0	9	24				
GA	ppm	4	31	0	0	4	2	6	15	17
LA	ppm	30	49	13	0	7	1	0	19	24
NB	ppm	4	14	7	3	10	1	6	11	10
ND	ppm	30	72	16	3	0	0	18	38	33
NI	ppm	6	229	5	0	48	0	0	92	170
PB	ppm	10	22	35	18	30	27	17	23	15
RB	ppm	4	234	9	0	1	3	0	1	29
S	%	0,002	0,000	0,500	0,000	0,400	0,050	0,130	0,110	0,090
SN	ppm	30	4	0	0	0	0	0	0	0
SR	ppm	4	147	111	14	30	14	52	0	138
TA	ppm	8	0	0	0	0	29	47	35	5
TH	ppm	4	14	17	1	16	0	0	9	8
U	ppm	6	1	25	0	30	2	9	17	0
V	ppm	6	167	16	0	15	1	16	75	94
W	ppm	30	0	0	1	0				
Y	ppm	4	29	0	0	2	0	5	14	17
ZN	ppm	6	130	142	35	348	136	184	219	105
ZR	ppm	4	230	29	0	24	2	13	136	145

Tabela 7 - Limites de detecção para as leituras realizadas por ICP-AES

Elemento	Limites de detecção (ppm)
Cd	0,0014 - 120
Co	0,2126 - 120
Cr	0,012 - 120
Mo	0,0278 - 120
Pd	0,035 - 120
Sn	0,0044 - 1.200
Sr	0,027 - 120
V	0,0042 - 120
Ba	0,0011 - 120.000
Eu	0,1 - 1200
Nd	0,016 - 1200
Ce	0,02 - 1200
Dy	0,002 - 1200
La	0,006 - 1200
Pr	0,9 - 1200
Sm	0,016 - 1200
Er	0,006 - 1200
Gd	0,01 - 1200
Ho	0,003 - 1200
Lu	0,001 - 1200
Tb	0,015 - 1200
Tm	0,003 - 1200
Y	0,0007 - 1200
Yb	0,0007 - 1200
Ag	0,0038 - 1200
Au	0,036 - 2400
Cu	0,008 - 1200
Ni	0,034 - 1200
Pb	0,0062 - 1200
Sb	0,0073 - 1200
W	0,749 - 1200
Zn	0,15 - 1200
Ca	0,008 - 120
Mn	0,01 - 120
Fe	0,06 - 600
Mg	0,003 - 120
As	0,01 - 120.000
Na	0,016 - 600
K	0,09 - 600
Si	0,7 - 1200
Al	0,024 - 600.000

Tabela 7 - Dados geoquímicos de formações ferríferas bandadas fácies sulfetada

Amostra/	SB-15A-1	SB-15A-2	SB-15A-3	SB-15A-4	SB-15B	SB-15C
Elemento (ppm)						
Mg	567	476	179	431	606	270
Ca	1452	841	534	751	1587	873
Na	12					
Al	523	30	75	754	488	129
Si	563	1213	576	369	816	344
K	137	119	81	68	89	87
Mn	84	115	28	40	82	37
Fe	7201	5016	7855	6770	7928	2130
As	3679	894	5484	4261	4051	1363
Au	414	323	289	309	429	297
Ni	243	137	180	168	267	129
Cu	110	68	169	53	157	21
Zn	515	378	274	553	603	387
Ag	5	2	2	7	3	2
Sb	57	16	40	78	53	13
W	5007	3762	2594	3346	4975	3548
Pb	472	133	199	252	345	395
V	29	2	9	52	32	11
Cr	199	3	111	209	280	93
Co	1219	106	832	909	1253	842
Sr	273	36	190	171	277	166
Mo	33	14	29	26	35	18
Pd	452	59	533	449	459	158
Cd	47	0	52	46	47	19
Ba	124	0	14	12	31	34
Sn	103	1	88	85	81	31
Y						
La	17	10	9	9	16	12
Ce	150	100	68	89	154	108
Nd	17	15	11	11	17	14
Sm	11	11	7	5	7	10
Eu	334	247	308	256	307	176
Gd	71	52	63	60	74	36
Tb	23	3	36	33	26	2
Dy	29	22	14	17	28	21
Ho	9	6	6	6	9	6
Er	18	13	10	11	17	12
Lu	28	22	19	22	29	16

Tabela 7 - continuação

Amostra/ Elemento (ppm)	SB-15D-1	SB-15D-2	SB-15D-3	SB-16-1	SB-16-2	SB-22C-1
Mg	405	461	287	637	518	1056
Ca	928	797	539	857	801	1378
Na				28		
Al	384	672	85	214	419	914
Si	583	390	216	1170	970	1413
K	88	83	79	137	59	105
Mn	100	46	72	132	86	61
Fe	6371	7229	6487	8711	6495	12966
As	2404	2643	3967	2372	2492	2491
Au	327	379	294	334	284	514
Ni	220	248	158	158	142	323
Cu	264	309	220	122	74	306
Zn	570	592	322	547	509	738
Ag	2	6	6	3	4	7
Sb	37	50	38	37	52	151
W	4083	3469	3051	4308	3212	4723
Pb	266	274	226	870	366	311
V	15	50	8	20	31	70
Cr	97	297	94	131	187	355
Co	487	906	870	985	870	1950
Sr	123	234	182	216	185	325
Mo	21	34	25	32	28	47
Pd	241	524	475	569	437	830
Cd	22	52	45	55	42	78
Ba	19	43	15	14	11	21
Sn	36	89	71	86	70	139
Y						0
La	8	10	5	8	8	13
Ce	87	95	54	77	75	127
Nd		5	3		3	
Sm		5	7			
Eu	196	263	230	244	210	378
Gd	53	66	53	65	51	95
Tb	11	31	17	23	27	48
Dy	18	19	14	19	16	27
Ho	5	6	4	5	5	7
Er	10	11	8	10	9	14
Lu	20	22	16	22	19	31

Tabela 7 - continuação

Amostra/ Elemento (ppm)	SB-22C-2	SB-22D-2	SB-23	SB-24A-2	SB-24B-1	SB-23
Mg	1131	882	490	244	292	490
Ca	448	708	1304	121	890	1304
Na	9	5	9			9
Al	578	34	205	23	35	205
Si	459		1130		267	1130
K	83	84	114	90	88	114
Mn	106	90	44	40	57	44
Fe	12598	8359	7290	9725	7026	7290
As	1610	956	4680	3281	1430	4680
Au	262	298	469	178	332	469
Ni	127	126	213	43	132	213
Cu	101	29	95	86	11	95
Zn	503	3841	481	227	308	481
Ag	2	3	6	2	3	6
Sb	82	55	51	29	25	51
W	2761	3419	4884	1866	3747	4884
Pb	245	258	249	194	166	249
V	46	7	18	2	6	18
Cr	251	110	211	65	115	211
Co	901	989	1329	412	874	1329
Sr	196	207	315	151	228	315
Mo	31	29	34	23	33	34
Pd	748	555	505	635	435	505
Cd	71	78	47	57	41	47
Ba	18	17	14	16	12	14
Sn	123	76	79	83	65	79
Y	0					
La	6	9	15	4	12	15
Ce	42	71	135	19	100	135
Nd		3	10	5	15	10
Sm			7	7	12	7
Eu	290	263	315	267	292	315
Gd	74	67	76	69	65	76
Tb	61	42	29	56	26	29
Dy	11	17	26	5	19	26
Ho	4	5	8	4	7	8
Er	6	9	17	5	14	17
Lu	19	22	27	14	23	27

Tabela 7 - continuação

Amostra/ Elemento (ppm)	SB-24A-2	SB-24B-1	SB-24B-2	SB-25-4	SB-27-2	SB-27-3
Mg	244	292	236	634	168	965
Ca	121	890	746	1059	470	1659
Na			6		4	12
Al	23	35	33	33	19	330
Si		267	418	363	301	
K	90	88	105	98	79	226
Mn	40	57	40	69	35	113
Fe	9725	7026	8449	9511	6679	17208
As	3281	1430	4758	879	2253	6289
Au	178	332	346	402	232	680
Ni	43	132	125	185	94	370
Cu	86	11	14	143	12	24
Zn	227	308	314	459	226	786
Ag	2	3	4	6	3	7
Sb	29	25	32	51	27	86
W	1866	3747	3996	3996	2681	7936
Pb	194	166	195	207	153	467
V	2	6	5	5	2	14
Cr	65	115	106	151	97	313
Co	412	874	832	1186	645	2006
Sr	151	228	222	258	137	381
Mo	23	33	25	24	12	19
Pd	635	435	540	578	410	1038
Cd	57	41	49	55	38	99
Ba	16	12	13	20	12	40
Sn	83	65	75	77	56	144
Y						
La	4	12	12	15	7	16
Ce	19	100	87	112	50	162
Nd	5	15	13	15	5	32
Sm	7	12	12	12	3	18
Eu	267	292	328	373	202	546
Gd	69	65	71	81	50	138
Tb	56	26	32	52	27	82
Dy	5	19	18	23	11	35
Ho	4	7	7	8	4	12
Er	5	14	14	16	7	20
Lu	14	23	21	24	13	43

Tabela 7 - continuação

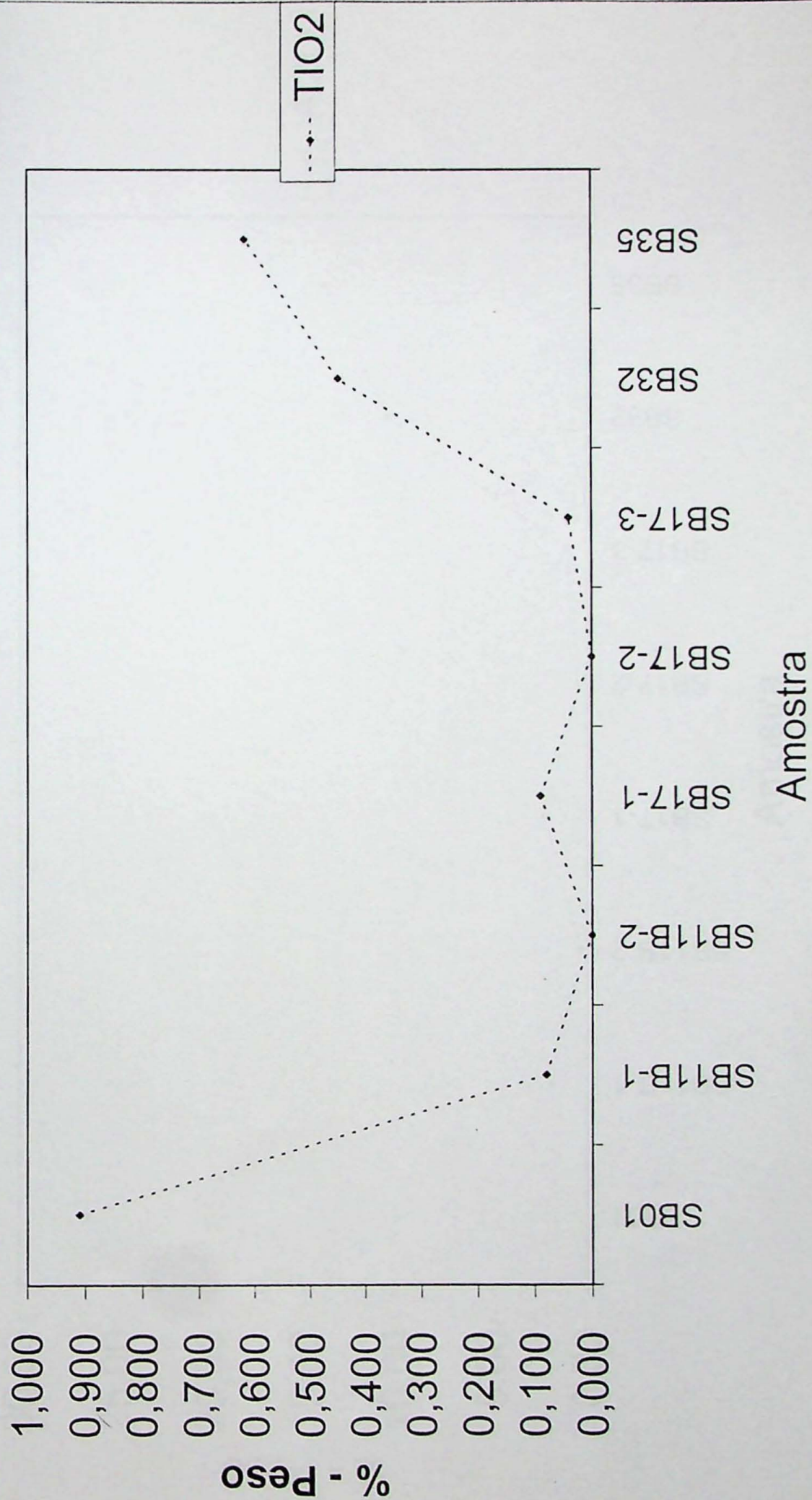
Amostra/ Elemento (ppm)	SB-28A-2	SB-28B-1	SB-28B-2	SB-28C-2	SB-28D	SB-29A-2
Mg	520	407	491	274	297	271
Ca	312	637	1222	473	894	1160
Na	18	7		10		6
Al	145	55	45	41	67	30
Si	699		456	2427	562	300
K	108	127	103	178	132	112
Mn	57	68	57	69	48	66
Fe	8700	9066	5376	13855	6035	9764
As	413	3123	293	3688	2271	6147
Au	201	323	375	382	347	422
Ni	115	179	160	147	178	151
Cu	297	377	76	348	193	14
Zn	393	353	380	389	373	371
Ag	2	4	3	7	3	5
Sb	38	43	22	56	38	35
W	2413	3417	4563	3587	4253	4374
Pb	175	196	133	386	155	233
V	6	2	2	2	3	2
Cr	103	64	60	96	99	105
Co	601	475	487	654	925	859
Sr	125	81	99	171	169	179
Mo	5	5	4	9	6	4
Pd	499	253	149	768	331	438
Cd	48	23	14	71	32	43
Ba	12	6	4	21	8	11
Sn	67	32	21	94	47	66
Y						
La	3	9	13	9	10	11
Ce	26	69	119	63	93	120
Nd		10	12	12	9	13
Sm		9	6	11		9
Eu	200	300	247	440	256	367
Gd	55	64	55	100	60	78
Tb	29	27	7	69	3	55
Dy	8	16	24	14	20	24
Ho	3	6	7	8	6	9
Er	4	11	15	12	12	15
Lu	16	20	24	24	23	28

Tabela 7 - continuação

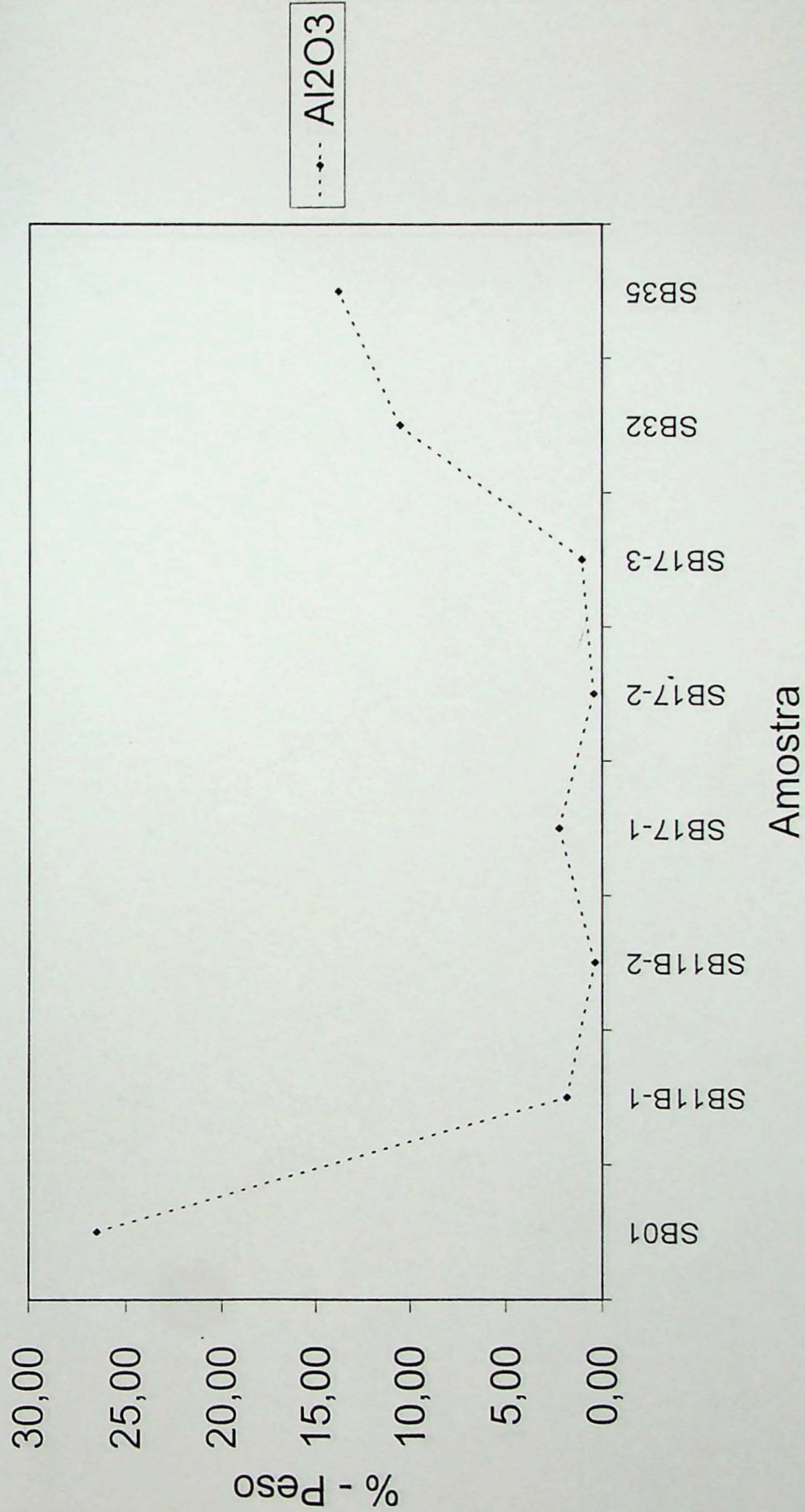
Amostra/ Elemento (ppm)	SB-29B-1	SB-29B-2
Mg	240	362
Ca	1045	318
Na	15	
Al	35	40
Si	406	634
K	149	129
Mn	23	44
Fe	8690	11025
As	5665	2899
Au	69	14
Ni	46	31
Cu	8	7
Zn	158	124
Ag	3	2
Sb	8	5
W	1384	969
Pb	22	1
V	128	108
Cr	316	228
Co	1661	1085
Sr	874	632
Mo	760	572
Pd	1676	1199
Cd	85	78
Ba	59	50
Sn	236	241
Y		
La	2	
Ce	56	
Nd	7	
Sm	6	
Eu	138	161
Gd	51	59
Tb	12	39
Dy	16	5
Ho	3	1
Er	5	1
Lu	21	16

Anexo 5- Gráficos dos estudos realizados por FRX.

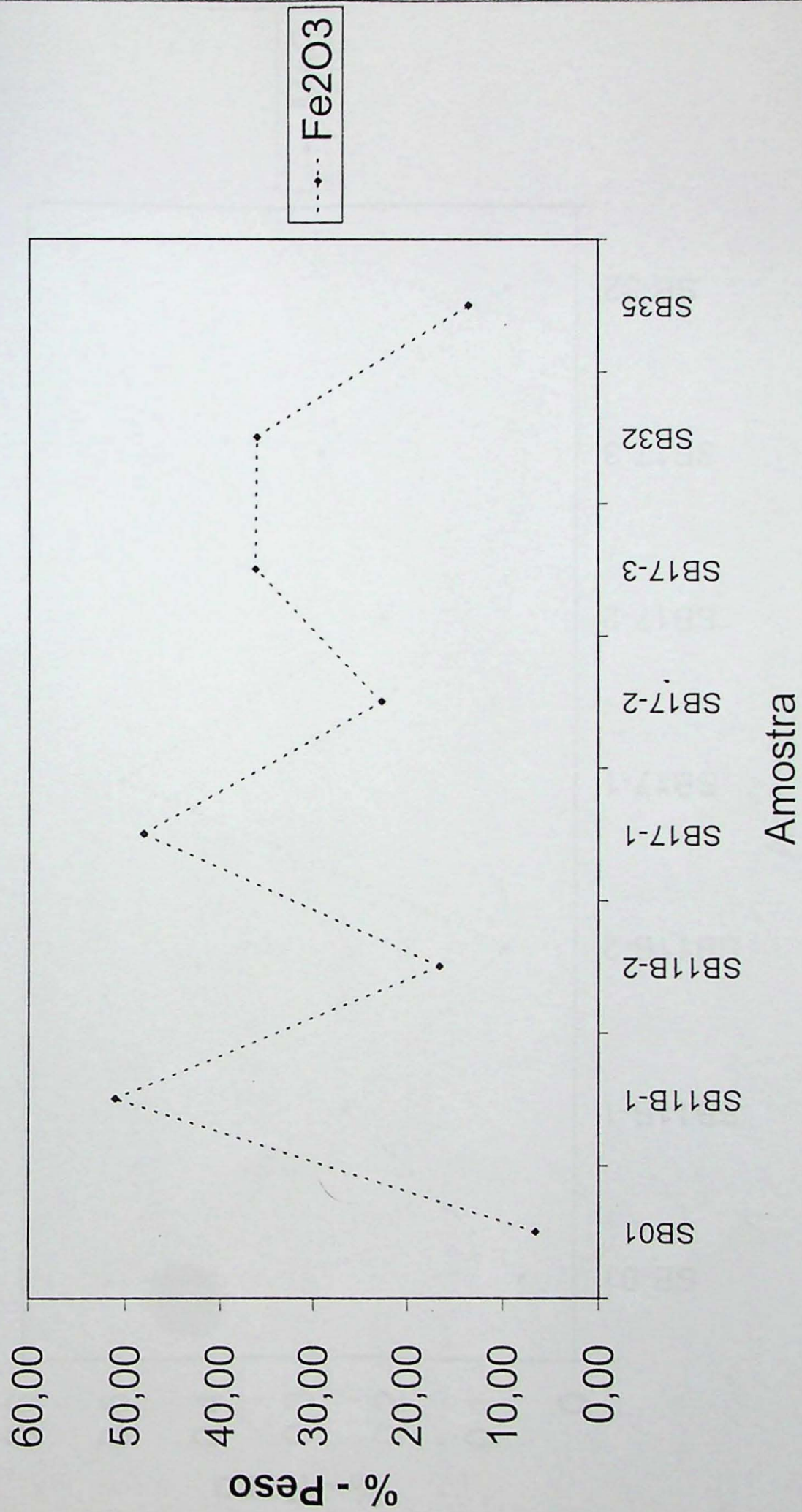
Anexo 5A - TiO_2



Anexo 5B - Al₂O₃



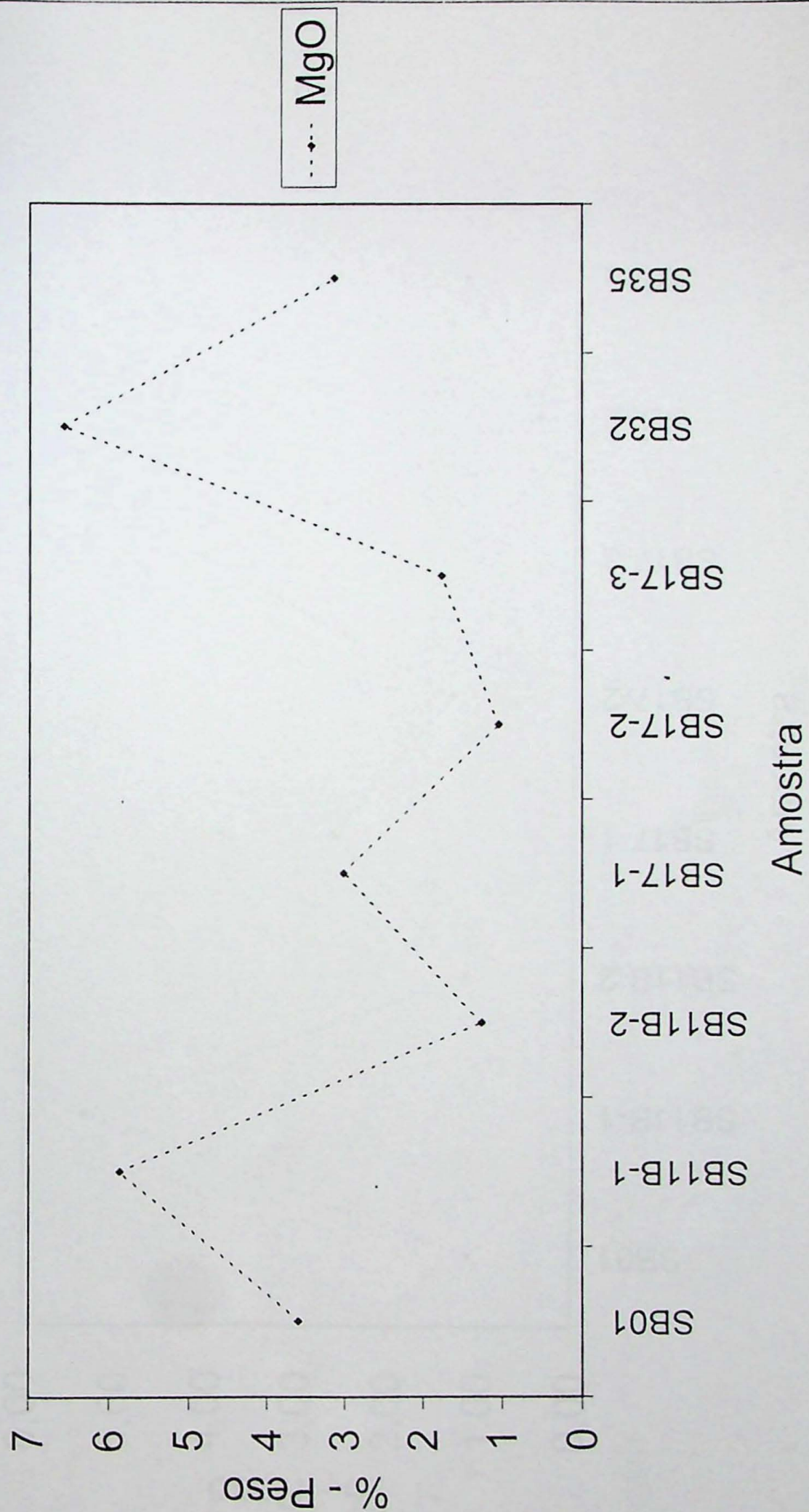
Anexo 5C - Fe₂O₃



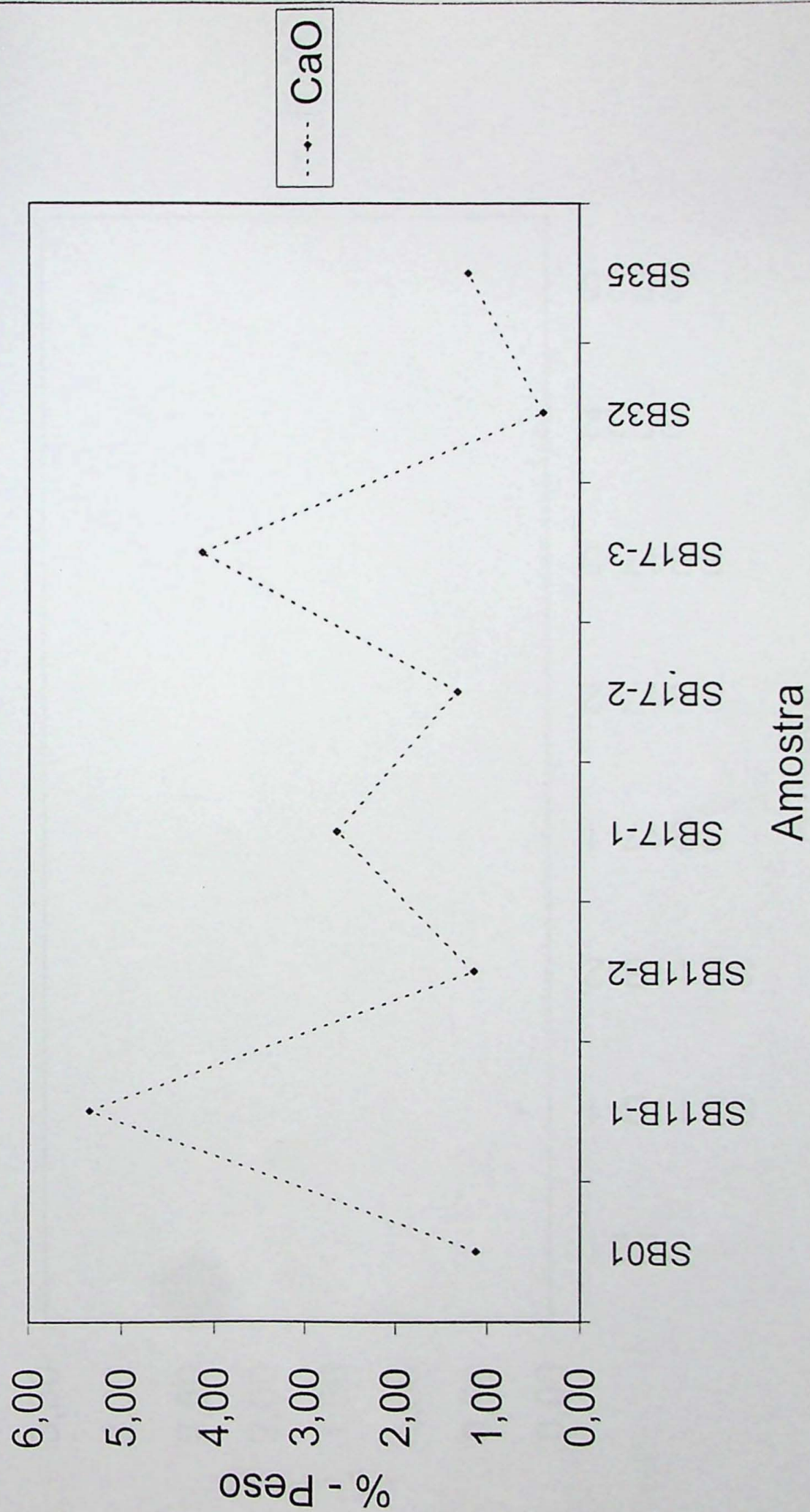
Anexo 5D - MnO



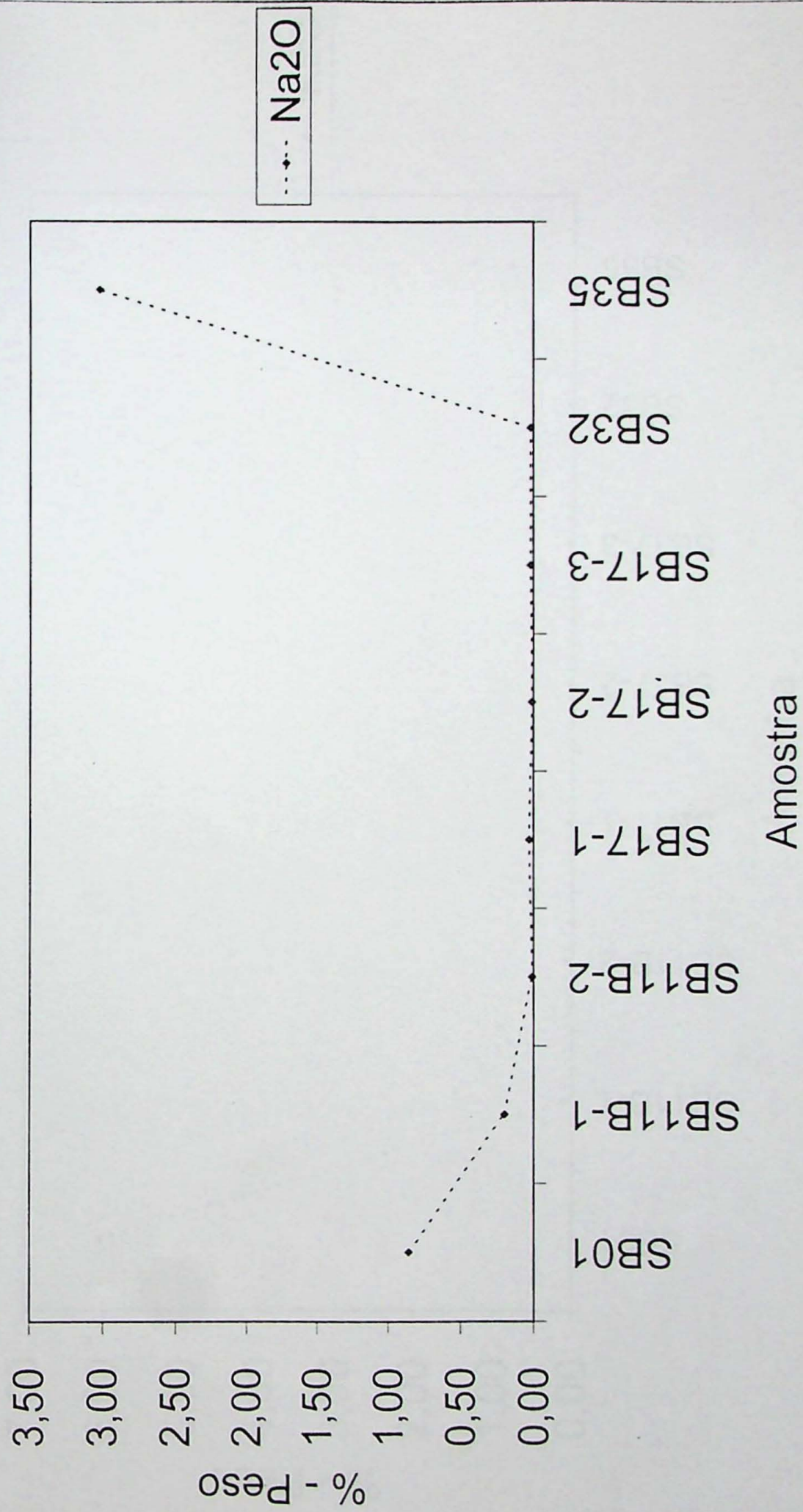
Anexo 5E - MgO



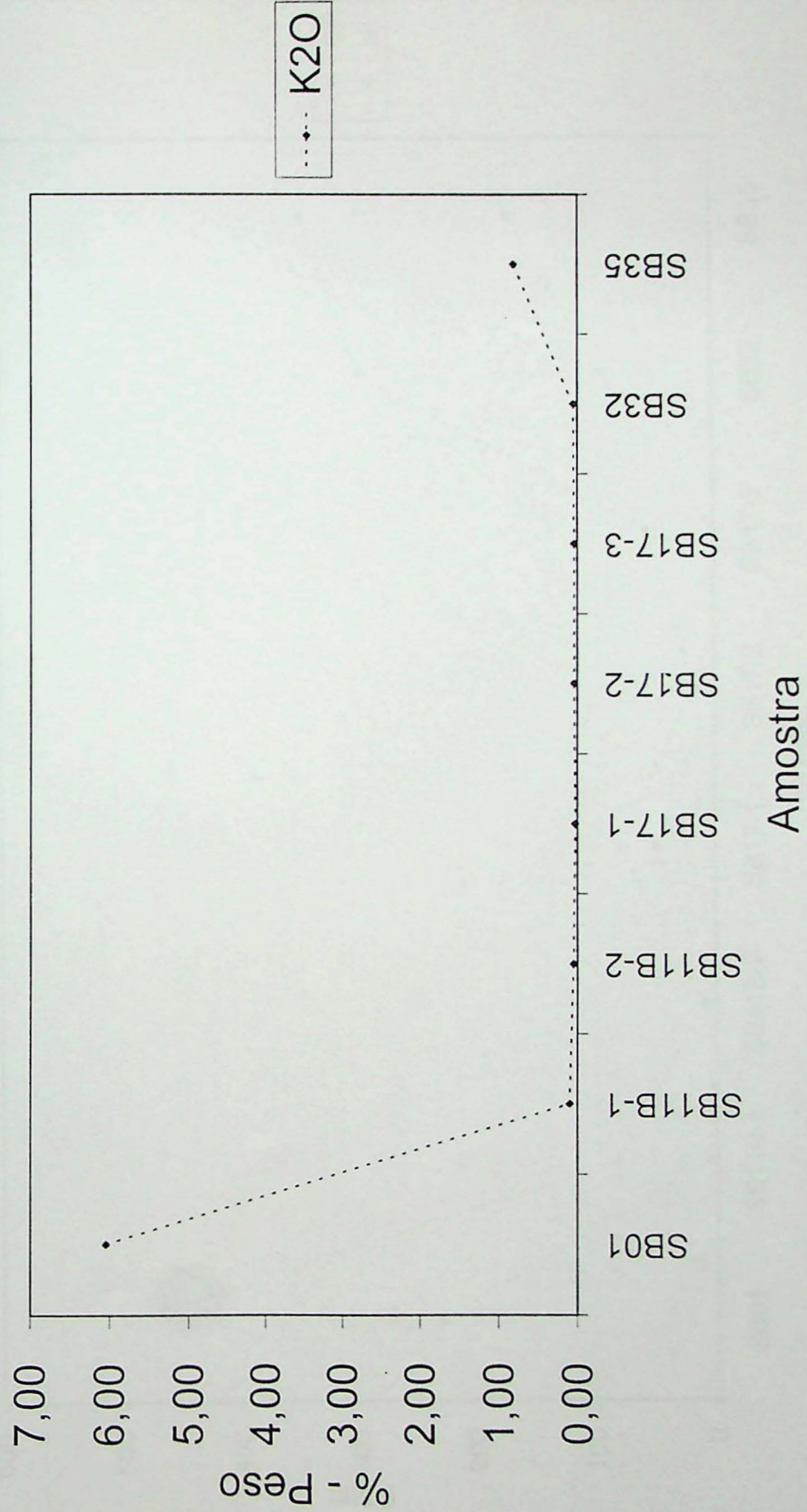
Anexo 5F - CaO



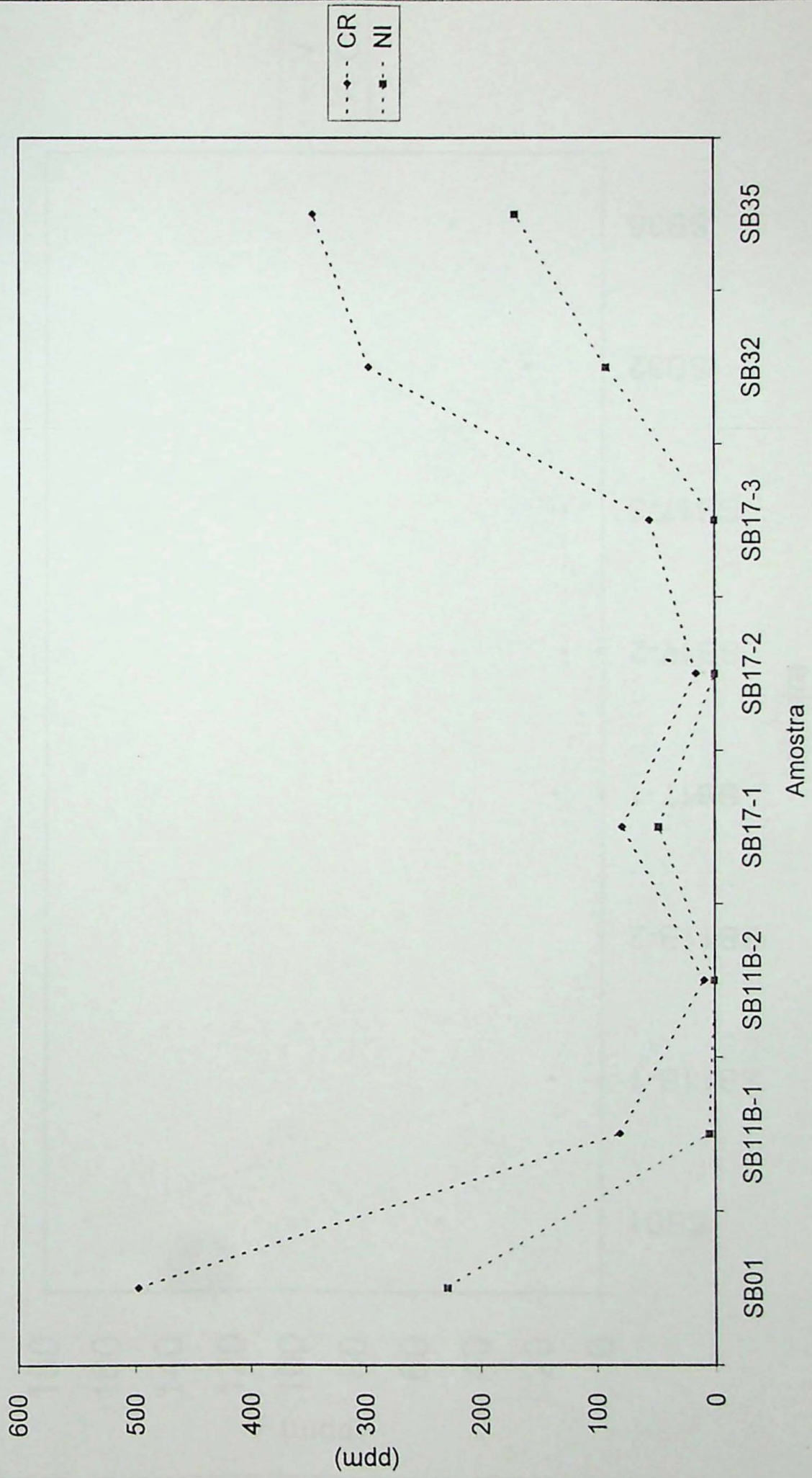
Anexo 5G - Na₂O



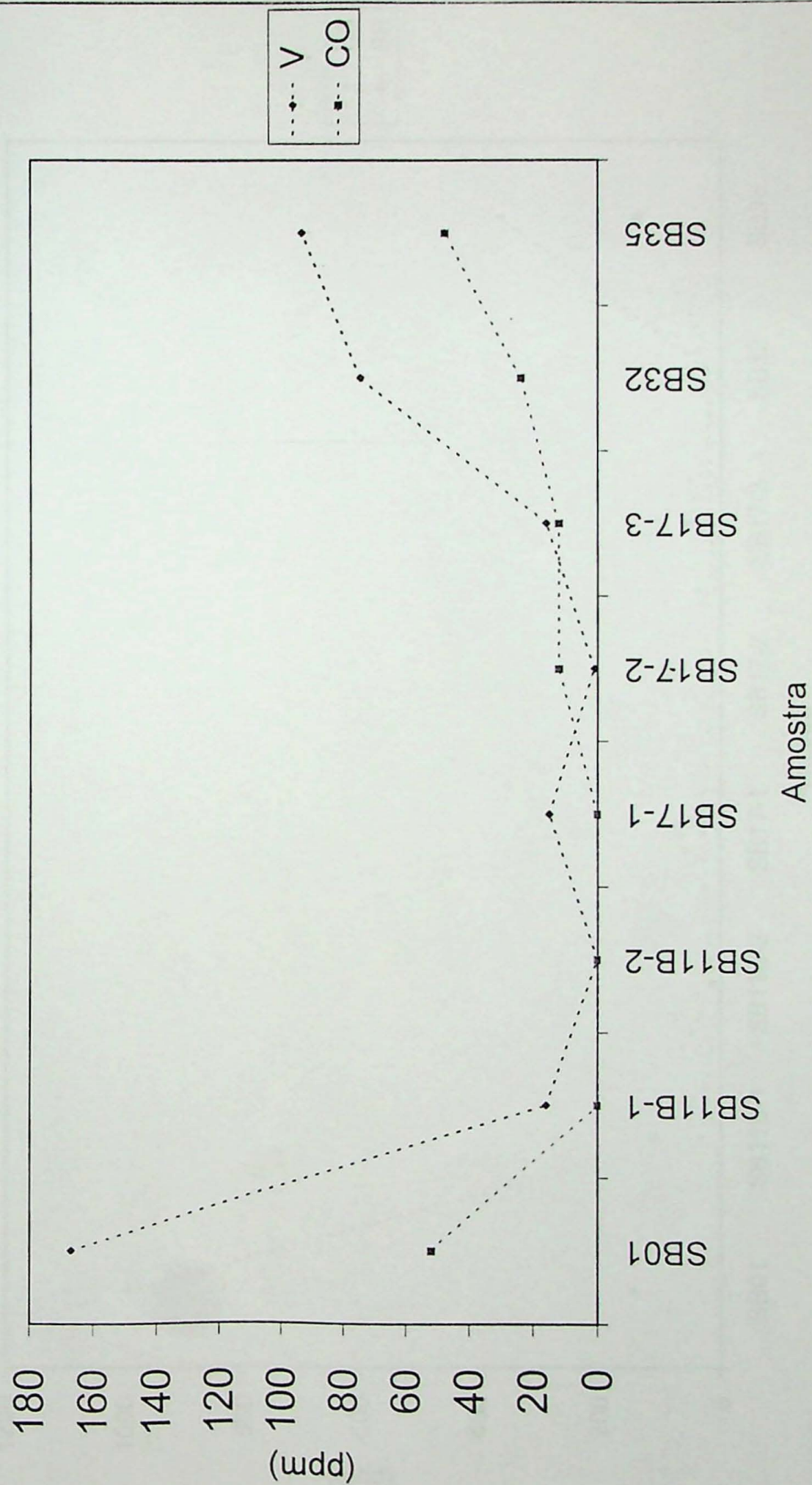
Anexo 5H - K2O



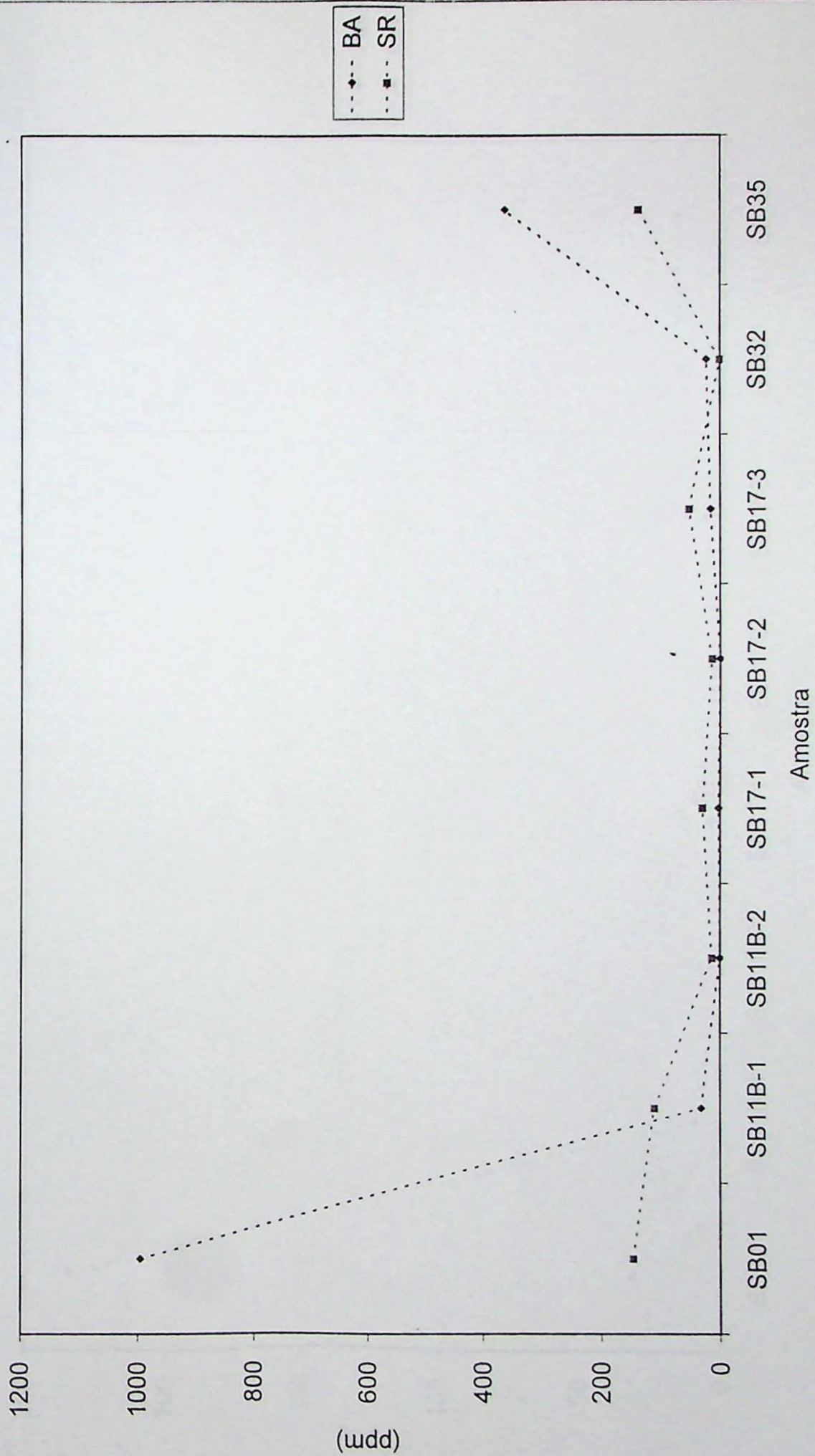
Anexo 5I - Cr Ni



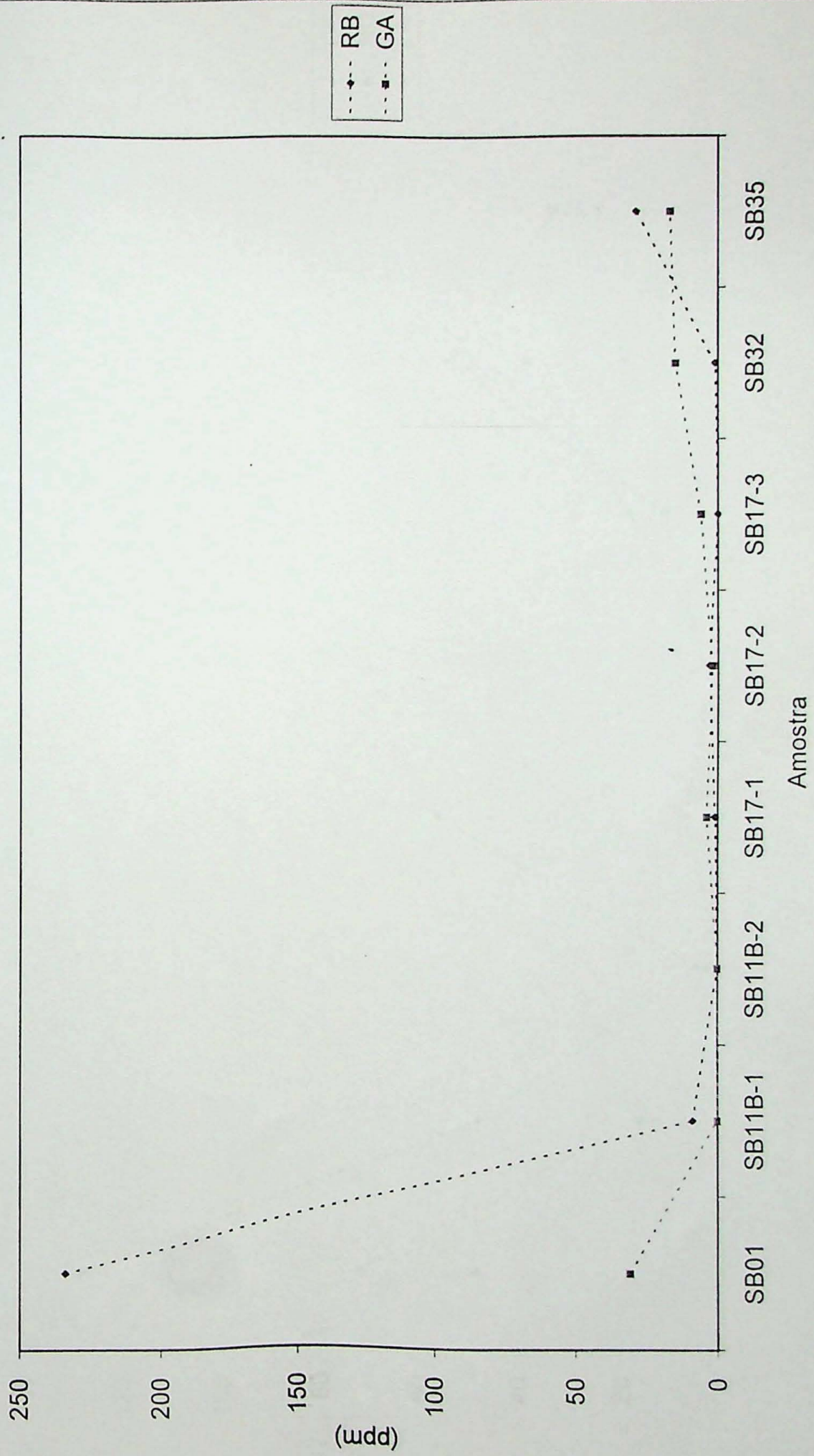
Anexo 5J - V Co



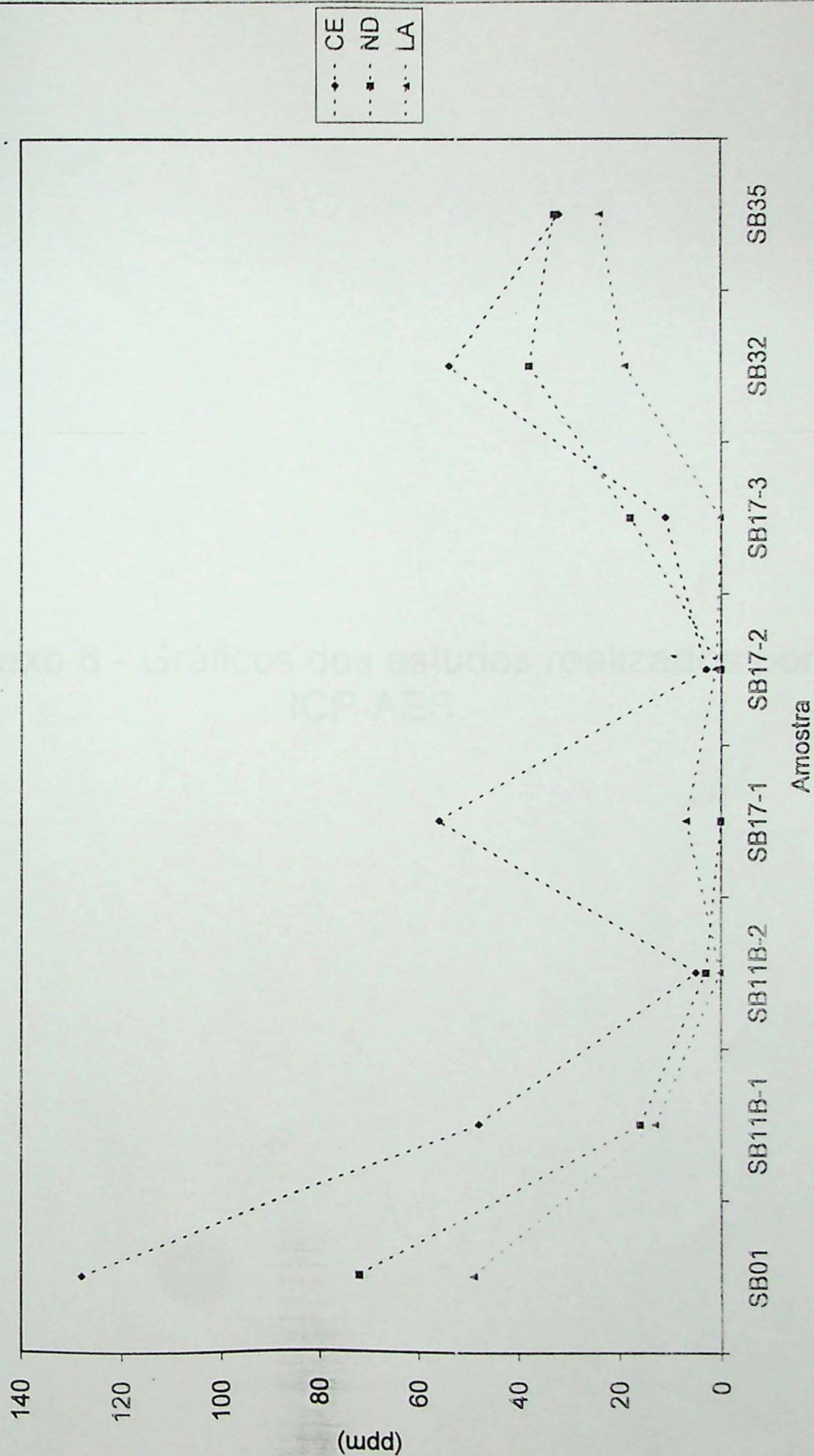
Anexo 5K - Ba Sr



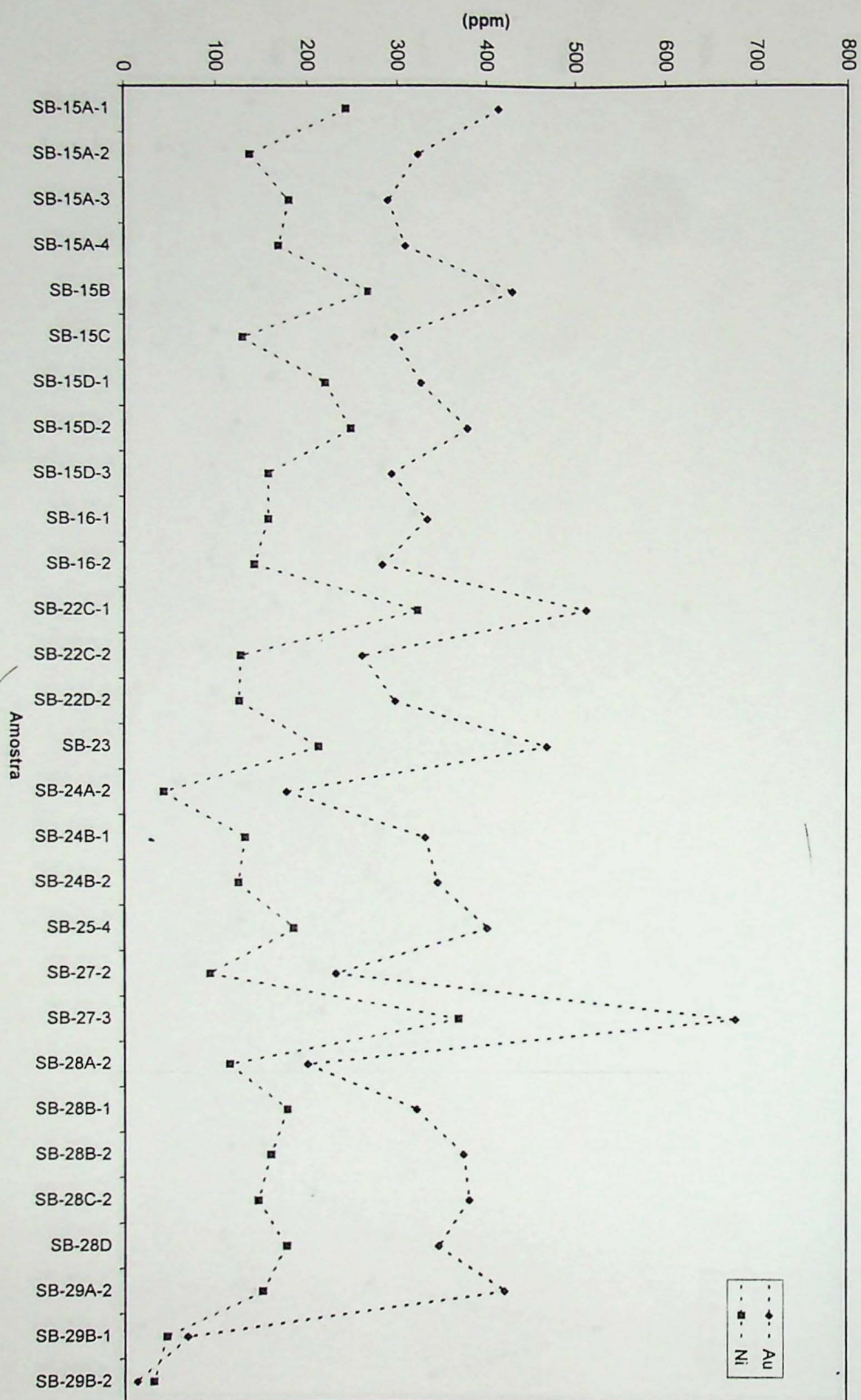
Anexo 5L - Rb Ga

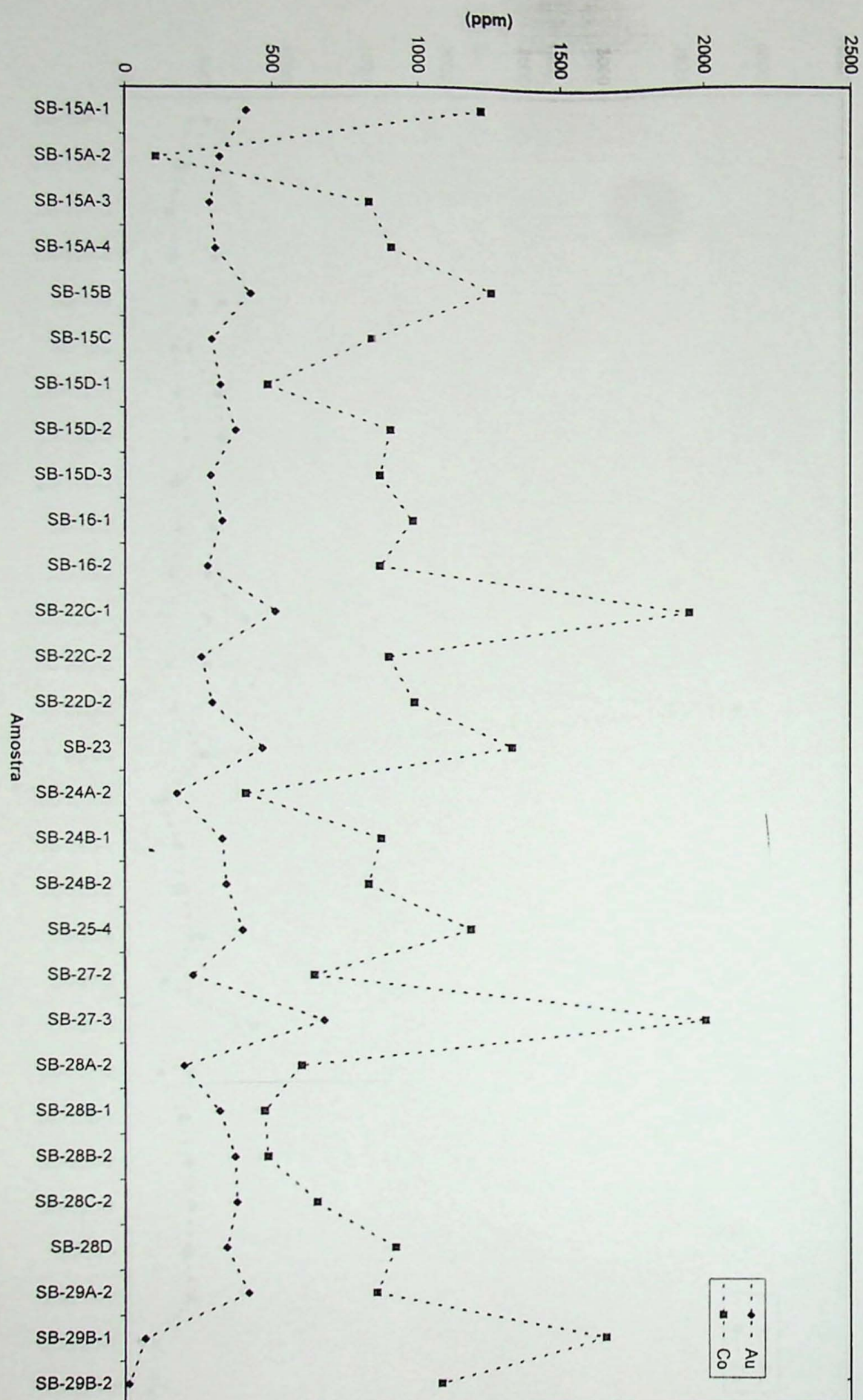


Anexo 5M - Ce Nd La



Anexo 6 - Gráficos dos estudos realizados por ICP-AES.





Anexo 6B - Au e Co

