



UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro
CCMN – Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza
Departamento de Geociências – Geologia
Trabalho Final de Graduação em Geologia – Estágio de Campo IV

Mineralização Aurífera da Mina Morro do Ouro Paracatu-MG

Aluno:Reginaldo Antonio Rugolo Filho

Orientador: Prof Fernando R.M. Pires (Depto. de Geologia/UFRJ)
Co-orientador: Marcelo Batelochi (Geólogo/Rio Paracatu Mineração S.A.)

Resumo

As mineralizações auríferas do Morro do Ouro, conhecidas desde o século 19, encaixadas em sericita xistos e filitos carbonosos da Formação Paracatu, pertencem a Faixa de Dobramento Brasília, Proterozóico Médio cavalgados sobre os metassedimentos pelíticos e carbonatados da faixa Vazante a leste.

Sericita-xistos prateados a castanhos escuros, largamente predominantes sobre quartzitos, contêm boudins de quartzo estirados perpendicularmente a direção da lineação mineral “downdip”, que sugere o sentido de movimento 080°, com caimentos suaves. A deformação nos boudins produziu formas oblatas. Arsenopirita, pirita, calcopirita e pirrotita associadas ao ouro definem a paragênese da etapa inicial da mineralização sulfetada, seguida por galena e esfalerita secundariamente.

Toda a mineralização ocorrida no Morro do Ouro, está intimamente relacionada a fluidos aquosos de natureza hidrotermal, ricos em As, Au e subordinadamente em Pb e Zn, que percolaram ao longo de estruturas favoráveis contidas nos sericita xistos e filitos, definindo assim uma região de 4 km de extensão por 2 km de largura, podendo chegar a até 150 metros de profundidade. Aparentemente o ouro, e sulfetos foram depositados em zonas tração de boudins, ao longo do contato entre boudins e sericita xisto e em microfissuras e microporos nos próprios boudins. As rochas são mais deformadas e mais sulfetadas ao longo da zona de boudins de quartzo onde são maiores os teores de ouro.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, em seguida a todos os meus familiares por terem me dado incentivo a seguir no curso. Sou grato também a todos os funcionarios da UFRJ, como sr Libânio (motorista) e Tarcício Abreu (laminador) e também a todos da Rio Paracatu Mineração pela atenção dada aos dois anos consecutivos que tive a oportunidade de estagiar nos períodos de férias, principalmente ao Geólogo Marcelo Batelochi, e a toda a equipe de geologia; para finalizar agradeço a todos os companheiros de turma que proporcionaram ao longo de 5 anos muitos momentos inesquecíveis e aos professores Fernando R. M. Pires pela orientação deste trabalho , Claudio Margueron, Claudio Gerheim Porto, Henrique Dayan, João Batista Filho, Claudio Limeira Mello, Joel Santana pela atenção e didática aplicada.

Índice

1. Introdução.....	5
2. Objetivo.....	5
3. Metodologia	5
4. Histórico.....	6
5. Localização.....	7
6. Mineração	8
7. geomorfologia	11
8. Geologia Regional.....	12
9. Geologia da Mina	15
10. Análise Estrutural (Trabalhos anteriores)	21
DEFORMAÇÃO PRINCIPAL – D1	24
11. ANÁLISE ESTRUTURAL PROPOSTA.....	24
12. Análise Petrográfica.....	38
Amostra 1 (Banco 20N 14E 780m – Dominio 2).....	39
Amostra 2 (Banco 4N 06E 700m-Dominio 1).....	40
13. Mineralogia do Minério.....	42
14. Conclusões	56
15. Bibliografia.....	57

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho representa o resultado de trabalhos de campo e laboratórios , realizados sobre o depósito aurífero do Morro do Ouro, Paracatu, MG.

Os métodos de análise de dados geológicos, principalmente aqueles relativos a depósitos de ouro, vem sendo gradualmente aperfeiçoados com o objetivo de melhorar a caracterização dos depósitos, tornando mais preciosos a exploração e a avaliação destes recursos.

A indústria do ouro tem sido fortemente suportada por pesquisas nas áreas de mineração e na extração metalúrgica desse metal, em vários países. Fatores como minérios de baixos teores, mineração em minas subterrâneas cada vez mais profundas e preço relativamente estável do metal, demandaram cada vez mais pesquisas para resultar em custos operacionais mais baixos, melhor recuperação e maior lucratividade do depósito, principalmente para depósitos de baixo teor como é o caso do depósito aurífero do Morro do Ouro.

2. OBJETIVO

O presente trabalho refere-se á disciplina de Estágio de Campo IV – A (Geologia Econômica) abordando preferencialmente controle estrutural, mineralogia e paragênese referentes a mineralização aurífera na região do Morro do Ouro.

O trabalho tem como objetivo principal o entendimento da mineralização e sua evolução, levando em consideração aspectos estruturais como: foliação principal, eixo de dobras, padrão de distribuição de kink bands, distribuição dos planos de fraturas, distribuição espacial dos boudins em toda a mina. A morfologia dos boudins, variedade de sulfetos presentes nas frentes de lavra, nos próprios boudins, medidas de direção de lineação mineral e eixo de maior elongação dos boudins e sua participação na mineralização representam o trabalho auxiliar para se atingir os objetivos. Análises petrográficas auxiliaram o estudo do depósito.

3. METODOLOGIA

O trabalho teve como partida duas etapas de campo que consistiram na elaboração de perfis de frente de lavra, além da medição de 124 boudins em pontos bem

distintos em toda a área da mina, sendo: E (eixo de maior elongação), *e* (eixo de menor elongação) e H (altura) estes representativos da nomenclatura adotada para as medições.

Mapeamento regional, foi realizado no intuito de situar a geologia da mina no contexto geral.

Um mapeamento detalhado das frentes de lavra além do estudo dos boudins, foi completado pela observação das concentrações sulfetadas e determinação dos elementos estruturais, juntamente com abundante amostragem.

Uma segunda etapa foi destinada a análise petrográfica que consistiu em preparar lâminas delgadas e estudar em microscópio petrográfico em luz refletida e transmitida. Foram também confeccionados estereogramas mostrando a distribuição preferencial dos planos de fratura e kink bands, além de mostrar também o padrão de distribuição da foliação e da lineação mineral.

4. HISTÓRICO

A extração mineral sempre foi atividade importante no município de Paracatu e teve sua origem determinada historicamente pela mineração do ouro, no século XVIII.

Até meados da década de 70, contudo, a atividade encontrava-se estagnada no município. O censo de 1980 mostra, um início de dinamização com a extração de minerais ocupando lugar de destaque no setor industrial, ou seja, sete estabelecimentos com 52 empregados.

Em meados da década de 80, a instalação de dois grandes projetos colocou o município entre os mais importantes do Estado na atividade mineradora. O primeiro deles foi implantado pela Mineração Morro Agudo S.A do grupo Votorantim. Essa empresa visava a exploração de uma jazida de zinco e chumbo sulfetados a 40 km da cidade. A reserva existente tem vida útil de 20 anos.

O segundo projeto no local denominado Morro do Ouro, foi implantado pela RTZ Mineração Ltda e a AUTRAM Mineração e Participações S.A., e em dezembro de 1987 iniciou as suas operações. O Morro do Ouro estava praticamente sem atividade mineradora, em razão da impossibilidade técnica e econômica de aproveitamento do minério considerado de baixo teor.

As pesquisas geológicas desenvolvidas no Morro do Ouro, tiveram início em 1980 e duraram cinco anos, as quais definiram uma jazida com reservas consideráveis com teor de 0,6 g/t de ouro. Em 1985 iniciaram-se os procedimentos para implantação

do empreendimento, sendo que, em maio daquele ano, apresentou-se o Relatório de Impacto Ambiental e outros documentos à COPAM-Comissão de Política Ambiental, para requerimento da licença e instalação. Dentro desse contexto, a RPM assumiu, desde os seus primeiros momentos, a posição de respeito e proteção dos bens da natureza a serem explorados e para o meio ambiente circunvizinho.

Hoje, a produção de ouro da RPM é de 5 toneladas/ano, correspondendo a 15 quilos/dia e 450 quilos/mês. Gerando 1000 empregos diretos, a RPM emprega a mais moderna tecnologia e os mais altos padrões de segurança e proteção ao meio ambiente, resultando em grande importância junto aos grupos mineradores do mundo inteiro e aos organismos nacionais e internacionais, sendo reconhecida pela excelência em segurança no trabalho e preservação ambiental. São fatores complementares que fazem da RPM um modelo e lançam Paracatu no cenário mundial da mineração.

5. LOCALIZAÇÃO

O depósito aurífero da mina Morro do Ouro localiza-se a menos de 2 km da cidade de Paracatu (figura 1), município com cerca de 75 mil habitantes, situado na região noroeste do Estado de Minas Gerais, distando aproximadamente 230 quilômetros de Brasília.

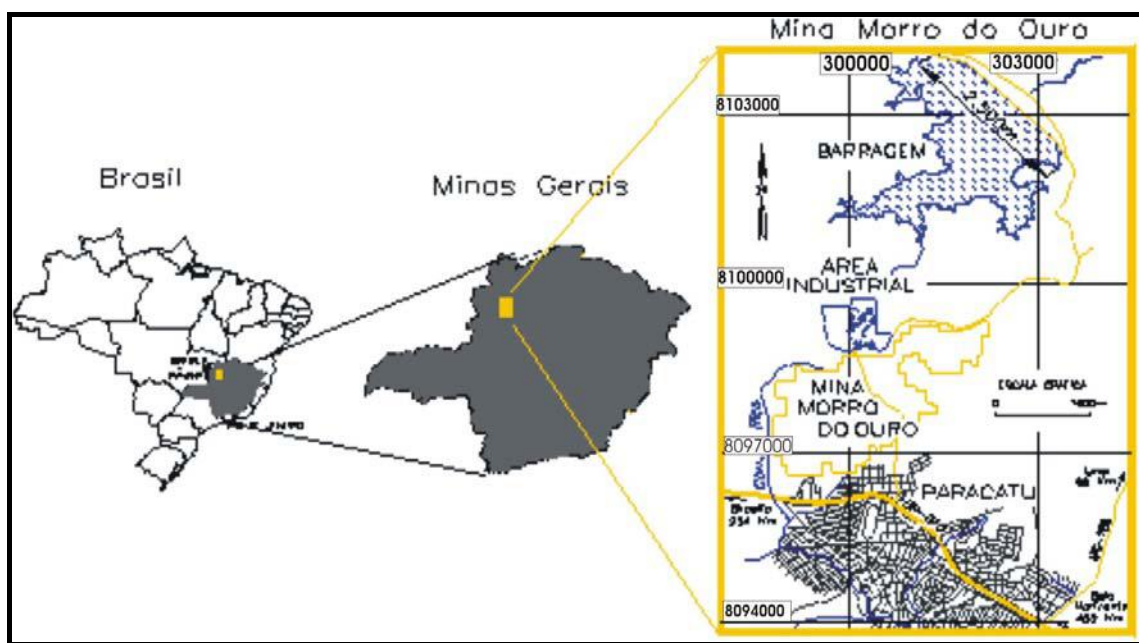


Figura 1 – Localização da Mina do Morro do Ouro

6. MINERAÇÃO

A mina de Morro do Ouro é a céu aberto, sem remoção de estéril. Na operação de lavra são utilizados equipamentos de grande porte como: dez caminhões fora de estrada Caterpillar modelo CAT 777 com capacidade de 100t, cinco tratores de esteira e três pás-carregadeiras, além de 2 motoniveladoras. A extração do minério é efetuada sem utilização de explosivos. A lavra processa-se ao ritmo de 2.400 t/h, em três turnos de oito horas ao longo dos 365 dias por ano, o que representa uma alimentação mensal de 16 milhões de toneladas. A unidade de lavra é representada por blocos de 50 x 50 x 8m, estabelecidos em função da homogeneidade do minério.

Por não existir uma pilha de homogeneização, a blendagem é feita diretamente na mina, com lavra simultânea em dois blocos, um com minério sulfetado e o outro com minério oxidado (foto 1).

Por medida de segurança, em caso de chuvas, os caminhões fora de estrada não tem acesso a mina, e para o cumprimento de metas de produção é mantido um estoque de cerca de 500 mil toneladas de minério próximo a planta de britagem.



Foto 1 – Operação da lavra, com os caminhões fora de estrada, carregadeiras e os tratores de esteira. Nesse processo é controlada a quantidade de caminhões que chegam a britagem com o minério sulfetado e o oxidado (menor teor), a fim de obter a blendagem, ideal.

Da mina, o minério é conduzido até a usina de beneficiamento. A primeira etapa é a britagem, realizada num circuito aberto de três linhas paralelas, alimentadas a uma razão de 800t/h (Foto 2). Todo o circuito de britagem é realizado a seco e a água passa a ser alimentada na moagem. Da britagem o minério segue para quatro linhas de moagem, classificação em hidrociclones e flotação onde os sulfetos e ouro são concentrados.



Foto 2 – Caminhão Catterpillar modelo CAT 777 com capacidade de 100t, despejando minério na usina de beneficiamento, passando pela primeira etapa de britagem.

O minério concentrado da usina, com teor de 25 g/t de ouro, é enviado para a hidrometalurgia onde sofre um processo de remoagem e gravimetria. O concentrado é espessado e enviado às etapas de lixiviação e precipitação em “carbon cells”, eluição (onde o ouro é retirado do carvão) e eletrodeposição.

O produto final destas etapas é calcinado e fundido. O bullion (barra) produzido neste processo é composto por 70 a 75% de ouro e 25% a 30% de prata, com mínimas impurezas de cobre e ferro. O rejeito é depositado numa barragem ao norte da mineração (Foto 3).

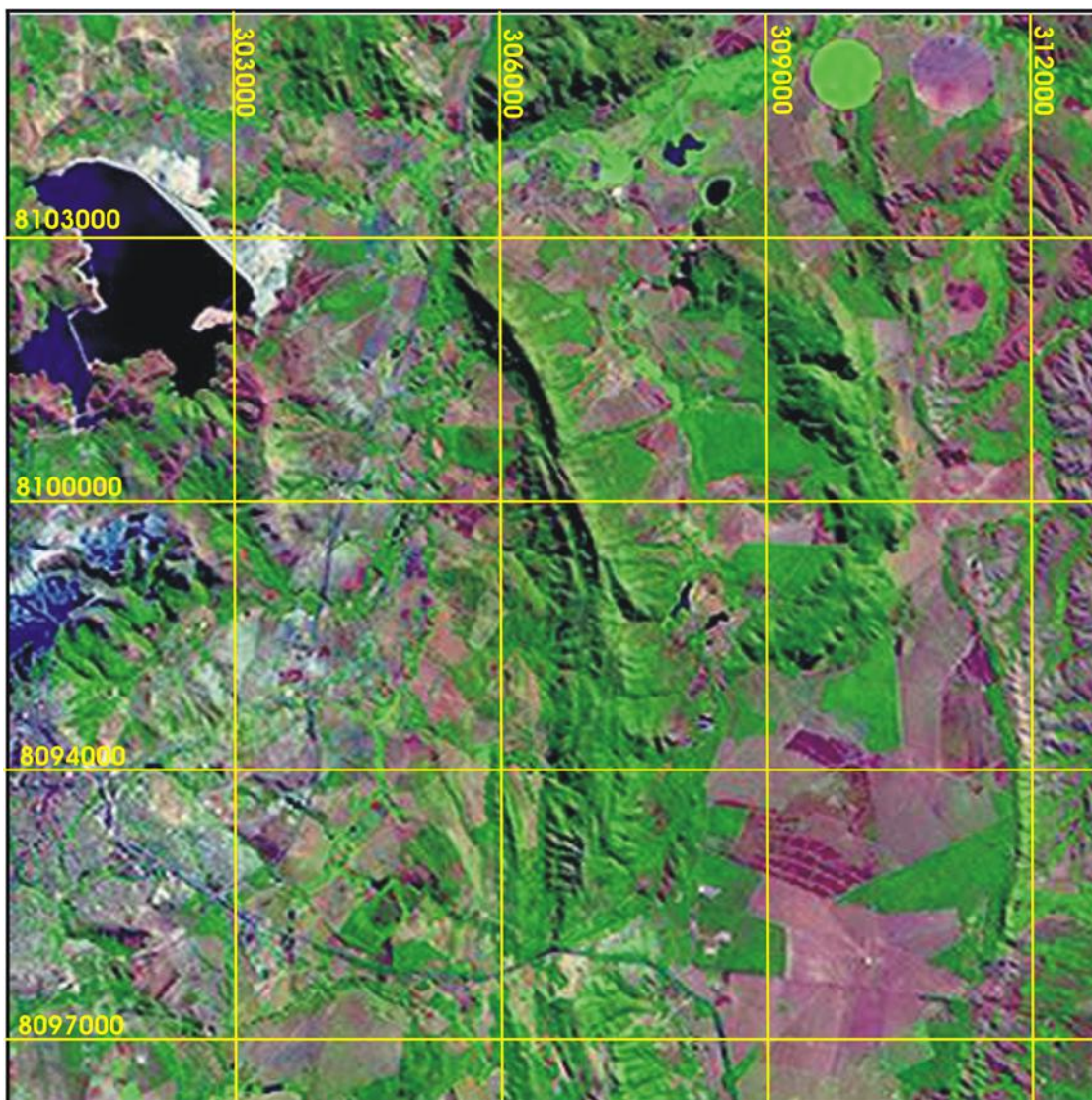


Foto 3-(fonte IBGE) imagem de satélite mostrando a dimensão da barragem de rejeito da Rio Paracatu Mineração RPM, mina e Cidade de Paracatu (canto inferior esquerdo).

O processo de refino do ouro é executado por terceiros. A produção anual da RPM é de cerca de 6,7 toneladas de ouro por ano e 1,3 toneladas de prata. Para isso, é necessário o processamento de 19,3 milhões toneladas de minério ano, com teor médio de 0,43 grama de ouro por tonelada.

7. GEOMORFOLOGIA

Morro do Ouro se constitui num alto topográfico proeminente na região de Paracatu, em meio a terrenos parcialmente erodidos e aplainados. Representa um claro remanescente do front de erosão que, progressivamente, se estende de leste para oeste nesta região de Minas Gerais. A escarpa que bordeja os platôs a oeste de Paracatu se constitui num anteparo a este front, estando a sofrer paulatina regressão para oeste (Moller, 2001).

Ao contrário do que se poderia pensar, a maior resistência a erosão de Morro do Ouro é função além do fato das rochas mineralizadas serem mais silicificadas, com maior porcentagem de boudins de quartzo, mas também em função do pacote quartzítico que aflora em sua encosta oriental e, principalmente, na porção mais alta do morro.

O pacote mineralizado por si só é de baixa resistência a erosão; permanece onde está, parcialmente erodido, porque se encontra na porção oeste do morro, protegido da erosão (que se propaga de leste e sudeste para oeste e noroeste), pelas camadas quartzíticas.

A porção sudeste do corpo mineralizado já deve ter sido quase que totalmente erodida. Desta região deve ter sido proveniente o ouro dos aluviões, bem como o ouro encontrado nos extensos terraços aluvionares lateritizados observados a cerca de 5 quilômetros a SSE de Paracatu.

A atuação dos processos intempéricos no pacote mineralizado de Morro do Ouro provocou a oxidação da parte superior do pacote, além da formação de carapaças lateríticas locais (Moller, 2001). Os processos intempéricos e de redução de volume da porção superficial do depósito, levaram ao desenvolvimento de um manto de rochas alteradas que recobre e extrapola os limites do corpo sulfetado primário. Ou seja este manto oxidado, de baixo teor, recobre também a rocha primária não mineralizada (encaixante), configurando o depósito a forma de um cogumelo, cujo talo é representado pelo corpo sulfetado. A aba do chapéu deste cogumelo tem maior desenvolvimento para NNW, pois a SSE já foi quase que totalmente erodida, conforme mencionado acima.

8. GEOLOGIA REGIONAL

O pacote de sericita xisto que hospeda a mineralização aurífera de Morro do Ouro é considerado como pertencente à base da Formação Paracatu (Moller, 2001) de idade Proterozóico Superior. Estes sericita xistos afloram ao longo de uma extensa faixa orientada NS; a cidade de Paracatu situa-se aproximadamente no compartimento central desta faixa.

Do ponto de vista geotectônico, Morro do Ouro localiza-se na porção oriental da chamada Faixa de Dobramentos Brasília (Moller, 2001).

A Faixa Brasília, disposta ao longo da borda oeste do Cráton do São Francisco, é constituída por metassedimentos clásticos, predominantemente pelíticos, de baixo grau metamórfico. Na porção leste da Faixa Brasília existe espessa sequência de dolomitos da Formação Vazante, ao longo desta Faixa as rochas mostram claros sinais de transporte tectônico de WSW para ENE, com desenvolvimento de extensas faixas de empurrão. O contato entre as Formações Paracatu e Vazante é de natureza tectônica, embora difícil de observar no campo. Entretanto a descontinuidade morfológica auxilia no seu delineamento. O grau metamórfico aumenta de leste para oeste. O dobramento, metamorfismo e estilo tectônico desta espessa sequência sedimentar é creditado ao ciclo Brasileiro, ocorrido entre 600 e 800 milhões de anos. A Faixa Brasília com cerca de 800 quilômetros de extensão segundo N-S, tem cerca de 200 quilômetros de largura.

O transporte tectônico, de baixo ângulo, provocou o imbricamento de pacotes de rochas, tornando bastante difícil o estabelecimento da estratigrafia interna da Faixa Brasília. Os vários trabalhos publicados sobre a estratigrafia desta faixa tem contribuído no estabelecimento de unidades estratigráficas com diversas denominações. Litologicamente muitas destas unidades são muito similares, senão idênticas, como é o caso das Formações Paracatu e Paranoá, onde estão localizados os depósitos e ocorrências auríferas de Morro do Ouro, Cabeça Seca e Luziânia.

Esses depósitos definem um alinhamento de direção NW-SE, que coincide com um lineamento gravimétrico assinalado no Mapa Metalogenético do Brasil (DNPM 1970).

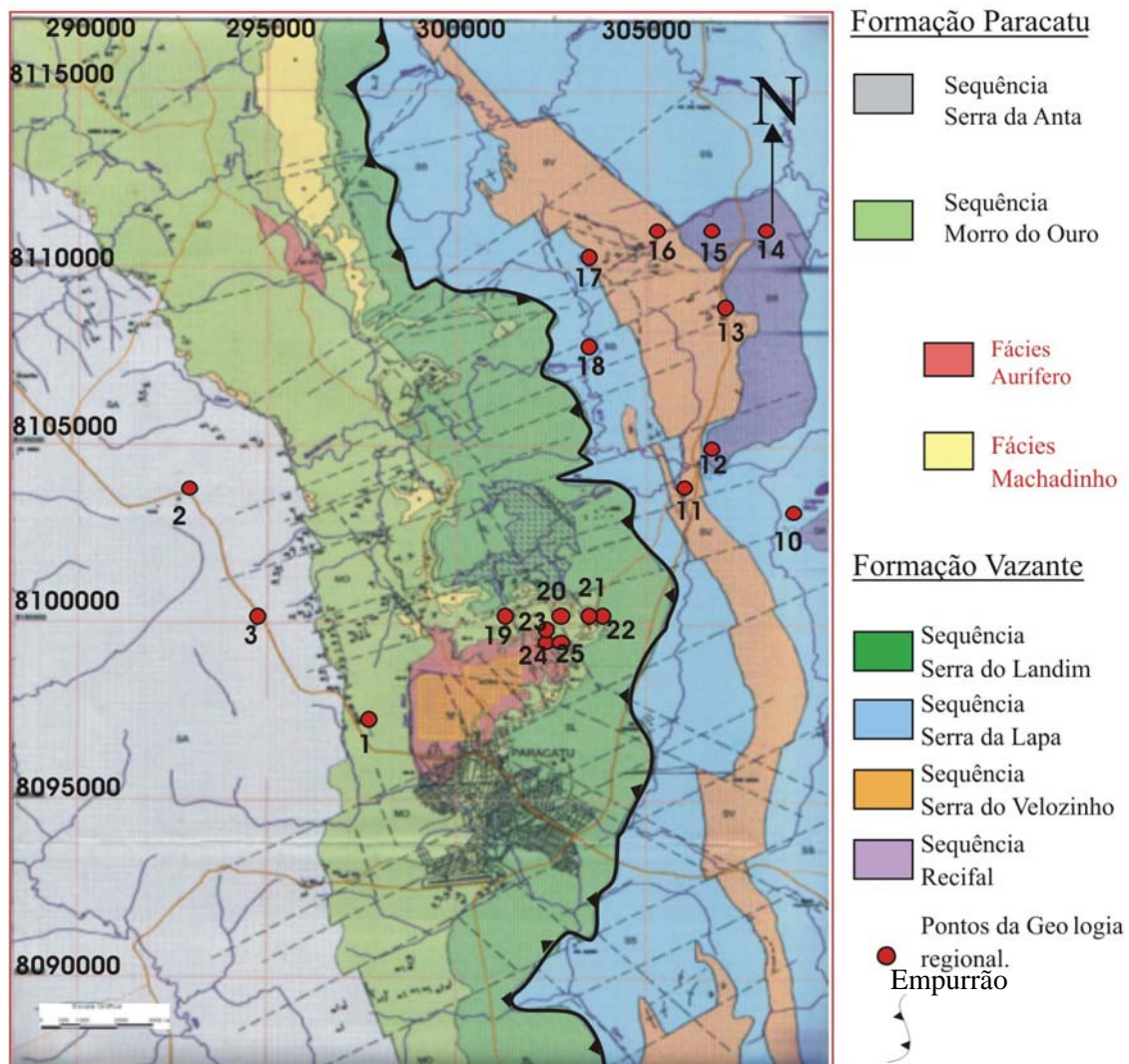
Ao longo deste lineamento são observadas, localmente, feições indicativas de maior deformação, as vezes mostrando o desenvolvimento de boudins de quartzo, com valores anômalos em ouro (Moller, 2001). Estes fatos conduziram a pesquisa regional realizada pela RPM entre 1994 e 1996, na tentativa de localizar novos depósitos de ouro

nas imediações de Paracatu, principalmente aqueles que poderiam se encontrar no topo da carapaça laterítica que recobrem os extensos platôs que caracterizam a geomorfologia desta região. Embora tenham sido encontradas algumas anomalias, a pesquisa não teve sucesso. Os resultados desta pesquisa encontram-se documentados em três relatórios referentes a 'Pesquisa de Ouro na Faixa Brasília'.

Os sericita xistos se constituem na rocha predominante na região de Paracatu. São rochas com foliação e laminação plano-paralela desenvolvida, de direção geral N-S e mergulho para W, via de regra em ângulos inferiores a 25°. No perfil intempérico os filitos tem cores claras a avermelhadas e quando frescos tem cor invariavelmente cinza escura, sendo constituídos por quartzo, sericita, muscovita, clorita, carbonatos e material carbonoso, sempre extremamente fino. A presença de pirita é comumente notada nestas rochas.

No mapa da geologia regional (Mapa 1), observou-se que a sequência Vazante recifal é composta por dolomitos, tendo como unidade subjacente a Serra do Velozinho composta por meta argilitos sílticos com rara matéria orgânica associada a níveis quartzíticos progredindo ritmicamente para ardósias negras. A sequência Serra da Lapa, composta por ardósia e matassiltitos laminados, e a sequência Serra do Landim com calcofilitos e/ou calcoxistos completam a Formação Vazante. A Formação Paracatu contem a sequência Morro do Ouro, subdividida em Facies aurífera com sericita-xistos, com boudins de quartzo e sulfetos, e a Facies Machadinho com ardósia carbonosa laminada. A sequência Serra da Anta composta por metassiltitos e quartzitos intercalados com filitos carbonosos formam o topo da Formação Paracatu.

Foram realizados dois dias de mapeamento regional, onde foi possível observar as características distintas das unidades contendo os sericita xistos pertencentes a Sequência Morro do Ouro apresentam-se menos deformados e com uma menor presença de boudins de quartzo, além de serem alterados e com presença de bandas caoliníticas. A concentração de sulfetos é bem menor e a foliação é marcada com uma variação de 20°-70°/20°.



Mapa 1 – Mapa de caminamento regional, mostrando os pontos estudados. (Modificado de Forlin, R. & Andreaza, P.; Projeto Morro do Ouro, 1984; RTZ Mineração LTDA).

9. GEOLOGIA DA MINA

A coluna estratigráfica de Morro do Ouro, foi idealizada em A-C-T-B1-B2 (do topo para a base) e refere-se essencialmente ao perfil intempérico da faixa mineralizada (Figura 2). O minério pode ser classificado como sendo de “calha” (zona de maior deformação e com maior concentração de boudins de quartzo) e “fora de calha” (zona menos deformada onde a concentração de boudins de quartzo é bem menor).

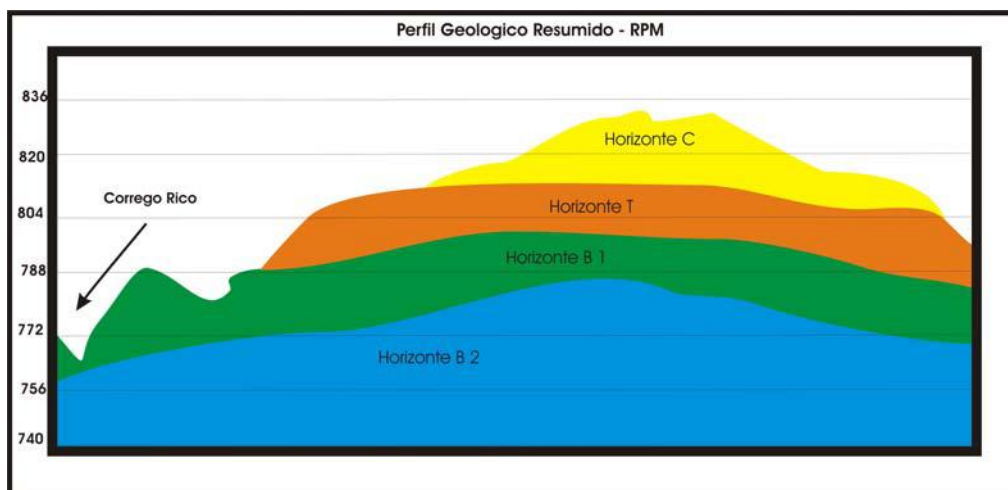


Figura 2- Coluna estratigráfica definida pela RPM, referentes as características da zona oxidada C, T e B1 e sulfetada B2.

A rocha A, não mineralizada, antes interpretada como unidade basal, é hoje entendida como a rocha encaixante da mineralização, ou seja, se constitui na rocha que foi afetada pelos processos hidrotermais. Esta rocha pode estar tanto abaixo, como acima, como intercalada e também lateralmente ao corpo mineralizado. Em resumo, a rocha A se constitui no envelope da mineralização.

Os horizontes C, T e B-1 constituem a porção oxidada do corpo mineralizado, ao passo que a Unidade B-2 representa a parte primária, sulfetada, de muito maior dureza. A espessura do perfil intempérico é variável, sendo função da topografia, da intensidade da sulfetação original e da tectônica rúptil. O manto oxidado pode atingir pouco mais de 40 metros de espessura em algumas zonas do morro, principalmente na porção ocidental.

O horizonte C se refere a rocha profundamente alterada, de cores castanho-amareladas, totalmente oxidada, localmente laterizada em grau variável, que se estende da superfície a até 20 metros de profundidade, dependendo da posição topográfica;

apresenta também intercalações de quartzito (Foto 4). O horizonte B-1 se refere a rocha menos decomposta, um pouco mais dura, de cor escura a negra (cor original), com sulfetos quase totalmente oxidados (embora frescos no interior dos boudins). Este horizonte pode representar de 20 a 30 metros de espessura. O horizonte T constitui a transição do C para o B-1, com cores variegadas; tem espessura de poucos metros.

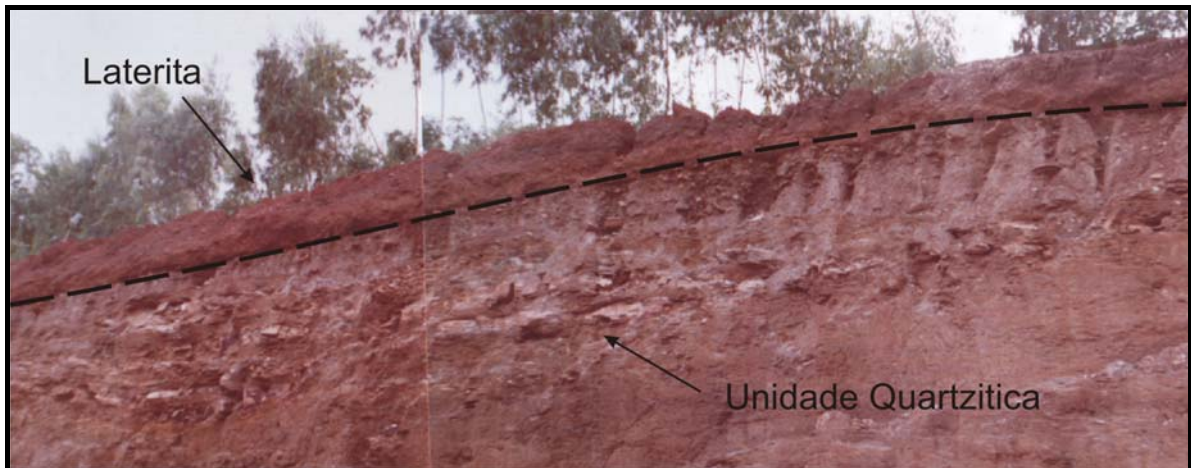


Foto 4- Estrada de acesso a mina; Unidade quartzítica intercalada com filito, ao topo uma camada laterítica.

Os sericita xistos da Formação Paracatu (Sequência Morro do Ouro) mostram-se mais deformados na mina Morro do Ouro e proximidades, sendo comum a presença de boudins de quartzo com sulfetos (Foto 5).

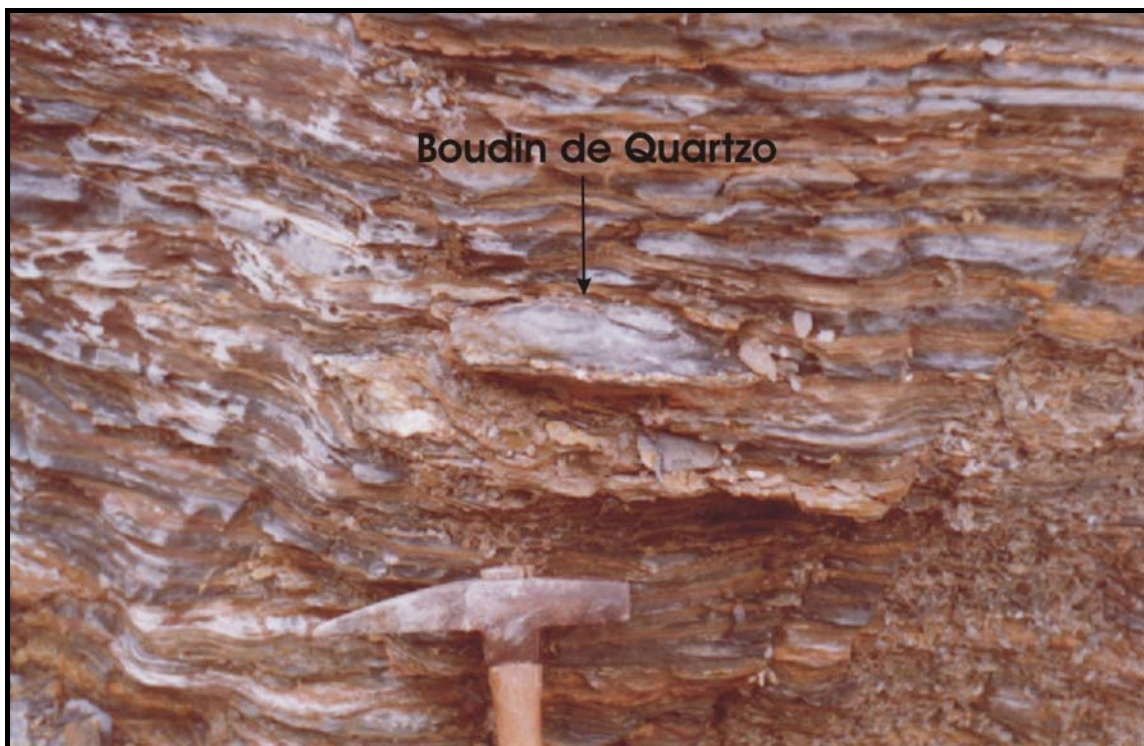


Foto 5 – Frente de lavra mostrando a presença de boudins de quartzo concordante a foliação principal, mergulhando em torno de 5 - 10°.

Composicionalmente talvez sejam um pouco mais sericíticos e/ou muscovíticos, além de apresentarem cloritóide (Moller, 2001). São menos carbonáticas que as encaixantes, embora seja comum a presença de cristais diminutos, bem formados (provavelmente anquerita) preenchendo microfissuras e nas zonas de sombra de pressão dos boudins.

Supõe-se que o evento mineralizante tenha provocado uma lixiviação dos carbonatos do corpo mineralizado em relação as encaixantes.

Entre os sulfetos ocorrem pirita, arsenopirita (foto 6) e a pirrotita mais característica em profundidade, enquanto que galena e esfalerita são observadas em vários pontos da mina. A porcentagem de sulfetos raramente excede a 4%; não é incomum, entretanto, a existência de lentes de sulfeto maciço de até 10 centímetros de espessura (Moller, 2001). Estas características distintas são relacionadas ao evento mineralizante e devem se constituir em guias para a prospecção.

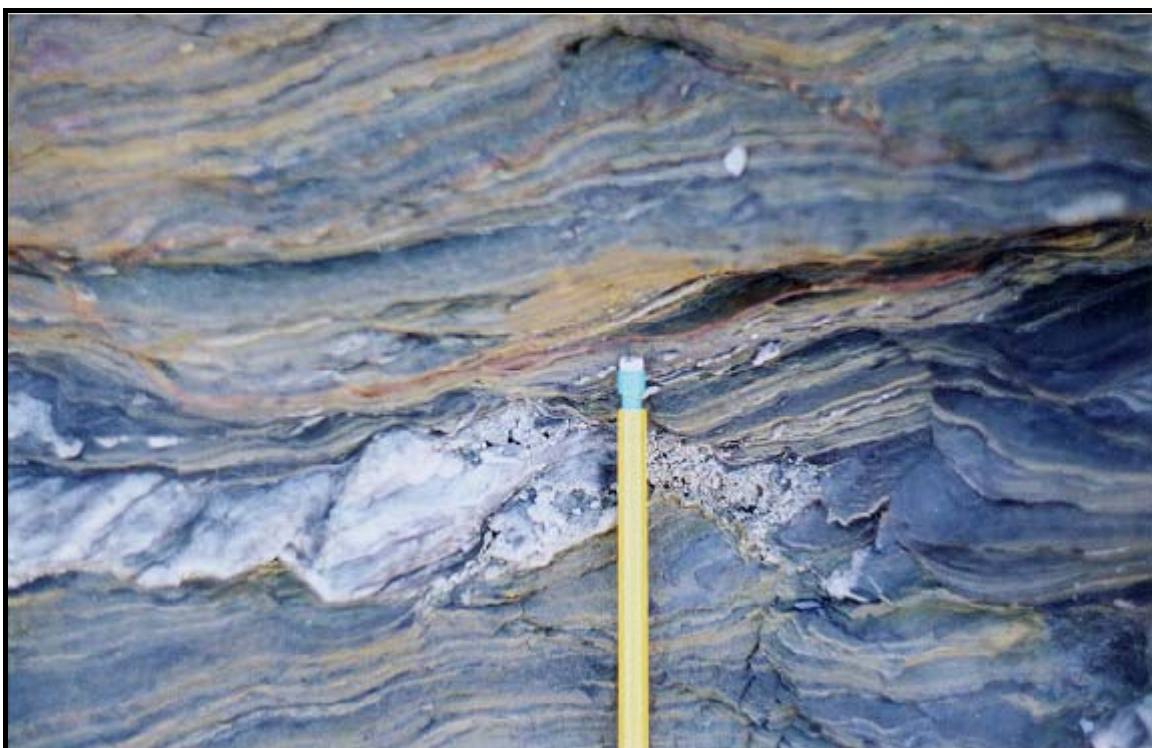


Foto 6 - Nível/bloco 740/611, mostrando boudin com zonas de sulfetadas com arsenopirita predominando.

Como minerais acessórios, as rochas de Morro do Ouro apresentam ilmenita, rutilo, anatásio e zircão (Moller, 2001). A ocorrência de turmalina disseminada pode

estar relacionada ao evento mineralizante, a exemplo do que ocorre no Quadrilátero Ferrífero.

Em afloramentos e frentes de mina as rochas via de regra apresentam a foliação que distingue os xistos (foto 5, 6 e 7). Raros níveis delgados de quartzitos são observados. Venulações de quartzo, ('gash vein') são frequentes, principalmente já próximo a transição para a rocha A, estéril em ouro.

Do ponto de vista meramente litológico o Morro do Ouro apresenta três domínios: 1. A oeste da coordenada 9.500 E, bem como a sudeste, predominam sericítica xistos carbonosos, mineralizados em ouro onde a mineralização atinge suas maiores espessuras e teor. 2. Na porção central o domínio é de xistos com intercalações de rochas quartzíticas que mantêm o relevo do Morro do Ouro, onde a mineralização é muito delgada e de baixo teor, restrita aos primeiros 8 metros da zona de oxidação (rochas quartzíticas bem menos reativas a soluções hidrotermais). 3. O terceiro domínio é aquele representado por rochas filíticas silicosas, com frequentes passagens quartzíticas, sendo expostas na extensão NE da mina. Neste domínio o corpo mineralizado é de menor espessura, menos sulfetado e de menor teor em ouro.



Foto 7- Nível/bloco 724/412. Contato do minério oxidado (B1) e sulfetado (B2), onde o xisto se apresenta mais deformado e com maior presença de boudins de quartzo

O mapeamento geológico efetuado em 1999 (pela equipe da RTZ) teve como preocupação principal cartografar as rochas B1 e B2 em função da intensidade de deformação, do grau de sulfetação e da frequência de boudins. Este procedimento levou a identificação das faixas de ocorrência das rochas que poderiam apresentar problemas tanto na alimentação da usina quanto na recuperação do ouro. Ou seja, foram identificadas as faixas de exposição da calha, subdividida em intensamente deformada com alta incidência de boudins de quartzo e sulfetação em filonitos e medianamente deformada.

As rochas fracamente deformadas foram classificadas como fora de calha, favoráveis ao processamento metalúrgico. Esta classificação tem correlação com os teores em arsênio.

A classificação dos blocos de lavra por faixas de As está norteando os planos mensais de lavra praticado pela RPM desde o início do ano de 1999.

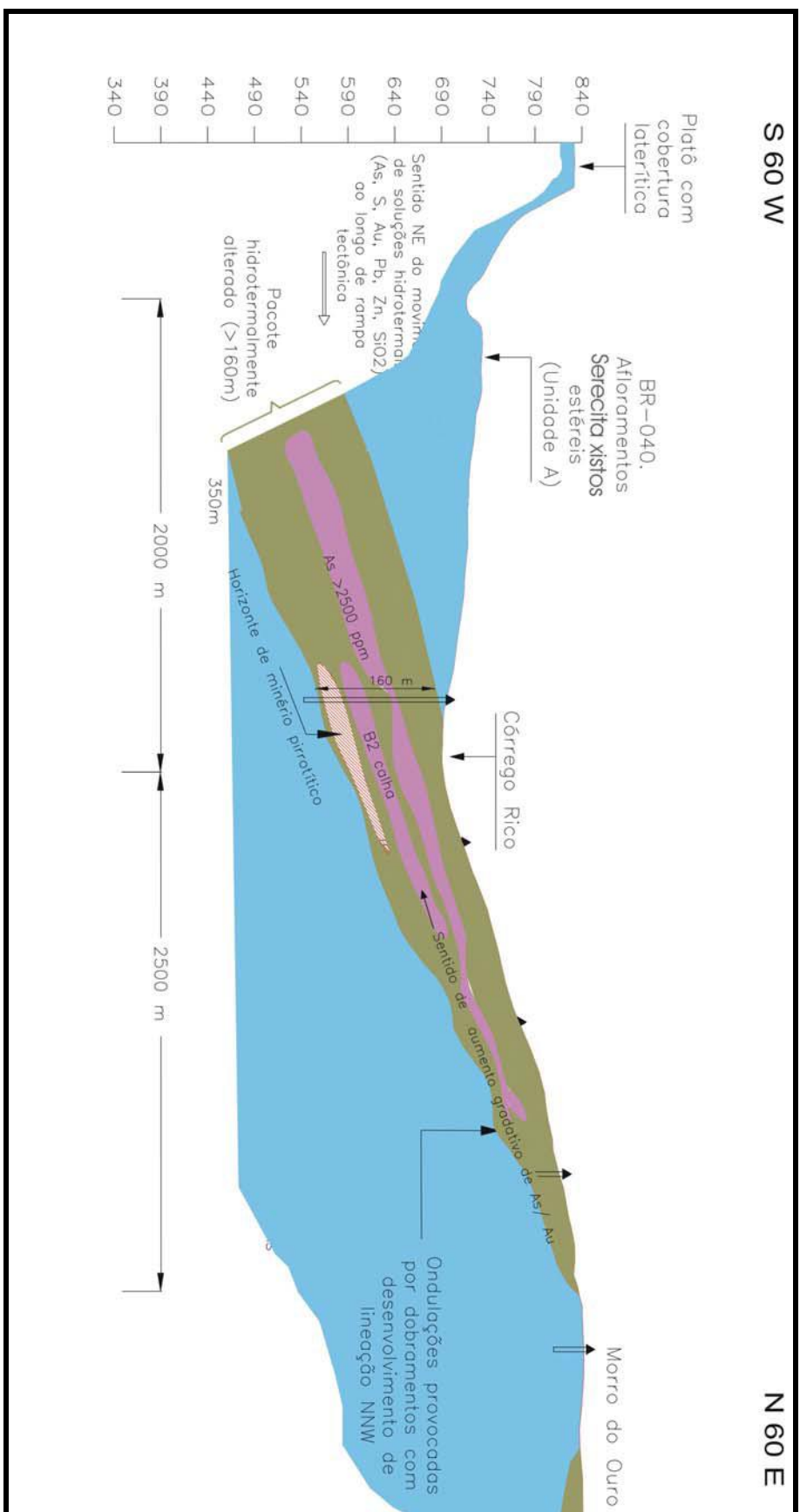


Figura 3 – Perfil mostrando a distribuição do minério calha e não calha, e o pacote que sofreu a alteração hidrotermal (Batelochi, Moller, Akiti, Sharratt e Landi 2001).

Na reinterpretação geológica de Morro do Ouro, efetuada a partir da elaboração de 96 perfis geológicos foram utilizados dados geoquímicos provenientes de 511 furos de sondagem (16.300 metros perfurados), além de 990 poços, no total escavados 5.056 metros (Figura 03), mostrando:

- a espessura do corpo mineralizado aumenta de nordeste para sudoeste, onde, no limite da área de concessão de lavra, atinge 140 metros, dos quais 110 metros abaixo do leito do Córrego Rico; (Figura 02)
- o corpo mineralizado estende-se down-plunge para oeste do Córrego Rico. Furos efetuados a oeste do córrego, na linha -3, cortaram o corpo mineralizado, com as mesmas características que na área da mina, apenas com mais pirrotita. Entretanto, a mineralização acha-se coberta por até 50 metros de rocha A completamente estéril, cuja espessura tende a aumentar para oeste.
- a espessura da calha, e de seus “ore-shoots” mais deformados e sulfetados (teores em As > 4.500 ppm), aumenta notavelmente de NE para SW, segundo o plunge. Na altura do bloco 108 a espessura da calha é da ordem de 55 metros. Na porção meridiana do corpo a calha tem espessura raramente superior a 25 metros, em média 12 metros. Já na extensão NE praticamente inexiste rocha tipo calha, confinada a muito pequenas concentrações onde os teores de As se elevam a mais de 2.500 ppm;
- no sentido SW aumenta o teor em As, bem como o teor em Au. A zona de maior conteúdo metálico em ouro do jazimento situa-se no extremo oeste da área do decreto de lavra.

10. ANÁLISE ESTRUTURAL (TRABALHOS ANTERIORES)

A área de estudo, foi pouco detalhada no seu caráter estrutural, contudo Dardenne (1978c) foi o primeiro autor a descrever com certo detalhamento a geologia estrutural da região. O mesmo reconheceu, entre Paracatu e Vazante, a existência de duas fases de dobramentos. A primeira, denominada B1, caracterizada por pequenas dobras isoclinais às quais se associam importante xistosidade de fluxo plano axial com eixos orientados preferencialmente N25W e NS. O segunda fase denominada B2, foi

caracterizada por dobras com amplitudes variáveis entre centímetros e quilômetros, possuindo planos axiais subverticais paralelos à clivagem de fratura e eixos entre NS a N25E. As falhas inversas e de empurrão estariam segundo Dardenne (1978c,1979) associadas principalmente com a fase tectônica B2. O autor reconhece ainda a tectônica distensiva para a qual apresenta uma cronologia relativa de aparecimento de falhas normais respectivamente: NS, NW, EW e WNW Tabela 1.

Fases de Deformação

Dardene (1979)	Campos Neto (1979-1984)	Freitas (1991)	
D1-Dobras F1	Período Mais Novo	B1-Dobras D1	B1-Dobras F1 Dobras isoclinais, intrafoliais de flancos rompido.
D2-Dobras F2 Cavalcamento F2 Falhas inversas F2		B2-Dobras D2	B2-Dobras F2 São dobras isoclinais recumbentes ou próximas de recumbentes, similares, intrafoliais assimétricas com flanco curto e longo. E2-Cavalcamento F2 Zonas de cisalhamento de baixo ângulo, materializadas nas superfícies de cavalcamento. São estruturas regionais.
		B3-Cavalcamentos	
	Período Tardio	B4-Dobras D3	B3-Dobras B3 Apresenta morfologia variada, sendo comumente dobras normais a fortemente inclinadas. E3-Falhas inversas F3 São falhas restritas as proximidades da borda oeste da Fácies Morro do Calcário, e responsáveis pelas inversões estratigráficas observadas na Formação Vazante. T-Transcorrente T São responsáveis pelo envergamento da faixa para NW e também pelas rampas laterais não emergentes que balisam o Morro do Ouro.
Dobras F3 “Kinks”		B5-Dobras D1	B4-dobras F4 São dobras monoclinais (Kinks) cujo flanco inclinado (foliação interna) mergulha sempre para oeste cerca de 15 – 20°
Dobras F4		B6-Dobras D5	B5-Dobras F5 São estruturas intimamente relacionadas a B4, geradas pelos mesmos mecanismos, diferindo na morfologia e na orientação.
Falhas		B7-Fase tectônica distensiva	B6-Falhas

Evento de Deformação (Progressiva) Principal – D1

Tabela 1 -Correlações estruturais na unidade Paracatu-Vazante

Notando um aumento progressivo da deformação de leste para oeste propõem um modelo de zonação tectônica definindo cinco zonas de igual deformação (Zonas Isópicas) . A região de Paracatu, inserida na Zona Paracatu-Serra da Canastra-Ibiá, foi caracterizada por se reconhecer as duas fases de dobramentos (B1 e B2) e os grandes deslocamentos horizontais (cavalgamento e “nappes de glissements”).

Os elementos geométricos descritos por Campos Neto (1979, 1984b) basicamente foram os mesmos reconhecidos na área estudada por Freitas (1991). Entretanto, como a faixa de ocorrência da Unidade Paracatu-Vazante regionalmente forma um arco com orientação NE-SW a sul de Paracatu, e NW-SE a norte, as orientações dos elementos estruturais apresentados por Campos Neto (1979, 1984b) quanto os comparados por Freitas (1991), mostram um padrão de rotação coerente com a estruturação regional, com exceção das dobras B4 definidas por este autor: a orientação dos eixos a sul de Paracatu deveria ser NE-SW, como indicado por Dardenne (1978c,1979), Campos Neto (1979,1984b) obteve uma direção preferencial a N16W. Esta disparidade pode ser devida a dois fatores: as áreas investigadas estariam afetadas por movimentos transcorrentes, não reconhecidos pelos autores.

Outra diferença marcante, entre o modelo apresentado por Campos Neto (1979, 1984b) e o modelo proposto por Freitas (1991), se refere aos dobramentos B2, apesar deste autor não descrever estruturas B2 megascópicas estas estruturas aparecem em seus perfis com dimensões até quilométricas. O evento de deformação de dobras B2 não foi formador de estruturas nesta escala (Freitas 1991). Dificilmente a estrutura de B2 ultrapassa 30cm. As mega estruturas B2 apresentadas nos perfis por Campos Neto (1979, 1984b) se deve ao fato deste autor ter considerado como mesmas unidades as facies Morro do Ouro e Serra do Velozinho. Apesar da coincidência geométrica dos elementos estruturais apresentados pelos autores citados e os aqui apresentados a interpretação dos mecanismos de deformação são discordantes. Dardenne (1978c, 1979) e Campos Neto (1979, 1984b) utilizaram os conceitos da geologia estrutural, onde cada grupo de estruturas representa fases distintas de deformação, agrupadas em dois eventos.

O modelo proposto por Freitas prevê uma deformação progressiva onde todas as estruturas foram geradas dentro de único evento deformacional (Evento de Deformação Principal D1) desenvolvidas simultaneamente no tempo e no espaço.

Após o evento de deformação principal D1, a região foi palco somente de pequenas reativações e geração de estruturas rúpteis do paleozóico ao cenozóico

(deformação secundária) que não foram capazes de obliterar as estruturas D1 que respondem pela estruturação regional da faixa de Cavalgamento e Dobramento Brasília, por volta de 650-680 Ma (Freitas 1991).

DEFORMAÇÃO PRINCIPAL – D1

O evento de deformação principal D1 proposto por Freitas (1991), caracteriza-se por ser uma deformação progressiva, heterogênea, não co-axial, gerada sob regime de cisalhamento simples como componente principal e uma componente subsidiária de cisalhamento puro aparentando estruturas que evoluíram do tipo dúctil até o rúptil com a atenuação da deformação e seu consequente posicionamento em diferentes níveis crustais.

As diferentes estruturas geradas em D1 foram caracterizadas geometricamente e cada grupo de estruturas relacionadas entre si foram agrupadas como fases F1, F2, F3, F4, F5, e F6 (Tabela 1).

Embora as diferentes fases apresentem uma certa hierarquia, elas são estruturas geradas progressivamente no evento D1 e, a maioria delas, mostram superposição temporal e espacial com as demais, pelo menos durante um certo intervalo de sua evolução, ou podem apresentar superposição temporal mas não espacial. Em outras palavras, estruturas diferentes podem estar sendo geradas ao mesmo tempo em diferentes locais do orógeno.

11. ANÁLISE ESTRUTURAL PROPOSTA

Existem na rochas da mina estruturas planares e lineares, entretanto estruturas primárias inexistem.

As principais estruturas planares observadas foram:

- *Sx*: qualquer plano que ocorre penetrativamente num corpo de rocha, podendo ser plano paralelo e resultante da distribuição planar e do alinhamento dos minerais presentes na rocha, como por exemplo, a distribuição das micas no sericita xisto. Como resultado desse alinhamento e da distribuição planar de minerais placoides, (como a pirita framboidal em alguns casos na mina) e/ou tabulares/prismáticos a

rocha apresenta um aspecto de fina lâmina paralela, xistosidade ou outras estruturas planares em rochas metamórficas.

- *Superfície de clivagem* (Scliv): representam superfícies planas e paralelas ao longo das quais os minerais tendem a se desagregar da rocha sob condições de esforço. Podem constituir fraturas e clivagens espaçadas.
- *Superfície de kink* (Skink): “Kinks bands” são geralmente interpretados como estruturas tardias em terrenos orogênicos, geradas após a rocha ter sido afetada por uma deformação intensa e que possuam uma anisotropia planar bem desenvolvida sofrendo encurtamento (Freitas, 1991).
- *Superfície de fratura* (Sfrat): são feições planares ao longo das quais o movimento é imperceptível podendo ser oriunda de shear paralelo a superfície da fratura; dilatação ou encurtamento perpendicular a superfície da fratura; combinação dos itens anteriores.

As principais estruturas lineares observadas foram:

- *Lineação mineral* (Lmin): é uma estrutura reconhecida quando há uma direção preferencial ao longo da xistosidade, gerada pelo alinhamento de minerais (em geral quartzo e sulfetos na mina). Pode ser tanto microscópica quanto macroscópica.
- *Lineação de crenulação* (Lcre): reflete o alinhamento dos “meso-cristais” e “meso-depressões”, podendo ser “micro-cristais” e “micro-depressões”, dado pelos arcos poligonais das dobras.
- *Eixo de maior elongação dos boudins* (“E”): referente a maior elongação marcada nos boudins de quartzo, sendo acompanhada de menores eixos “e” e altura dos boudins “h”.

A Mineralização aurífera do Morro do Ouro encontra-se disseminada no filito carbonoso da Formação Paracatu e nos boudins de quartzo definindo assim três tipos de

minérios; (a) Ouro livre em boudins de quartzo; (b) ouro na estrutura e/ou microfraturas de sulfetos de As e Fe; (c) ouro concentrado residualmente devido a alteração dos sulfetos. O corpo mineralizado tem um plunge de 240/08° (figura 3), boudins de quartzo, cujos sigmóides alinham-se segundo “Rods”, caracterizados aqui como eixo de maior elongação dos boudins (“E”), obedecem um sentido preferencial para NW.

As medidas de eixo de maior elongação dos boudins “E”, eixo menor “e” e altura “h” aplicada no diagrama de Flinn produziu um padrão oblato dos boudins de quartzo contido em toda a extensão do Morro do Ouro (Gráfico 1).

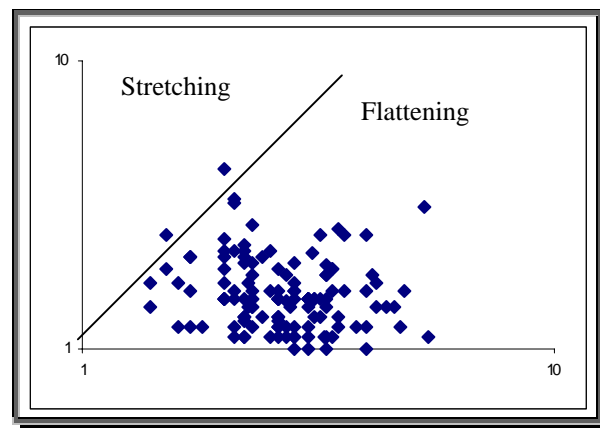


Gráfico 1 – Representação do diagrama de Flinn em toda região da mineração, mostrando um padrão oblato dos boudins de quartzo.

A direção de “E” dos boudins medidos em afloramentos, apresentou uma direção preferencial para NW (figura 4), onde é possível também observar uma forte variação de sua inclinação devido principalmente a estruturas como kinking, crenulação e dobras que causam uma mudança significativa de NW para SE e SW.

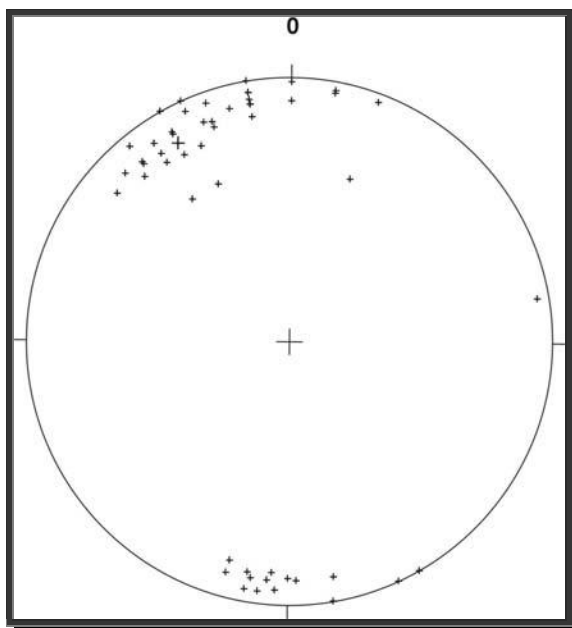


Figura 4 – Estereograma mostrando representação dos eixos de maior elongação dos boudins, com uma tendência para NW.

O “Sx” das rochas mostra direção geral com mergulhos entre variando 270° - 340° com caimentos que variam de 10 a 40° (figura 5), podendo apresentar forte inclinação localmente. A variação das direções dos planos Sx, está intimamente relacionada a perturbações provocadas por cisalhamentos ao longo de planos de foliação, com intenso desenvolvimento de kink bands(foto 8). As dimensões de kinks é variável: desde microscópica até métrica (1 a 3m).

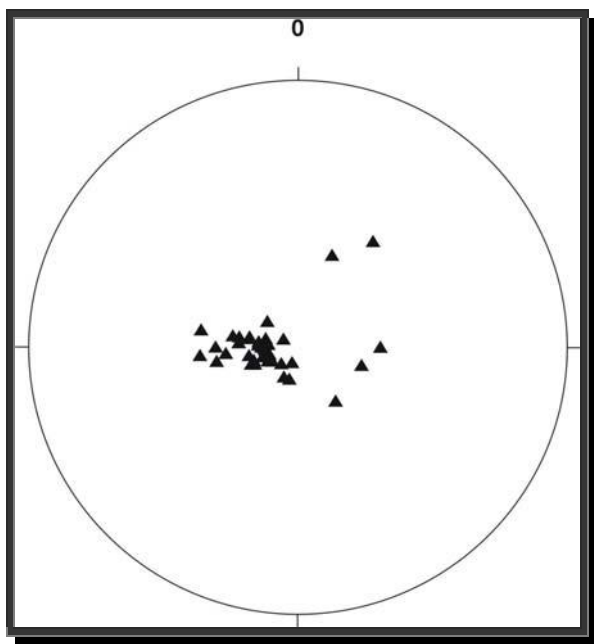


Figura 5 – Estereograma mostrando a distribuição da foliação (“Sx”).

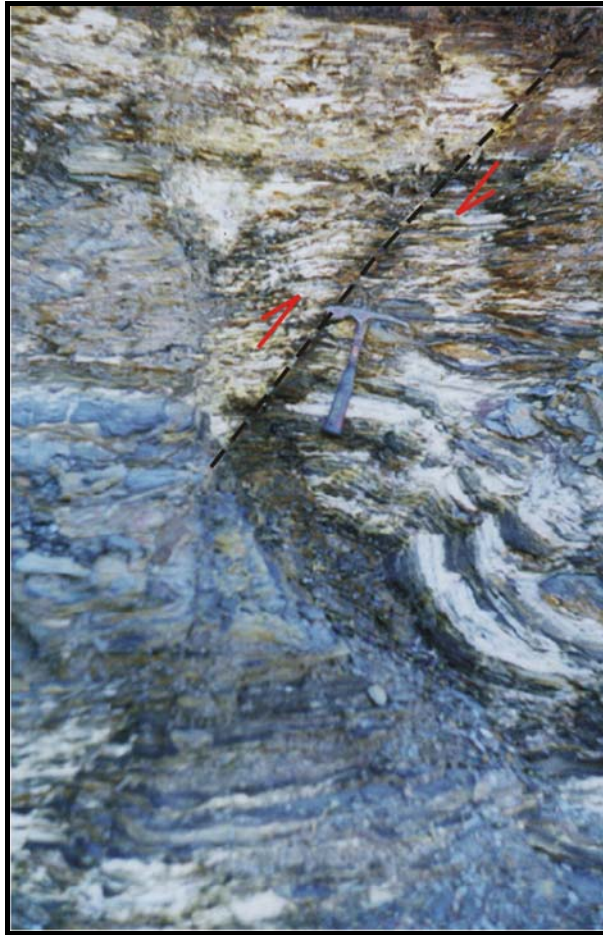


Foto 8- Corpo sulfetado da frente de lavra, mostrando a variação na inclinação do plano de foliação e sua brusca mudança devido ao kink band.

Os kinks, estruturas comuns na unidade Morro do Ouro, estão presentes em quase toda extensão da Mina. A formação de kinks é uma forma bastante eficiente de acomodação da deformação em todas as escalas, desde o nível de grão mineral (Ramsay, 1986), até escalas mesoscópica ou kilométricas (Freitas, 1991).

Com as medidas das distribuições das superfícies de kinks em toda a região da mineração, foi possível determinar um campo de maior concentração variando de 20° - 90° com mergulho chegando a atingir até 85° (Figura 6).

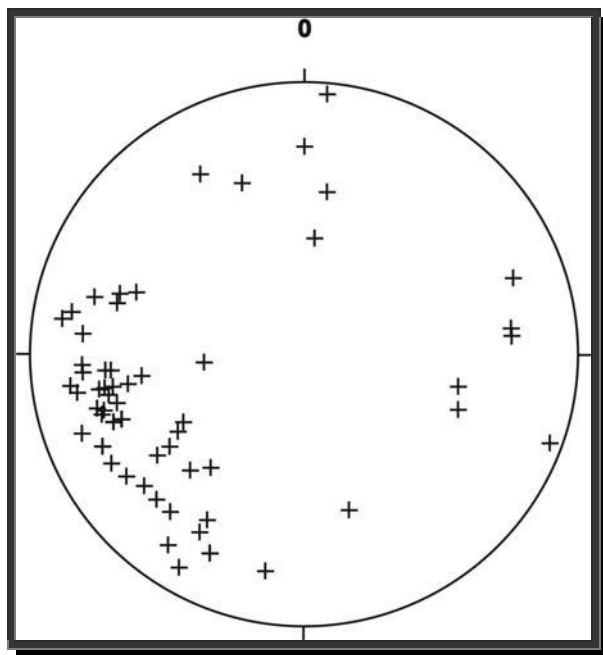


Figura 6 – Estereograma mostrando o padrão de distribuição dos planos de kinks (Sk).

A lineação mineral “Lmin” se mostrou contida no plano de “Sx”. Microdobras dobram a foliação principal junto com a lineação mineral (Figura 7). A dificuldade de reconhecer a estrutura linear é tão grande onde só foram possíveis tirar 12 medidas das quais 5 foram sobrepostas por outras de igual valor.

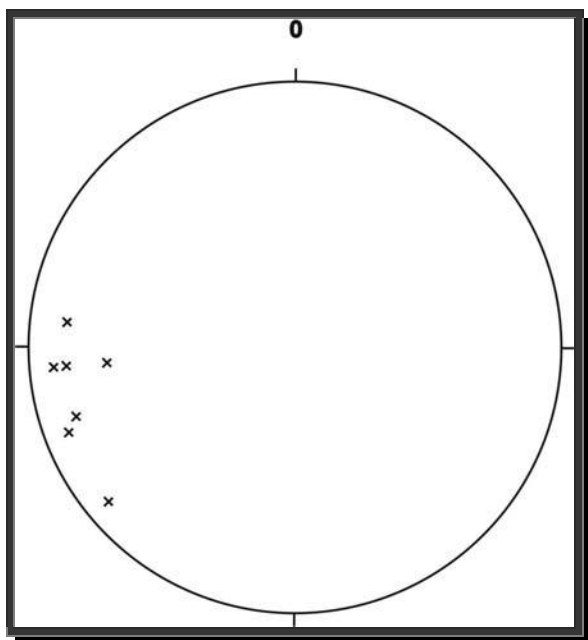


Figura 7 – Padrão de distribuição de lineação mineral com caimento para oeste

O pacote afetado pelas soluções hidrotermais mineralizantes afloram continuamente ao longo de 4.200m, segundo SW-NE, a partir do Córrego Rico. A algumas dezenas de metros para oeste do Córrego Rico o corpo mineralizado passa a ser

coberto por uma camada de rocha estéril, com espessura crescente para oeste. O contato basal do pacote que sofreu solução hidrotermal (Figura 3), estabelecido com base no decréscimo de teores de arsênio, segue rampa ascendente de SE para NW, com um caimento médio da ordem de 10°.

A área da mina foi subdividida em três domínios diferentes onde os critérios para caracterizá-los encontra-se na tabela 2.

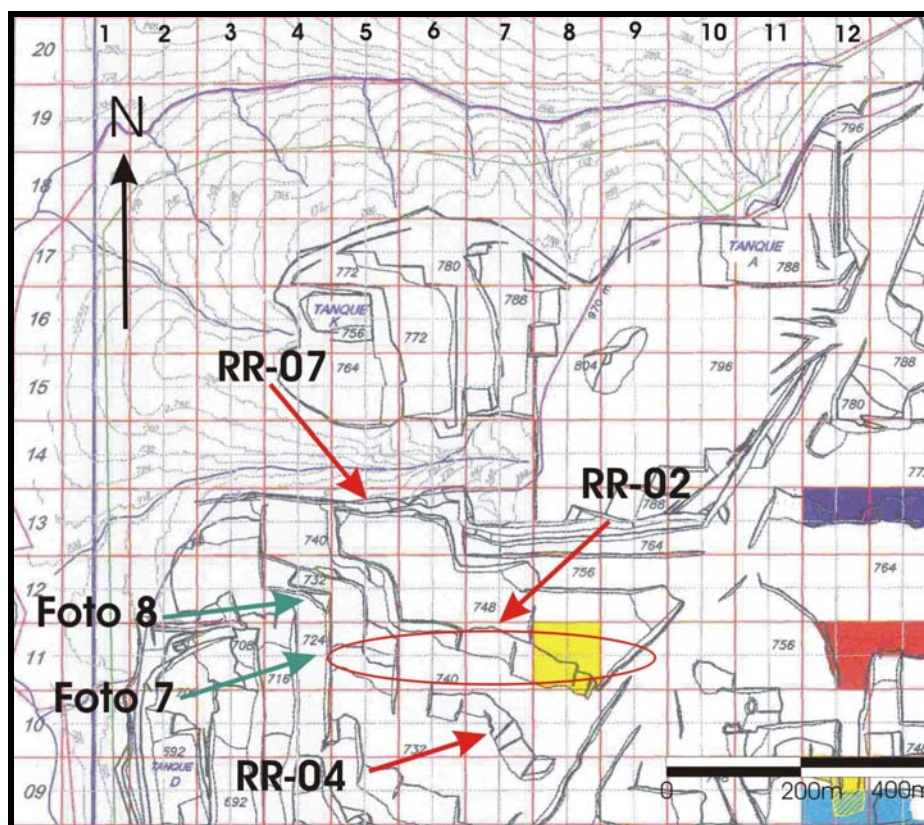
CRITÉRIOS PARA CARACTERIZAÇÃO DOS DOMÍNIOS

Domínios	Dimensões Médias dos Boudins		Boudins Forma – Razões	Mineralização
1-Zona“B2”	E- 23cm e-12,5cm h-5cm	E:e 2:1 E:h 4,6:1 E:h 2,5:1	Menos Oblatos	-Região com intensa deformação e muito sulfetada. -Os sulfetos apresentam-se bem formados, principalmente a arsenopirita que se apresenta em dois tipos Aspy 1 (deformada) e Aspy 2 (bem formada), sem galena e esfalerita.
2-Monteiro	E-30cm e-21cm h-7,7cm	E:e 1,43:1 E:h 3,9:1 E:h 2,7:1	Oblato	-Região deformada com presença de cristais de arsenopirita bem desenvolvidos (Aspy 2) -Presença de galena e esfalerita bem desenvolvida
3-Zona de minério duro.	E-14,5cm e-8,3cm h-3,2cm	E:e 1,75:1 E:h 4,5:1 E:h 2,6:1	Oblato	-Região com poucos sulfetos, principalmente arsenopirita.

Tabela 2-Characterização dos domínios propostos na área da mineração Morro do Ouro.(E:eixo maior, e: eixo menor, h: espessura maior.

Dominio 1 (Zona “B2”, sulfetada)

Na região do domínio 1 (Mapa 2), foi possível observar a concentração de boudins que variavam entre 15 a 20cm o eixo de maior elongação. As frentes mapeadas 724/411(foto 9), 724/412 (foto 10) e 732/710 (figura 8) mostram intenso desenvolvimento de kinks além dos boudins de quartzo, ricos em sulfetos como arsenopirita responsável por conter as maiores concentrações de ouro.



Mapa 2 (Dominio 1)- Localização dos pontos RR-02, RR-04 e RR-07 correspondentes as frentes de lava na área da mina domínio do corpo sulfetado B2.



Foto 9 (Mapa 2 - Dominio 1) - Frente de lava no nível 724m no bloco 411 onde se lê 4 para Norte e 11 para Oeste. O local apresentava grandes quantidades de boudins de quartzo porém pouco sulfetados, a direção de elongação dos boudins (“E”) obedece uma direção para sul, totalmente fora do que foi representativo para a região da mina mostrado acima. As superfícies de kinks (Sk) mostram forte tendência para mergulhar NE.

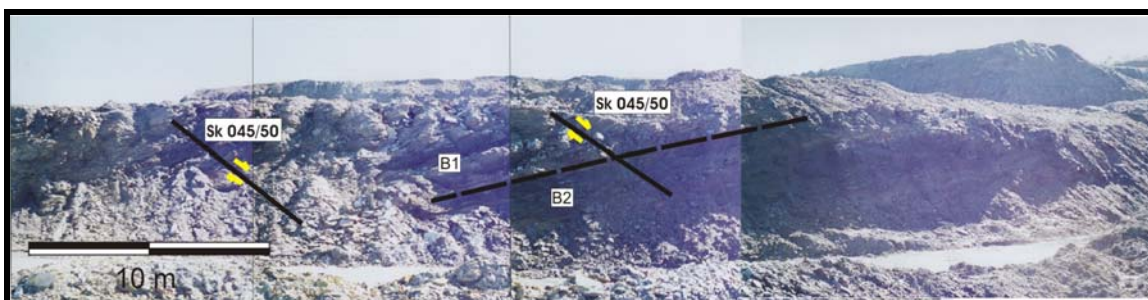


Foto 10 (Mapa 2 – Dominio 1) - Frente de lavra no nível 724m e bloco 412 onde ocorre o contato do minério sulfetado B2 com o oxidado B1. As maiores elongações dos boudins estão para NW .

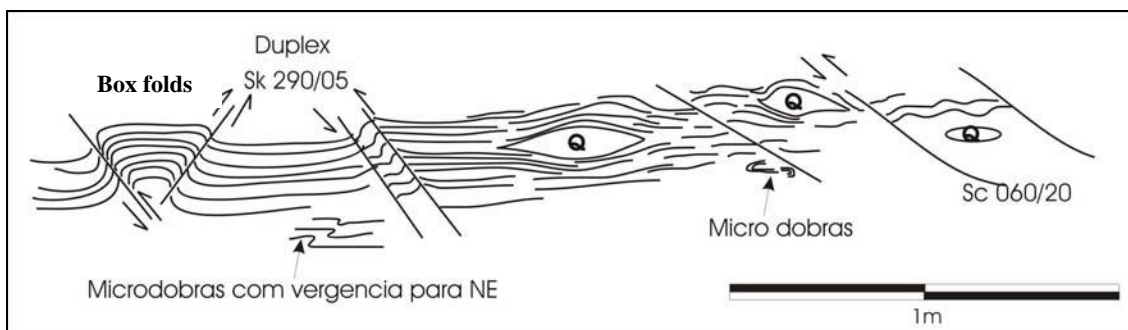


Figura 8 – RR-04 Perfil da frente de lavra do corpo B2 , mostrando o conjunto de estruturas relacionados as dobras, kinks, onde Sk:Superfície do kink; Sc: Superfície de Cisalhamento, tendo em vista a consequencia do movimento de empurrão a vergencia das dobras para NE.

No interior dos boudins é frequente a presença de concentrações de sulfetos bem cristalizado, geralmente arsenopirita e localmente galena. Devido a sua maior resistência a atuação dos processos intempéricos, mesmo na zona oxidação os boudins podem apresentar massas de sulfeto fresco. No seu interior também são observados pequenos cristais bem formados de carbonatos.

A textura dos sulfetos, principalmente da arsenopirita, galena e esfalerita torna-se excepcionalmente grosseira, e concentrada em massas, nas porções mais deformadas e boudinadas do corpo mineralizado, ou seja, nas faixas relacionadas à calha.

A intensidade com que os kinks se formam é mostrada nas figuras 9 e 10, onde até os boudins de quartzo sofreram deformações geradas por processos de kinking.

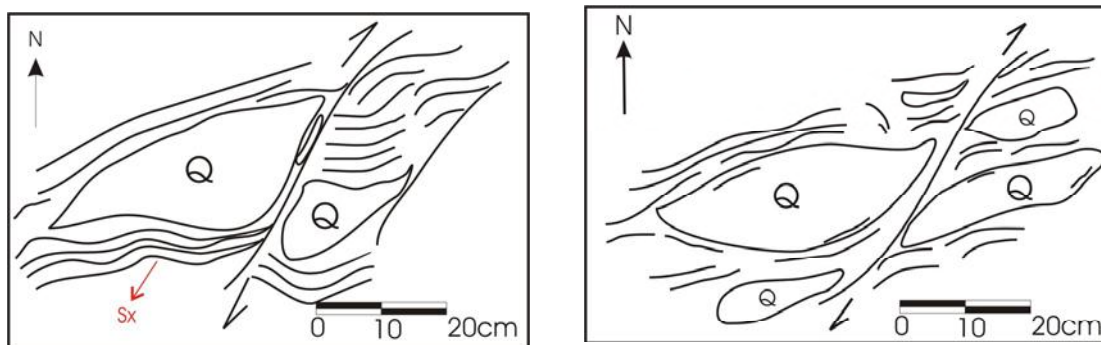


Figura 9 e 10 – Ponto RR-02 desenvolvimento de kinks afetando a estrutura inicial dos boudans de quartzo

A lineação mineral (L_{min}) marcada na rocha, segue o sentido do mergulho de S_x , portanto downdip. Estruturas como microdobras dobrando a foliação S_x e a L_{min} são comuns em toda a mina (figura 11, 12 e 13).



Figura 11 – Ponto RR-02 microdobras, dobrando a foliação principal S_x e a L_{min} .

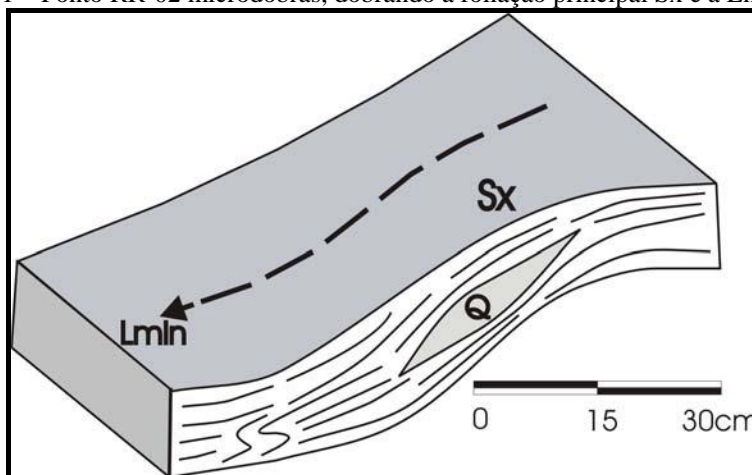


Figura 12 – RR-04 sentido de lineação mineral coincidente com a superfície S_x e com o eixo de maior elongação do boudin.

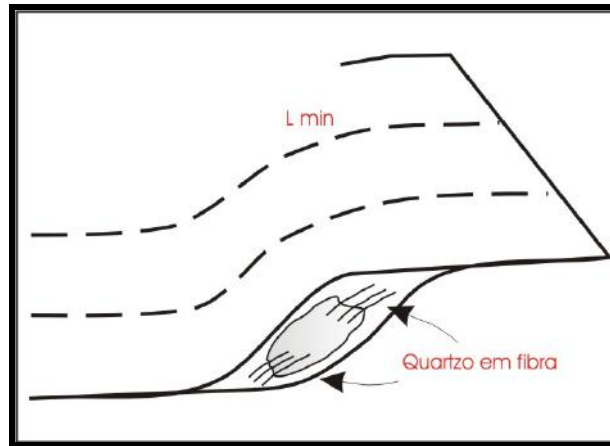


Figura 13 – Ponto RR-02 foliação Sx marcada com a presença da lineação mineral onde em zona de alívio desenvolveu quartzo em fibra.

Alguns níveis arenosos encontram-se dobrados com a superfície sx (figura 14).

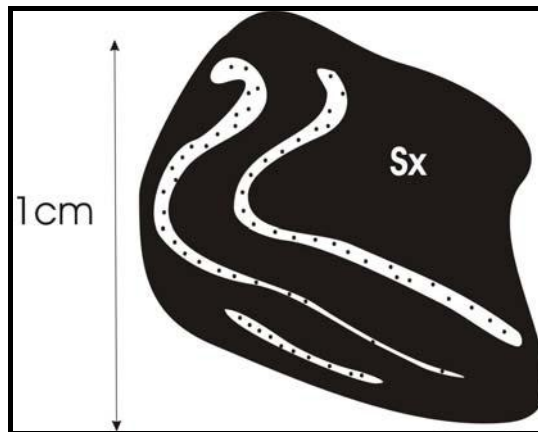


Figura 14 – Ponto RR-02 níveis arenosos dobrados com níveis pelíticos.

Em alguns pontos foi possível observar o crescimento de filetes de quartzo em zonas de alívio (Figura 15 e 16). São fibras de quartzo formadas após o desenvolvimento da foliação Sx, caracterizados como tardios.

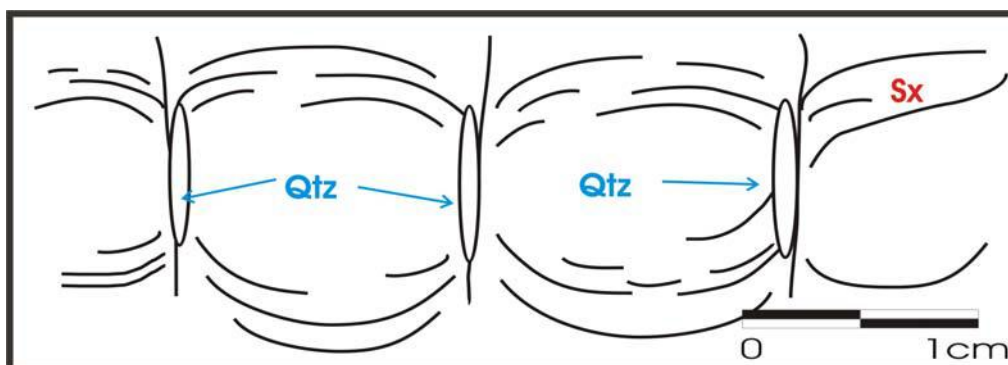


Figura 15 – Ponto RR-02 Mostra estrutura de recristalização do quartzo em zona de alívio do boudin.

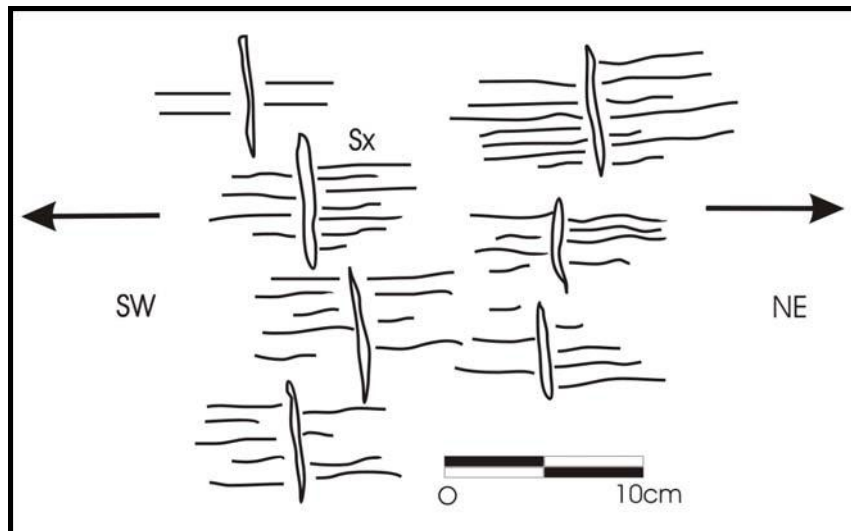


Figura 16 – Ponto RR-04 Filetes extensionados de quartzo com direção para NE e SW.

Filetes de quartzo com crescimento provocado por zonas de cisalhamento, também são comuns na mina (Figura 17)

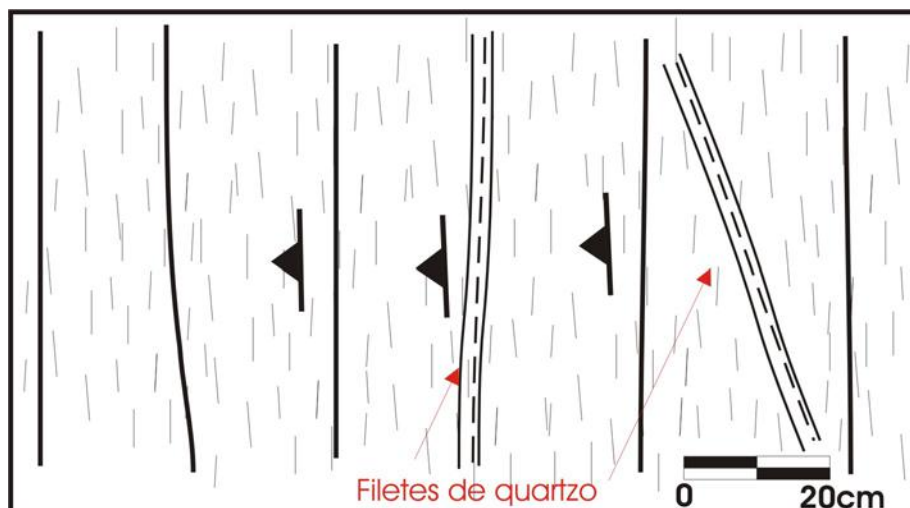
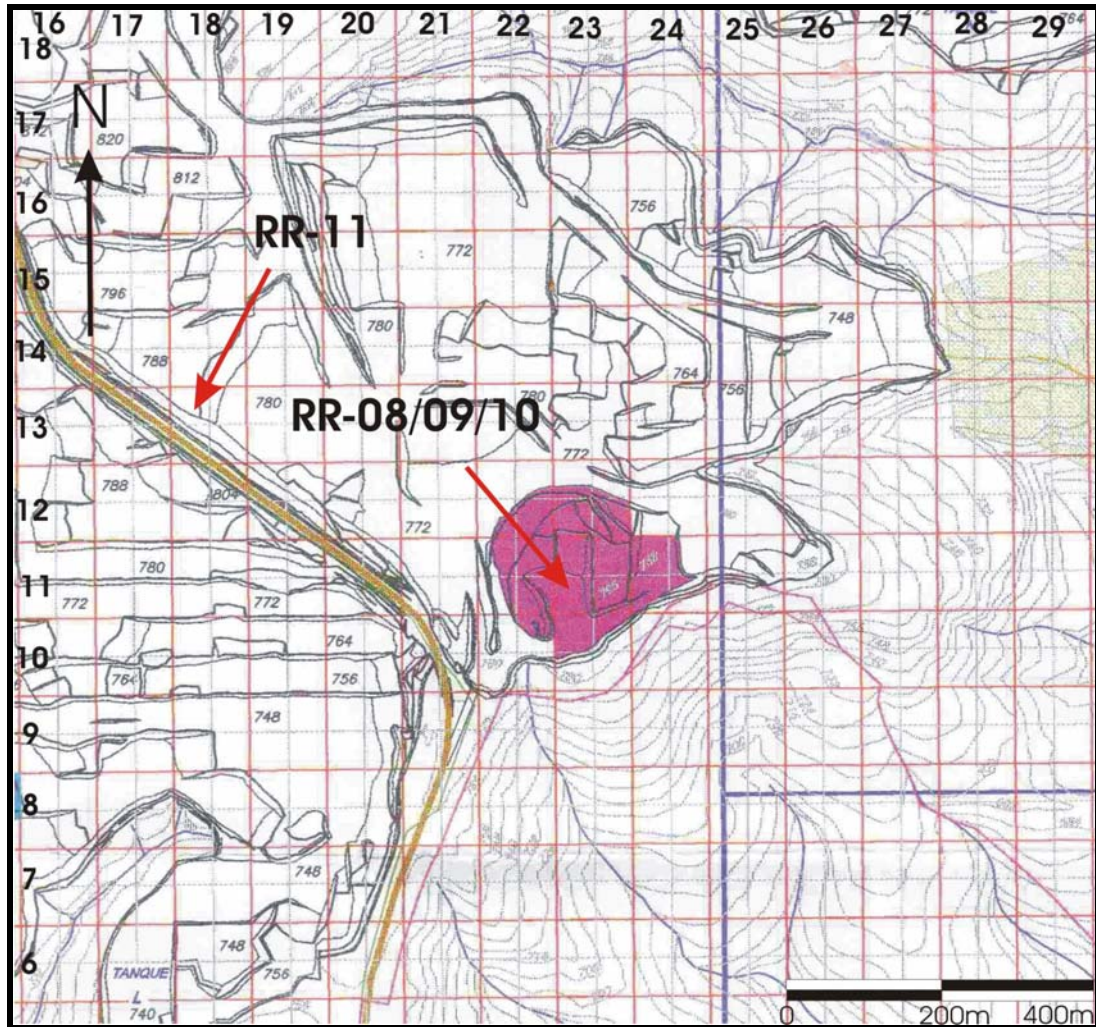


Figura 17 – Ponto RR-07 Região de “Shear zone” , Sx variando de 074/20 à 355/10 devido ao cisalhamento, presença de filetes de quartzo cortando a foliação com direção 335/sv (Sub vertical).

Domínio 2 (Monteiro)

O Domínio 2 (mapa 3) também é marcado por uma região deformada com desenvolvimento de kink bands e crescimento de quartzo preenchendo zonas de alívio, (figuras 18, 19, 20 e 21).



Mapa 3 (Domínio 2)- Localização dos pontos da geologia estrutural RR-08, RR-09, RR-010 e RR-11.

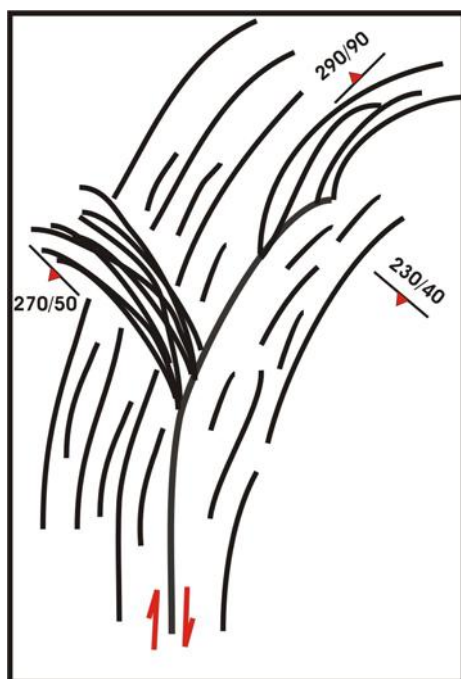


Figura 18 – RR-09 Afloramento no chão mostrando a variação de direção das zonas de cisalhamento da região do “Monteiro” como é conhecida na mineração, no limite SE do depósito.

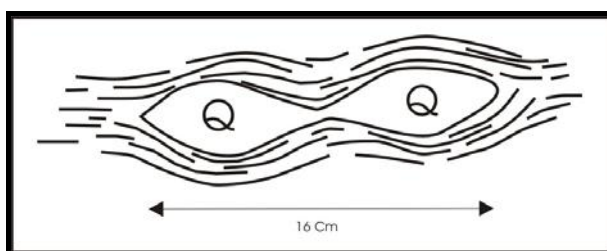


Figura 19 – RR-10 Boudins de quartzo

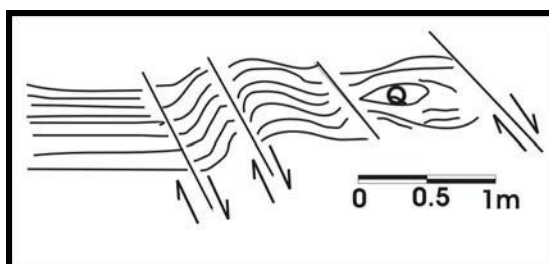


Figura 20 – RR-10 Frente com intenso desenvolvimento de kinks.

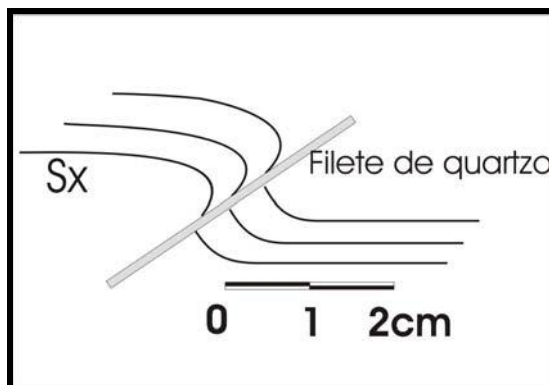
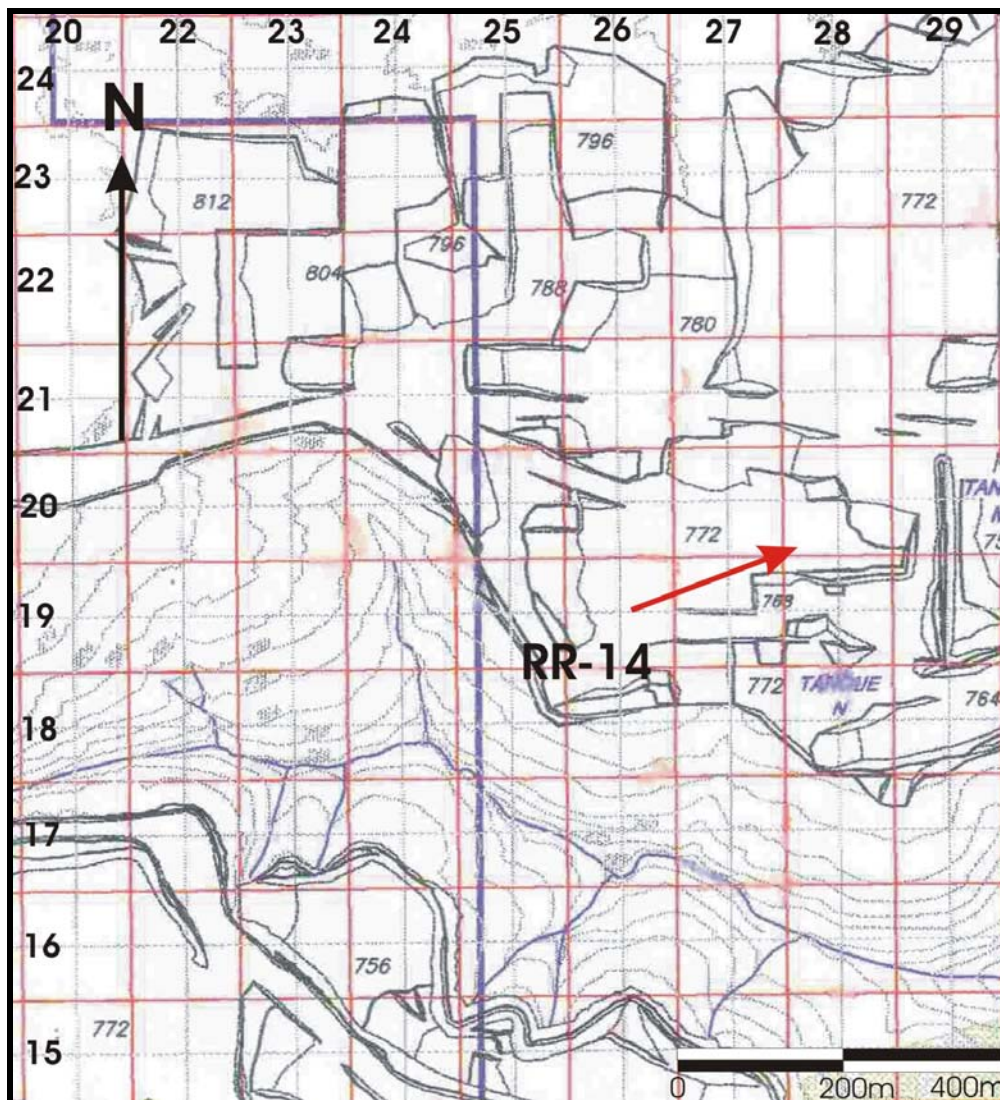


Figura 21 – RR-11 Filetes de quartzo preenchendo espaços dos kinks.

Domínio 3 (Zona de minério duro)

Na região do Domínio 3 (mapa 4), o minério tem consistência mais dura com quantidade de sulfetos menor que os outros domínios citados. O local é pouco deformado e são pequenas as quantidades de boudins de quartzo



Mapa 4 (Domínio 3) Localização do ponto da geologia estrutural RR-14.

12. ANÁLISE PETROGRÁFICA

O intemperismo divide as rochas do Morro do Ouro em dois grupos bem distintos, sendo um oxidado (CTB1) e o outro sulfetado (B2). As descrições petrográficas mostram do minério B1, a presença de quartzo e sericita em proporções variáveis, podendo atingir até 80% do total da composição. Carbonatos também foram observados na forma fina em bandas sericíticas, em porcentagens variáveis de 5 à 20%. Dentre os minerais acessórios podem ocorrer ilmenita, anatásio, rutilo, e zircão.

Para os sericita xistos sulfetados, quartzo e sericita perfazem 60 à 90% da composição mineralógica que estabelecem leitos claros e escuros alternando de maneira rítmica. A composição mineralógica do corpo B2 também é marcada pela presença de carbonato (calcita e anquerita). Como minerais acessórios (1 a 3%) ocorrem albita, ilmenita, clorita, zircão e rutilo. Entre os sulfetos ocorrem pirita, arsenopirita, pirrotita, galena e esfalerita, sendo estes três últimos aparecendo associados e em menor proporção. A porcentagem de sulfetos raramente ultrapassa 4% mas em alguns locais da mina ocorrem melhor cristalizados e em maior quantidade.

Através de análise realizada com pilhas de minério separado para teste na usina piloto (amostras essas separadas por frações “peneiradas” mostrada posteriormente), foi possível observar a variação da concentração de arsenopirita, pirita, galena e esfalerita, além da concentração de boudins no minério beneficiado pela usina.

Amostra 1 (Banco 20N 14E 780m – Dominio 2)

Fração > 153mm

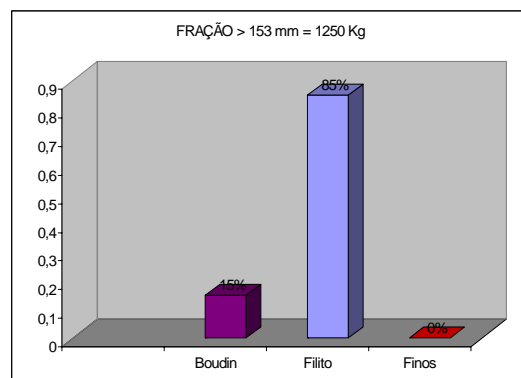
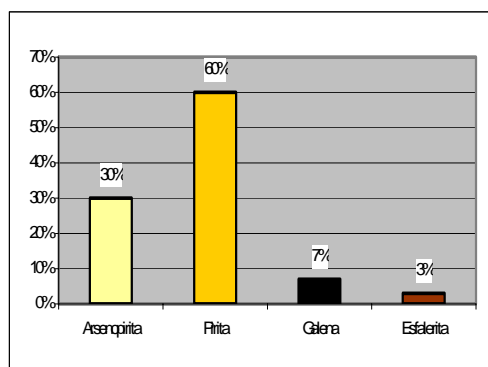


Gráfico 2- A amostra é relativa ao banco 20 e 14 a 780m, e demonstra uma maior concentração de pirita em uma rocha pouco boudinada atingindo uma média de 16% do total contido.

Fração > 75mm

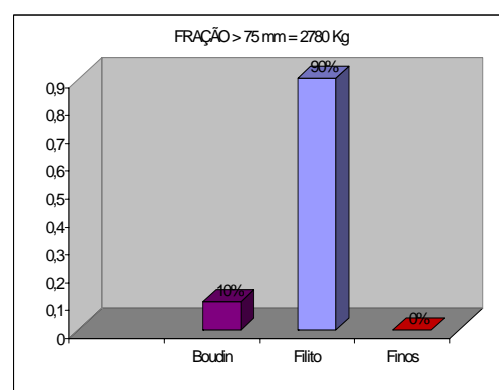
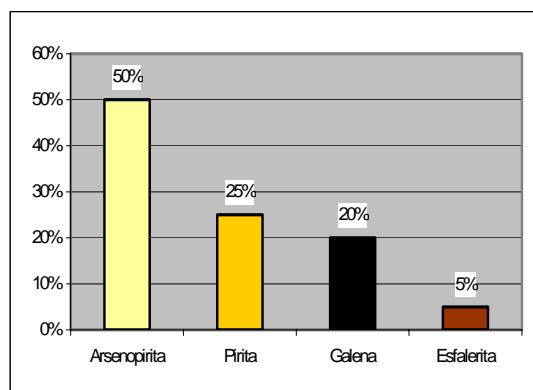


Gráfico 3 – Nesta fração como era de se esperar, a concentração de arsenopirita tende a aumentar uma vez notada em maior escala sua presença em boudins de menor tamanho.

Fração >31 mm

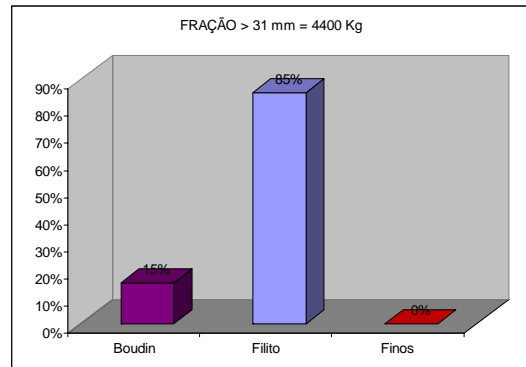
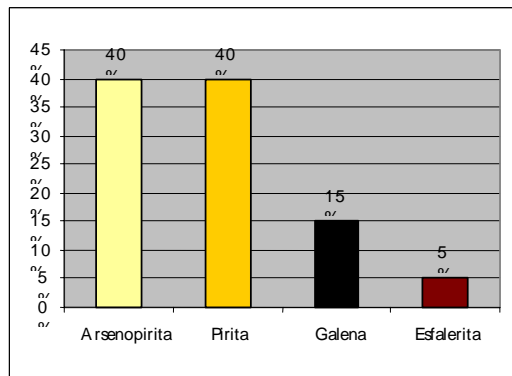


Gráfico 4 – Ainda predominando Pirita e Arsenopirita com boudins mantendo a faixa de 10 a 15%.

Fração < 31mm

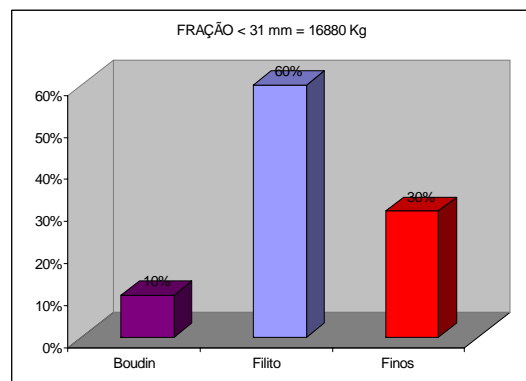
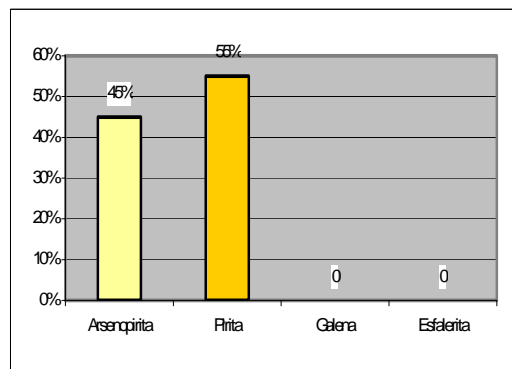


Gráfico 5 – Em uma análise a vista desarmada, predomina Pirita e Arsenopirita, tendo também uma maior concentração de material fino.

Amostra 2 (Banco 4N 06E 700m-Domínio 1)

Fração > 153 mm

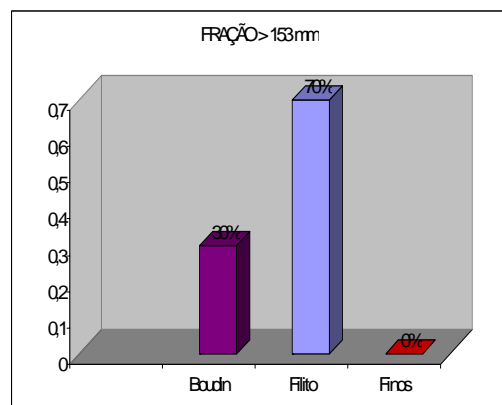
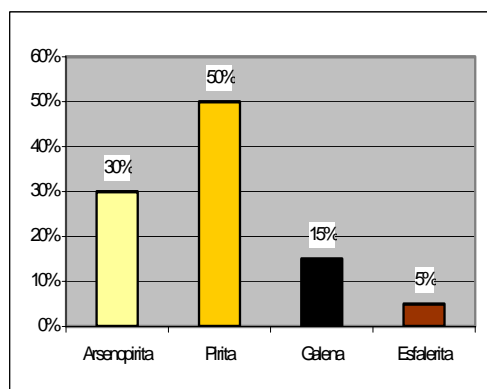


Gráfico 6 – Neste local existe uma maior concentração de boudins muito sulfetados, predominando a concentração de Pirita e Arsenopirita.

Fração > 75 mm

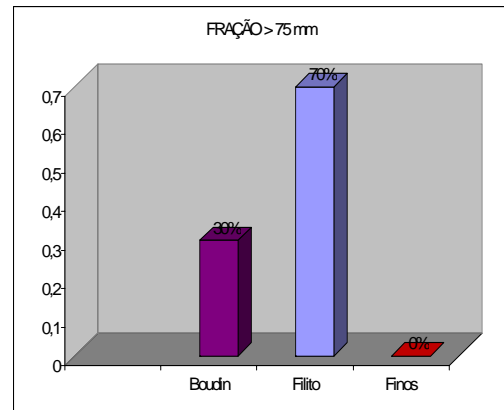
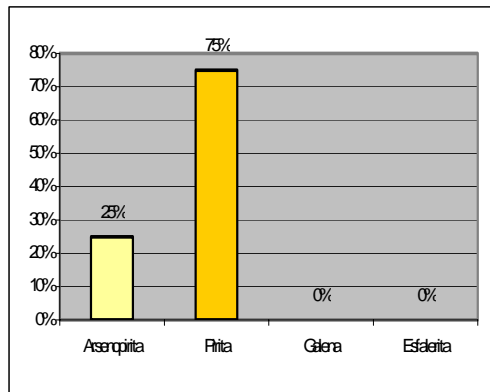


Gráfico 7 – Manteve o mesmo padrão anterior só que sem galena e esfalerita observadas.

Fração > 31 mm

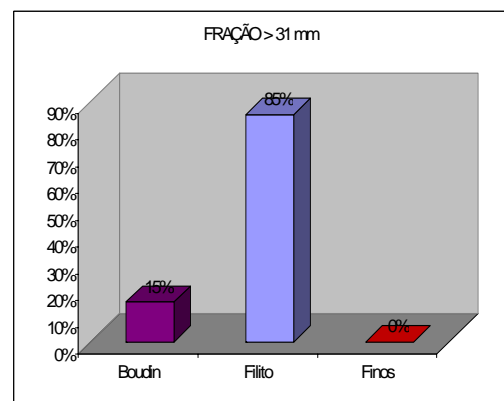
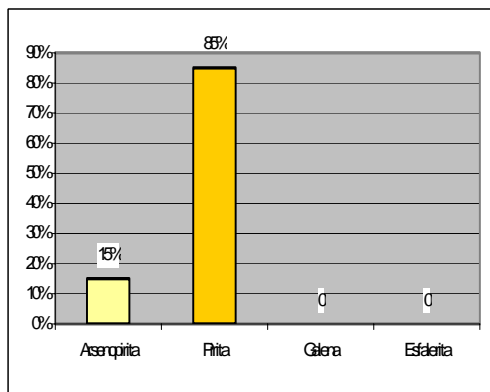


Gráfico 8 – Pouca Arsenopirita associada.

Fração < 31 mm

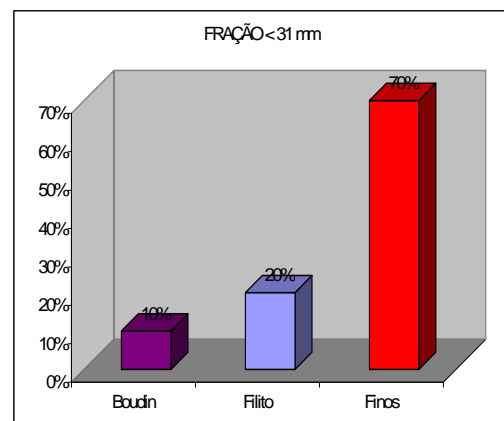
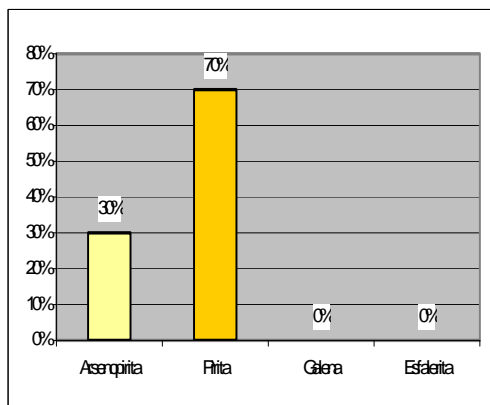


Gráfico 9 – Material muito fino com poucos boudins predominando Pirita e Arsenopirita, com uma grande concentração de finos.

13. MINERALOGIA DO MINÉRIO

Um estudo de maior detalhe das unidades mapeadas pôde ser realizado através de lâminas petrográficas. Esta etapa foi realizada utilizando-se um microscópio óptico petrográfico e teve como finalidade a identificação de características microscópicas das principais unidades mapeadas, contribuindo com informações para a interpretação estrutural e mineralógica da área em estudo. Foram analisadas cinco lâminas petrográficas, correspondentes ao Domínio 1 (MRO-28 e MRO-30) e Domínio 2 (MRO-25, MRO-27 e MRO-29).

Nos estudos petrográficos dos sericita-xistos da mina, foi possível observar a segregação de quartzo deslocados que provavelmente são dobras e os planos da superfície axial das dobras atuaram como plano de cisalhamento (provavelmente plano de milonitização) que foram reativados.

Os quartzos que formaram os boudins são muito antigos, mas ocorreu a existência de um quartzo tardio crescendo em fibras e em muitas vezes acompanhadas com a muscovita e carbonatos.

Algumas zonas são bem definidas por terem cristais de arsenopirita bem formados onde geralmente esses cristais aparecem quebrados (fraturados).

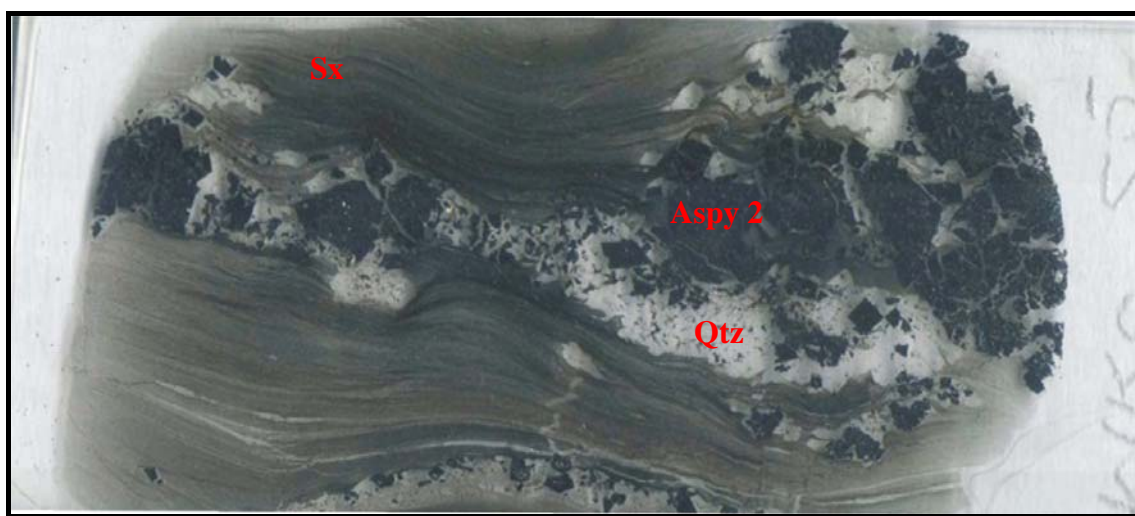
A presença de pirita também é marcante, morfológicamente está achatada junto com Sx ou em placas (muito observada no campo) devido a boudinagem e a deformação.

O surgimento da pirrotita geralmente está inclusa nos planos cristalográficos das arsenopiritas, a galena e a esfalerita tem uma associação muito próxima.

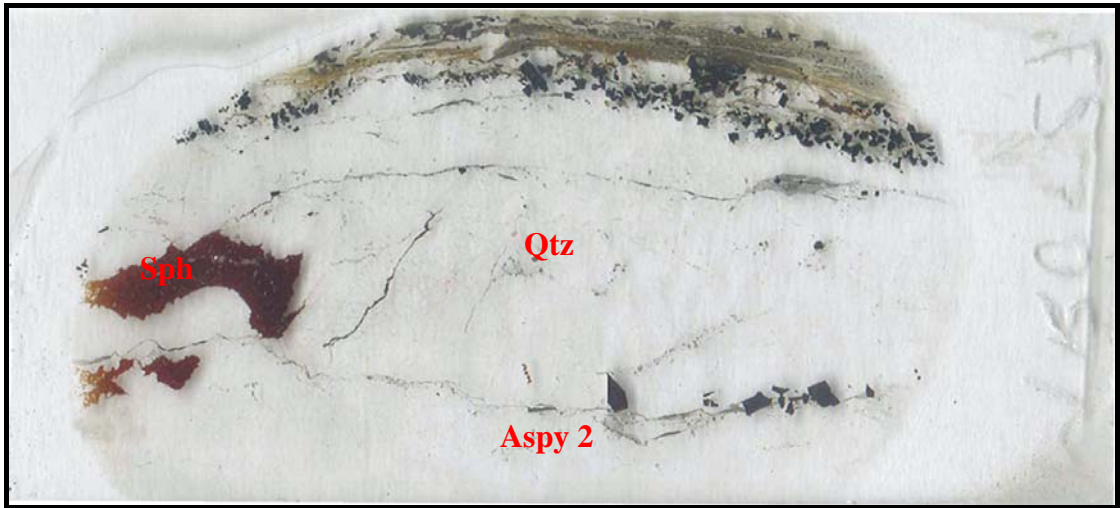
A sucessão mineral determinada por estudos petrográficos pode ser visualizada na tabela 3.

		Fase →	
		Ductil	Ductil-Rúptil
Minerais	Metamórfico	Cedo	Tarde
	Q		
	Boudin		Qfibras
	Muscovita		Muscovita
			Carbonatos
		Aspy1	Aspy2
		Po	
		Py1	Py2
			Sph
			Ga

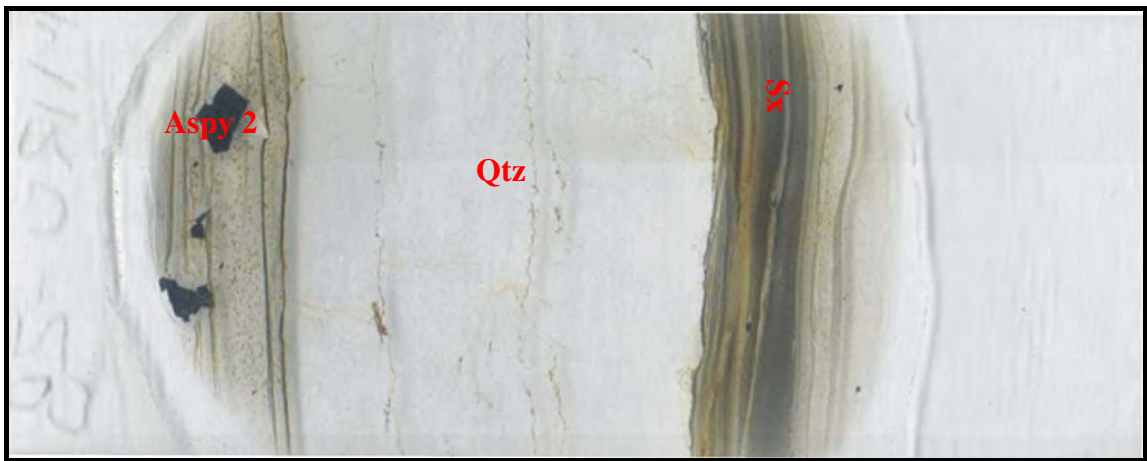
Tabela 3-Sucessão mineral representativa da mineralização do Morro do Ouro onde:Q (quartzo); Carb (carbonato); Aspy 1 (arsenopirita 1); Aspy 2 (arsenopirita 2); Po (pirrotita); Py 1 (pirita 1); Py 2 (pirita 2); Sph (esfalerita); Ga (galena).



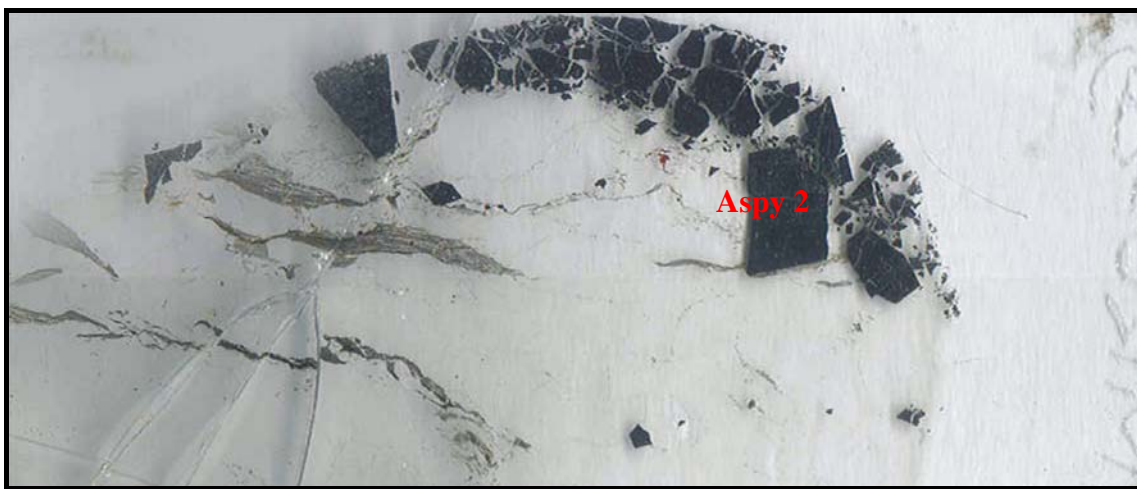
Lâmina MRO-25 mostrando a foliação principal bem marcada com pequenos boudins de quartzo cheios de cristais de arsenopirita (Aspy 2) bem desenvolvidos. Pertence ao Domínio 2 região do Monteiro onde o corpo é considerado como calha.



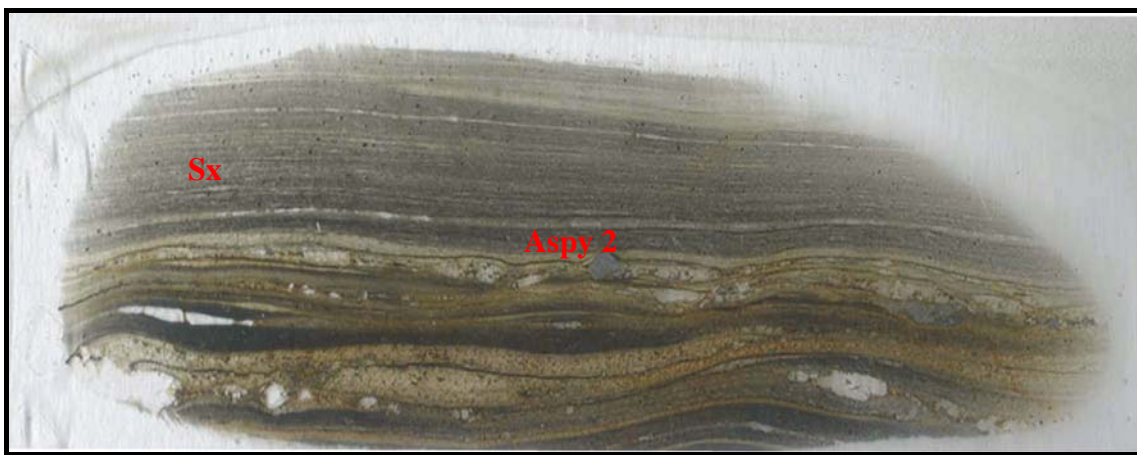
Lâmina MRO-27 Boudin de quartzo com cristais bem formados de arsenopirita na borda. É possível notar a presença de esfalerita e de galena. Lâmina pertencente ao Dominio 2.



Lâmina MRO-28 Rocha com cristais bem formados de arsenopirita (Aspy 2) dentro de uma matriz sericítica. Pirrotita também foi observada. Lâmina pertencente ao Dominio 1.



Lâmina MRO-29 Rocha do Domínio 2, com cristais de arsenopirita e de galena bem formados. Alguns cristais de arsenopirita encontram-se pressionados a outros cristais de arsenopirita



Lâmina MRO-30 Rocha da região do Domínio 1 com microboudins de quartzo em alguns casos o quartzo apresenta geminação induzida por esforço. Dois tipos de arsenopirita foram identificados (Aspy 1 e Aspy 2) onde a maioria cresceu orientada com a xistosidade. Carbonatos foram observados crescendo ao redor de grãos de quartzo.

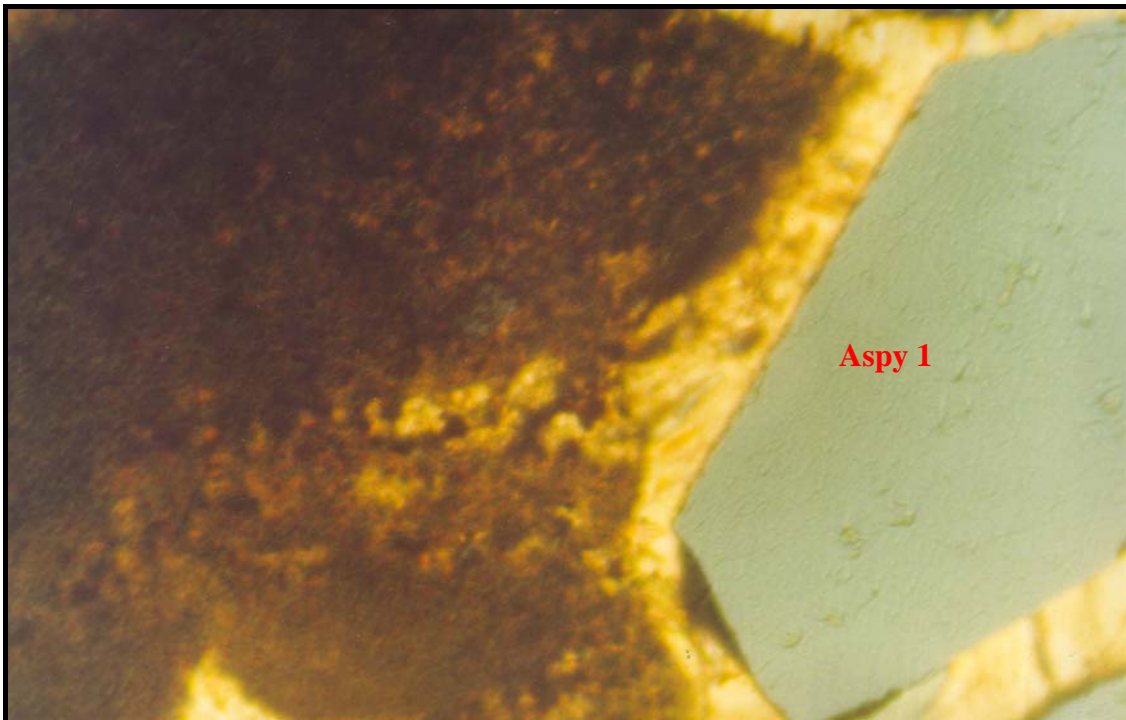


Foto 11 – (MRO-25) Foto tirada em luz transmitida e refletida onde há a Presença de quartzo fibroso na borda da arsenopirita.

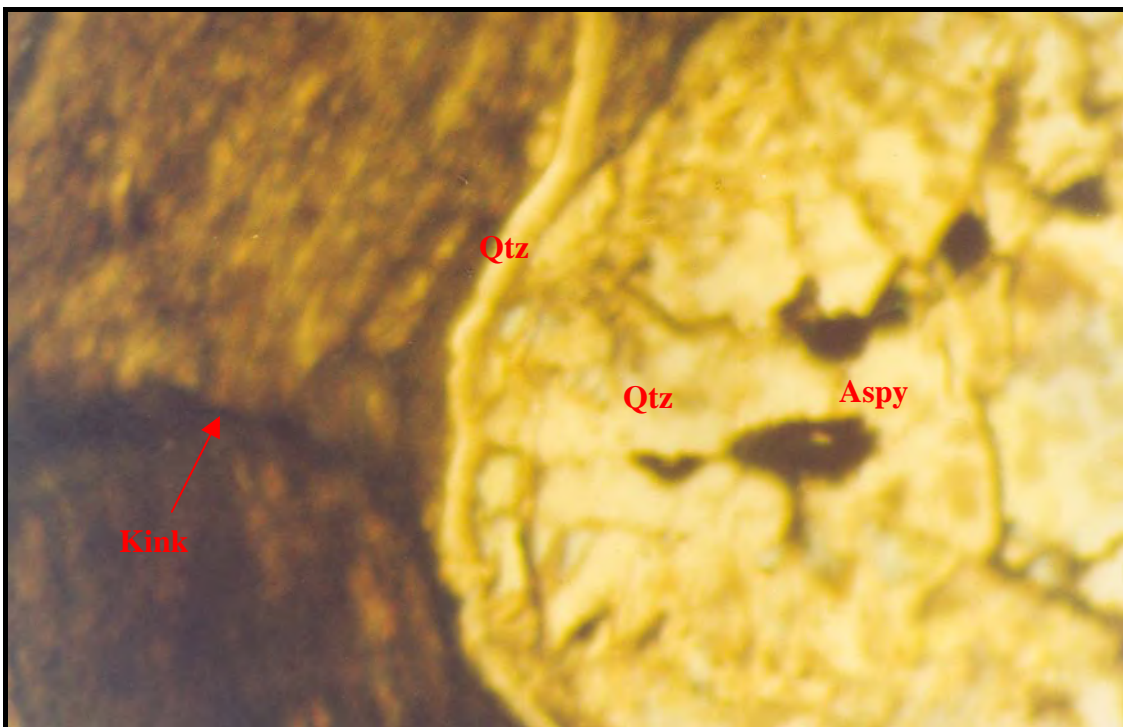


Foto 12-(MRO-25)- Luz transmitida e refletida onde foi possível identificar estruturas como kinks em escala microscópica, onde tais estruturas ocorrem em grande escala em toda a extensão da mina.

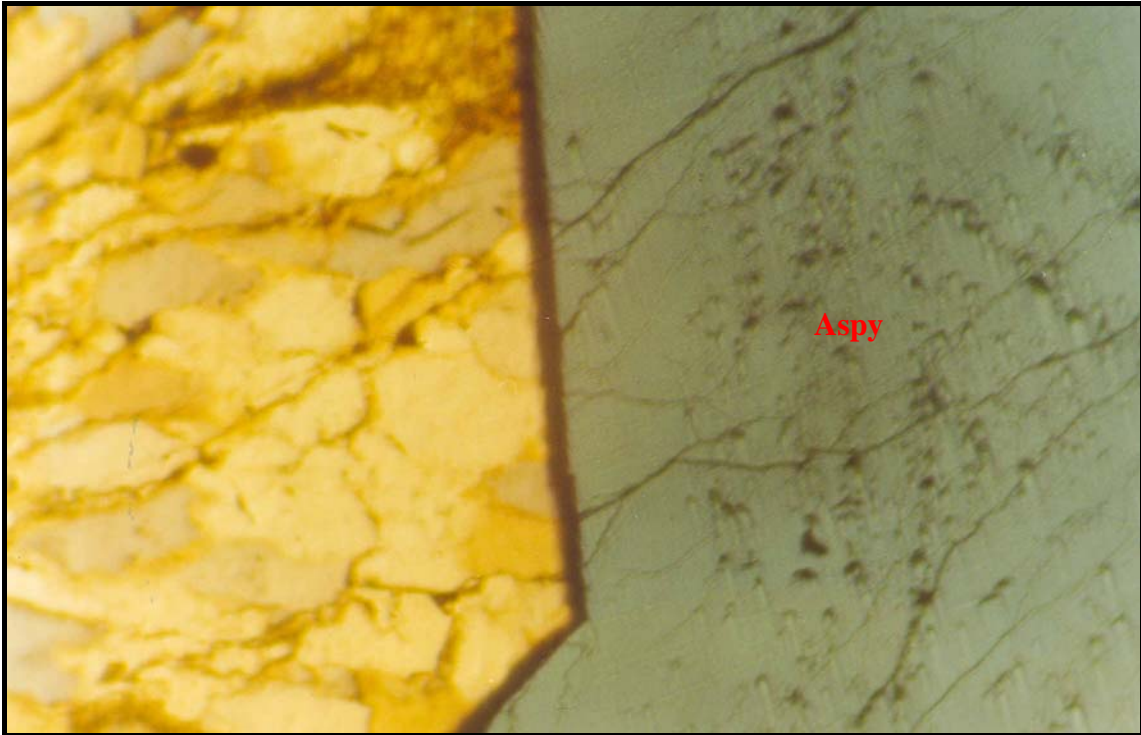


Foto 13-(MRO-28)-Foto em luz transmitida e refletida mostrando cristal bem formado de arsenopirita(Aspy 2), em contato com quartzo.

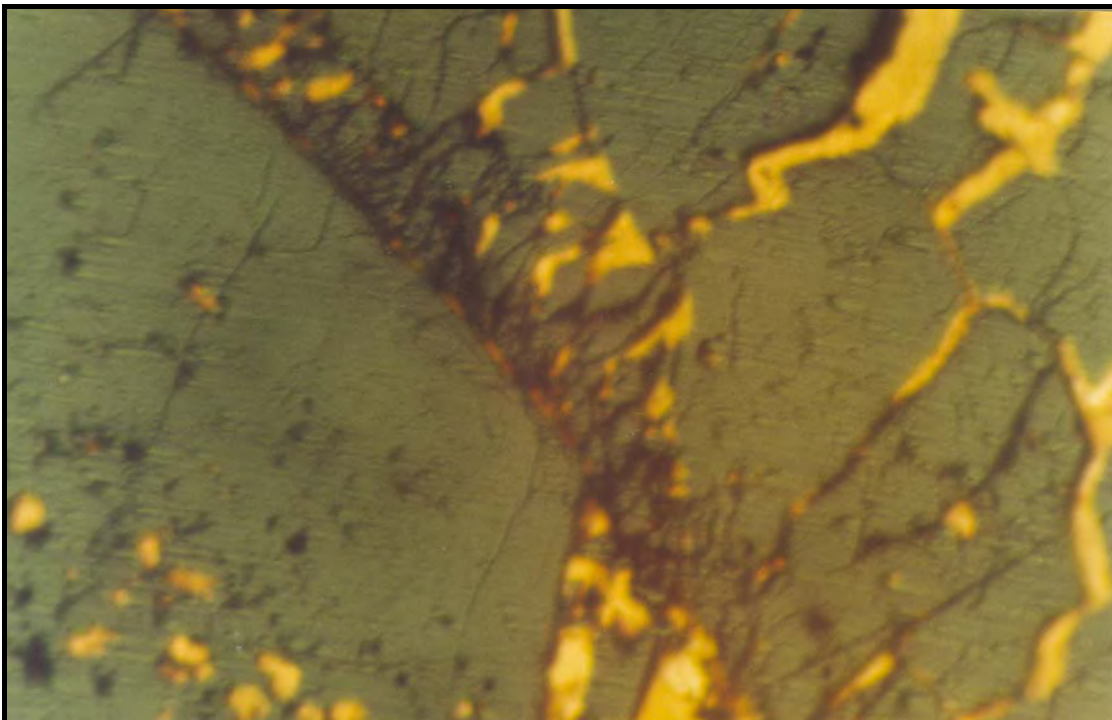


Foto 14-(MRO-29) Foto em luz transmitida mostra a presença de duas arsenopiritas.

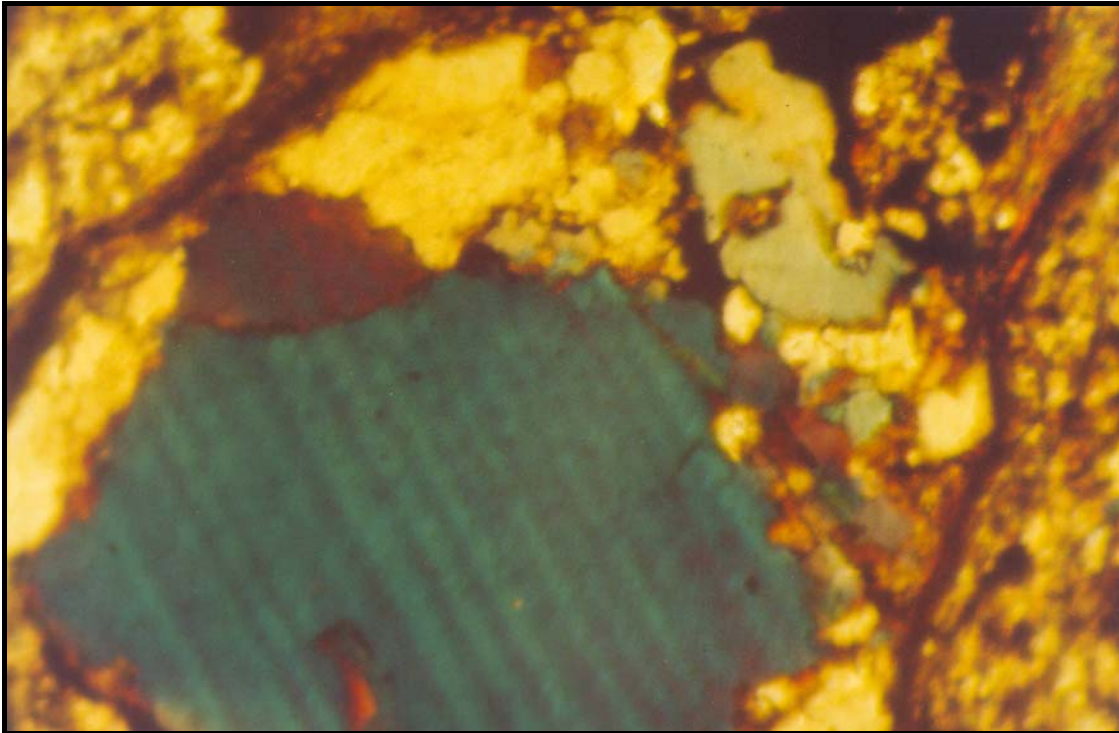


Foto 15-(MRO-30) Foto tirada em luz transmitida e refletida de uma sessão da lâmina gerada através do filito, onde é possível a identificação de um quartzo com geminação induzida por esforço, estrutura que não é comum entre os quartzos.

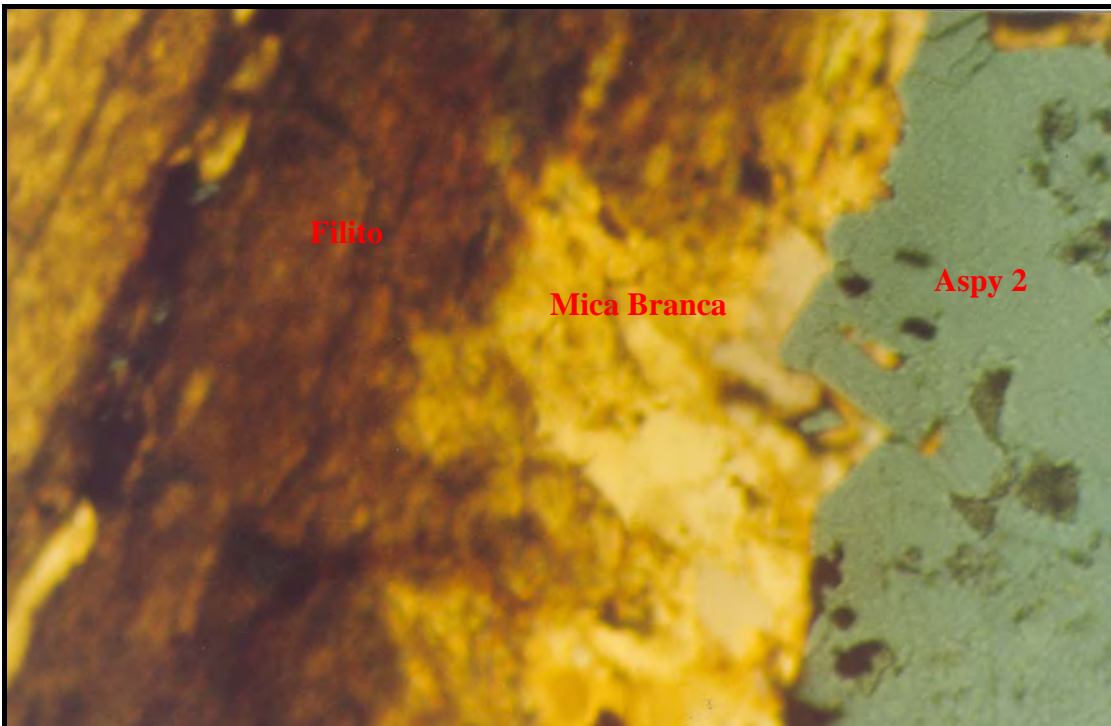


Foto 16-(MRO-25) Foto em luz transmitida e refletida onde na borda do filito aparacem vênulas de mica branca que contornam também o cristal de arsenopirita (Aspy 2), e na borda da arsenopirita também se vê a presença de quartzo grosso.

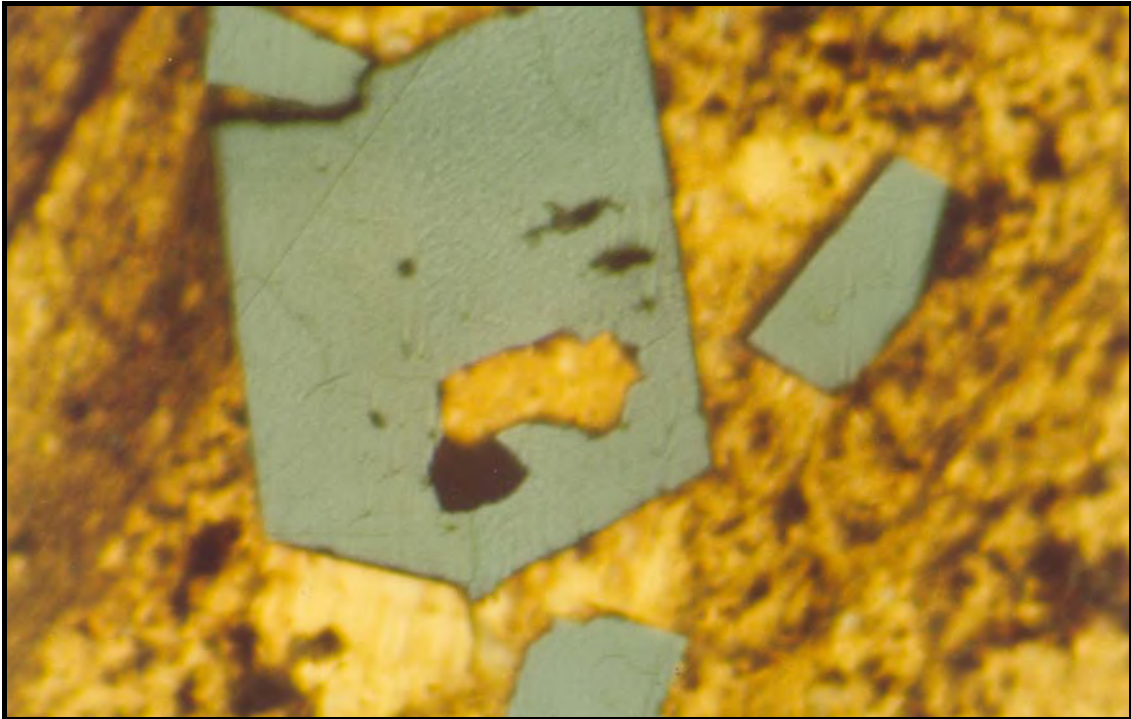


Foto 17-(MRO-25) Foto em luz transmitida e refletida mostram cristais bem formados de arsenopirita com fibras de muscovita na matriz.

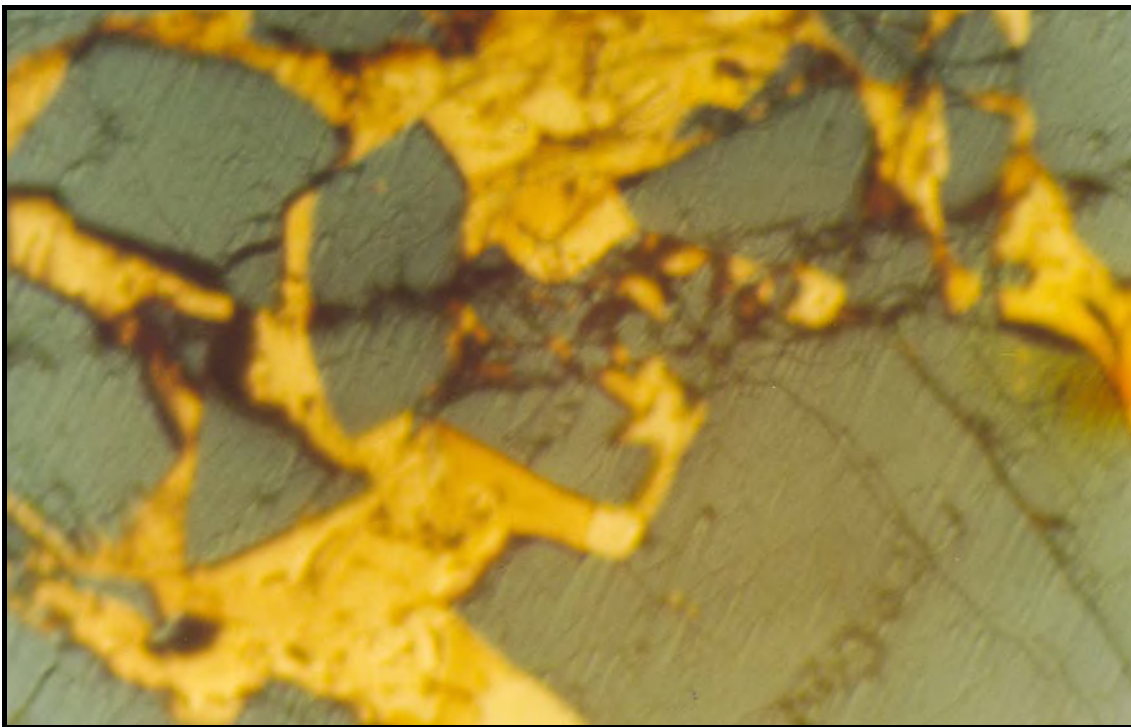


Foto 18-(MRO-28) Foto em luz transmitida e refletida mostra presença de muscovita preenchendo espaços vazios entre as arsenopiritas, crescendo em zona de sombra de pressão.

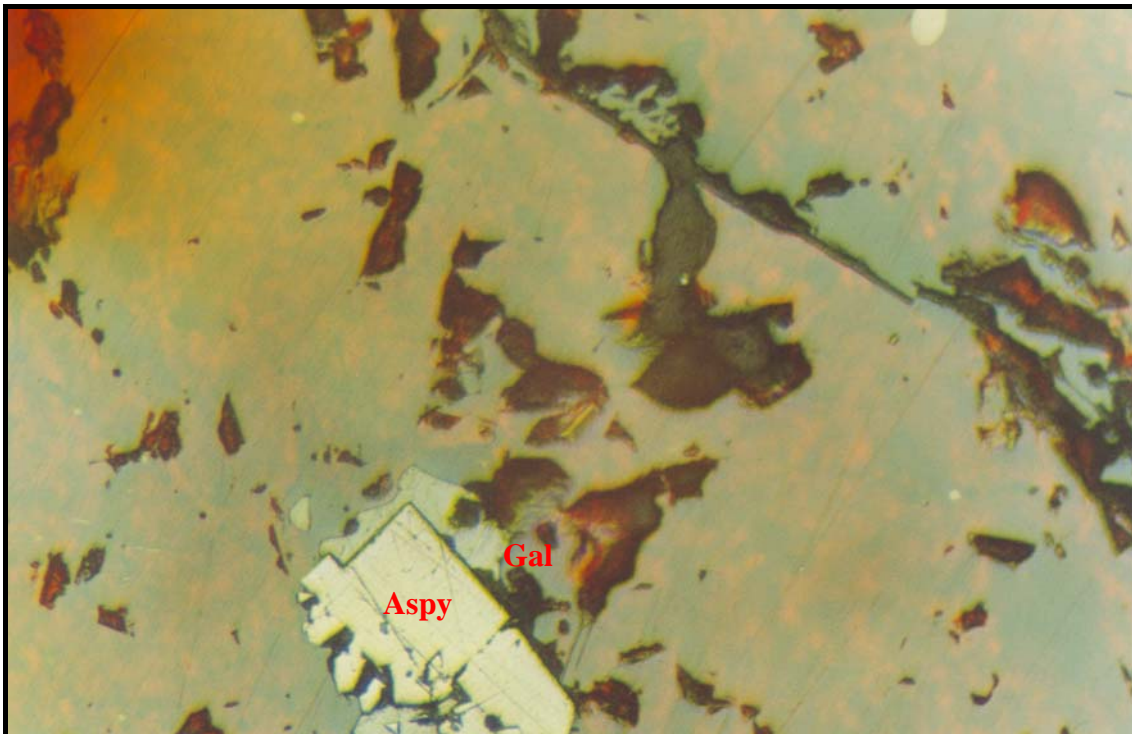


Foto 19-(MRO-27) Foto em luz transmitida e refletida mostrando cristal de arsenopirita com crescimento na borda de galena.

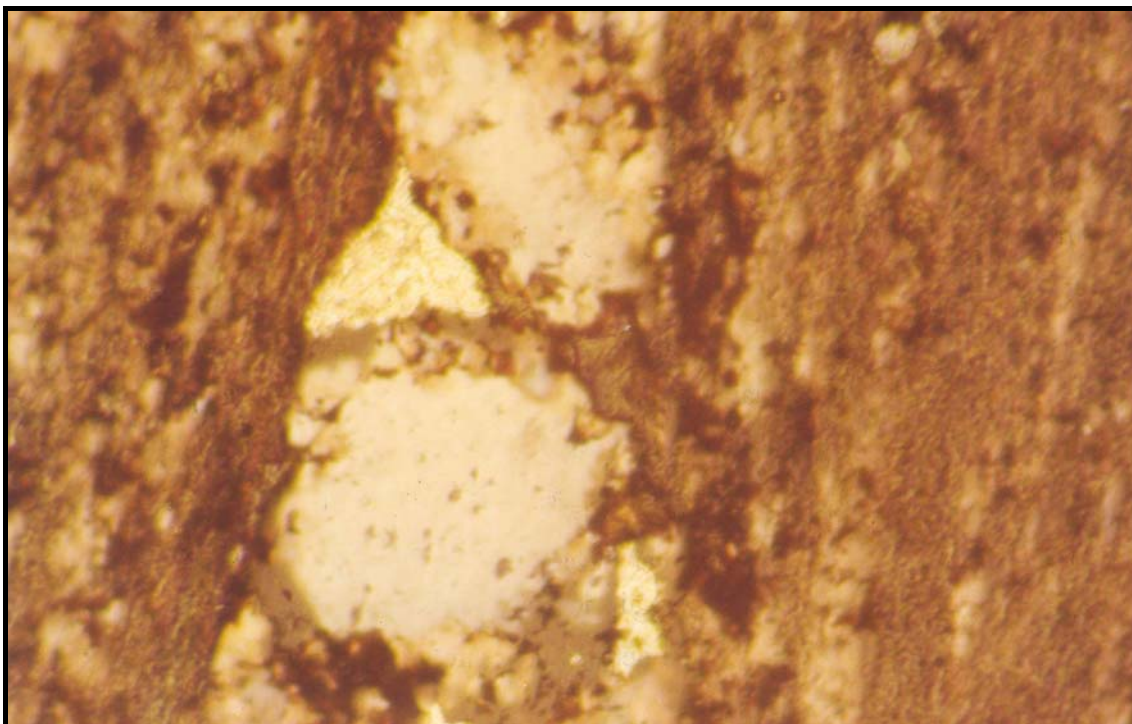


Foto 20- (MRO-30) Foto tirada em luz transmitida onde grãos de quartzo apresentam um crescimento na borda de carbonato, por ultimo uma arsenopirita definindo uma possível gênese de crescimento começando com o quartzo depois o carbonato e então a arsenopirita.

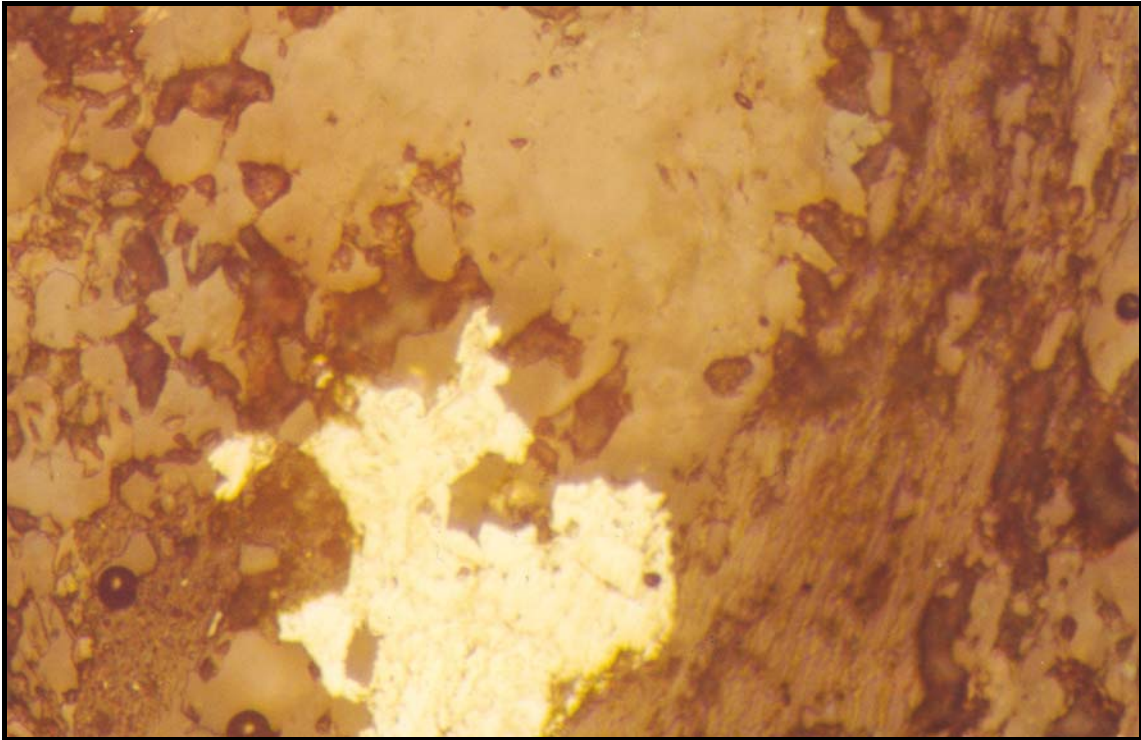


Foto 21- (MRO-30) Foto em luz transmitida mostrando a relação entre o quartzo e a arsenopirita.

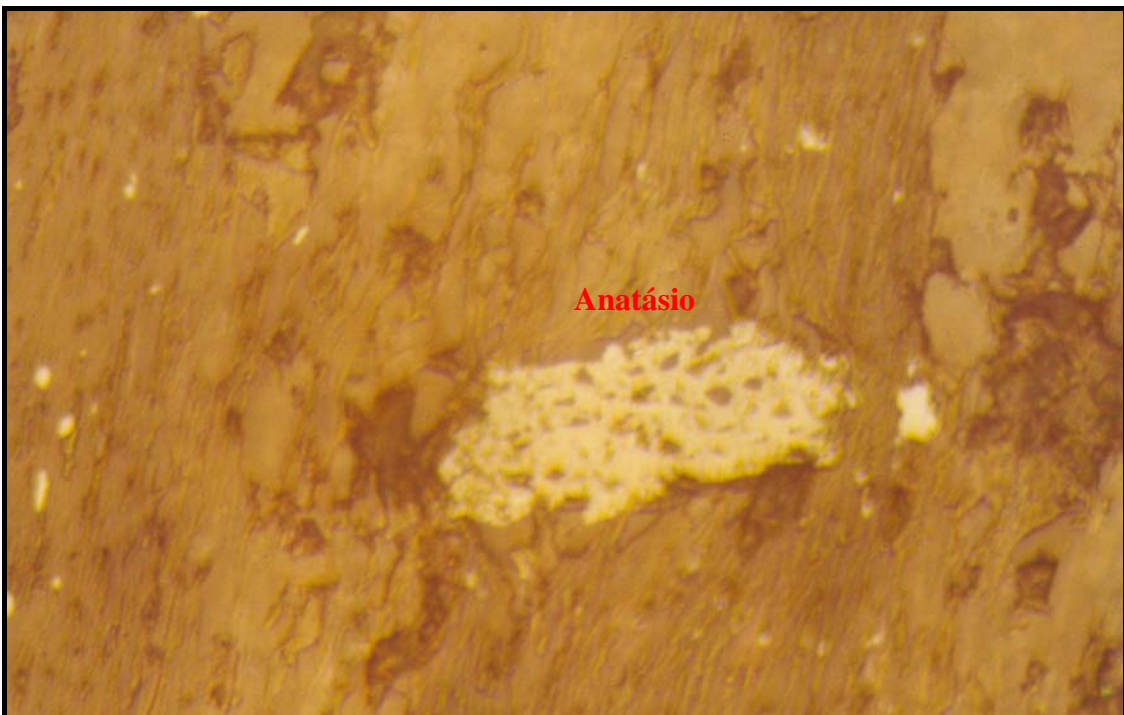


Foto 22- (MRO-30) Foto em luz transmitida onde os cristal de anatásio rotacionado, envolvida por mica branca que por sua vez é uma banda mais pelítica, cheia de inclusões.

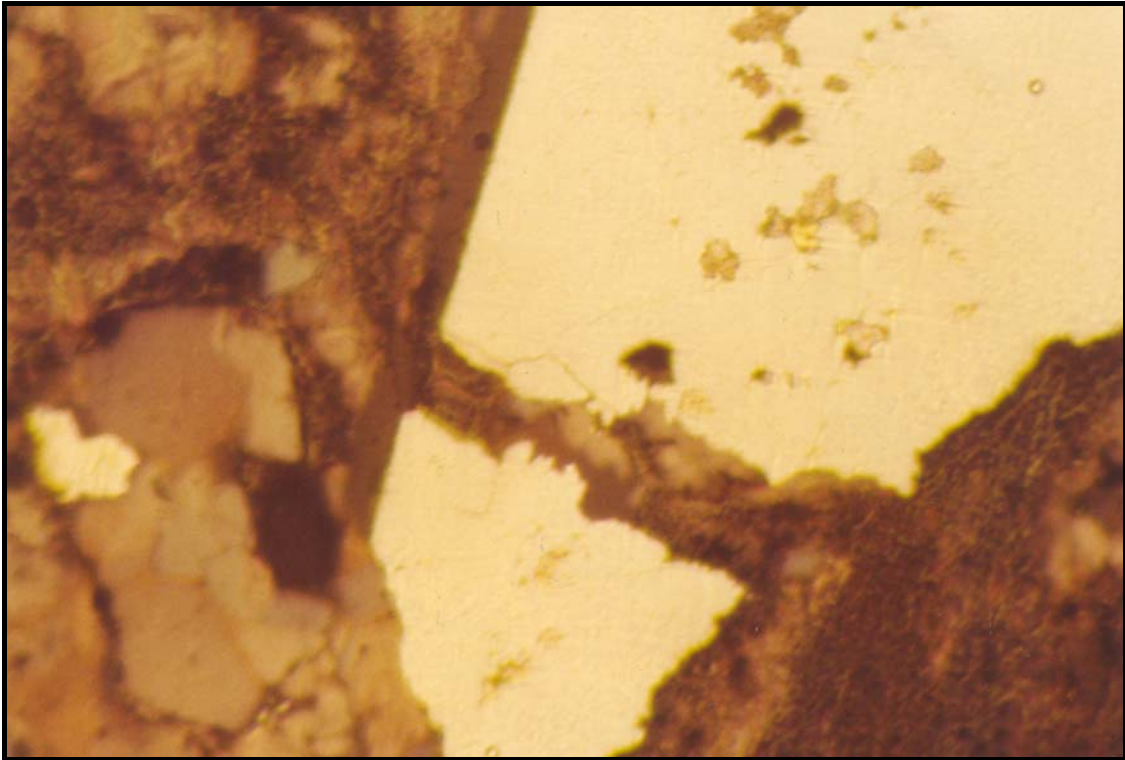


Foto 23- (MRO-25) Foto tirada em luz transmitida mostrando zona de brecha com cristal fraturado de arsenopirita (mostrando uma distensão do cristal), mostrando uma recrystalização nas bordas de quartzo e mica branca.

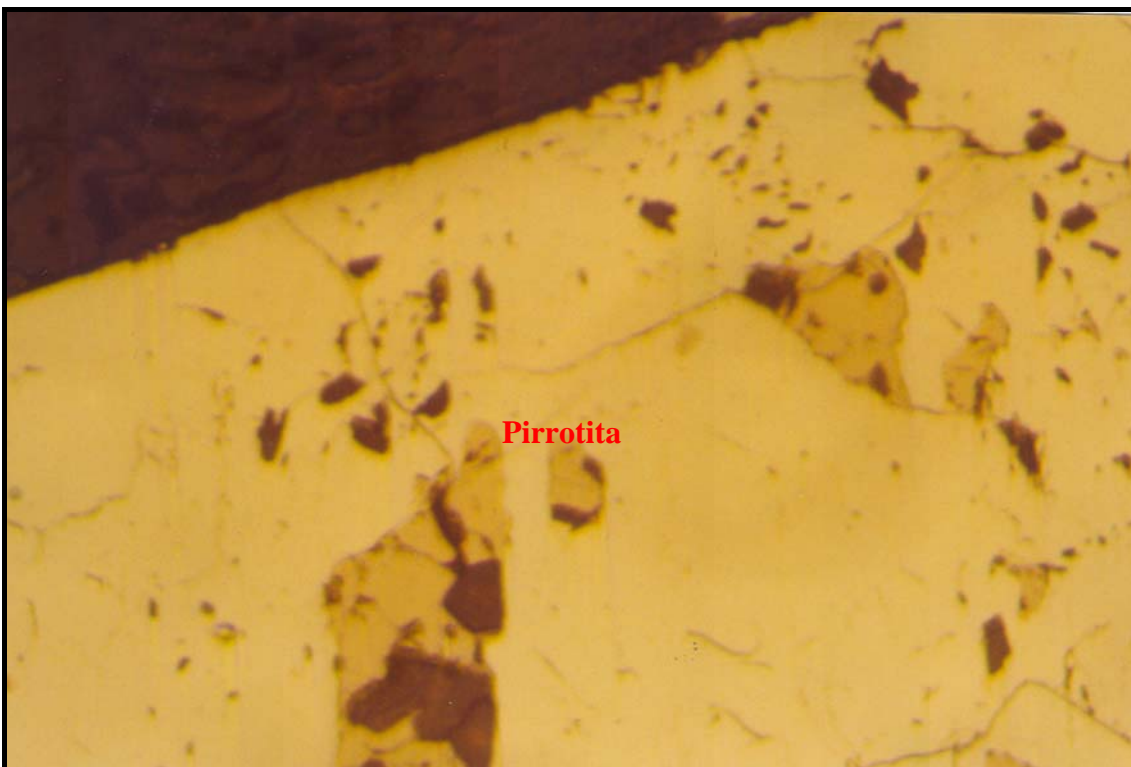


Foto 24-(MRO-28) Foto em luz transmitida onde a pirrotita encontra-se inclusa no cristal de arsenopirita.

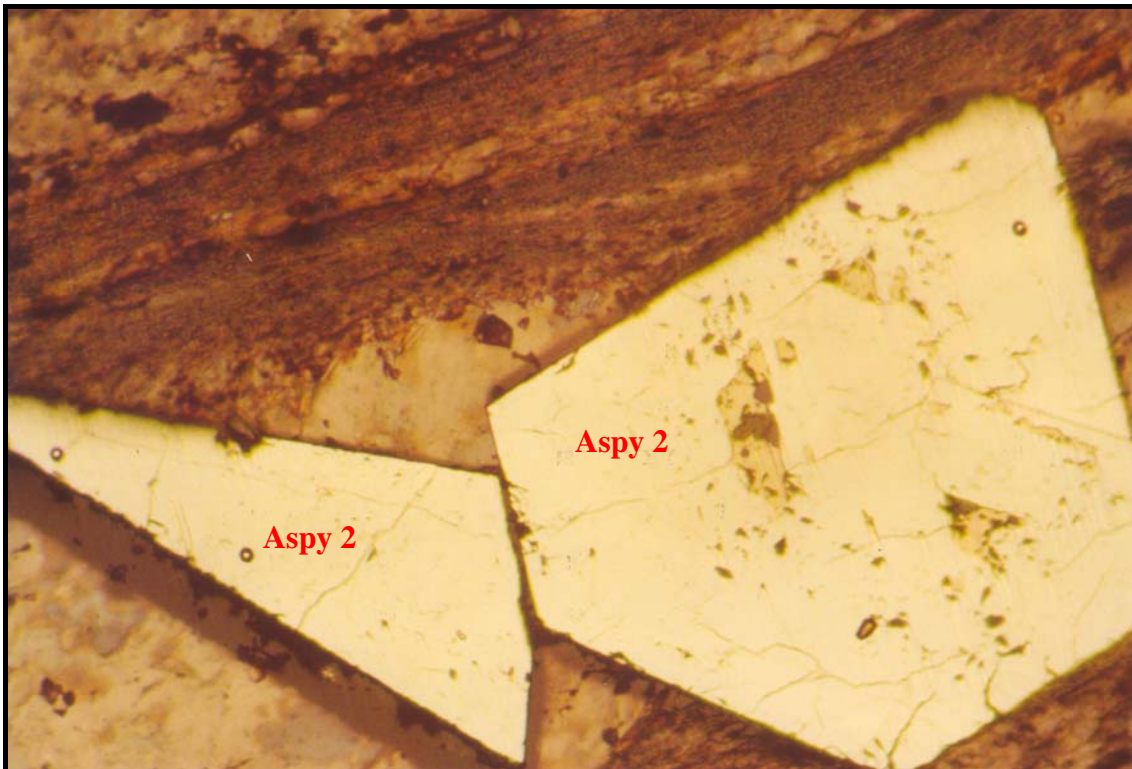


Foto 25-(MRO-28) Foto tirada em luz transmitida onde os cristais de arsenopirita são envolvidos por uma matriz micácea. A aspy 2 apresenta inclusões de pirrotita.

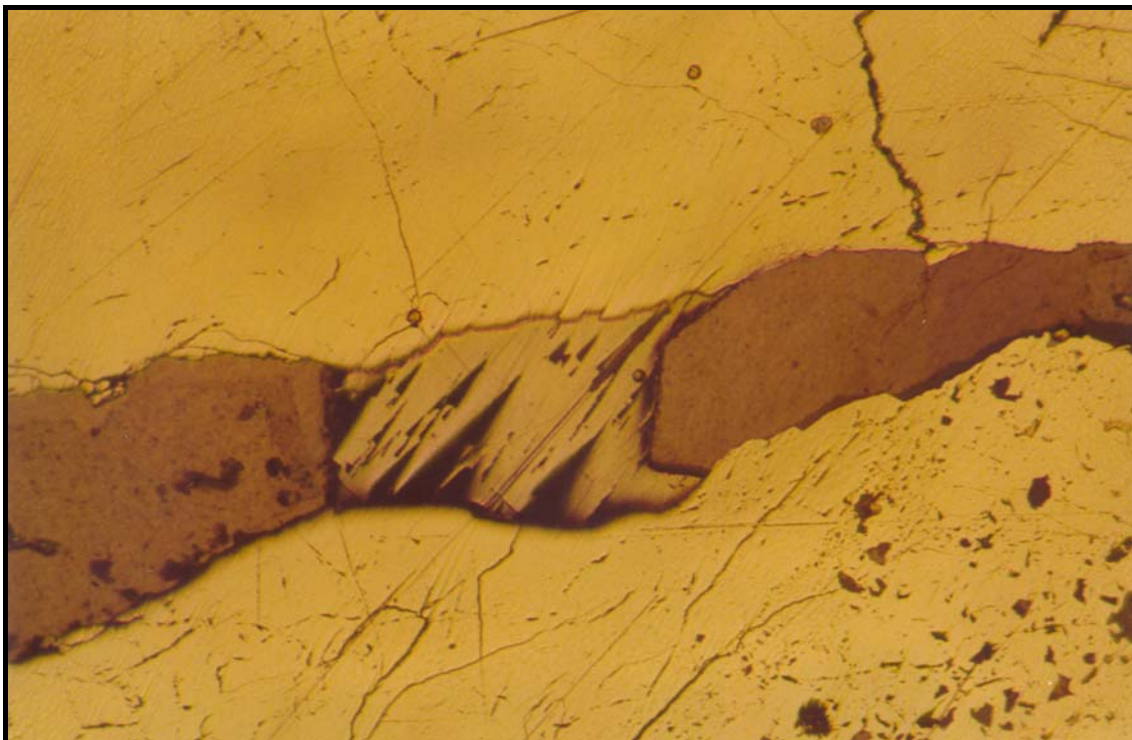


Foto 26-(MRO-29) Foto em luz transmitida, mostra o crescimento de galena na borda da pirrotita.

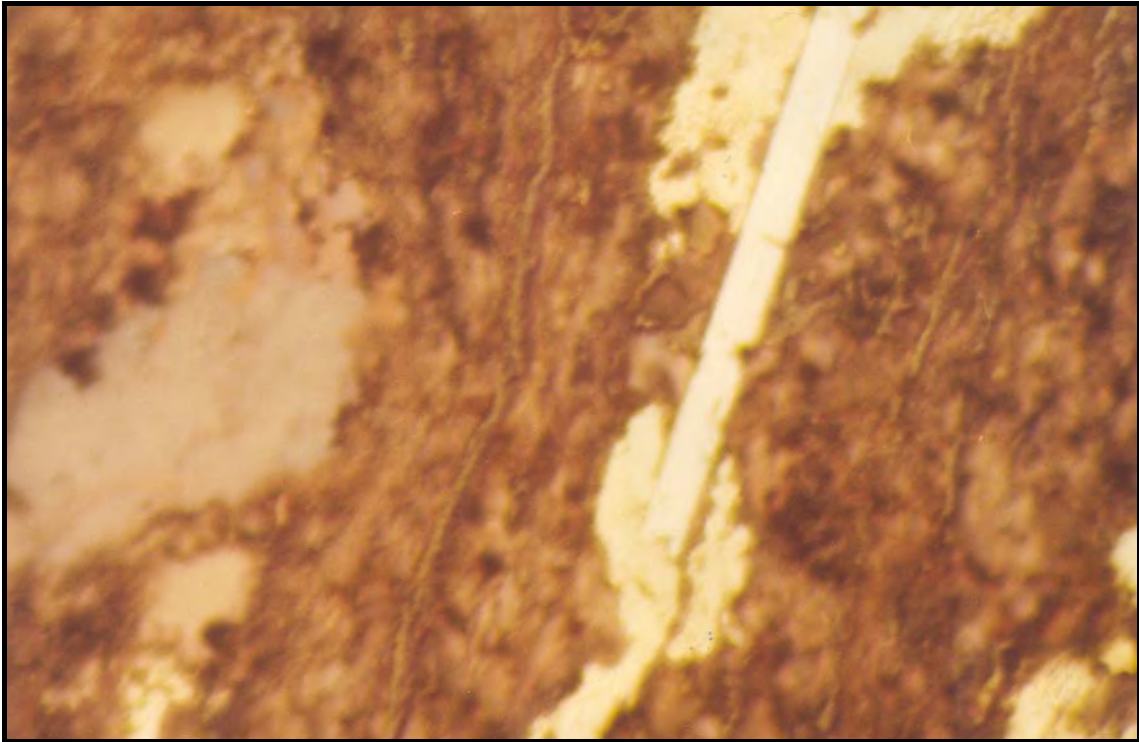


Foto 27-(MRO-30) Foto tirada em luz transmitida mostrando as duas arsenopiratas (Aspy 1 e Aspy 2)

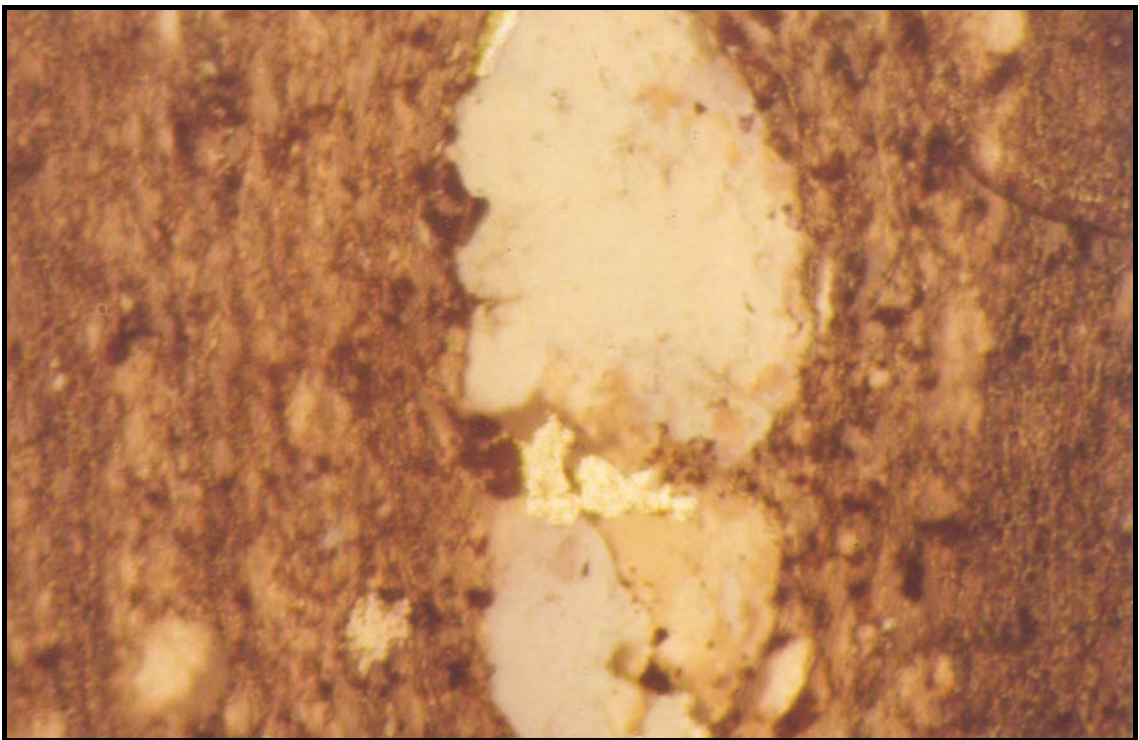


Foto 28-(MRO-30) Foto tirada em luz transmitida onde ocorre grão de quartzo com crescimento de carbonato na borda, por fim ocorreu um crescimento de Aspy 1.



Foto 29-(MRO-30) Foto tirada em microscópio eletrônico com luz transmitida onde é possível observar a existência de duas arsenopiritas, primeiramente uma mais antiga (Aspy 1), com uma orientação mais marcada pela direção de xistosidade, e outra mais nova gerada através da recrystalização (Aspy 2).

14. CONCLUSÕES

A mineralização aurífera do Morro do Ouro é controlada pela tectônica, onde os flúidos hidrotermais se alojaram ao longo da zona de boudins.

Os sulfetos foram depositados segundo a sucessão: ductil (cedo) com o crescimento de arsenopirita (primária), pirrotita e pirita (primária); ductil-ruptil (tarde) com o crescimento de quartzo em fibras, muscovita carbonatos e fechando com cristais bem formados de arsenopirita (Aspy 2) esfalerita e galena.

A lineação mineral marcada na rocha é coincidente com o padrão de distribuição de “E”, sendo muito importante para guia de prospecção mineral. Regiões da mineração com uma maior concentração de boudins de espessura que variam de 15 a 30 cm de eixos “e”, “h” e “E”, tendem a ter uma maior concentração de sulfetos e conseqüentemente um maior teor em ouro.

A distribuição dos kinks na mina variam de 20-90° com mergulho acentuado podendo atingir até 85°. Essa estrutura é a principal responsável pela mudança de direção das maiores elongações dos boudins, porém não interferem na mineralização.

As zonas onde as dimensões dos boudins são menores e mais oblatos, concentram mais arsenopirita e conseqüentemente maior teores de ouro.

15. BIBLIOGRAFIA

Biondi J. C. 2003 – Processos Metalogenéticos e os Depósitos Minerais Brasileiros

Campos Neto, M.C. 1984. Geometria das fases de dobramento brasileiro superposto no oeste de Minas Gerais. Rev. Bras. Geoc., 14 (1): 60-68

Dardenne, M. A. 1972. A mineralização sulfetada de Pb-Zn de Morro Agudo (MG, Brasil) In: Congresso Brasileiro de Geologia., Belém, 1972.

Dardenne, M. A. 1978. Geologia da região de Morro Agudo (Minas Gerais). Bol. Infor.

Dardenne, M. A. 1978. Zonação tectônica na borda ocidental do cráton do São Francisco. In: Congresso Brasileiro de Geologia., Recife.

Moller, J.C; Batelochi, M; Akiti, Y; Sharratt, M; Landi, A. 2001. A Geologia e a Caracterização dos Recursos Minerais do Morro do Ouro, Paracatu, MG.

Freitas-Silva, F.H. 1996 – Metalogênese do Depósito do Morro do Ouro, Paracatu, MG. Tese de Doutorado, Universidade de Brasília.

Ramsay, J.G. 1962. The geometry of conjugate gold system. Geol. Mag.

Ramsay, J.G. 1980. Shear zone geometry: a review. J. Struct. Geol.

Ramsay, J.G. & Huber, M. I. 1987. The techniques of modern structural geology. London, Academic Press. V.