

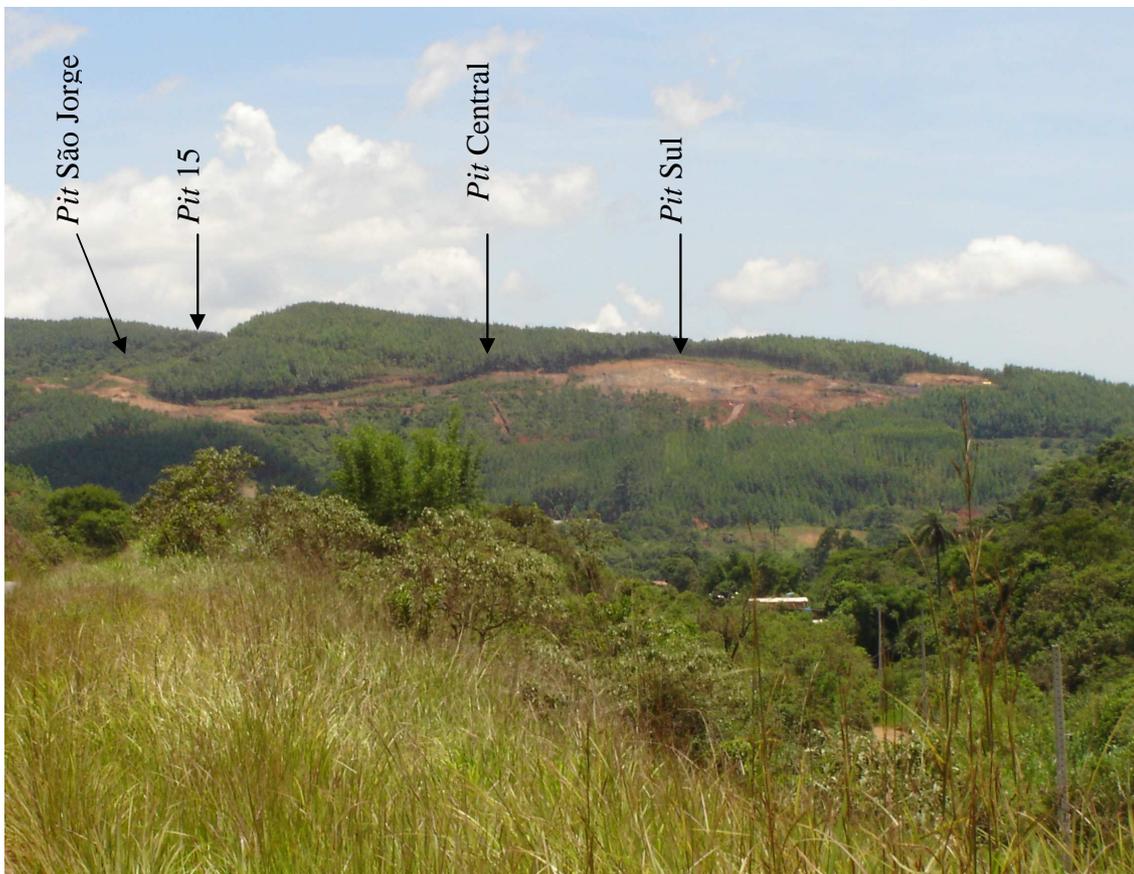
6.3 MINERALIZAÇÕES AURÍFERAS DO DEPÓSITO PILAR

6.3.1 - CARACTERÍSTICAS DO DEPÓSITO

O Depósito Pilar é um depósito de ouro orogênico (Groves *et al.* 1998), mesotermal, desenvolvido em ambiente de tectônica compressional, de caráter epigenético, encaixado em rochas intensamente hidrotermalizadas e estruturalmente controladas.

O potencial aurífero do projeto já havia sido atestado pelas inúmeras escavações feitas pelos garimpeiros antigos e pelos trabalhos desenvolvidos anteriormente pela Cia. Vale do Rio Doce (CVRD) e pela São Bento Mineração Ltda., subsidiária do Grupo Eldorado Gold Corporation.

A estrutura mineralizada tem aproximadamente 800 metros, segundo o *strike*, e aproximadamente 200 metros de largura, com as maiores espessuras dos corpos localizadas na zona de charneira e com profundidade cujo recobrimento é de mais de 400 metros na vertical.



Prancha 22 - Visão geral e localização dos principais alvos mineralizados em ouro do Depósito Pilar e lavrados a céu aberto. Em primeiro plano, vista da rodovia de ligação Barão de Cocais - Santa Bárbara, com tomada de NW para SE. A charneira da dobra está localizada no Pit São Jorge.

O Depósito Pilar é constituído por quatro alvos denominados de *Pit* São Jorge, *Pit* 15, *Pit* Sul e *Pit* Central (Prancha 22, Figura 21 e Anexo 2) e estão localizados em posições distintas dentro da estrutura mineralizada.

O *Pit* São Jorge (Figura 22) está localizado na porção NE da área do depósito e na zona de charneira da dobra maior mapeada na área. Em campo, este alvo se apresentava como uma imensa escavação com mais de 200 metros de comprimento e pelo menos 40 metros de profundidade, escavação esta que circundava toda zona de charneira da dobra mapeada em campo. A mineralização neste *Pit* está relacionada a corpos de minério hospedados em formação ferrífera bandada e em xistos máficos cisalhados, com veios quartzo-carbonáticos ricos em sulfetos.

Identifica três corpos mineralizados principais dentro deste alvo, cujas espessuras podem variar de alguns centímetros até 15 metros na zona de espessamento da charneira, e dois menores sub-paralelos às zonas de empurrão, e que não têm continuidade expressiva em profundidade. No *Pit* São Jorge existem dois corpos de minério modelados, de acordo com a capa e a lapa da dobra, e rompido por falhas posteriores e de caráter dextral. O terceiro corpo principal está localizado na interface da zona de empurrão, no contato entre a rocha máfica e a ultramáfica, com a mineralização restrita à primeira delas. Este alvo é o principal horizonte e constitui cerca de 80% da reserva total do depósito. Os teores econômicos nestes corpos podem variar até 30 g/t Au em zonas com alta concentração de arsenopirita.

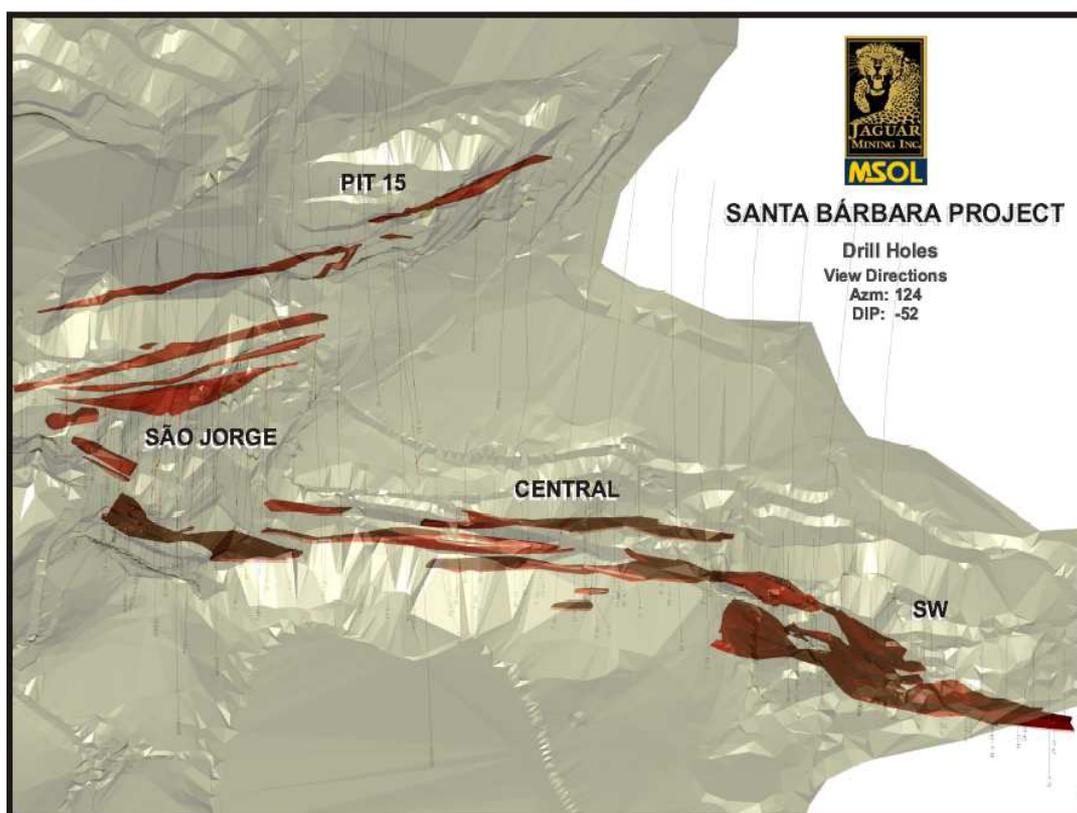


Figura 21 - Visão geral, sem escala, do comportamento dos corpos mineralizados nos principais alvos do depósito. A visão foi gerada a partir da direção 124° az em um ângulo de visão com inclinação de -52°. O *Pit* São Jorge corresponde à charneira da dobra maior e, neste setor, observa-se que os corpos mineralizados estão rompidos por falhas posteriores (compilado dos arquivos da MSOL/Jaguar Mining Inc., 2006).

O *Pit* 15 está localizado imediatamente a S-SE do *Pit* São Jorge e está relacionado à ocorrência de veios quartzo-carbonáticos em níveis estreitos de formação ferrífera bandada, localizada dentro da seqüência de rochas máficas posicionadas dentro das Zonas de Cisalhamento Principal, de *trend* NE-SW e mergulhos da ordem de 50° SE.

A mineralização existente no *Pit* Sul (Figura 23) é uma continuidade da formação ferrífera dos *Pits* São Jorge e Central, que também apresenta uma zona de dobramento com corpos de minérios se concentrando na charneira destas dobras. Este alvo exibe um espessamento em superfície de forma que tanto os corpos mineralizados, quanto a formação ferrífera, apresentam-se com espessuras maiores do que 10 metros. No entanto, observa-se que tanto nos furos de sondagem como durante o desenvolvimento da lavra, a espessura dos corpos mineralizados se estabilizam e ficam em torno de 2,0 à 3,0 metros.

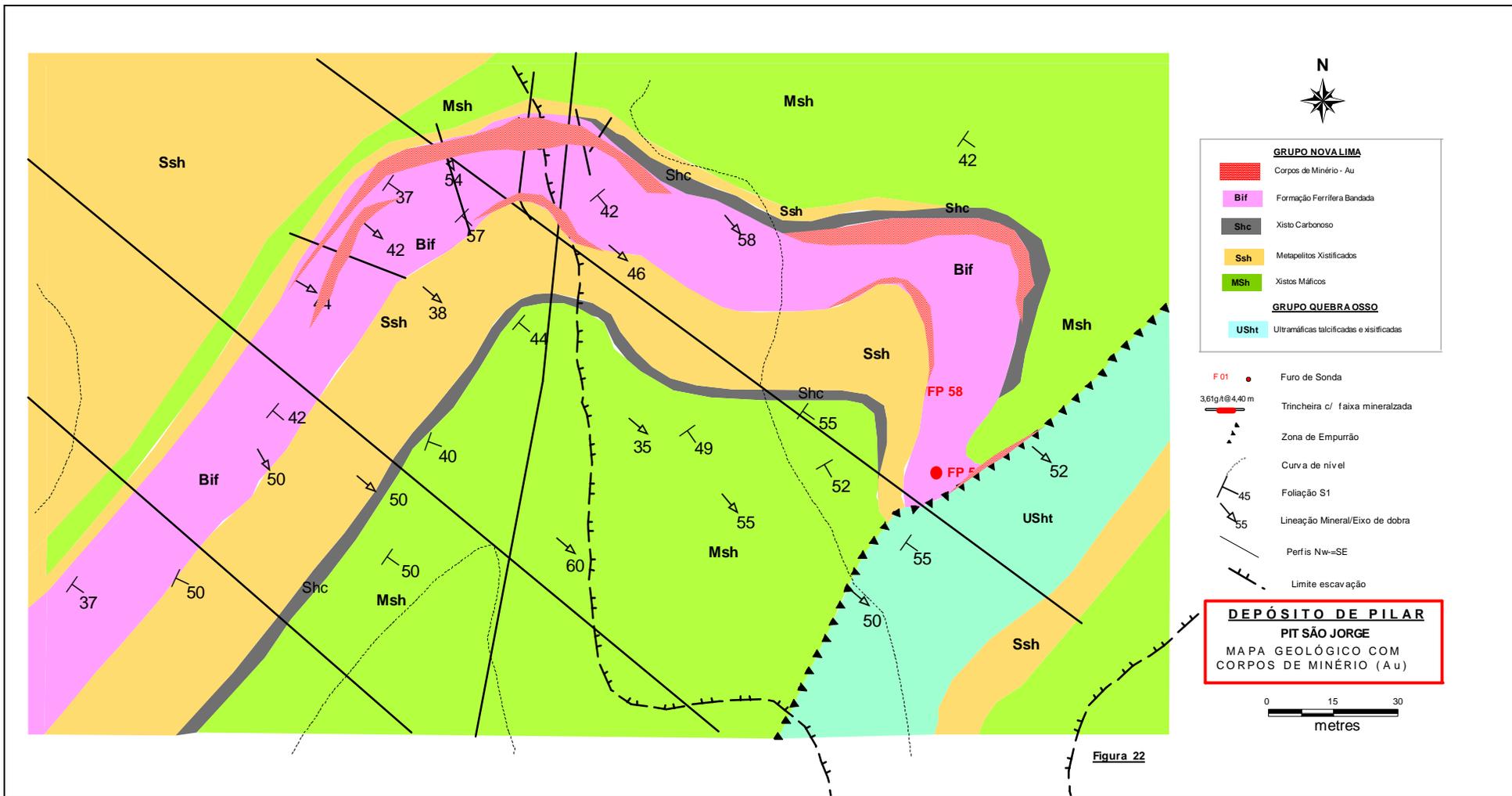
No *Pit* Central, a mineralização é a extensão dos corpos encontrados tanto no *Pit* São Jorge quanto no *Pit* Sul, tendo como principal hospedeira a formação ferrífera, sulfetada, com espessura da ordem de 2,0 metros. A mineralização neste alvo é pouco expressiva, não tendo uma contribuição em termos de volume de minério no contexto do depósito.

Os corpos mineralizados no Depósito Pilar são alongados segundo a foliação principal S₁, com padrão anastomosado, sub-paralelizado, de espessura variável entre 2,0 e 5,0 metros, em média, podendo alcançar 10 metros em zonas de espessamento. São divididos em minério oxidado e sulfetado. O oxidado ocorre desde a superfície até uma profundidade média de 50 metros e tende a ser mais espesso em superfície, mas à medida que se vai aprofundando, o horizonte mineralizado vai adquirindo a sua espessura real. O minério sulfetado constitui a principal fonte de recurso do depósito. Na formação ferrífera, é caracterizado pela alternância de bandas sulfetadas com as quartzo-carbonática e de clorita com stilpnomelana. Este horizonte ocorre abaixo da superfície de intemperismo, estimado em 50 metros, em um painel de pelo menos 500 metros *down plunge*.

Os sulfetos podem atingir até 90% do total da rocha em algumas faixas, mas a sulfetação, dentro da zona mineralizada, é da ordem de 10% a 30%. O principal sulfeto do depósito é, incondicionalmente, a pirrotita, seguido por arsenopirita e pirita, sendo que podem ocorrer calcopirita e esfalerita, subordinadamente.

O trabalho de campo, a descrição dos furos de sondagem, e o estudo das seções polidas delgadas, demonstram que existem três estilos de mineralizações auríferas no Depósito Pilar (Prancha 23). Os estilos aqui descritos correspondem aos indicados por Ribeiro Rodrigues *et al.* (1997) e Lobato *et al.* (1998) para alguns depósitos arqueanos do Grupo Nova Lima, que estão em consonância com os modelos propostos por Hodgson (1993).

O principal estilo é *stratabound* que ocorre preferencialmente na formação ferrífera bandada, e está relacionado à presença de veios quartzo-carbonáticos e bandas de sulfetos maciços posicionados em zonas tabulares e confinadas, preferencialmente nos contatos entre bandas e nas charneiras das dobras deste litotipo. Está restrito às ocorrências dos *Pits* São Jorge, Sul, Central e parte do *Pit* 15. Este estilo de mineralização em Pilar caracteriza-se por ser bem consistente, contínuo, alongado segundo o *plunge* e ao *strike*, com espessuras variando de poucos centímetros até 15 metros, tanto em superfície quanto nos furos de sondagem. Os teores relacionados a este tipo de mineralização são altos, visto que neste horizonte ocorre a maior concentração de sulfetos em relação aos outros tipos de mineralização existentes.



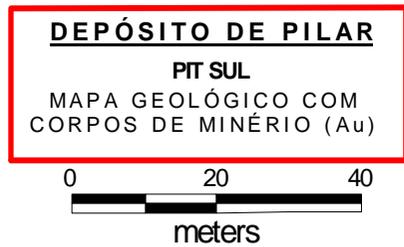
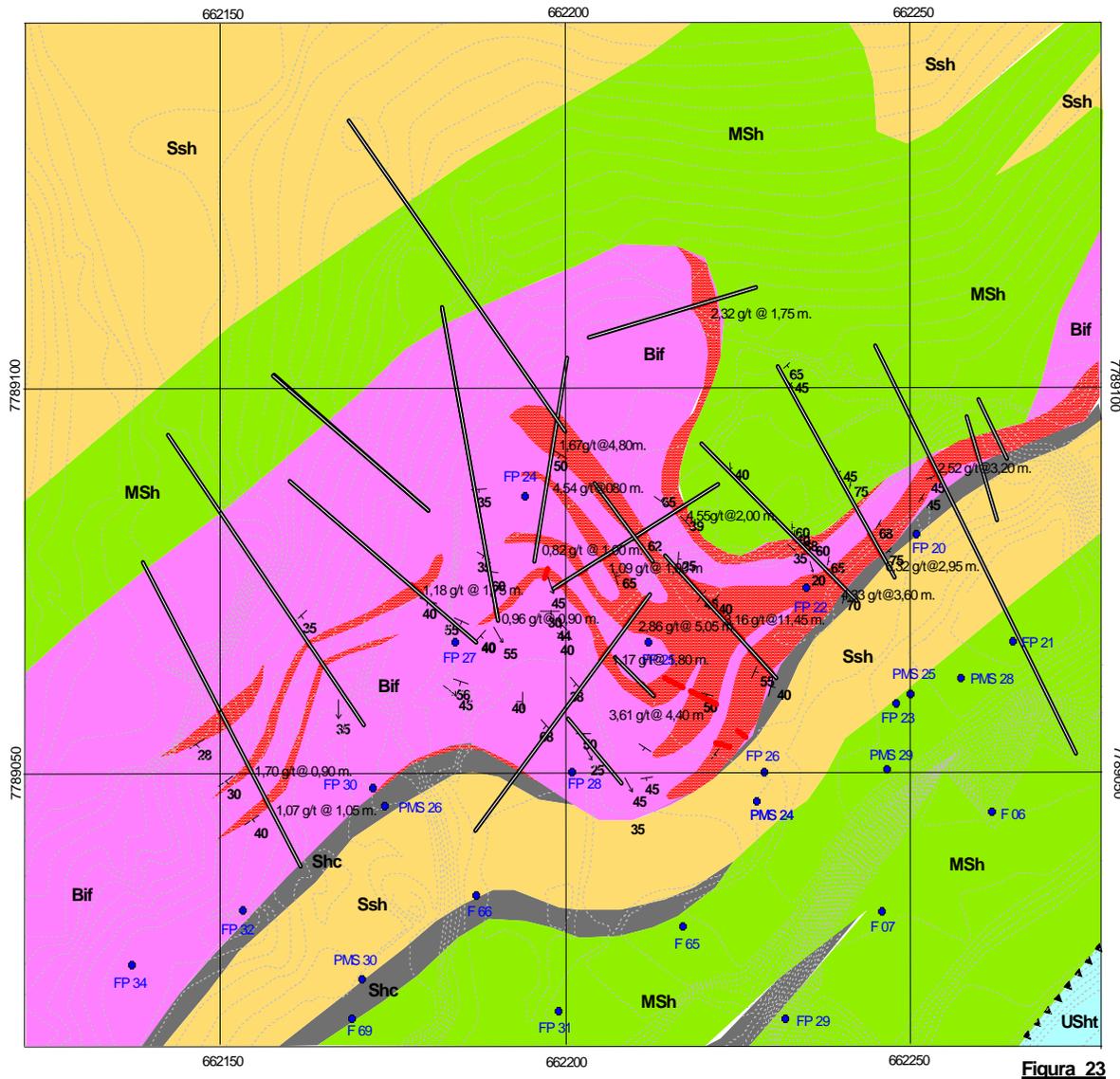
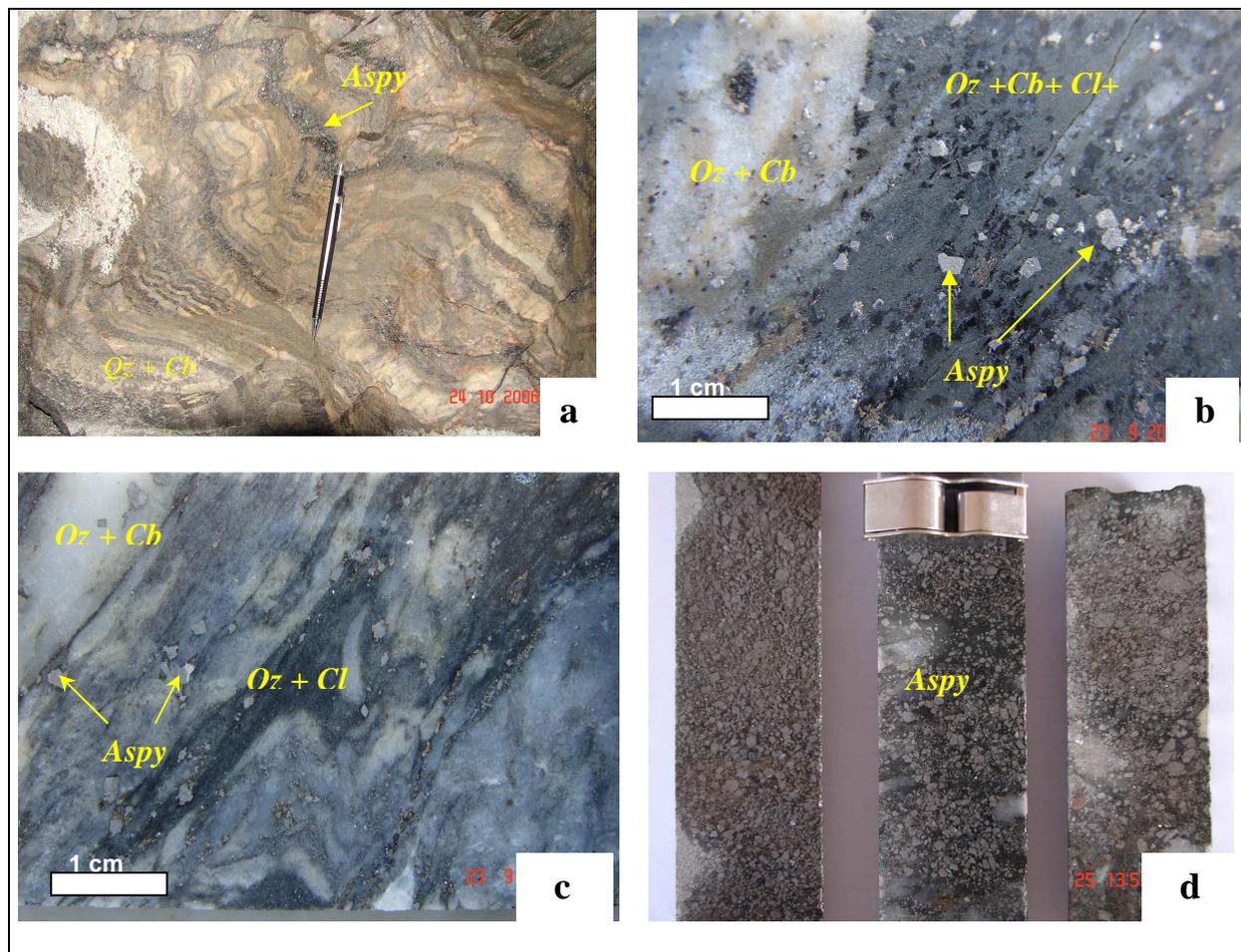


Figura 23

Um outro estilo está representado por sulfetação em veios quartzo-carbonáticos nos xistos máficos, cisalhados, que ocorre em vários locais no depósito tais como nos contatos destes xistos com a formação ferrífera, na interface da zona de empurrão com os xistos máficos, próximo ao *Pit São Jorge* e ao *Pit 15*. Apresenta teores expressivos, que embora consistentes em superfície, os mesmos tendem a diminuir em profundidade. Nas zonas de silicificação, relacionadas à alteração deste litotipo, podem ser observadas, no microscópio petrográfico, grãos de ouro de diversas formas.



Prancha 23 - A mineralização aurífera no Depósito Pilar se apresenta associada à presença de arsenopirita em diferentes estilos; a) Em "a", a mineralização é "stratabound" com sulfetos posicionados entre as bandas na formação ferrífera bandada; Em "b", a mineralização ocorre em arsenopirita nas rochas máficas associadas a zonas quartzo-carbonáticas discordantes da foliação principal (PMS 12 - Am. 30). Em "c", a arsenopirita ocorre de forma disseminada em níveis hidrotermalizados das rochas máficas (PMS 12 - Am.32) e vulcanoclásticas e, em "d", a sulfetação é maciça com os teores de ouro mais altos nestes intervalos (PMS 46).

O terceiro estilo de mineralização é caracterizado por zonas de sulfetos disseminados e, embora localmente ocorram faixas espessas de sulfetação, seus teores não são econômicos. Este estilo ocorre principalmente nas rochas máficas e em níveis de rocha vulcanoclástica, onde a sulfetação aparece de forma esparsa ao longo do intervalo mineralizado de forma que pode ultrapassar 30 metros ao longo dos testemunhos de sondagem, onde é facilmente observado.

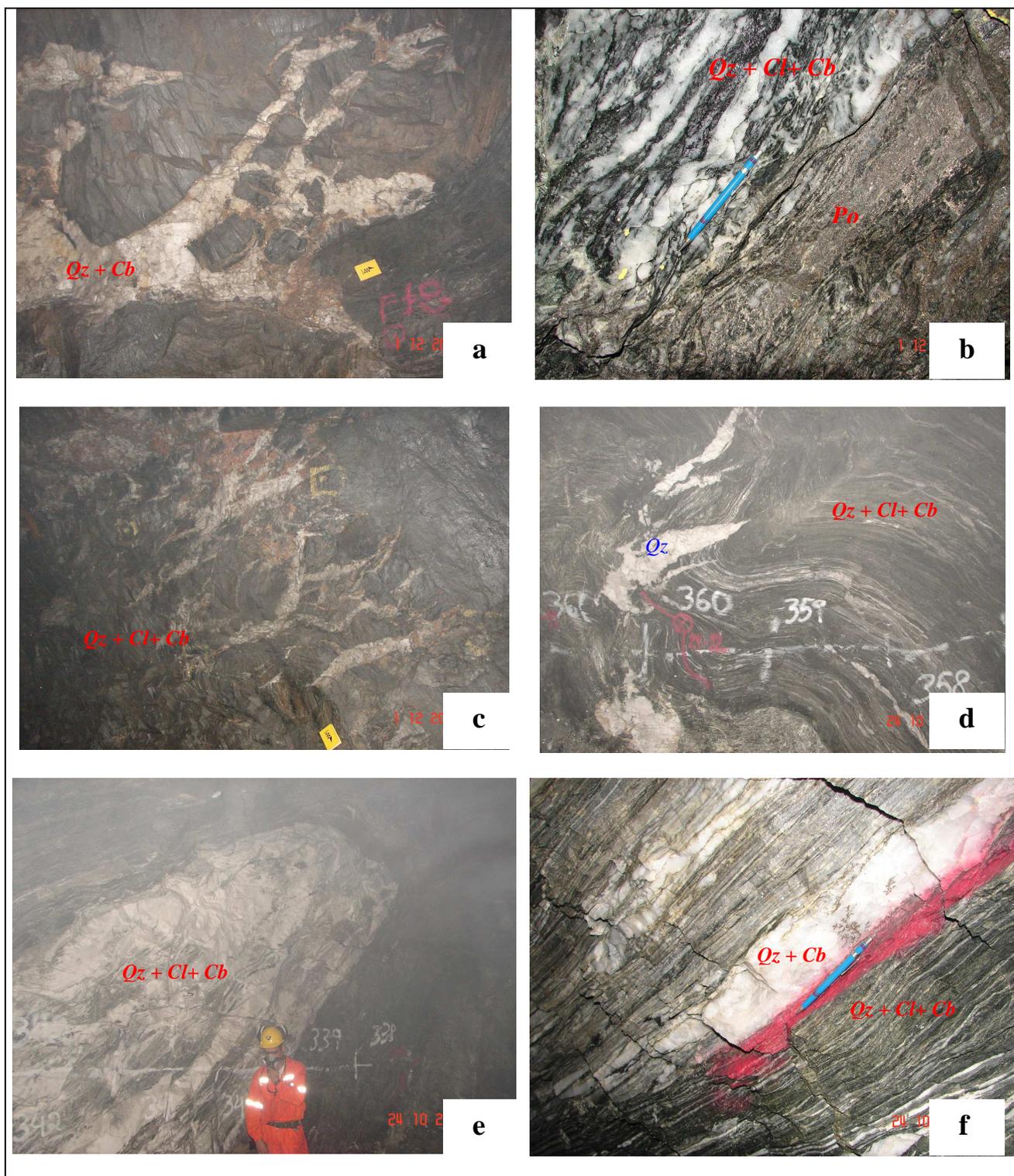
A tipologia dos veios quartzo-carbonáticos de Pilar, é variável (Prancha 24). Mas, de uma forma geral, podem ser classificados como concordantes ou discordantes à foliação/bandamento principal. Estes possuem vários tamanhos e espessuras, podendo se apresentar como segregações, filonetes ou vênulas. Os veios concordantes ocorrem encaixados entre os planos de foliação/bandamento, podem ser tabulares, sub-paralelos entre si, dobrados, raramente com arranjos escalonados, e podem conter partes da encaixante. Os veios discordantes fazem ângulos variados com a foliação principal e podem ser brechados, com pedaços da encaixante nas porções internas, cortando zonas de charneiras, na forma de *rods* ou *Pods*, com terminações lenticulares ou na forma de *tension gashes*.

Halos de alteração hidrotermal, ao longo das rochas encaixantes, são comuns nos contatos com as zonas de veios e podem variar de poucos centímetros até 2,0 de metros de largura.

A idade da mineralização aurífera do Depósito Pilar ainda é desconhecida, mas dados provenientes da mina de São Bento, onde foram feitas datações com análises Pb - Pb em *clusters* de pirita e arsenopirita, apontam uma idade da ordem de 2,65 Ga (DeWitt *et al.* 1996).

Recentemente, Lobato *et al.* (2007) realizaram datações em monazitas provenientes das minas de Cuiabá e Morro Velho, nas quais obtiveram uma idade de 2.671 Ma. para as mineralizações destes dois depósitos, que corroboram com os resultados obtidos para a mina de São Bento e que podem, empiricamente, serem utilizadas para o Depósito Pilar.

As relações de campo e as análises das seções delgadas mostraram que o posicionamento da mineralização no depósito é estruturalmente controlado e contemporâneo ao final do primeiro evento F₁, cujo modelo geológico no qual está inserido o depósito é de uma estrutura sinforme, com plano axial de direção NE-SW e mergulhos para SE. Os eixos das dobras que controlam a mineralização possuem caimento da ordem de 50°, na direção 135° az.

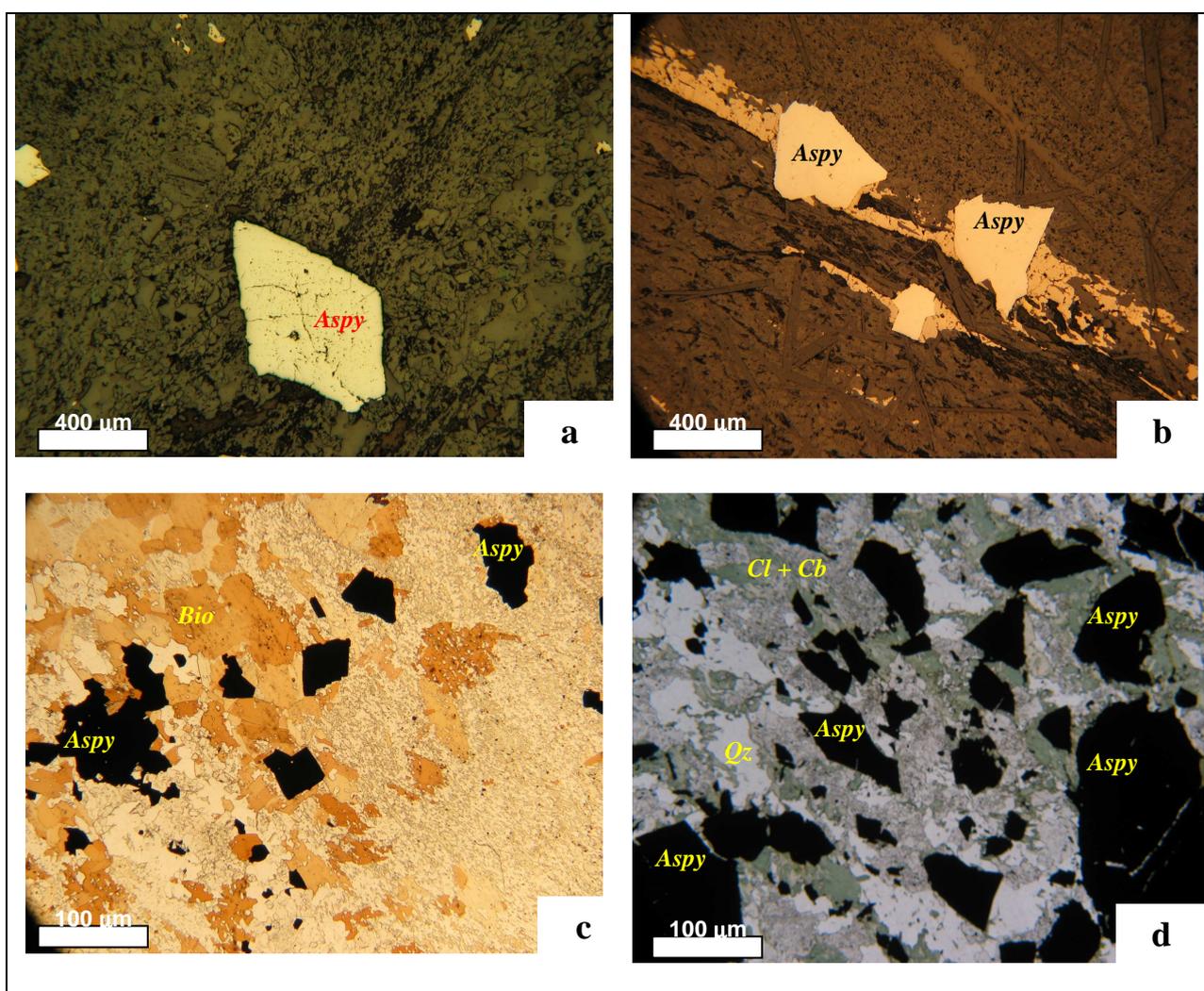


Prancha 24 - Aspectos gerais da tipologia dos veios quartzo-carbonáticos contemporâneos, concordantes e discordantes, mineralizados ou não dentro do depósito - Todas as fotos foram obtidas no nível 690 do subsolo do Depósito Pilar. Em "a", veio tabular, brechado, com ramificações discordantes e porções da encaixante. As fotos "b" e "f" apresentam veios concordantes com a foliação principal. Em "c" e "d", segregações quartzosas discordantes; Em "e", veio tabular concordante e em posição plano axial. (Qz - quartzo; Cb - carbonato; Cl - clorita; Po - pirrotita).

6.3.2 CARACTERÍSTICAS DA MINERALIZAÇÃO AURÍFERA

O estudo dos minerais nas seções polidas delgadas favoreceu o reconhecimento de minerais metálicos que estão associados aos halos de alteração hidrotermal em sua zona mais interna, na qual destacam-se as zonas sulfetadas, onde os principais minerais são a pirrotita e a arsenopirita. A pirrotita é o mineral metálico mais abundante no depósito seguido pela arsenopirita. O ouro ocorre preferencialmente associado a este último mineral e quanto maior a quantidade de arsenopirita, maior é o conteúdo em ouro da amostra do depósito.

Em geral, a arsenopirita ocorre de forma disseminada, em agregados monominerálicos ou como inclusões em outros minerais. É facilmente identificada a olho nu, nos níveis sulfetados na formação ferrífera, nos veios quartzo-carbonáticos e nas zonas sericíticas (Prancha 25). Este mineral é proveniente da substituição da pirrotita, pirita e, localmente, esfalerita. Pode ainda formar bandas maciças, de modo que podem ser encontrados horizontes com mais de 1,0 metro e mais de 90% de arsenopirita em testemunho de sondagem.



Prancha 25 - Cristais de arsenopirita sobrecrescida em vários minerais, nos diversos tipos de rocha e com os padrões de formação pós-tectônicos. Em todos os casos, a arsenopirita se encontra sobrecrescida nos cristais de pirrotita, clorita, carbonato, biotita e quartzo. (Aspy - arsenopirita; Bio - biotita; Qz - quartzo; Cl+Cb - clorita + carbonato). a) Luz transmitida - 5X; b) PMS 13; Am. 19/Luz transmitida - 5X; c) PMS 12; Am. 30/Nicois // 2,5X d) PMS 13; Am. 21/Nicois X - 2,5X)

A arsenopirita se apresenta como cristais inequigranulares, sendo a maioria euédricos a subédricos, com seções losangulares, triangulares, retangulares, ou até mesmo anédricas, sempre sobrecrescidos sobre os outros minerais da trama tais como pirrotita, pirita, clorita, carbonato, quartzo, mica branca, albita, stilpnomelano e magnetita (Prancha 25). O tamanho é variável entre 0,02 mm e 1,00 mm, podendo apresentar-se em agregados com mais de mais de 5,00 mm.

Os cristais de arsenopirita encontram-se associados segundo a foliação/bandamento do primeiro evento, mas a percolação do fluido até faz com que haja porções de veios sulfetados que são discordantes da foliação. Pelas observações feitas nas seções delgadas polidas, conclui-se que este é um mineral hidrotermal tardi D1, formado a partir da alteração dos minerais pretéritos tais como pirrotita, clorita, stilpnomelano, quartzo e carbonatos, além de pirita.

É um mineral notadamente hidrotermal, comumente próximo aos veios quartzo-carbonáticos, podendo ocorrer nas bandas carbonáticas, cloríticas ou de stilpnomelano, quase sempre com textura poiquiloblástica com inclusões de quartzo, clorita, carbonatos e sulfetos em geral. À medida em que se afasta destes centros, há tendência da diminuição da arsenopirita e o aumento da pirrotita e, eventualmente, de outros sulfetos. Fraturamentos superficiais também são comuns neste mineral.

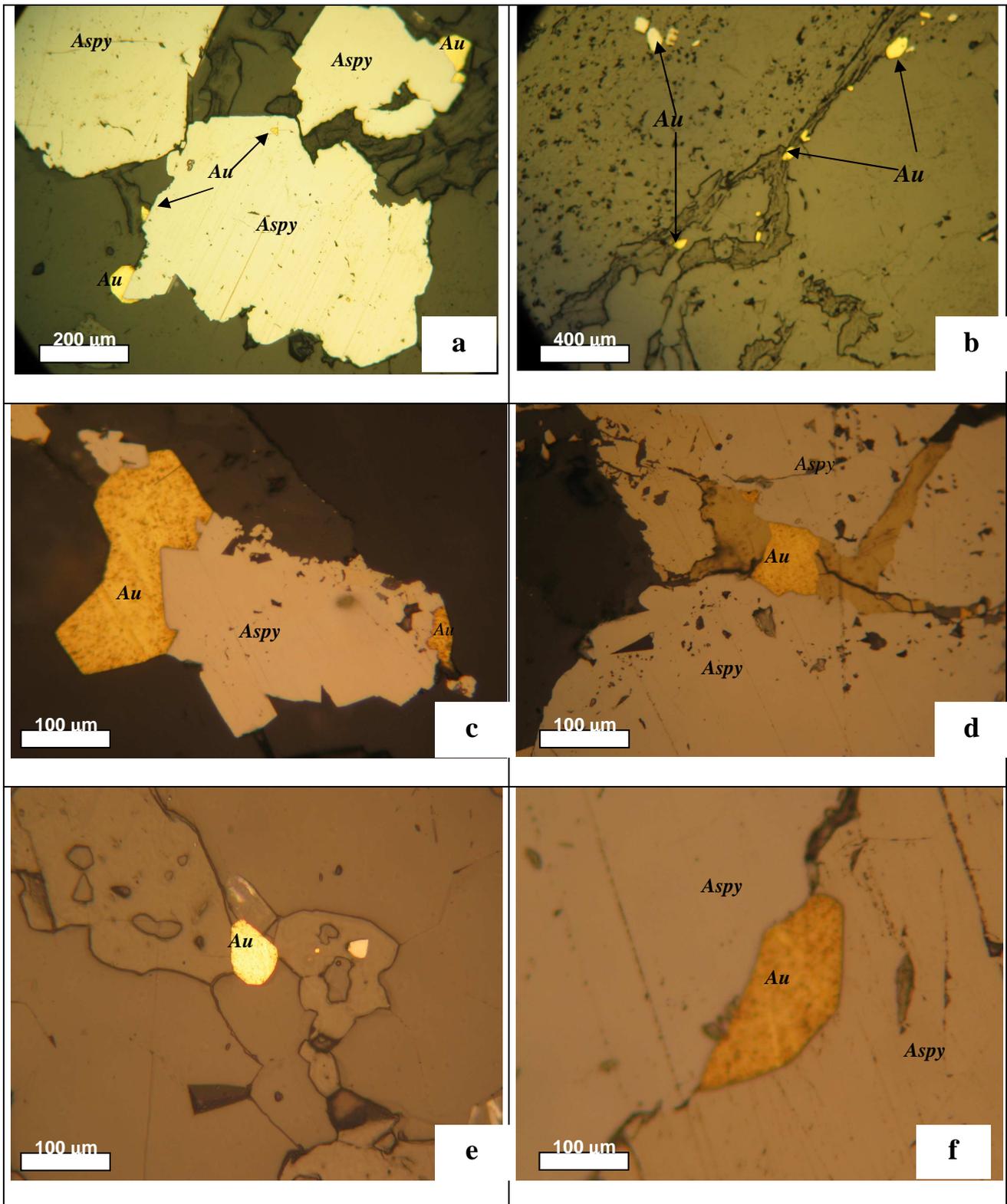
O ouro ocorre invariavelmente no centro da zona de alteração hidrotermal, sempre associado a arsenopirita e, raramente, a outros sulfetos tais como pirrotita e pirita. Apresenta-se de diversas formas, anédrico, arredondado, alongado, em pente ou dente, ou simplesmente acicular (Prancha 26).

As observações nas seções polidas delgadas mostram que a maioria do ouro é fino, com tamanhos variando de 0,02 mm até 0,08 mm e ocorre, mais comumente, nas bordas, nas zonas de fratura ou como inclusões na arsenopirita e, localmente, na pirrotita, podendo, no entanto, ocorrer livre em veios quartzo-carbonáticos ou veio quartzo-sericíticos (Prancha 26).

Em porções distais em relação ao centro da zona de alteração, a granulometria do ouro tende a ficar mais fina. Os minerais da ganga são predominantemente quartzo e carbonato que, no total, perfazem algo em torno de 50% do volume total da rocha hidrotermalizada.

Relações texturais exibidas pela associação ouro-arsenopirita são descritas por Pulz *et al.* (1992), para o Depósito de Maria Lázara, em Goiás e, segundo estes autores, estas relações podem estar relacionadas com as condições físico-químicas do depósito e a evolução do sistema hidrotermal.

Comparando as observações feitas para Pilar àquelas de Pulz *et al.* (1992), pode-se inferir que as relações texturais entre a arsenopirita e o ouro estão baseadas nos contatos planares e abruptos e estes demonstram que, pelo menos para o estágio tardio de percolação de fluidos, a arsenopirita serviu de substrato para a deposição do ouro.



Prancha 26 - Formas de ocorrência do ouro e suas principais relações texturais com arsenopirita e outros minerais. Em "a", ouro nas bordas da arsenopirita e como inclusões nesta (PMS 13 - Am.12 - Luz transmitida 10X); Em "b", ouro livre, associado a veios quartzo-sericíticos em zonas de silicificação (PMS 13 - Am.12 - Luz transmitida 5X); Em "d" e "f", ouro em fratura na arsenopirita (PMS 08 - Am. 58 - Luz transmitida/ 20X). Em "c" e "e" ouro nas bordas e inclusos na arsenopirita (PMS 08 - Am. 58 - Luz transmitida/ 20X).

6.3.3 CONTROLE ESTRUTURAL DA MINERALIZAÇÃO AURÍFERA

Trabalhos anteriores acerca dos depósitos de ouro associados ao Grupo Nova Lima, no Quadrilátero Ferrífero, atestam que estas mineralizações são controladas estruturalmente. Na região de Santa Bárbara e Barão de Cocais, os principais depósitos auríferos, São Bento e Córrego do Sítio, também são estruturalmente controlados.

A mineralização aurífera do Depósito Pilar apresenta grande similaridade com vários depósitos existentes no Quadrilátero Ferrífero e situa-se em um ambiente com complexidade estrutural devido à superposição de eventos deformacionais.

Regionalmente, o depósito está instalado em uma dobra fechada a isoclinal, relativa ao primeiro evento (D_1) e superposta por zona de cisalhamento de empurrão. Este arcabouço estrutural relaciona temporalmente o posicionamento da mineralização ao final de D_1 e apresenta um conjunto de estruturas nas escala macroscópicas e microscópicas que, no contexto do depósito, controlam a mineralização.

Pelas observações de campo, testemunhos de sondagens, descrições petrográficas, associados aos resultados analíticos, posicionamento dos veios quartzo-carbonáticos e zonas sulfetadas, conclui-se que, no Depósito Pilar, o controle estrutural assume papel importante na localização dos corpos mineralizados, relacionados tanto a dobramento quanto à Zona de Cisalhamento Principal. Estes controles ocorrem tanto em superfície quanto em profundidade e guardam relações com as macro e micro estruturas observadas e os elementos estruturais descritos no item 6.2 deste capítulo.

Com relação a estes controles, podemos destacar que, em superfície, no plano horizontal, ocorrem zonas intensamente hidrotermalizadas e sulfetadas nos limites dos contatos tanto da capa quanto da lapa da formação ferrífera bandada, onde estão localizadas as mineralizações auríferas. A sulfetação nestes contatos está orientada segundo a foliação principal (S_1) e ocorre em zonas tabulares, contínuas, de espessura variável e de padrão anastomosado. Estes níveis podem repetir-se por inúmeras vezes alternando-se com as bandas quartzo-carbonáticas da formação ferrífera. Observa-se que, nas zonas de contato, ocorre comumente xisto carbonoso, uma rocha metapelítica pouco permeável que favorece a formação do estilo *stratabound* de mineralização.

A zona de charneira da dobra é, em superfície, o principal controle estrutural do depósito e ocorre, principalmente, no *Pit* São Jorge e *Pit* Sul. Nestes alvos, ocorre a maior quantidade de massa sulfetada, de alto teor, restrita à formação ferrífera. Possuem espessuras que variam de dimensões centimétricas até, na escala do depósito, charneiras de mais de 20 metros que concentram zonas sulfetadas, com veios quartzo-carbonáticos mineralizados ou não.

No contato entre as rochas ultramáficas e os xistos máficos, ocorre um outro tipo de mineralização em zonas de cisalhamento. Este tipo de mineralização está relacionado a zonas de veios quartzo-carbonáticos sulfetados em faixas intensamente cisalhadas que, preferencialmente, se instalam nos xistos máficos. Estas zonas de cisalhamento estão orientadas para NE-SW, com mergulhos para SE e possuem espessuras variáveis. Apresentam faixas mineralizadas de alto teor, cujo alvo mais representativo está relacionado ao *Pit* São Jorge.

Em profundidade, o principal controle estrutural ocorre no eixo das dobras da fase F_1 , que possui um caimento médio $135^\circ/50^\circ$, com suaves ondulações no caimento deste eixo, que vão desde a superfície até uma profundidade mínima de 450 metros na vertical, conforme atestado por furos de sondagem. Esta estrutura ocorre tanto em escala regional quanto na escala microscópica e diz respeito à mineralização *stratabound* restrita à formação ferrífera bandada.

Os *ore-shoots* apresentam alongamento preferencial segundo o *plunge* indicado pelo caimento da lineação de eixo de dobra (L_{b1}). Ocorrem, de forma consistente, em extensas faixas sulfetadas, contínuas, as quais constituem o principal controle estrutural do depósito. Apresentam espessuras variáveis e via de regra, a mineralização existente nesta estrutura possui os melhores teores de ouro.