

6 GEOLOGIA DA ÁREA DO DEPÓSITO PILAR

O Depósito Pilar está localizado na porção nordeste do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, (Figura 10), e a SW da folha Catas Altas (1:100.000), nas margens da rodovia da vila de Brumal, município de Santa Bárbara/MG. Encontra-se em uma faixa com orientação NE-SW, encaixado em rochas pertencentes ao *Greenstone Belt* Rio das Velhas.

A área do depósito está compreendida entre as rochas granito-gnáissicas arqueanas do Complexo Santa Bárbara, em sua porção leste, e pelo Supergrupo Rio das Velhas, a oeste, que mostram uma configuração estratigraficamente invertida com as rochas mais antigas, representadas pelo Grupo Quebra Osso, sobre os litotipos mais jovens do Grupo Nova Lima.

Na região de Santa Bárbara ocorrem zonas de empurrão representadas pelo sistema de falhas reversas e de empurrão denominado de Água Quente (Door, 1969). Este sistema se encontra a leste da área do depósito e é um dos responsáveis pela estruturação atual deste setor do Quadrilátero Ferrífero, onde as rochas mais antigas foram sobrepostas sobre as mais jovens (Ferreira Filho *et al.* 2001). Este conjunto litológico apresenta-se intensamente hidrotermalizado e intemperizado.

Este trabalho adota a coluna estratigráfica estabelecida por Schorscher (1978) para o *Greenstone Belt* Rio das Velhas, na região de Santa Bárbara e Barão de Cocais, pelo fato de ser este o modelo estratigráfico que mais se aproxima das características geológicas apresentadas pelos litotipos mapeados na área de estudo.

Na área de estudo, ocorrem unidades litológicas pertencentes ao Grupo Quebra Osso (Schorscher, 1978) com rochas ultramáficas xistificadas e talcificadas, das quais identificam-se talco xisto, cloritálcio xisto e serpentinito. O Grupo Nova Lima está representado por rochas sedimentares, vulcânicas e vulcanoclásticas, deformadas e metamorfasadas na fácies xisto verde, intrudidas por diques de rochas máficas e entrecortadas por veios de quartzo. As rochas do Grupo Quebra Osso estão posicionadas na base da coluna estratigráfica da área e estão em contato tectônico com as rochas sobrejacentes representativas do Grupo Nova Lima em sua unidade inferior (Ladeira, 1980).

A Figura 11 apresenta a coluna litológica do Depósito Pilar onde são reconhecidos litotipos pertencentes aos grupos Quebra Osso (Schorscher, 1978) e Nova Lima (Ladeira, 1980), que estão cortados por diques máficos tardios.

O mapa geológico da área do Depósito Pilar (Anexo 1) representa a principal contribuição deste trabalho, pois mostra as características litológicas e estruturais e em que ambiente se deu a formação do depósito. No mapa, observa-se que a maior parte da área é ocupada por rochas pertencentes ao Grupo Nova Lima, com predomínio de metapelitos xistificados que ocorrem tanto a leste quanto a oeste da área estudada. É neste horizonte estratigráfico que também ocorre a formação ferrífera bandada, principal hospedeira da mineralização aurífera do Depósito Pilar. A parte relativa ao Grupo Quebra Osso ocupa a porção central da área, onde zonas de empurrão ocorrem no topo e na base, contendo xistos pertencentes ao Grupo Nova Lima.

O padrão estrutural da área é caracterizado por um sinforme de estilo fechado, com planos axiais orientados para NE-SW, direção variando entre 20° e 50° az, mergulhos variáveis para SE, e espessamento na zona de charneira. O eixo destas dobras está inclinado com *plunge* médio de 50° de caimento, na direção 135° az que, em profundidade, tende a se orientar mais a sul. A lineação de estiramento mineral possui um comportamento similar às lineações de eixo de dobras, sendo paralelas à esta. Quanto ao plano de empurrão, em superfície, seu mergulho tende a ser mais íngreme, podendo chegar a sub-verticalidade em zonas mais tectônizadas e, a medida que a profundidade aumenta, o mergulho se torna mais suave, com predominância de mergulhos da ordem de aproximadamente 45°.

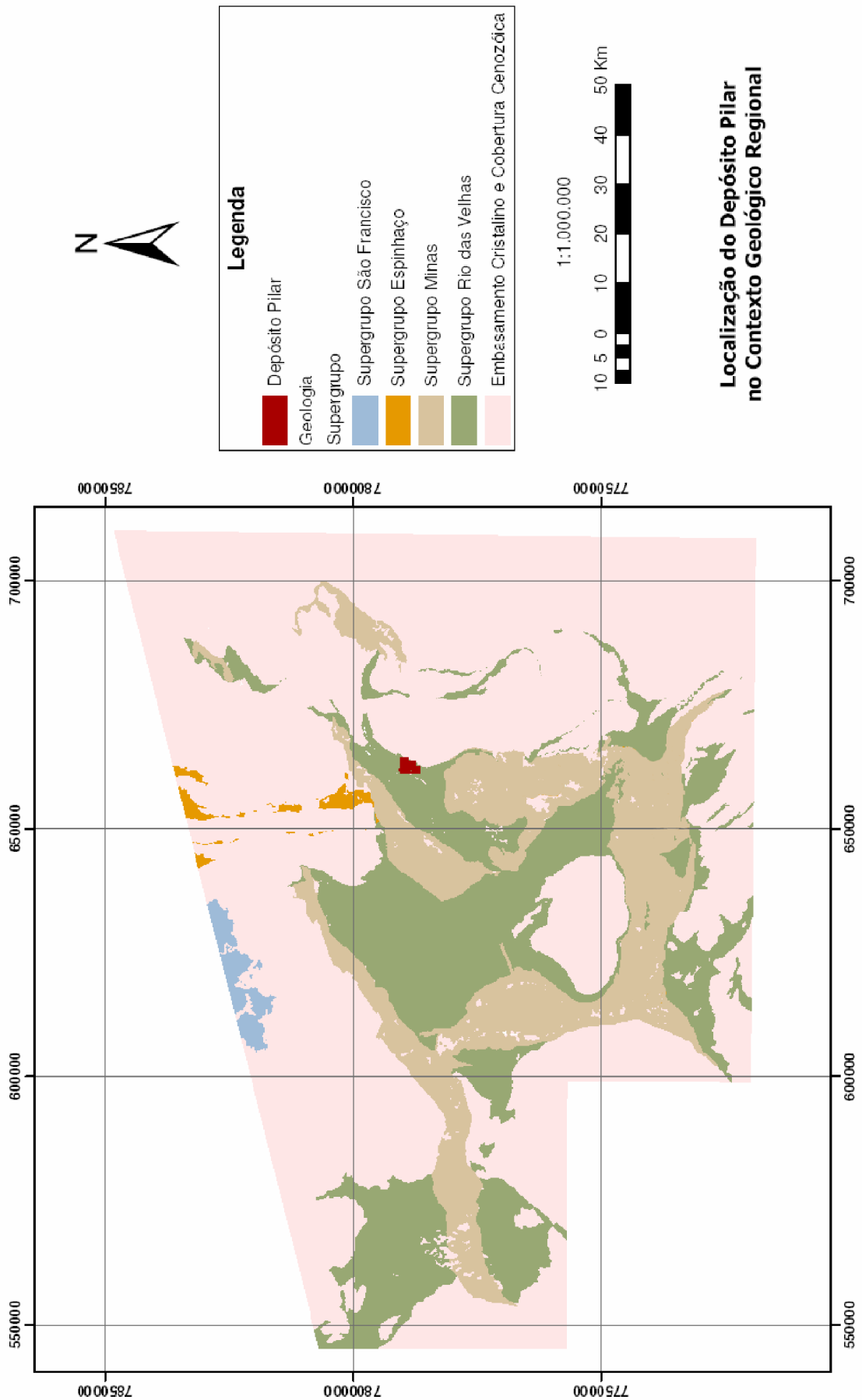


Figura 10 - Localização do Depósito Pilar, na porção NE, no contexto geológico regional das entidades litológicas do Quadrilátero Ferrífero (extraído dos arquivos da MSOL, 2006).

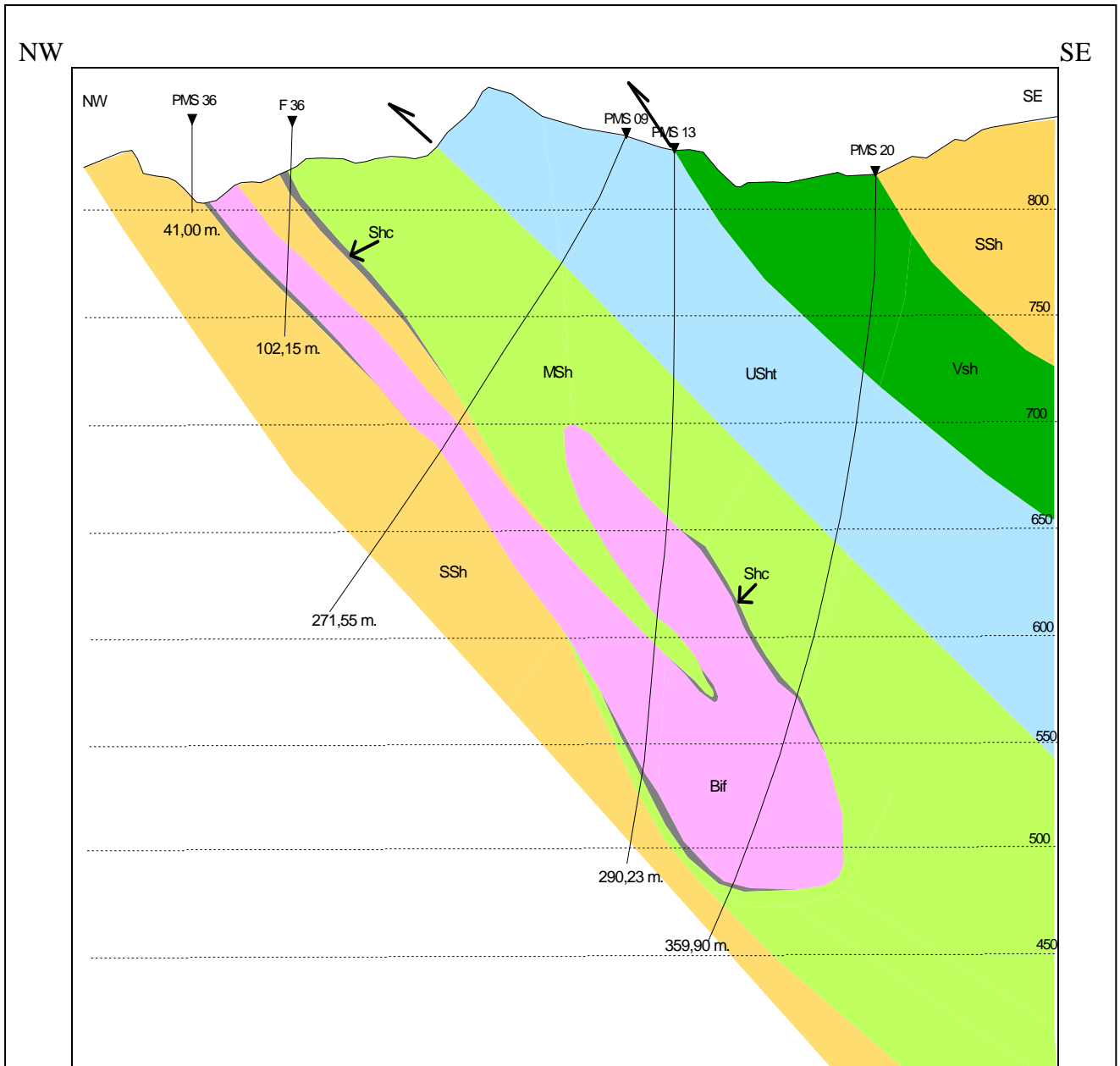
SUPERGRUPO RIO DAS VELHAS	GRUPO NOVA LIMA	Bif	<i>Formação ferrífera bandada, hidrotermalizada, com ou sem sulfetação e níveis de metachert</i>
		Shc	<i>Xisto carbonoso hidrotermalizado</i>
		SSh	<i>Metapelitos xistificado, hidrotermalizado (quartzo-sericita xisto, quartzo-carbonato-sericita-clorita xisto, carbonato-sericita-clorita xisto)</i>
		VSh	<i>Xisto vulcanoclástico hidrotermalizado (biotita-carbonato-quartzo-clorita xisto e quartzo-clorita-carbonato xisto)</i>
		MSh	<i>Xisto máfico hidrotermalizado (quartzo-clorita xisto, quartzo-carbonato-clorita xisto, albita-quartzo-biotita-clorita xisto e biotita-carbonato-quartzo-clorita xisto)</i>
	GRUPO QUEBRA OSSO	USht	<i>Rocha ultramáfica xistificada e hidrotermalizada (talco xisto, talco-clorita xisto e serpentinito)</i>

Figura 11 - Representação esquemática da coluna estratigráfica do Depósito Pilar com os seus principais litotipos intrudidos por diques de rocha máfica. A linha ondulada representa a discordância existente entre os dois grupos litológicos.

Foram identificadas falhas em 3 direções nitidamente posteriores às zonas de empurrão e que produzem espelhos de falhas com preenchimento por veios de quartzo branco, além de estrias nestes planos. Estas estruturas estão orientadas segundo as direções N20°E, N60°- 65°E e, a mais recente delas, para N30°- 40°W. Descrições a respeito da compartimentação estrutural do Depósito Pilar estão listadas no ítem 6.2 deste capítulo.

As figuras 12a, b e c representam seções esquemáticas, não paralelas ao eixo da dobra, com os principais litotipos existentes no Depósito Pilar, bem como a principal estruturação do depósito.

As características petrográficas e de campo dos principais litotipos identificados estão descritas no ítem 6.1. Foram estudadas 73 seções delgadas polidas dos vários tipos de rochas existentes, excetuando-se, no entanto, os diques máficos.



GRUPO NOVA LIMA

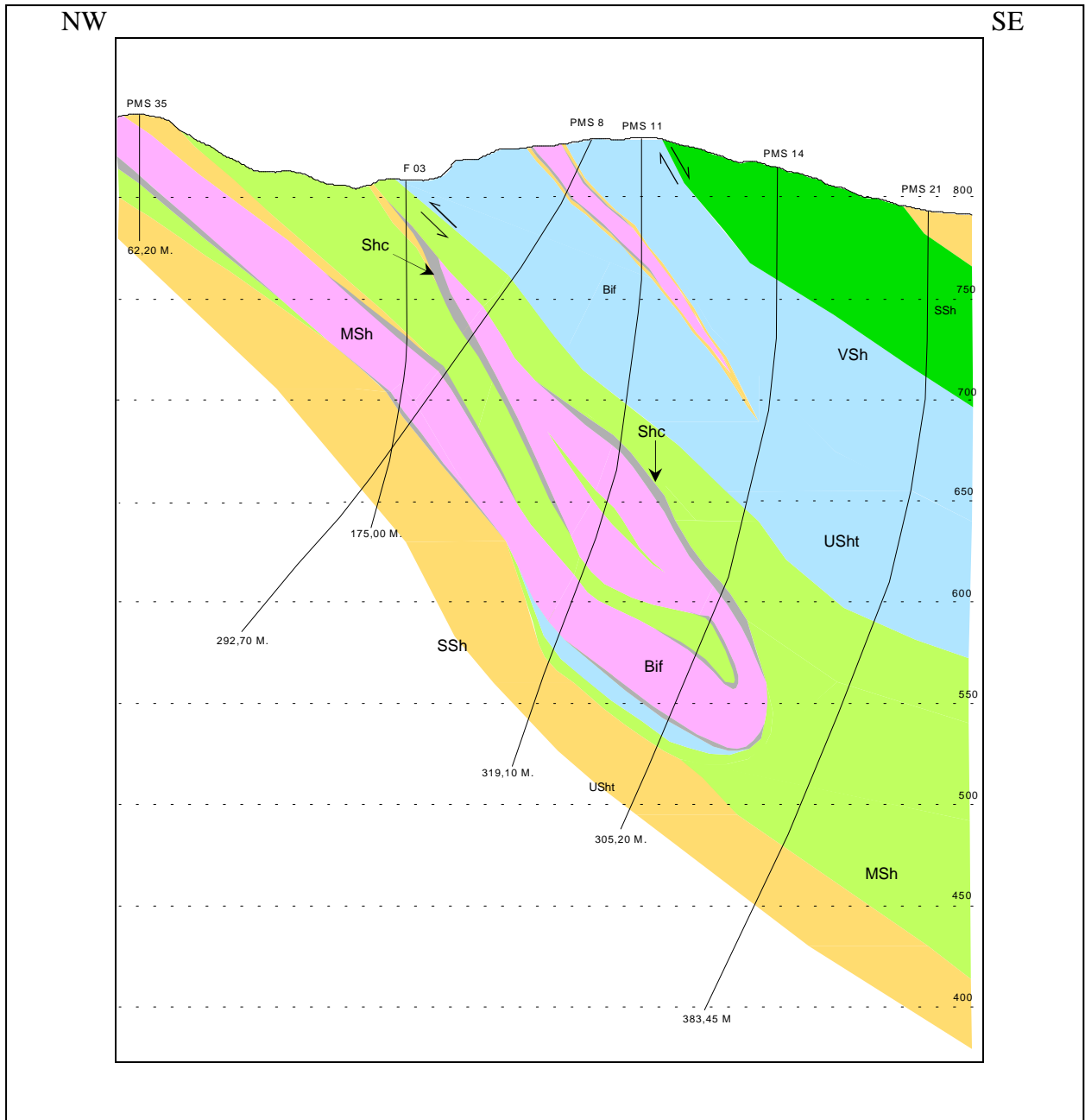
- Bif Formação Ferrífera Bandada
- Shc Xisto Carbonoso
- SSh Xistos Pelíticos
- VSh Xistos Vulcanoclásticos
- MSh Xistos Máficos

GRUPO QUEBRA OSSO

- USht Xistos Ultramáficos

- PMS 20 Furo de sondagem diamantada
- 359,90 m. Nível topográfico
- 750 Nível topográfico

DEPÓSITO PILAR
SEÇÃO GEOLÓGICA A - A'
PIT SÃO JORGE
Figura 12a



- | | | |
|------|-------------|----------------------------|
| | Bif | GRUPO NOVA LIMA |
| | Shc | Formação Ferrífera Bandada |
| | | Xisto Carbonoso |
| | Ssh | Xistos Pelíticos |
| | VSh | Xistos Vulcanoclásticos |
| | MSh | Xistos Máficos |
|
 | | |
| | USht | GRUPO OUEBRA OSSO |
| | | Xistos Ultramáficos |

PMS 14

Furo de sondagem diamantada

305,20 m.

750
 Nível topográfico

DEPÓSITO PILAR

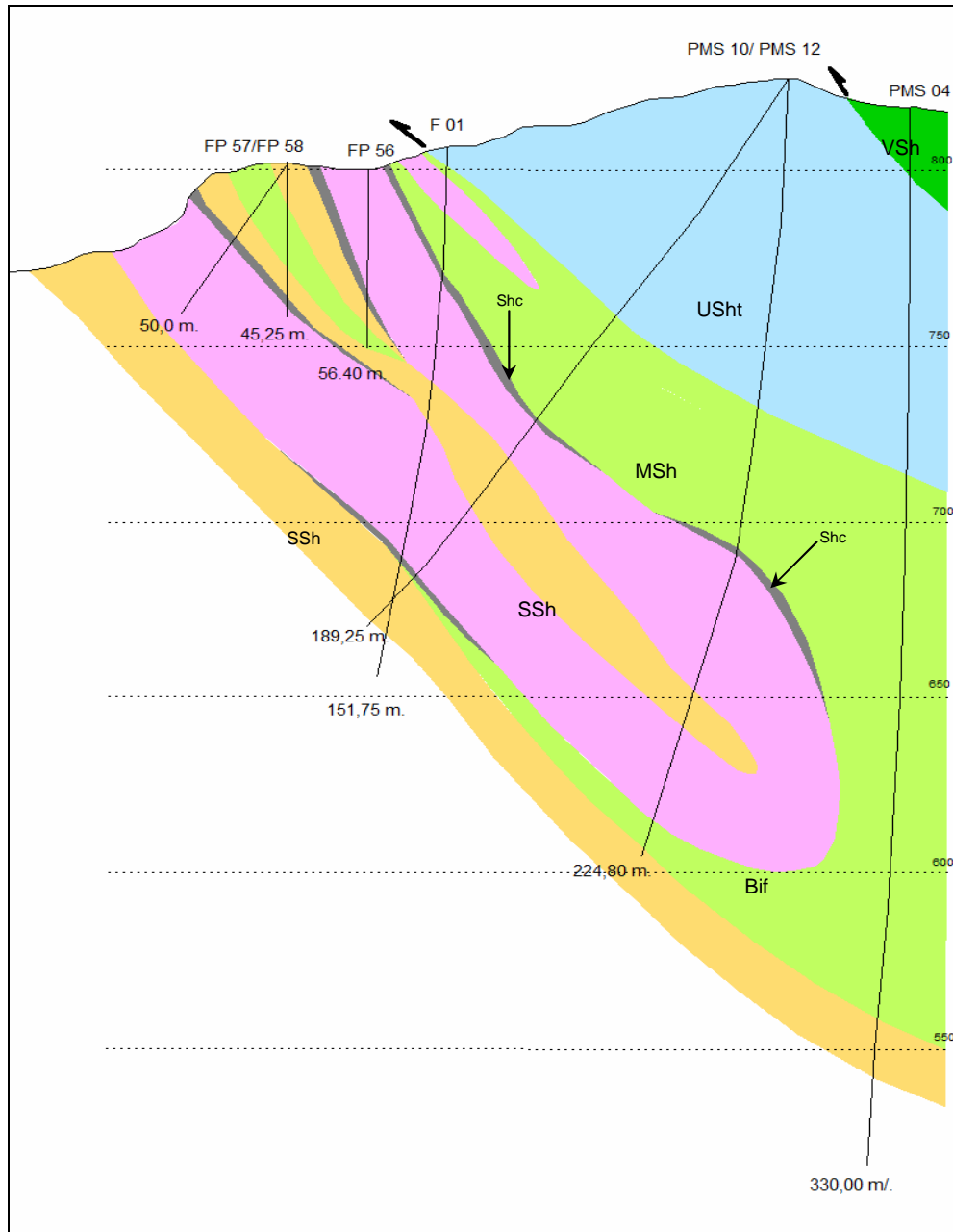
SEÇÃO GEOLÓGICA B - B'

PIT SÃO JORGE

Figura 12b

NW

SE



GRUPO NOVA LIMA

- Bif Formação Ferrífera Bandada
- Shc Xisto Carbonoso
- SSh Xistos Pelíticos
- VSh Xistos Vulcanoclásticos
- MSh Xistos Máficos

GRUPO QUEBRA OSSO

- USht Xistos Ultramáficos

PMS 10
 189,25 m. Furo de sondagem diamantada

..... 750 Nível topográfico

DEPÓSITO PILAR

**SEÇÃO GEOLÓGICA C - C' -
 PIT SÃO JORGE**

Figura 12c

6.1 ESTUDOS PETROGRÁFICOS

Grupo Quebra Osso

- Rochas Ultramáficas (USht)

Correspondem à unidade basal da sequência *greenstone* e, na área de estudo, estas rochas estão tectonicamente posicionadas sobre os xistos do Grupo Nova Lima devido às zonas de empurrão de SE para NW.

As rochas ultramáficas ocupam a porção central da área em uma faixa contínua NE-SW de mais de 1.000 metros de extensão, com mergulhos para SE e de contatos tectônicos limitados no topo e na base por zonas de empurrão. Na porção sudoeste da área apresentam extensão aflorante de mais de 800 metros de largura e, à medida que se direciona para nordeste, a área aflorante diminui, chegando a alcançar um máximo de 80 metros (Anexo 2).

Estão representadas por talco xisto, clorita-talco-xisto e, subordinadamente, serpentinito. As duas primeiras são constituídas predominantemente por talco, clorita, carbonato e mica branca. Nos serpentinitos foram identificados serpentina, clorita, talco e carbonato. São comuns nestas rochas níveis carbonáticos e disseminações de magnetita euédrica, além de cristais de pirita, ambos de tamanho milimétrico. As rochas da sequência ultramáfica, quando intemperizadas, possuem cor variada entre o amarelo ocre ao verde avermelhado, é pouco friável, com textura lepidoblástica e xistosidade acentuada. Nos testemunhos de sondagem, apresentam cor cinza prata a esverdeada com porções de cor branca, aspecto sedoso, muito compacto, xistoso, rico em talco, carbonato e clorita. São de fácil distinção em campo, principalmente ao tato, em função do aspecto sedoso. Observa-se que, nos contatos com outros litotipos, ocorrem veios e venulações de quartzo sacaroidal de cor branca.

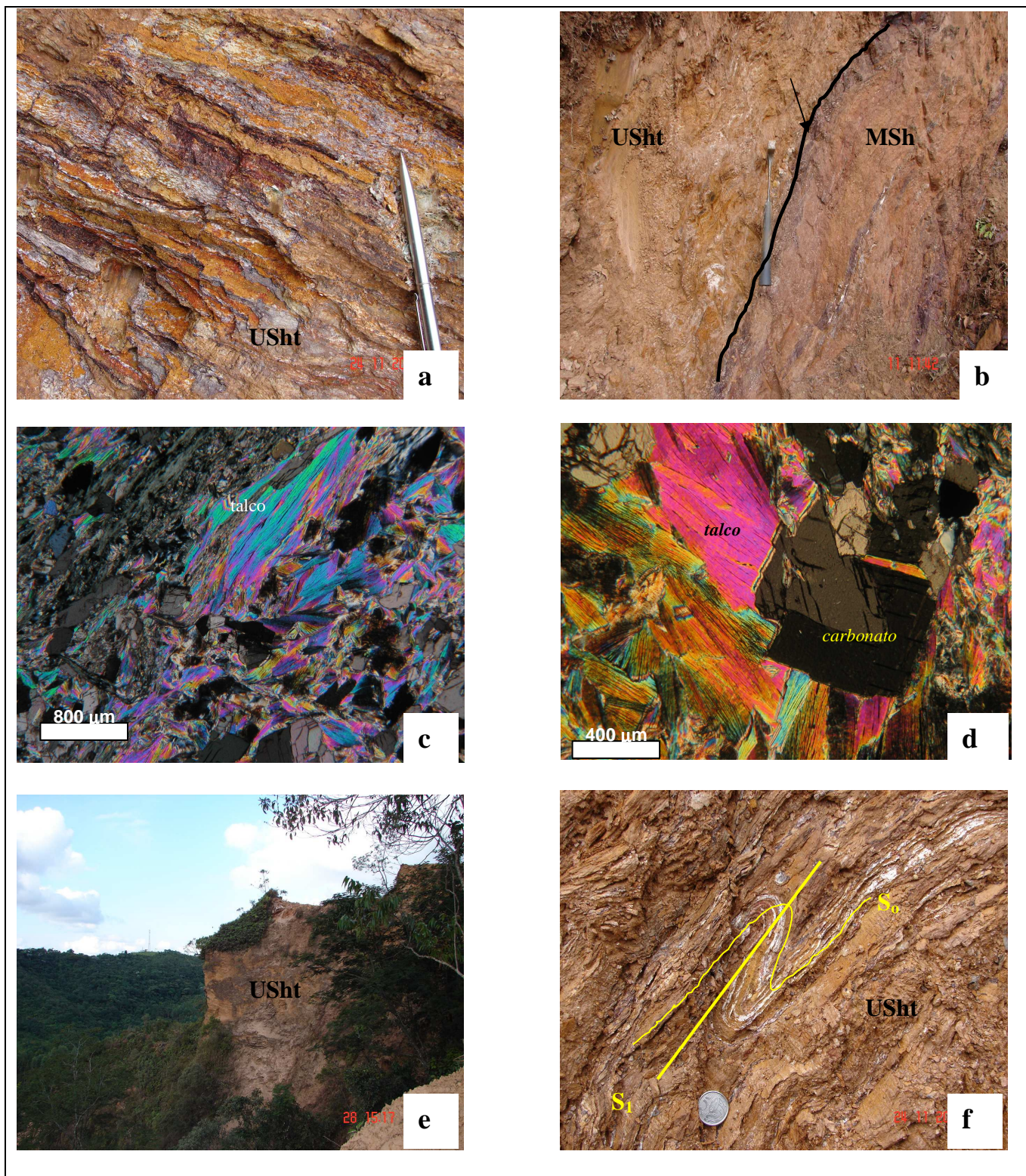
Dentro das rochas ultramáficas são encontradas intercalações de formação ferrífera, xisto carbonoso, fucsita xisto e xisto máfico, todos dobrados e concordantes com os planos de xistosidade, além de diques de rocha máfica e veio de quartzo branco. Estes níveis possuem espessura máxima de 2 a 3 metros e comprimento que não excede 500 metros. As zonas mais hidrotermalizadas destas rochas apresentam níveis de fucsita e mica branca, com turmalinização subordinada.

A sequência de rochas ultramáfica encontram-se intensamente tectonizada apresentando espelhos de falha e estrias comumente preenchidas por óxidos de manganês, veios de quartzo, carbonatos, além de remanescentes de "*box works*" de material carbonático e de cristais de pirita alterada. O contato destes litotipos com as outras rochas é abrupto, tectonizado, com preenchimentos por veios quartzo-carbonáticos de variadas dimensões.

A Prancha 1, à seguir, apresenta as principais feições das rochas ultramáficas, pertencentes ao Grupo Quebra Osso, mapeadas na área de estudo.

O estudo das seções delgadas mostrou que as rochas que compõem a sequência ultramáfica são xistosas, com textura lepidoblástica, hidrotermalizadas e deformadas, constituídas por talco, clorita e carbonato tendo presença restrita de mica branca, magnetita e sulfetos.

O talco é o mineral mais abundante, ocupa cerca de 70% a 80% do total do talco xisto e do clorita-talco xisto. Apresenta-se como lamelas alongadas, inequigranulares, muito finas, euédricas a subédricas e com bordas fibrosas. Ocorre tanto em agregados que se dispõem de formas pouco orientadas, segundo a foliação principal, como também em finíssimas palhetas dispersas em uma massa talco-carbonática, que se comporta como uma matriz fina orientada segundo o plano de xistosidade. Alteram-se comumente para carbonato, clorita e sulfetos, podendo apresentar inclusões de magnetita fina.



Prancha 1 - Sequência de fotos representativas dos variados aspectos das rochas ultramáficas (USht) existentes na área do Depósito Pilar: a) Talco xisto com cor de alteração variada (Pit 15). b) Contato tectônico da rocha ultramáfica (Grupo Quebra Osso), mais antiga, com a rocha máfica, mais nova (Grupo Nova Lima). A seta aponta a linha de contato; c) Fotomicrografia de clorita-talco xisto (Nicóis X; 2,5 X). d) Fotomicrografia apresentando alguns dos constituintes minerais desta unidade: talco e carbonato (Nicois X, 5X); e) Afloramento do paredão de talco xisto na frente de empurrão, no alvo São Jorge (Anexo 2); f) Nível dobrado assimetricamente dentro do talco xisto (sul do Pit 15).

A clorita ocupa um máximo de 15% do total da rocha e ocorre como agregados de cristais lamelares, subédricos a anédricos, orientados segundo uma direção preferencial, quase sempre crenulados e com terminações fibrosas. Está sobrecrescida ao talco, sendo um produto da alteração deste.

O carbonato ocupa menos de 5% do total da rocha e ocorre em cristais finos inequigranulares, variando de subédricos a anédricos, sendo o primeiro deles representativo dos cristais maiores. Observa-se que os cristais de carbonato mais finos, no geral, estão dispersos na matriz, enquanto que os mais grossos são mais recentes, provenientes da alteração do talco e da clorita. São observados, ainda, cristais de carbonato relacionados a venulações quartzo-carbonáticas.

A mica branca é restrita e ocorre como cristais anédricos, relacionados à alteração da clorita. Os minerais opacos ocupam menos de 1% do total da rocha e podem se subdividir entre as magnetita e os sulfetos. Na classe dos sulfetos, identifica-se pirrotita e, subordinadamente, pirita. Ambos são cristais finos, subédricos a anédricos, que ocorrem de forma disseminada ou inclusos nos outros minerais. A magnetita varia de subédrica à anédrica, como cristais finos dispersos na matriz ou inclusos principalmente na clorita.

Grupo Nova Lima

- Rochas Máficas (MSh)

A seqüência de rochas que compõe esta unidade caracterizam os litotipos pertencentes à base do Grupo Nova Lima, e que estão posicionados abaixo e em contato tectônico direto com o Grupo Quebra Osso. Ocorrem em uma faixa de largura aflorante variável entre 30 e 150 metros, que é contínua ao longo do *trend* NE-SW, ou como intercalações estreitas dentro das rochas ultramáficas e nos metapelitos (Anexo 2).

No Depósito Pilar as rochas máficas são representadas por uma seqüência de xistos diversos, hidrotermalizados, dentre os quais predominam quartzo-clorita xistos, quartzo-carbonato-clorita xistos, albita-quartzo-biotita-clorita xistos e biotita-carbonato-quartzo-clorita xistos. Apresentam intercalações de xisto carbonoso, formação ferrífera, xistos ultramáficos, além de diques de diabásio e veios de quartzo branco sacaroidal.

São rochas predominantemente esverdeadas, com tonalidades cinzentas e que, intemperizadas, mostram uma variação de cores nas quais predominam as tonalidades avermelhadas, lilás, bege e amareladas. Os contatos das rochas máficas com os demais litotipos são tectonizados (Prancha 2a) e bordados por níveis de xistos carbonosos e veios de quartzo. No contato com o Grupo Quebra Osso as rochas máficas apresentam halos de alteração hidrotermal intenso, que promove forte variação de cor e mascara estruturas pretéritas em ambos litotipos (Prancha 2e).

No geral, estas rochas apresentam textura lepidogranoblástica, compacta, inequigranular, granulação fina com uma foliação dobrada e marcada pela orientação de clorita e mica, com sulfetação fraca e disseminada de pirita e pirrotita.

Dentre as características primárias distintivas destas rochas no campo, pode-se destacar a presença local de *pillows* (Prancha 2d), dentro da cava São Jorge, próximo ao contato com a ultramáfica e metapelito, onde os níveis *interpillows* são preenchidos por óxidos de manganês e carbonatos. Estas *pillows* são de tamanhos deci-centimétricos e estão tectonizadas devido à alta taxa de deformação oriunda da proximidade destas estruturas primárias com as zonas de empurrão, no contato com as rochas ultramáficas.

Na interface das zonas de *pillows*, são encontradas vesículas de dimensões deci-centimétricas que estão preenchidas por material argiloso de cor marrom claro. Existem também níveis albitizados

(Prancha 2b), parcialmente contínuos, próximos às zonas de *pillows* que, pelas observações de campo, são interpretados como horizontes feldspáticos alterados. À medida que se aproxima do contato com as rochas ultramáficas, estas características tendem a desaparecer ficando estas rochas mais xistificadas e homogêneas.

Nas rochas máficas são identificados cristais de clorita, quartzo, carbonato, feldspato albitizado, biotita, mica branca, magnetita, turmalina e sulfetos, além de veios, filonetes e venulações quartzo-carbonáticas. Nos testemunhos, a cor predominante é verde variando entre o claro e escuro. O estudo das seções delgadas (Pranchas “c” e “f”), mostra serem rochas de textura lepidogranoblástica bem compacta, homogênea, foliada e de granulação fina. Os xistos máficos são foliados, crenulados, de granulação fina a média e textura lepidogranoblástica, eventualmente superposta por textura milonítica.

A foliação é definida pela alternância de níveis ricos em clorita e bandas compostas por clorita, quartzo fino, carbonato, quartzo poligonal e plagioclásio. São comuns massas de clorita e bandas ricas em carbonato, que podem ser contínuas ou descontínuas. Palhetas de biotita de granulação média apresentam orientações variadas, oblíquas ao bandamento. Por relações texturais verifica-se que são posteriores à crenulação.

Este litotipo é constituído, predominantemente, por clorita (40%), quartzo (20%), carbonato (20%), biotita (10%), plagioclásio (5%), e mica branca (3%), com quantidades subordinadas de magnetita, sulfetos, turmalina, titanita, epidoto e rutilo.

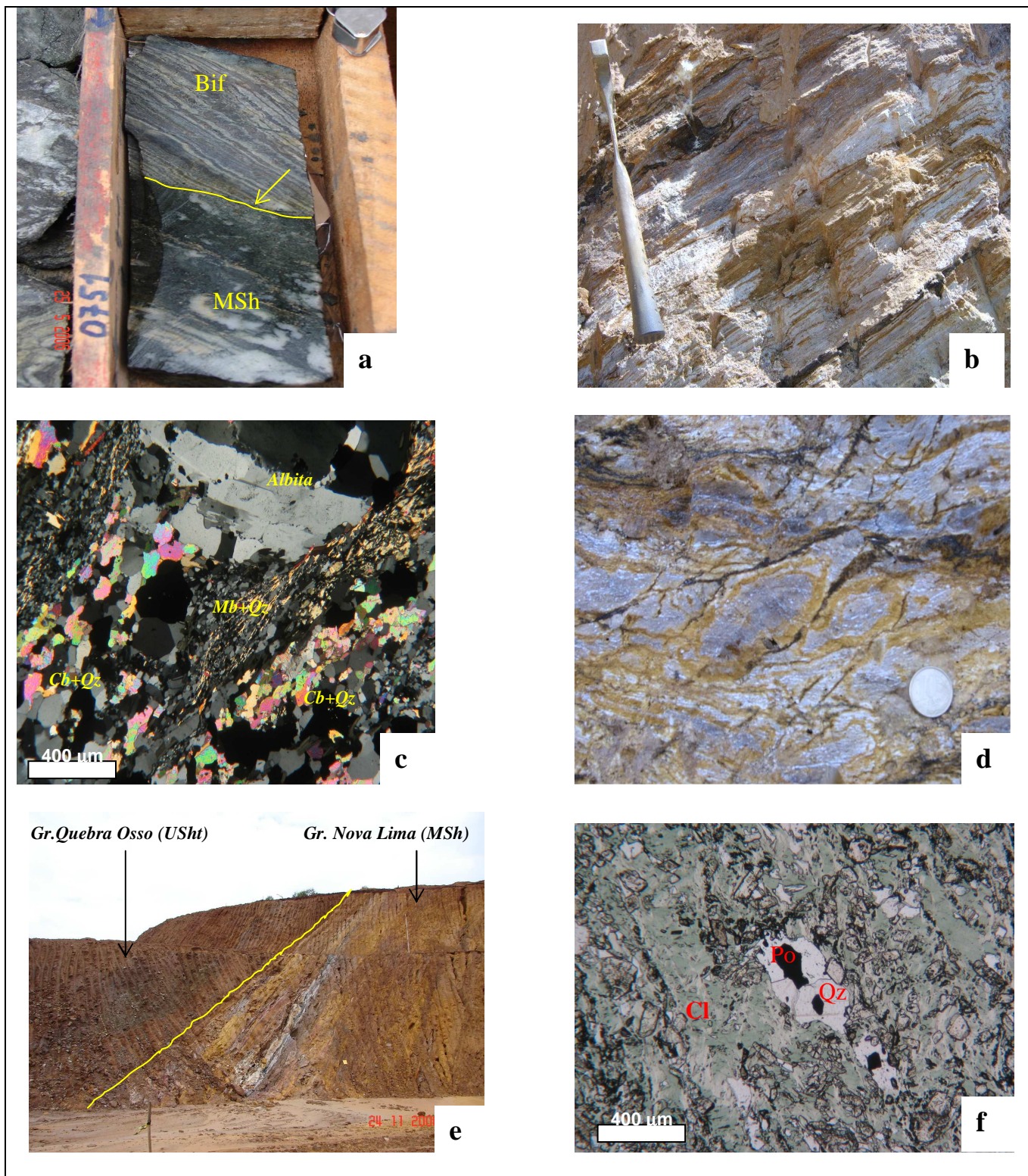
A clorita é um mineral subédrico, placoso, de tamanho variável, com terminações fibrosas, responsável pela foliação da rocha, mas que localmente apresenta-se em um arranjo desordenado. Identificam-se dois tipos de clorita, sendo uma delas ricas em ferro, com cor de interferência azul, e outra rica em magnésio, com cor de interferência marrom avermelhado. São comuns inclusões de magnetita dentro da clorita, disseminada ao longo dos planos de foliação.

O quartzo é anédrico, inequigranular, com contatos curvos, ameboidais ou irregulares, e ocorre tanto como finos agregados cristalinos orientados segundo a foliação principal, como em cristais grossos em veios associados a carbonatos. Ocorre ainda como inclusões na clorita, no carbonato, nos sulfetos e como agregados de quartzo com pirrotita anédrica associada. Ocorre ainda como inclusões em clorita, carbonato e sulfetos, principalmente nos cristais grossos de pirita, estes observados em destaque na seção.

O carbonato ocorre em cristais alongados, subédricos, com textura poiquiloblástica, de tamanhos variados. Ocorre como produto de alteração da clorita e como agregados cristalinos anédricos associados aos filonetes e segregações de quartzo, formando finas camadas tabulares alongadas segundo a foliação principal. O carbonato também ocorre como inclusões em sulfetos, clorita e quartzo.

A biotita ocorre como palhetas subédricas, de tamanhos variados, apresentando-se como relictos, ou pós tectônicas, sobrecrecida sobre outros minerais principalmente na clorita. Apresenta-se orientada segundo a foliação principal, mas pode ocorrer localmente em massas disseminadas sem orientação preferencial. Ocorre tanto como produto de alteração da clorita, conjuntamente com o carbonato, ou alterando-se para clorita e mica branca. Contribui também para a formação de sulfetos.

O plagioclásio é de granulação fina a média, exibindo macla do tipo albita, anédricos a subédricos, saussuritizados, com bordas irregulares. Localmente, apresentam sombras de pressão e alteram-se para mica branca e carbonatos. A mica branca ocorre como finas paletas alongadas, com terminações fibrosas em cristais anédricos paralelos à foliação. Ocorre como produto da alteração da clorita, carbonato, plagioclásio e biotita.



Prancha 2 - Principais aspectos das rochas máficas da área de Pilar: a) Testemunho de sondagem apresentando contato tectônico, discordante entre um xisto máfico (MSh) e a formação ferrífera (Bif); b) Níveis de feldspato albitizados (de cor branca) em máfica intemperizada; c) Fotomicrografia apresentando os principais constituintes minerais das rochas máficas e, em primeiro plano, albita pré-tectônica - PMS 12.- Am 31. Nicóis X ; 5X; d) Zona de pillows deci-centimétricas deformadas, intemperizadas, albitizadas e com bordas de alteração carbonática e óxidos de manganês nos níveis inter pillows; e) Contato entre os grupos Quebra Osso e Nova Lima, apresentando zona hidrotomalizada à partir do contato entre ambos f) Fotomicrografia de rocha máfica com clorita (Cl) dominante e no centro venulações de quartzo (Qz) com crescimento de pirrotita (Po) no interior da venulação (PMS 47A - Amostra 1 /nicóis //, 5X).

A magnetita ocorre como cristais anédricos a subédricos de granulação fina, inclusa nas palhetas de clorita e localmente na bitotita pós-tectônica, com pirrotita fina sobrecrecida, e também alterando para rutilo.

Os sulfetos mais comuns são pirrotita, pirita, esfalerita, calcopirita e arsenopirita. Estes ocorrem de forma disseminada e podem apresentar tamanhos variados. A pirrotita é anédrica e ocorre, via de regra, como inclusão nos agregados quartzo-carbonáticos, disseminada, ou nas zonas de contato entre os níveis de minerais micáceos e granulares. Inclusões de pirrotita podem ocorrer em cristais mais grossos de carbonato. Cristais de arsenopirita são euédricos a subédricos e ocorrem como produtos de alteração da pirrotita associada à clorita e carbonato caracterizando-se como minerais tardi-tectônicos. A esfalerita e a calcopirita ocorrem como cristais anédricos, finos, associadas à pirrotita e magnetita. A arsenopirita ocorre comumente como cristais facetados, disseminados de granulação grossa, com fraturamentos superficiais e inclusões de pirrotita e, localmente, de pirita.

A titanita ocorre como cristais euédricos a subédricos, de tamanhos variados, na forma de agregados ou disseminados, mas comumente sobrecrecidos nos outros minerais da trama. O epidoto ocorre sobrecrecido, como produto de alteração da biotita e clorita. São cristais subédricos, disseminados, mas que podem formar agregados de finos cristais. A turmalina ocorre de forma disseminada em cristais subédricos, facetados, sobrecrecidos na matriz da rocha.

- **Rochas Vulcanoclásticas (VSh)**

Na área do Depósito Pilar, as rochas vulcanoclásticas ocorrem na parte leste do polígono mapeado (Anexo 2) e estão posicionadas tectonicamente sobre as rochas ultramáficas pertencentes ao Grupo Quebra Osso e abaixo dos metapelitos xistificados que ocupam toda borda leste da área (Anexo 2).

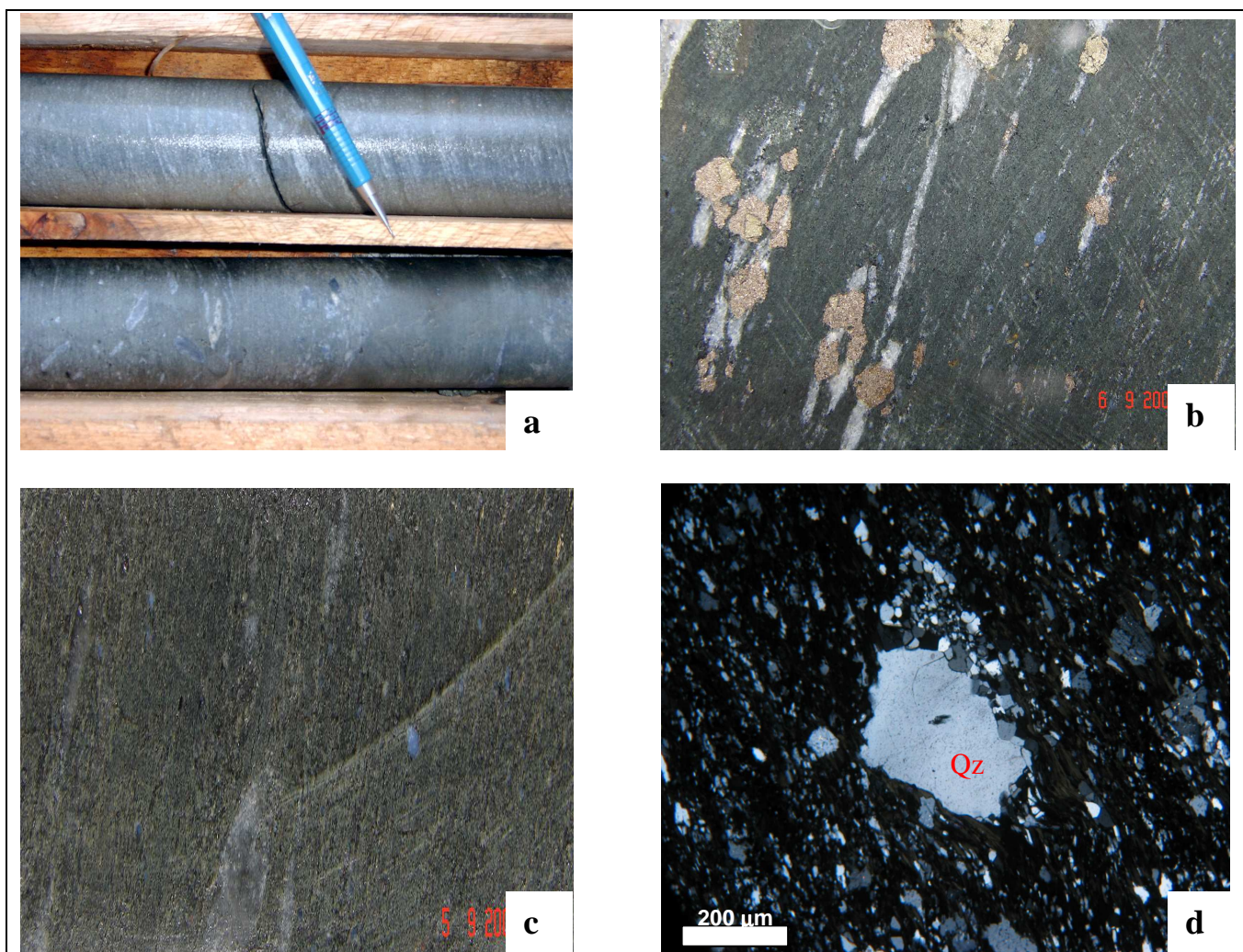
A caracterização das vulcanoclásticas, em campo, não é tão fácil devido à escassez de bons afloramentos, mas nos testemunhos de sondagem esta identificação é direta já que estas rochas apresentam cor verde mais escura que os metapelitos e xistos máficos. Têm granulação mais grosseira, com grãos de quartzo vulcânico, de cor azul, com tamanhos que variam entre 1,0 a 3,0 mm. A espessura do pacote pode atingir mais de 150 metros e, quando intemperizadas, apresenta-se com cores variadas entre o vermelho amarelado, com tonalidades arroxeadas e granulação mais grosseira que os metapelitos e xistos máficos. A Prancha 3, à seguir, apresenta as principais feições petrográficas deste litotipo.

As rochas vulcanoclásticas são representadas por biotita-carbonato-quartzo-clorita xisto e biotita-quartzo-clorita-carbonato xisto que apresentam uma textura lepidogranoblástica média à grossa, superposta por textura milonítica, com grãos de quartzo vulcânico disperso na matriz (Pranchas 3c e 3d). Estes grãos são sub-arredondados a sub-angulosos e, localmente, com sombras de pressão, comumente sub-paralelos à foliação principal. É possível observar gradações para níveis mais finos mostrando granodecrescência nítida e podem ser encontrados horizontes com quantidade abundante de quartzo vulcânico. Os cristais de pirita nas rochas vulcanoclásticas são maiores do que 0,5 mm, euédricos à subédricos, com sombras de pressão ricas em quartzo e paralelas à foliação principal (Prancha 3b).

Microscopicamente, as rochas vulcanoclásticas apresentam uma textura lepidogranoblástica, com a foliação caracterizada por minerais placosos tais como clorita e biotitas tardiamente crenuladas. São constituídas por clorita (35%), quartzo (30%), carbonato (20%), biotita (10%) e albita (5%). Os minerais acessórios são sulfetos, tais como pirita, pirrotita, esfalerita e arsenopirita, além de magnetita que, no conjunto, compõem menos de 1% do total dos constituintes minerais.

A clorita é subédrica, fibrosa, crenulada e dobrada. É substituída por quartzo, carbonato, biotita e sulfetos, principalmente pirrotita, arsenopirita e pirita. Apresenta cores de interferência anômala predominando a clorita com cor de interferência azul e tonalidades variáveis, o que caracteriza este mineral como sendo rico em ferro. Em menor quantidade, ocorre clorita magnesianas. Existem inclusões de magnetita dentro da clorita e ocorrem de forma disseminada ao longo dos planos de foliação.

O quartzo ocorre de três formas distintas: como agregados cristalinos, em veios ou filonetes; formando bandas paralelas à foliação dos minerais plácidos; como porfiroclastos de quartzo vulcânico de cor azul e microcristalino disperso na matriz. Onde em veios ou filonetes, o quartzo possui forma subédrica, inequigranular, grosseiro, alongado, com contatos curvos, ameboidais, irregulares ou as vezes poligonizados. O quartzo microcristalino é muito fino e comumente paralelo à orientação da clorita.



Prancha 3 - Características gerais das rochas vulcanoclásticas na área do Depósito Pilar: a) Testemunho de sondagem de biotita-carbonato-quartzo-clorita xisto com grãos grossos de quartzo e de minerais escuros dispersos na matriz foliada. b) Biotita-carbonato-quartzo-clorita xisto com quartzo vulcânico (azul) de tamanhos milimétricos, sub-arredondados dispersos na matriz e paralelos à foliação principal da rocha. A foto mostra ainda cristais de pirita euédrica a subédrica com sombras de pressão preenchidas por quartzo alongados segundo a foliação principal. c) Aspecto geral da rocha vulcanoclástica com quartzo vulcânico disseminado na matriz foliada e com venulações quartzo-carbonáticas paralelas à foliação principal. d) Fotomicrografia de rocha vulcanoclástica apresentando matriz foliada quartzo-clorítica e, em primeiro plano, porfiroclasto de quartzo vulcânico anédrico com bordas irregulares e leve sombra de pressão na parte inferior (PMS 64 A - nicóis X, 10X).

Os porfiroclastos de quartzo vulcânico ocorrem disseminados na matriz, possuem cor azul, dimensões milimétricas, sub-arredondados a arredondados, alongados segundo a foliação principal, com bordas irregulares, sombras de pressão e extinção ondulante.

O carbonato varia de subédrico a anédrico, alongado, paralelo à foliação principal, com bordas irregulares e se comportam, em sua maioria, como palhetas alongadas formando níveis milimétricos que se alternam com as bandas de clorita, quartzo e biotita. A biotita é de cor marrom amarelada, subédrica e de granulação fina.

Quanto aos minerais acessórios, destacam-se os sulfetos, com predomínio de pirrotita que se apresenta como cristais anédricos, alongados segundo a foliação com inclusões de quartzo, carbonato e eventualmente magnetita.

A pirita varia de euédrica a subédrica, apresentando comumente sombra de pressão e se forma a partir da alteração da pirrotita. A arsenopirita tem forma euédrica a subédrica quase sempre associada a pirrotita, clorita e carbonato. A magnetita ocorre como finíssimos grãos, sem orientação preferencial. Ocorre também inclusa em cristais de clorita e pirrotita. A esfalerita ocorre isoladamente como alteração dos sulfetos e, em geral, está posicionada nas bordas da pirrotita e clorita.

- **Rochas Metapelíticas (SSh)**

Este conjunto de rochas constituem os litotipos predominantes do Grupo Nova Lima, na área do Depósito Pilar, ocupando em torno de 50% da área total das rochas aflorantes no depósito (Anexo 2). Ocorrem em toda porção oeste e noroeste, bem como parte da noroeste e sudoeste da área. Podem ser encontradas, também, na borda leste e no centro da área mapeada, onde envelopam a formação ferrífera em toda sua extensão.

Os metapelitos estão representados por dois grupos litológicos (i) quartzo-sericita xistos, quartzo-carbonato-sericita-clorita xisto e carbonato-sericita-clorita xistos, e (ii) o xisto carbonoso.

(i) *quartzo-sericita-xistos, quartzo-carbonato-sericita-clorita xistos e quartzo-carbonato-sericita-clorita xistos (SSh)*

As rochas predominantes deste grupo são encontradas praticamente em toda a área. Em campo, formam corpos com granulação fina, textura lepidogranoblástica, cor vermelho amarelada, algo friável, com níveis de matéria carbonosa e veios de quartzo. Podem ser reconhecidas pela presença de estruturas primárias como laminação ou acamamento plano paralelo (Pranchas 4a e 4b), pela maior presença de quartzo, mica branca e pela coloração que, via de regra, possui uma tonalidade mais amarelada que as demais. Apresentam, também, alternância de níveis milimétricos de composição quartzosa e carbonosa de cor cinza escura que se alternam com níveis micáceos.

As estruturas primárias observadas são de escala mesoscópica, mas que se repetem nos afloramentos onde aparecem estes litotipos (Pranchas 4a, 4b e 4c). Estas estruturas muitas vezes estão truncadas por planos de cisalhamentos ou pelos contatos com outros litotipos.

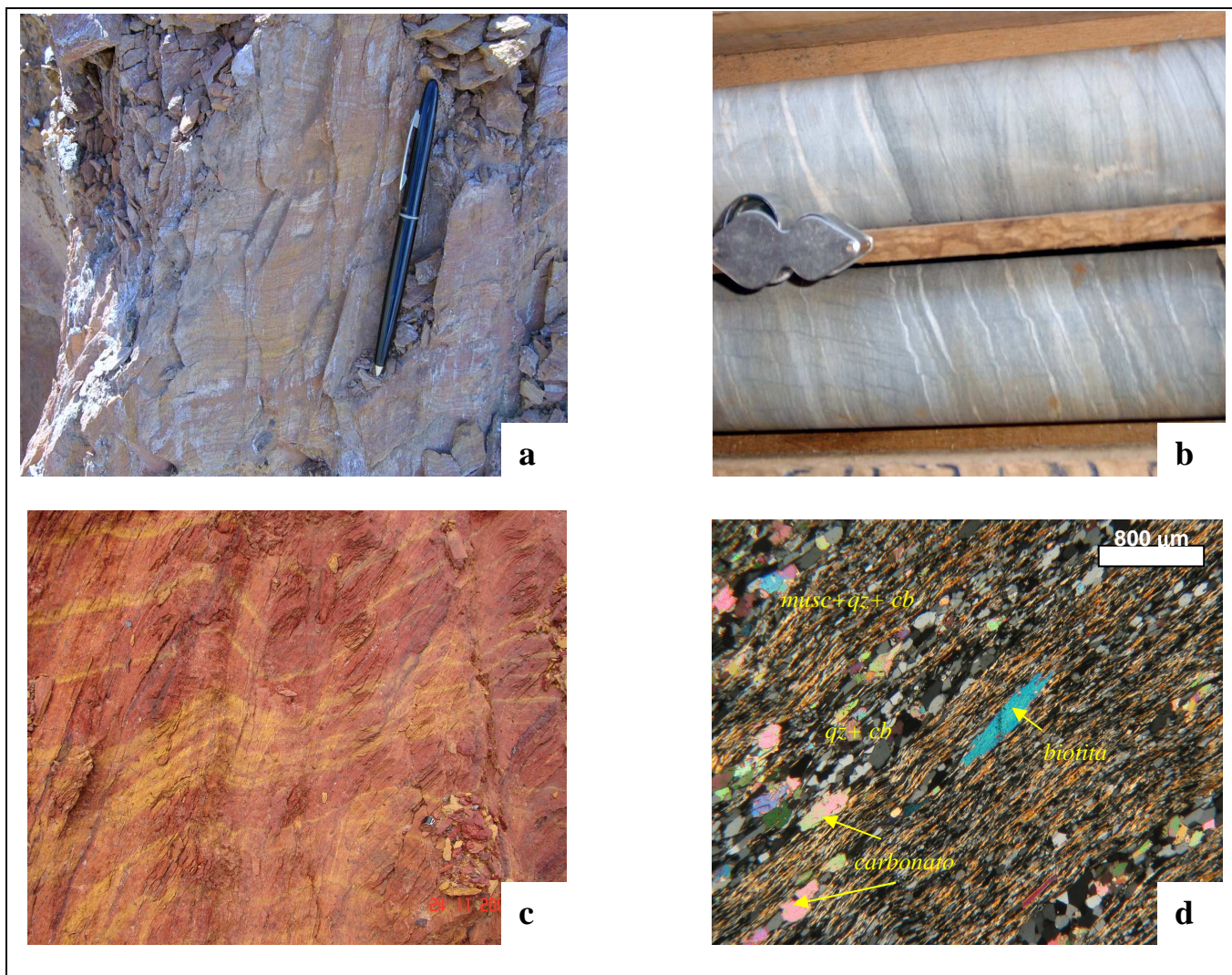
Quando não intemperizados, apresentam níveis cor cinza claro, que se alternam com outros de cor cinza escuro, representando a matéria carbonosa, além de níveis brancos relacionados a horizontes quartzo-micáceos (Prancha 4b). A coloração é uma das características distintivas deste litotipo com relação aos outros xistos observados nos testemunhos, que possuem quase sempre tons esverdeados.

Microscópicamente (Prancha 4d), a rocha é constituída por mica branca (30%), quartzo (25%), clorita (20%) carbonato (20%) e biotita (5%). Os minerais acessórios são representados pelos sulfetos, sendo

os principais pirita e pirrotita que, no conjunto, compõe menos de 1% do total dos constituintes minerais.

A mica branca ocorre em forma de agregados que definem a foliação da rocha. São cristais subédricos, finos, fibrosos, crenulados, que mostram uma orientação preferencial e ocorrem em microbandas paralelas aos níveis quartzosos.

O quartzo é anédrico, inequigranular, alongado, formando bandas paralelas e alternadas à foliação dos minerais placosos.



Prancha 4 - Características gerais dos metapelitos do Depósito Pilar a) quartzo-carbonato-sericita-clorita xisto com laminação plano paralela com alternância de níveis avermelhados e amarelados b) Testemunho de sondagem apresentando quartzo-carbonato-sericita-clorita xisto, com níveis de matéria carbonosa e laminação plano paralela; c) Afloramento de metapelite intemperizado com acamamento primário dobrado; d) Fotomicrografia do detalhe dos níveis de quartzo e carbonato (qz+cb), alternando-se com os níveis de mica branca-quartzo-carbonato (musc+qz+cb), com crescimento de biotita pós-tectônica, no centro (PMS12 - Am 29; Nicóis X- 2,5 X).

A clorita ocorre em associação aos minerais micáceos, sempre paralela aos níveis quartzosos. Também apresenta-se crenulada e ocorre como mineral subédrico, alongado e com terminação de borda irregular.

O carbonato varia de subédrico a anédrico, alongado, paralelo à foliação principal, com bordas irregulares e se comporta, em sua maioria, como palhetas alongadas formando níveis milimétricos. Raramente forma agregados e ocorre tanto nos níveis micáceos quanto nas bandas quartzosas.

A biotita é de cor marrom amarelada, subédrica e ocorre como porfiroblasto nitidamente pós-tectônico, sobrecrecido nos níveis de clorita e mica branca. Acompanha a foliação principal, mas não apresenta um arranjo preferencial, considerando que o eixo maior de alongação muitas vezes está rotacionado.

Os minerais acessórios predominantes são pirrotita e pirita. A pirrotita apresenta-se como cristais anédricos, que podem ocorrer paralelos à foliação principal ou disseminados na rocha. A pirita ocorre como produto da alteração da pirrotita da qual está quase sempre em contato direto.

(ii) xisto carbonoso (Shc)

O xisto carbonoso consiste em uma unidade metapelítica xistificada que ocorre de forma restrita e de fácil distinção em campo, devido a sua cor cinza escuro a negra, tanto em afloramentos (Prancha 5b) quanto nos testemunhos de sondagem. A espessura destes horizontes é de, no máximo, 3 metros, mas em extensão pode alcançar centenas de metros. Ocorre como intercalação no contato entre o xisto sedimentar e o xisto máfico, envelopando a formação ferrífera, nos contatos entre a rocha máfica e a ultramáfica e dentro das rochas ultramáficas e vulcanoclásticas.

Visualmente é finamente laminado, com textura lepidoblástica a lepidogranoblástica de granulação fina, constituído essencialmente por matéria carbonosa, quartzo, clorita, carbonato e magnetita com níveis e segregações de quartzo e sulfetos paralelos à xistosidade.

Normalmente, esta rocha é rica em venulações quartzo-carbonáticas de espessuras milimétricas a centimétricas, geralmente dobradas e quase sempre descontínuas, que pode ser tanto concordante quanto discordante da foliação principal.

O contato desta rocha com as outras dentro da área de estudo é tectônico sendo comum a presença de veios de quartzo e dobras de dimensões variáveis nestas zonas de contato.

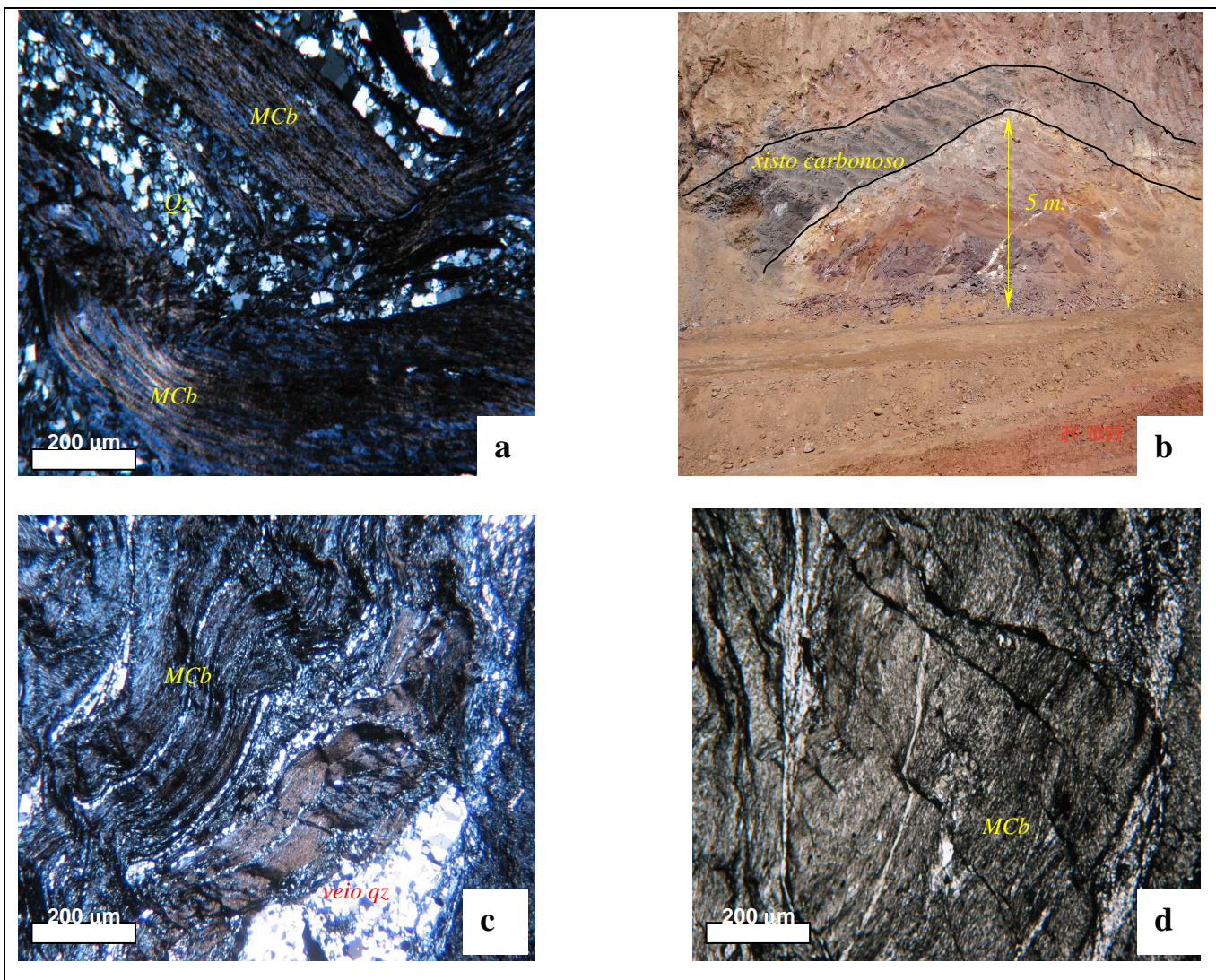
Microscopicamente (Pranchas 5a, 5c e 5d), os principais constituintes desta rocha são em média, matéria carbonosa (65%), quartzo (15%), clorita (10%) carbonato (10%) além dos acessórios que perfazem menos do que 1% do total da rocha.

A matéria carbonosa apresenta-se em finíssimas lamelas fibrosas que são responsáveis pela foliação penetrativa e pela cor escura da rocha. Mostra-se com padrão anastomosado, muitas vezes com as terminações rompidas e, via de regra, alternando-se com níveis quartzosos e cloríticos.

A clorita é composta por cristais finos, subédrico, com terminações fibrosas, crenulada, alternando-se em bandas irregulares com os níveis quartzosos. Pode conter inclusões de quartzo e magnetita, alongados segundo os planos de foliação.

O quartzo é anédrico, inequigranular, alongado, formando bandas paralelas à sub-paralelas aos níveis de clorita. São finíssimos cristais quando associado a matriz da rocha e mais grosso quando associados a veios quartzo carbonáticos.

O carbonato varia de euédrico a subédrico, alongado, disposto paralelo a sub-paralelo à foliação principal, com bordas irregulares e, tal qual os cristais de quartzo, são mais finos quando existentes na matriz e mais grossos nos veios e segregações.



Prancha 5 - Características gerais do xisto carbonoso dentro do Depósito Pilar: a, c e d) Fotomicrografias mostrando a presença da matéria carbonosa (MCb) caracterizando a foliação principal da rocha e alternando-se com os níveis de quartzo e carbonato (PMS 12 - Am. 40 a) e c) - 10X, nicois X; d - 10X, nicois //). Apresenta-se crenulada, fibrosa, intercalada com níveis quartzosos paralelos à foliação principal e com clivagens de fratura que afetam a foliação principal (em "d"). b) Afloramento de xisto carbonoso dentro de de rocha máfica intemperizada. Observar a pequena espessura, que é muito comum nos corpos de xisto carbonoso (Pit São Jorge).

Os acessórios predominantes são os sulfetos e a magnetita. Dos sulfetos, os principais são a pirrotita e a pirita. A pirrotita é, geralmente, anédrica, alongada segundo a foliação principal, com borda irregular e textura poiquiloblástica com inclusões de clorita, quartzo e, eventualmente, magnetita e carbonato.

A pirita se formam a partir da pirrotita e apresenta forma subédrica a euédrica. A magnetita ocorre como finíssimos grãos, sem uma orientação preferencial. Ocorre também incluso em cristais de pirrotita.

- **Formação Ferrífera Bandada (Bif)**

No Depósito Pilar, a formação ferrífera bandada também é uma rocha de fácil caracterização em campo, pois apresenta-se com aspecto ferruginoso, bandado, contínuo e maciço com níveis xistificados entre as bandas maciças. A espessura deste horizonte é variável e, em zonas de flanco, pode alcançar

em torno de 50 metros de espessura, mas em zonas de charneira, a espessura é da ordem de 150 metros.

Em campo, a formação ferrífera bandada pode ser encontrada associada a seqüência máfica, a metapelítica ou dentro das rochas ultramáficas, sendo esta última, na porção central da área. Forma corpos alongados, dobrados, com espessamento nas zonas de charneira e fraturamentos diversos.

Esta rocha possui textura granoblástica equigranular, bandada, compacta, constituída por quartzo, carbonato, clorita, stilpnomelano, sulfetos e óxidos de ferro. Alterna-se em bandas claras, constituídas por quartzo e carbonatos, e escuras, onde ocorrem sulfetos, stilpnomelano, magnetita e clorita. No contato com os metapelitos e a unidade máfica mostra-se intensamente tectonizado, brechado e preenchido por veios e venulações de quartzo e carbonato.

A formação ferrífera, quando intemperizada, torna-se limonitizada (goethita/limonita) e quando próxima a zona de charneira (São Jorge/Pit Sul) mostra-se intensamente dobrada. Quando em rocha fresca apresenta nitida contribuição pelítica, de tonalidade esverdeada, devido à concentração de níveis cloritizados que ocorrem entre as bandas da formação ferrífera.

No geral, a formação ferrífera da área do Depósito Pilar apresenta quatro bandas que podem ser identificadas, principalmente, quando em rocha fresca, a saber: bandas quartzo-carbonáticas, de clorita-stilpnomelano, magnetita e sulfetos.

A banda quartzo-carbonática é de cor branca com tonalidade amarelada, compacta, de espessura média entre 3 e 5 cm, composta exclusivamente por quartzo e carbonato. Uma banda de cor escura, entre o marrom e o esverdeado, foliada, compacta, de espessura aproximadamente igual a quartzo-carbonática, é característico da banda de clorita e stilpnomelano. A banda cinza escura é constituída por concentração de magnetita em níveis deci-centimétricos paralelos às bandas citadas anteriormente. A banda de sulfeto ocorre geralmente próxima ao centro das zonas mineralizadas, é de fácil distinção devido ao seu caráter metálico e pode alcançar mais de 50 centímetros de espessura. É constituída principalmente por pirrotita e arsenopirita e quantidades subordinadas de calcopirita, pirita e esfalerita.

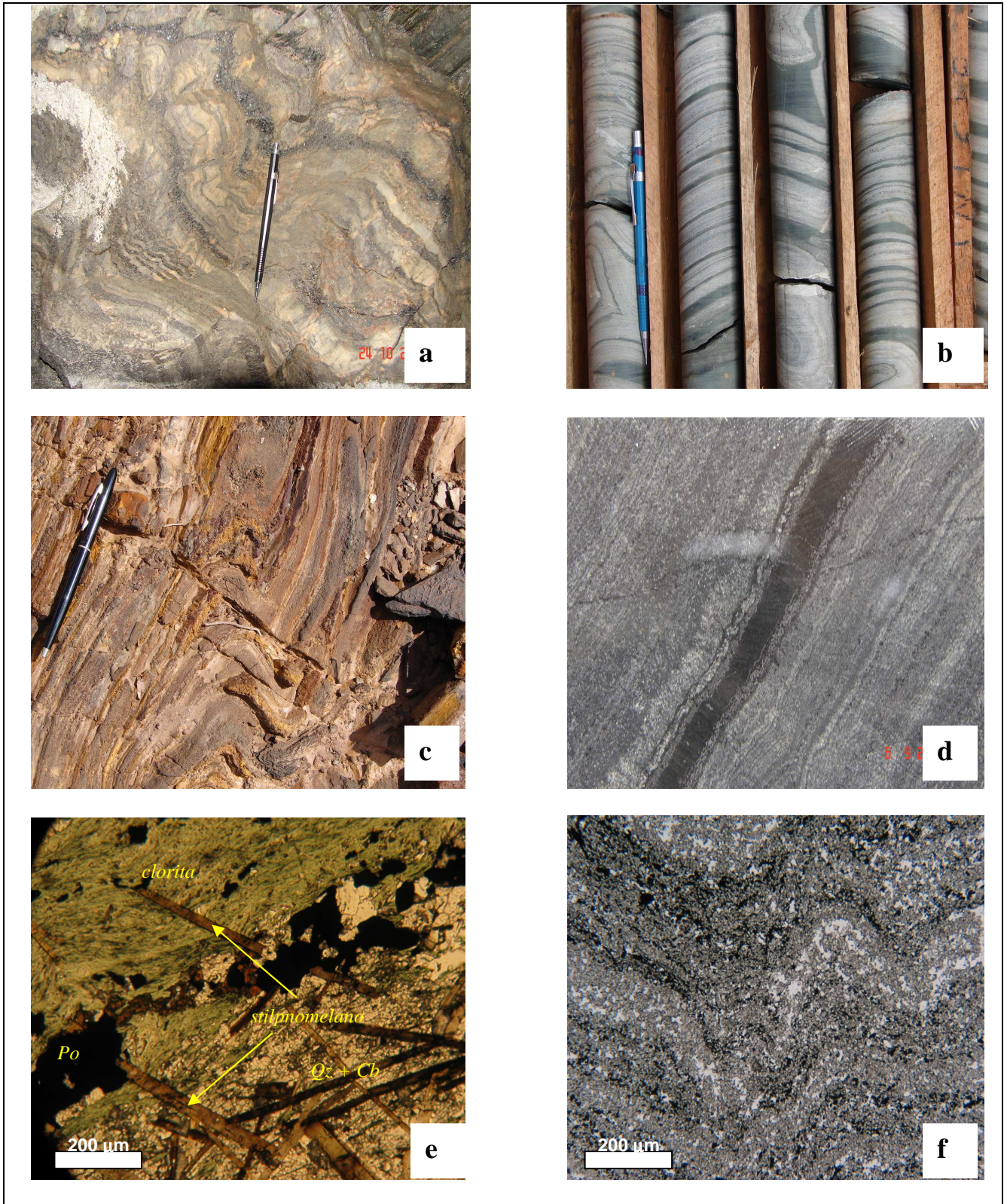
A Prancha 6, a seguir, apresenta os principais aspectos da formação ferrífera bandada do Depósito Pilar.

O estudo das seções delgadas mostra que a formação ferrífera do Depósito Pilar apresenta-se como uma rocha de textura granolepidoblástica, granulação fina a média, algo foliada nos níveis de clorita e stilpnomelano e em bandas maciças nas faixas quartzo carbonáticas. Veios quartzo-carbonáticos contínuos e descontínuos ocorrem paralelos ao bandamento da rocha.

A mineralogia global, é constituída de quartzo (30%), carbonatos (20%), clorita (20%), stilpnomelano (15%), magnetita (10%) e sulfetos (5%). Óbviamente que esta constituição é dependente do horizonte em que se está dentro da formação ferrífera visto que existem bandas espessas ricas em clorita, quartzo e carbonato em alguns pontos e bandas onde predominam magnetita, stilpnomelano e sulfetos.

O quartzo é anédrico, inequigranular, formando bandas paralelas e alternadas à foliação dos minerais placosos. Observou-se a presença de aglomerados de quartzo recristalizados, poligonizados pouco deformados e quartzo de tamanhos maiores que estão associados a veios quartzo-carbonáticos.

O stilpnomelano ocorre como agulhas de tamanhos variáveis, euédricas a subédricas, muitas vezes em aspecto radial, com textura poiquiloblásticas com inclusões de quartzo, clorita e carbonato. Acompanha, invariavelmente, as bandas cloritico-carbonática, sendo sobrecrescida nestas mas, em contrapartida, raramente ocorre nas bandas quartzo-carbonáticas. Observa-se que o stilpnomelano contribui para a formação de sulfetos.



Prancha 6 – Aspectos da formação ferrífera bandada do Depósito Pilar: a) Horizonte sulfetado dobrado com níveis de arsenopirita - subsolo Pilar - nível 690; b) No testemunho de sondagem, horizonte com alternância de bandas de cloritas/magnetita (mais escuras) e com quartzo/carbonato (mais claros); c) Intemperizado com níveis de óxidos, sulfetos e carbonatos; d) Bandamento primário composto por magnetita (escuras) alternando-se com níveis de sílica (claras); e) Fotomicrografia apresentando bandas quartzo-carbonáticas, alternado-se com bandas de clorita, com stibnomelano sobrecrecido. Os sulfetos ocorrem nos contatos entre bandas (PMS 12 - Am. 34; 10 X - nicois X); f) Fotomicrografia mostrando acamamento dobrado. Observar a alternância de bandas de magnetitas (escuras) com as de quartzo e carbonatos (claras) (PMS 47A; Am. 15 - 10 X - nicois //).

A clorita é de cor verde, rica em ferro, com hábito variável de euédrica a subédrica, ocorrendo em cristais de tamanhos variados. Observa-se que existem duas gerações deste mineral, a primeira ocorre em placas ou massas irregulares e a segunda em agulhas finas, gerando um aspecto foliado, orientado e, via de regra, com inclusões de magnetita, quartzo e carbonato. Ambas apresentam terminações irregulares e alteram-se para a formação de sulfetos, principalmente pirrotita e pirita.

Ocorrem dois tipos de carbonato: o primeiro deles está disperso ou formando bandas na matriz da rochas. São de tamanhos pequenos, euédrico a subédrico, alongados, paralelos ao bandamento, com bordas irregulares e com inclusões de clorita, quartzo e magnetita. O segundo tipo é o carbonato proveniente de veio quartzo-carbonático, que corta o bandamento da rocha. Este carbonato é de granulação grossa, subeuédrico, irregular nas bordas e forma faixas muitas vezes contínuas.

A pirrotita ocorre de forma anédrica, com bordas irregulares, de tamanhos variados e textura poiquiloblástica com inclusões de quartzo, carbonatos, clorita e magnetita. Os hábitos são os mais variados, pois observa-se que muitas das vezes a pirrotita ocorre como se acompanhasse um fluxo proveniente de um fluido, de forma que se pode ver pirrotita tabular, em massas contínuas ao longo dos planos, preenchendo as clivagens existentes no carbonato, interstícios ou em cristais mais ou menos formados, mas sempre de forma irregular. Altera-se tanto para arsenopirita, calcopirita quanto para esfalerita, sendo esta última em uma escala mais reduzida.

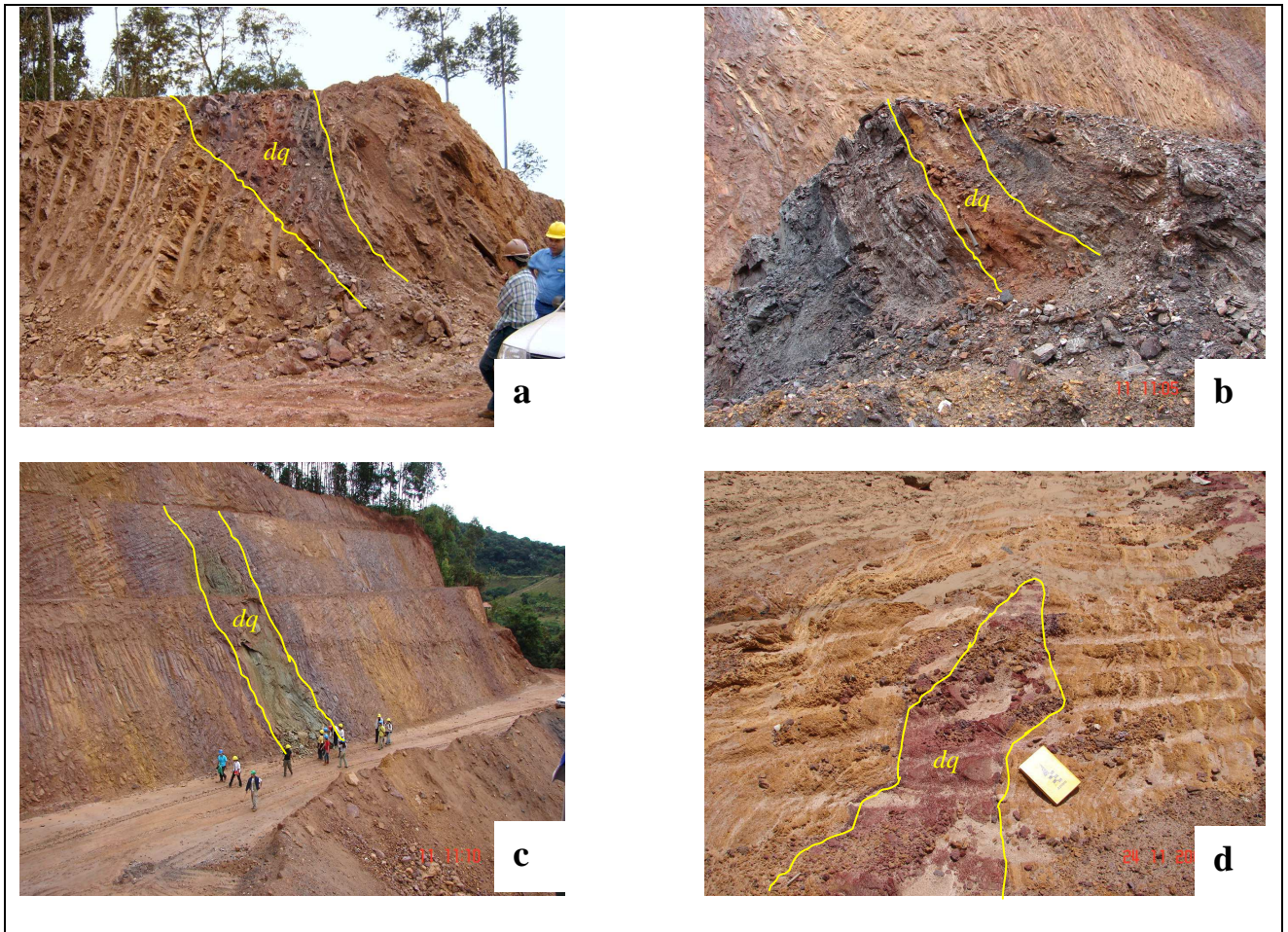
A pirita é subédrica e ocorre como alteração da pirrotita, pirita e magnetita, sendo que estes minerais raramente se formam em cristais isolados. A arsenopirita ocorre como cristais subédricos, em massas bem formadas ou em cristais euédricos isolados, sobrecrecido sobre a pirrotita e em menor proporção na pirita. São comuns cristais de arsenopirita com hábitos tabular, losangular e triangular.

A esfalerita tem presença restrita neste tipo de rocha e, geralmente, ocorre como minerais anédricos provenientes da alteração da pirrotita. A magnetita pode ocorrer em faixas contínuas, maciças com hábitos anédricos a subédricos ou de forma disseminada. São encontradas ainda como inclusões na clorita e pirrotita.

- **Rochas Intrusivas (Dq)**

Os diques de rocha máfica no Depósito Pilar ocorrem em vários locais do depósito, mas se concentram, preferencialmente, em zonas intensamente tectonizadas, tais como na zona de charneira do *Pit* São Jorge e na cava do *Pit* 15. Estão restritas a zonas de fraqueza, tais como no contato entre as rochas ultramáficas e máficas, entre as máficas e os metapelitos e dentro das zonas de cisalhamento. Entretanto, as relações de campo, até então observadas, não são suficientes para se concluir se estes foram originariamente diques ou *sills*, pois alguns destes são nitidamente discordantes, sendo outros concordantes e xistosos.

Estes diques comumente apresentam cor verde escura, granulação média a fina, constituídos por anfibólio, plagioclásio, clorita, carbonato, biotita e opacos. Quando intemperizado, apresenta cor vermelho forte, pouco foliada. A sulfetação é muito fraca ou quase inexistente. A espessura destes corpos é limitada, podendo alcançar um máximo de 10 metros, sendo que o comprimento destas rochas pode alcançar centenas de metros, preferencialmente, dentro das zonas de *shear*. Assim como os outros litotipos, encontram-se estruturalmente controlados, em alguns casos transpostas, com clivagem espaçada e planos cisalhados.



Prancha 7 – Aspectos dos diques de rocha máfica. a) Cortando seqüência de talco xistos, dentro da zona de empurrão (Pit 15); b) Dique cortando formação ferrífera bandada dentro do Pit São Jorge; c) Dique com halos de alteração na lapa da seqüência do depósito entre os xistos metapelíticos e xistos máficos do Pit São Jorge; d) Dique de rocha máfica, rompido, dentro de xisto metapelítico (Pit São Jorge)