

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



**Mineralizações de Cobre da Mina de Miguel Vacas: Caracterização
Petrográfica e Geoquímica**

Gustavo Pereira Fernandes

Mestrado em Geologia Económica
(Especialização em Prospecção Mineral)

2012

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



**Mineralizações de Cobre da Mina de Miguel Vacas: Caracterização
Petrográfica e Geoquímica**

Gustavo Pereira Fernandes

Dissertação orientada pelo
Professor Doutor Luís Miguel Guerreiro Galla Gaspar

Mestrado em Geologia Económica
(Especialização em Prospecção Mineral)

2012

Índice

Agradecimentos	iii
Resumo.....	v
Abstract	vii
1 Introdução.....	1
2 Enquadramento Geográfico.....	3
3 Enquadramento Geológico	5
4 Enquadramento Geológico Regional.....	7
4.1 Mina de Miguel Vacas	10
5 Notas históricas de prospecção e pesquisa	17
6 Metodologia.....	19
6.1 Amostragem e análise macroscópica.....	19
6.2 Difracção de Raios-X e Microdifracção de Raios-X.....	19
6.3 Análise petrográfica	20
6.4 Química Mineral.....	21
6.4.1 Determinação do carbono e da água	21
7 Petrografia.....	23
7.1 Rocha encaixante	23
7.2 Zona Eluvial	24
7.3 Zona Iluvial ou de Enriquecimento Supergénico.....	25
7.4 Zona Hipogénica ou Protominério	27
8 Química Mineral.....	47
8.1 Sulfuretos, sulfossais e bismuto nativo.....	47
8.1.1 Pirite	47
8.1.2 Calcopirite	50
8.1.3 Bornite.....	51
8.1.4 Fases de Cu-S.....	52
8.1.5 Fases de Cu-Bi-S	58
8.1.6 <i>Bismuthinite</i>	62
8.1.7 Bismuto nativo	63
8.1.8 Arsenopirite.....	64
8.1.9 <i>Gersdorffite</i>	65
8.2 Óxidos.....	67
8.2.1 Hidróxidos e Óxidos de Fe.....	67

8.2.2	Cuprite.....	68
8.2.3	Óxido de Cu (CuO).....	68
8.2.4	Rútilo.....	69
8.3	Carbonatos.....	71
8.3.1	Siderites e <i>Ankerites</i>	71
8.3.2	Malaquite.....	72
8.3.3	Azurite.....	73
8.4	Fosfatos.....	74
8.4.1	Pseudomalaquite.....	74
8.4.2	<i>Libethenite</i>	75
8.5	Sulfatos.....	76
8.5.1	<i>Brochantite</i>	76
9	Discussão.....	101
10	Conclusões.....	109
11	Bibliografia.....	111

Anexos

Anexo I – Mapa geológico simplificado da área em estudo (escala 1/50.000)

Anexo II – Mapa geológico com localização das sondagens (escala 1/7.500)

Anexo III – Fichas Petrográficas

Anexo IV – Amostras e paragénese mineral de Miguel Vacas

Anexo V – Difracção de Raios-X e MicroDifracção de Raios-X (DRX e MicroDRX)

Anexo VI – Condições de leitura e padronização de microsonda electrónica

Anexo VII – Análises mineralógicas por microsonda electrónica (EPMA)

Agradecimentos

Em primeiro lugar quero agradecer ao CREMINER pelo apoio e financiamento que forneceu pois sem ele não seria possível realizar esta dissertação

Ao meu orientador Professor Doutor Luís Miguel Gaspar pela orientação, dedicação, paciência, disponibilidade e auxílio prestado, que me ajudou a crescer como pessoa e como cientista e permitiu levar esta dissertação a bom termo.

Ao Professor Doutor Manuel Francisco do Centro de Petrologia e Geoquímica do Instituto Superior Técnico pela sua disponibilidade e apoio que prestado durante o tempo que frequentei as instalações e na análise de dados obtidos.

A todas as instituições (Laboratório Nacional de Energia e Geologia, Laboratório de Conservação e Restauro José de Figueiredo e Lundin Mining Corporation) e às pessoas dessas mesmas instituições pela disponibilidade e assistência durante os períodos que as frequentei.

Ao Sr. Alberto Verde e ao Doutor Pedro Rodrigues pela sua ajuda na manufacturação das lâminas e assistência na difracção de raios-X e microsonda electrónica. Aos Professores António Mateus, Jorge Figueiras, Isabel Costa e Raúl Jorge pela disponibilidade e no esclarecimento de dúvidas que foram surgindo ao longo desta dissertação.

Aos meus colegas e amigos que ao longo do tempo foram dando palavras de apoio e incentivo (puxando as orelhas, por vezes, pelo caminho) mesmo nas alturas mais complicadas e desmoralizantes, mas que estiveram sempre presentes, mesmo nos momentos onde mostrei algum do meu mau feitio. Vocês sabem quem são. Muito obrigado!

Por último e o mais importante deles todos... Agradeço aos meus pais e irmão! São as pessoas mais importantes da minha vida pelo apoio, incentivos dados e pela paciência que tiveram ao longo de todo o meu percurso académico que culmina, por agora, no mestrado. Peço desculpa pela minha ausência e atritos que tenham surgido durante este período. Obrigado pelo vosso amor, palavras e educação dada ao longo destes anos, pois tornaram-me na pessoa que hoje sou e que permitiram ultrapassar obstáculos e atingir objectivos. Obrigado por tudo!

Resumo

O depósito de Cobre da Mina de Miguel Vacas localizado na Zona de Ossa-Morena (ZOM), a Sudeste de Vila Viçosa, foi alvo de várias campanhas de prospecção e de exploração desde o princípio do século XX até ao ano de 2007, no entanto, não existe na literatura nenhum estudo detalhado da sua mineralogia.

O presente trabalho, pretende colmatar esta lacuna através de uma caracterização mineralógica e química mineral detalhada das paragénese do minério primário e supergénico, juntamente com uma interpretação dos processos evolutivos do depósito.

O jazigo de Miguel Vacas corresponde a uma estrutura filoniana, preenchida por quartzo e carbonatos, de atitude NNW-SSE sub-vertical e é sub-concordante com a estrutura regional. O jazigo encontra-se encaixado em formações metassedimentares (xistos negros e cinzentos, com intercalações de liditos), estende-se ao longo de mais de 2 km e. com uma possança variável (10 a 20 m).

Em Miguel Vacas é possível observar duas tipologias de minério completamente distintas: minério primário e minério supergénico. O minério primário é composto por calcopirite, pirite, arsenopirite, *gersdorffite*. O minério supergénico é constituído por malaquite, azurite, pseudomalaquite, *libethenite*, *brochantite*, cuprite, óxido de cobre¹, calcocite, digenite, anilite, *djurleite*, covelite, bornite, cobre nativo, *wittichenite*, cuprobismutite, emplectite, *bismuthinite* e bismuto nativo. É ainda possível observar rútilo nos halos de alteração proximal.

Com base na petrografia e química mineral foi possível por em evidência o carácter episódico da mineralização primária associado a fenómenos de remobilização de metais e reprecipitação de sulfuretos.

Na mineralização supergénica é possível diferenciar três zonas distintas (zona de lixiviação, zona supergénica oxidada e supergénica redutora) que reflectem o perfil típico e os processos característicos deste tipo de alteração.

Na zona oxidada destaca-se a presença de carbonatos Cu (malaquite ± azurite) e fosfatos de Cu (pseudomalaquite ± *libethenite*) que sugerem variações significativas dos parâmetros físico-químicos do meio, em especial do pH, pCO_2 , e aPO_4^{3-} .

O Au, que está sempre presente embora de forma errática ao longo de todo o perfil, ocorre provavelmente na forma de microinclusões, quer nas fases primárias quer nas fases secundárias de Cu, o que sugere uma mobilidade à escala local.

Palavras Chave: Zona de Ossa-Morena; Mina de Miguel Vacas; Minério primário; Minério secundário; Mineralizações de Cu

¹ Ficha de DRX: 01-080-1916

Abstract

The copper deposit from Miguel Vacas Mine is located in the Ossa-Morena Zone (OMZ), Southeast of Vila Viçosa, was the target of various exploration campaigns since the begin of the 20th century to 2007, however, there isn't any literature about the detailed study of their mineralogy.

The present work intend to fill this gap through a mineralogical and chemical characterization of the primary and supergenic ore, together with an interpretation of the evolutionary processes of the deposit.

The Miguel Vacas mine deposit corresponds to a lode structure system filled with quartz and carbonates, sub-vertical with an attitude NNW-SSE and is sub-concordant with the regional structure. The deposit is embedded in metasedimentary formations (black and grey shales, with interbedded lydites) extending over more than 2 km long and with a variable thickness (10 to 20 m).

In Miguel Vacas it's possible to observe two completely different ore tipology, primary ore and supergene ore. The primary ore is composed by chalcopyrite, pyrite, arsenopyrite and gersdorffite. The supergene ore consists in malachite, azurite, pseudomalachite, libethenite, brochantite, cuprite, copper oxide², chalcocite, digenite, anilite, djurleite, covellite, bornite, native copper, wittichenite, cuprobismutite, emplectite, bismuthinite and native bismut. It's still possible to observe rutile in proximal alteration haloes.

Based in petrography and mineral chemistry it's possible to highlight the episodic character of the primary mineralization with the phenomenon of metal remobilization and sulfide reprecipitation.

In the supergene mineralization is possible to distinguish three different distinct zones (the leached zone, the oxidized and reduced supergene zones) that reflects the typical profile and the characteristic processes of this kind of alteration.

In the oxidized zone stands out the presence of copper carbonates (malachite ± azurite) and copper phosphates (pseudomalchite ± libethenite) that suggests significant phisical-chemistry changes of the environment parameters, in particular pH, ρCO_2 and aPO_4^{3-} .

The Au, is always present in the entire profile but in an erratic form, probably occurs in the microinclusions form in the primary or in the secondary copper phases, which suggests a regional scale mobility.

Key words: Ossa-Morena Zone; Miguel Vacas Mine; Primary Ore; Secondary Ore; Copper Mineralization

² Ficha de DRX: 01-080-1916

“Pedras no caminho?
Guardo todas, um dia vou construir um castelo...”
Fernando Pessoa

1 Introdução

Na Zona de Ossa-Morena (ZOM) são conhecidas várias ocorrências e depósitos filonianos de cobre (Cu), chumbo (Pb) e zinco (Zn), cujas características gerais são muito semelhantes. Algumas das características incluem a presença de sulfuretos epigenéticos controlados estruturalmente, observando-se a sua grande maioria em veios de quartzo-carbonato ao longo de zonas de falha. Esses veios encontram-se, preferencialmente, em séries metassedimentares de idades compreendidas entre o Ordovícico-Silúrico e o Carbónico (*Mateus et al.*, 2003). Algumas dessas ocorrências foram sujeitas a prospecção e exploração, de forma esporádica, desde a antiguidade (sendo possível encontrar evidências atribuídas aos romanos) até meados dos anos 80 do século XX.

Na região de Vila Viçosa, conhecida nos dias de hoje pela exploração de rocha ornamental (mármore), é possível encontrar alguns desses depósitos, sendo os mais conhecidos as Minas de Miguel Vacas (ou Vieiros), de Mociços e do Bugalho.

A Mina de Miguel Vacas situa-se no flanco NE do grande anticlinal de Sousel-Estremoz-Alandroal, próxima do contacto Silúrico-Ordovícico. Miguel Vacas corresponde a uma estrutura filoniana, que se estende por mais de 2 km, controlada estruturalmente e instalada numa zona de falha, com orientação aproximada NNW-SSE e sub-concordante com as formações. Este sistema filoniano dominado por filões de quartzo \pm carbonatos compreende uma mineralização primária de Cu à qual se sobrepõe uma mineralização secundária de Cu muito significativa. Desde o início do século XX (anos 20) até aos dias de hoje, a concessão da Mina de Miguel Vacas foi sujeita a várias campanhas de prospecção e pesquisa, a maior delas realizada pela Empresa de Mineração SARL (EMIL) juntamente com a Mining Exploration International (MEI) nos finais dos anos 70 do século XX. A mina nunca foi explorada de forma contínua tendo a MINARGOL (Sociedade Mineira de Argozelo, SARL) tido um papel preponderante na sua exploração entre 1980 e 1986.

A Mina de Miguel Vacas é um de vários depósitos metalíferos existentes na região da ZOM, que devido à sua extensão e os conteúdos metalíferos notáveis (tendo em consideração a natureza mineralógica do minério, a sua distribuição ao longo dos filões e o tamanho médio dos mesmos) levanta diversas questões. As mais importantes são, por exemplo, as respeitantes à origem dos fluídos e dos metais desses depósitos, as razões para a sustentabilidade de um fluxo de calor elevado, quais os processos de transporte dos metais ou os mecanismos implicados na deposição desses metais. Responder a essas perguntas vai melhorar de forma muito significativa o conhecimento da evolução geodinâmica e metalogénica da ZOM.

O presente trabalho, que levou à realização desta dissertação de mestrado, tem como principais objectivos a caracterização mineralógica e química mineral detalhada das paragénese primária e secundária existentes na Mina de Miguel Vacas. Com base nessa caracterização apresenta-se uma interpretação dos processos evolutivos que levaram à transformação da paragénese primária nas mineralizações secundárias de cobre identificadas na mina. Este estudo é importante pois é o primeiro passo para a obtenção de respostas às questões apresentadas anteriormente.

2 Enquadramento Geográfico

A área da mina de Miguel Vacas, composta por três concessões contíguas (Fonte da Moura, Monte d'El-Rei e Miguel Vacas), situa-se na zona centro sul de Portugal, localizando-se a cerca de 4,35 km Sudeste de Vila Viçosa e 4,50 km Nordeste de Alandroal, sendo os acessos realizados por intermédio de caminhos municipais que ligam à estrada nacional número 255 (Vila Viçosa – Alandroal – Reguengos). A área encontra-se limitada entre os meridianos 639500 e 640500 e os paralelos 4288500 e 4290500, segundo o sistema de coordenadas *European Datum 50 UTM Zone 29N*.

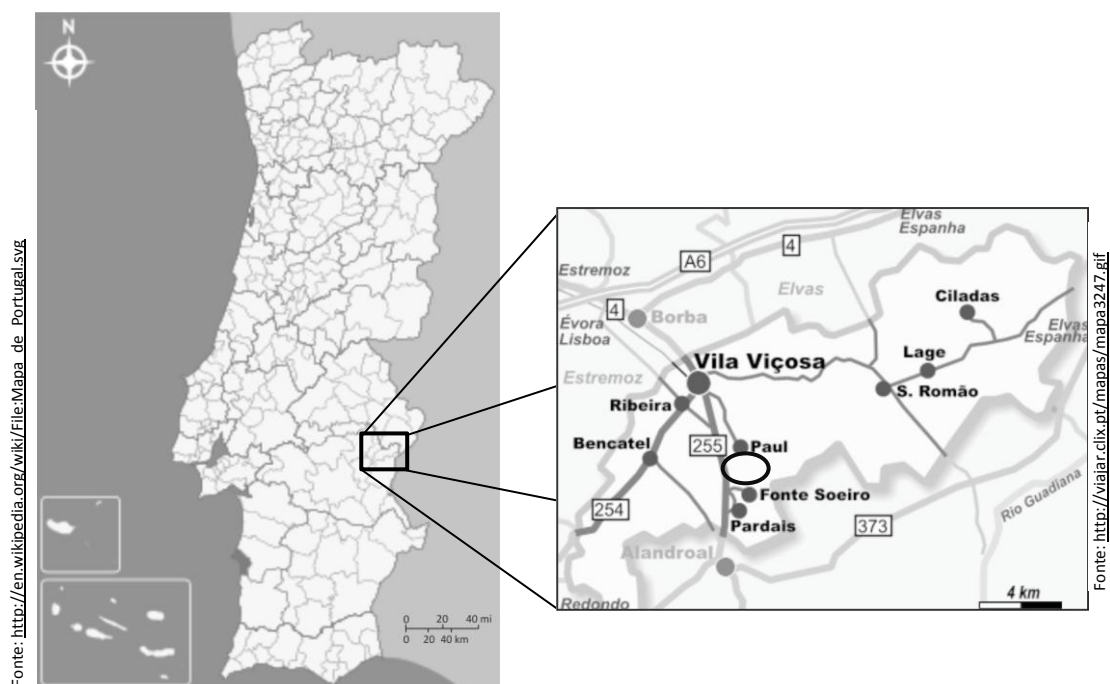


Fig. 2.1 – Localização geográfica da Mina de Miguel Vacas (contorno elipsóide).



Fig. 2.2 - Vista aérea e vista panorâmica do "open pit" da Mina de Miguel Vacas

3 Enquadramento Geológico

Segundo *Oliveira et al.* (1991), na parte portuguesa da Zona de Ossa Morena (ZOM) são reconhecidos diversos sectores com estruturas e estratigrafias distintas, correspondendo, uma grande parte, a extensões dos domínios tectono-estratigráficos reconhecidos em Espanha (por exemplo, os domínios propostos por *Apalategui et al.*, 1991).

De Norte para Sul são identificados os sectores da Faixa Blastomilonítica, Alter do Chão-Elvas, Estremoz-Barrancos (com a individualização do sub-sector do Anticlinal de Estremoz), Montemor-Ficalho (com a distinção do Sinclinal de Cabrela) e o Maciço de Beja (destacando-se o sub-sector de Santa Suzana-Odivelas), de acordo com *Oliveira et al.* (1991). Estes sectores correspondem, respectivamente, ao conjunto dos domínios de Valência de las Torres-Cerro Muriano e Obejo-Valsequillo-Puebla de la Reina, ao domínio de Elvas-Cumbres Mayores, ou Central-Norte, ao domínio Barrancos-Hinojoles, ou Central-Sul, e ao Domínio de Beja-Aracena e Sector dos maciços cristalinos do Sul, segundo *Apalategui et al.* (1990). Na parte portuguesa da ZOM é possível estabelecer os traços gerais da evolução, tendo como base as sequências estratigráficas e os episódios vulcânicos intercalados, de acordo com *Oliveira et al.* (1991).

De acordo com o mesmo autor, o soco proterozóico, composto por séries metamórficas que variam entre o grau metamórfico baixo e o elevado, reflecte a formação de uma margem passiva durante o Rifeano, passando a uma margem activa durante o Vendiano, com subducção, sendo responsável pela formação da Orogenia Cadomiana. Após a destruição desta Cadeia Orogénica, assentou uma plataforma carbonatada ampla (no Câmbrio inferior), que entrou em distensão durante o Marianiano (resultando na formação de várias bacias), e que, localmente, gerou vulcanismo básico toleítico. As várias bacias foram rapidamente colmatadas devido à regressão marinha generalizada. A partir do Câmbrio médio reiniciou-se um novo período de distensão, com desenvolvimento de vulcanismo básico alcalino (localmente peralcalino) e formação de novas bacias sedimentares. Esta distensão terá tido como consequência a rotação e subida de alguns blocos, provocando a carsificação das séries carbonatadas (*Oliveira et al.*, 1991).

Segundo *Oliveira et al.* (1991), os conglomerados e sedimentos do Ordovício depositaram-se acima dos vulcanitos e arenitos do Câmbrio médio, evidenciando uma importante lacuna do Câmbrio superior. A sedimentação ordovícica, associada localmente a vulcanismo básico alcalino, é predominantemente composta por sedimentos de granularidade fina. Poder-se-á observar evidências da continuação da distensão crustal, devido a possíveis evidências de vulcanismo bimodal, por vezes peralcalino, que se encontram nas zonas elevadas. Acima da sequência ordovícica surge uma ampla barra arenítica (Formação da Colorada) que sobrejacente a esta, em transição para os sedimentos do Silúrico, se dispõe um conglomerado poligénico, materializando um período erosivo (possivelmente de origem glacial?).

O mesmo autor refere que as bacias sedimentares, durante o Silúrico, tornaram-se euxínicas e mais profundas a Sul (?) e na transição para o Devónico prevaleceu a sedimentação carbonatada e terrígena, com características litorais. Durante o Devónico médio, a sudoeste da ZOM, desenvolveu-se a actividade de uma zona de subducção, a qual terá sido responsável pelo levantamento mais ou menos generalizado dos terrenos dessa mesma zona. No Devónico superior e Carbónico inferior ocorreu a colisão entre a Zona de Ossa Morena e a Zona Sul Portuguesa (ZSP), sucedendo, presumivelmente, a Sudeste obducção e a Noroeste subducção,

gerando vulcanismo orogénico. Desta colisão terá resultado uma migração da onda orogénica em direcção a Nordeste, sendo responsável pela geração de bacias “pull-apart”, gradualmente mais jovens no mesmo sentido de orientação. A deformação transpressiva que se encontra generalizada na ZOM e na ZSP resultou da reactivação da antiga zona de subducção, que se encontrava em regime intra-continental, durante o Namuriano-Vestefeliano inferior.

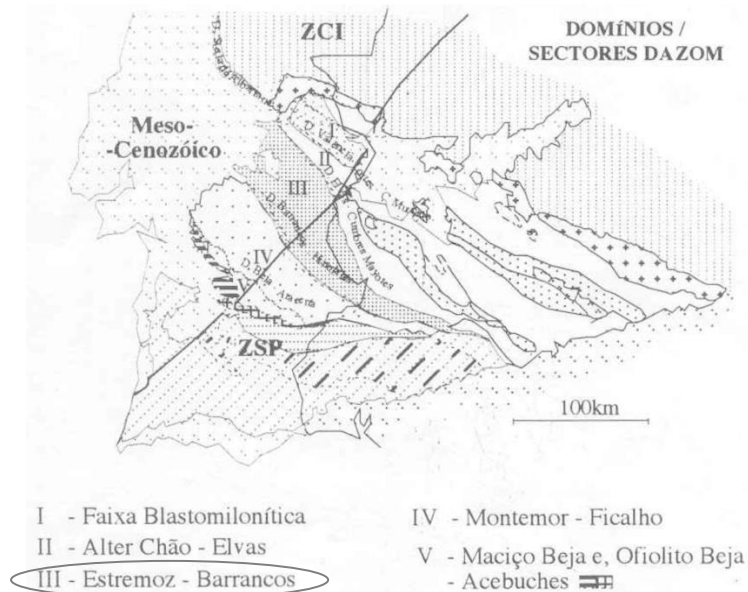


Fig. 3.1 - Zona de Ossa Morena com delimitação dos vários domínios geotectónicos definidos por *Apalategui et al.* (1990) e as designações dos diferentes sectores da parte portuguesa segundo *Oliveira et al.* (1991) (adaptado de *Ribeiro et al.*, 1997) (O contorno destaca o sector onde se insere a área da mina em estudo, segundo *Oliveira et al.*, 1991).

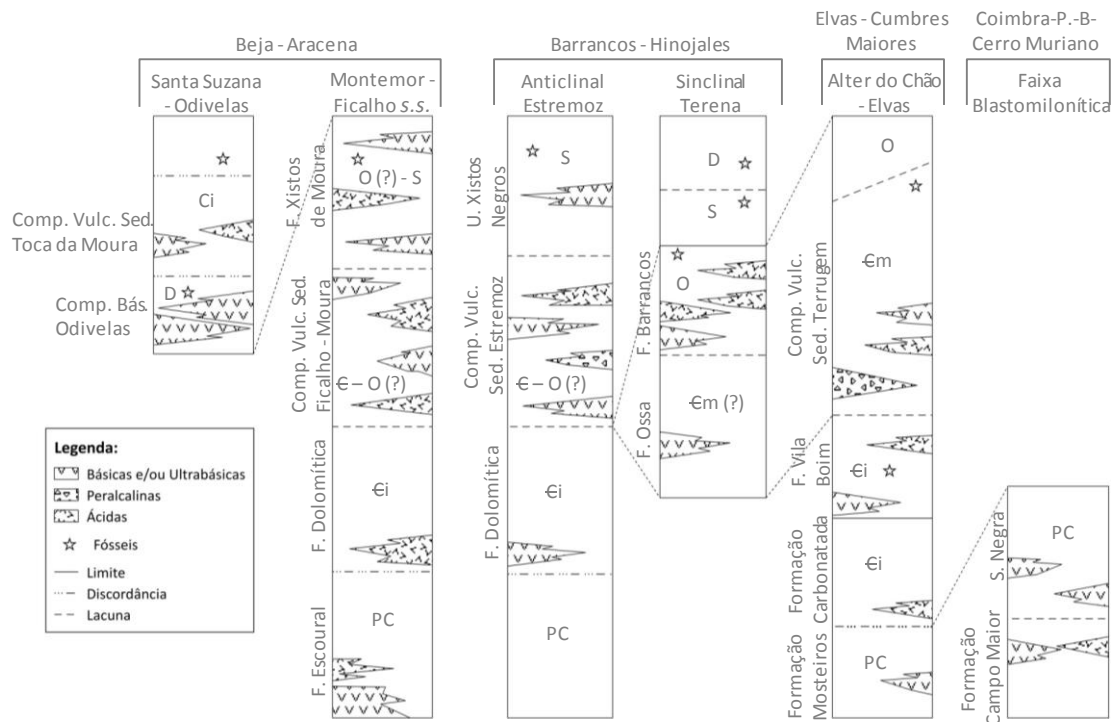


Fig. 3.2 - Correlações estratigráficas e delimitações geotectónicas definidas por *Apalategui et al.* (1990) e as designações dos domínios e sectores da parte portuguesa segundo *Oliveira et al.* (1991) da Zona de Ossa Morena (adaptado de *Ribeiro et al.*, 1997) – PC: Pré-Câmbrico; € - Câmbrico; €i: Câmbrico inferior; €m: Câmbrico médio; O: Ordovício; S: Silúrico; D: Devónico; Ci: Carbónico inferior.

4 Enquadramento Geológico Regional

A Mina de Miguel Vacas insere-se no Anticlinal de Estremoz do sector Estremoz-Barrancos tal como foi definido para a ZOM por *Oliveira et al.*, 1991. O sector Estremoz-Barrancos encontra-se limitado a Norte pelo Carreamento da Juromenha e a Sul pelo carreamento de Santo Aleixo da Restauração (*Oliveira et al.*, 1991; *Araújo*, 1995). No interior deste sector, segundo os mesmos autores, existem duas macro-estruturas que o subdividem e que se encontram alinhados segundo a direcção NW-SE. Essas duas estruturas são o Anticlinal de Estremoz (referido anteriormente), que se localiza a NE do sector, e o Sinclinal de Terena, localizando-se a SW.

A sequência litoestratigráfica em torno da região do Sinclinal de Terena, em conjunto com a sequência do Anticlinal de Estremoz (abordado mais à frente), é classificada como sendo representativa de todo o sector de Estremoz-Barrancos, segundo *Oliveira et al.* (1991) e *Araújo* (1995).

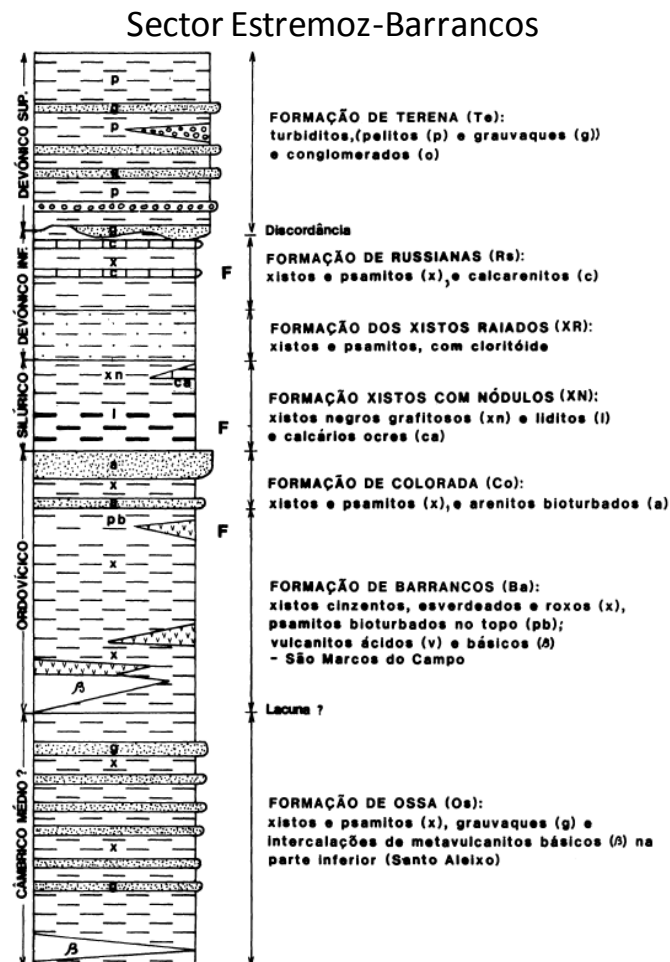


Fig.4.1 - Sequência estratigráfica do sector Estremoz-Barrancos (*Oliveira et al.*, 1991)

A sequência estratigráfica do sector Estremoz-Barrancos não tem sofrido muitas alterações desde que foi proposta por *Delgado* (1908) e corresponde nos seus traços fundamentais à que foi posteriormente apresentada por *Oliveira et al.* (1991) tal como se observa na Fig. 4.1, compreendendo formações do Câmbrico médio (?) às do Devónico superior. A unidade mais antiga deste sector é a Formação de Ossa que corresponde a uma série xisto-psamítica, com intercalação de metavulcanitos básicos na base. No topo desta

formação ocorre a Formação de Barrancos composta por xistos cinzentos, verdes e roxos. Nesta formação surgem vulcanitos, observando-se na base vulcanitos básicos com passagens ácidas e vulcanitos ácidos no topo. A espessura é muito variável, podendo ter poucos metros, como na região do Anticlinal de Estremoz, até 200 metros como acontece a Norte de Barrancos. Sobrejacente a esta formação sucede a Formação de Colorada, composta por xistos, psamitos e arenitos bioturbados, seguida pela Formação dos Xistos com Nódulos, representada por uma alternância de xistos negros grafitosos com liditos por vezes com intercalações de calcários ocre, tendo uma espessura muito reduzida (100 - 150 m). Sobre a Formação dos Xistos com Nódulos depositou-se a Formação dos Xistos Raiados, composta por xistos e psamitos, com cloritóides, apresentando uma espessura média de 200 metros, a que se sobrepõe a Formação de Russianas marcada por uma alternância xisto-psamítica com calcarenitos. No topo desta sequência estratigráfica surge a Formação de Terena, constituída por uma sucessão turbidítica, pelitos e grauvaques e conglomerados, dispendo-se de forma discordante sobre a formação subjacente e ao longo de um extenso sinclinal, com orientação NW-SE (Oliveira et al., 1991).

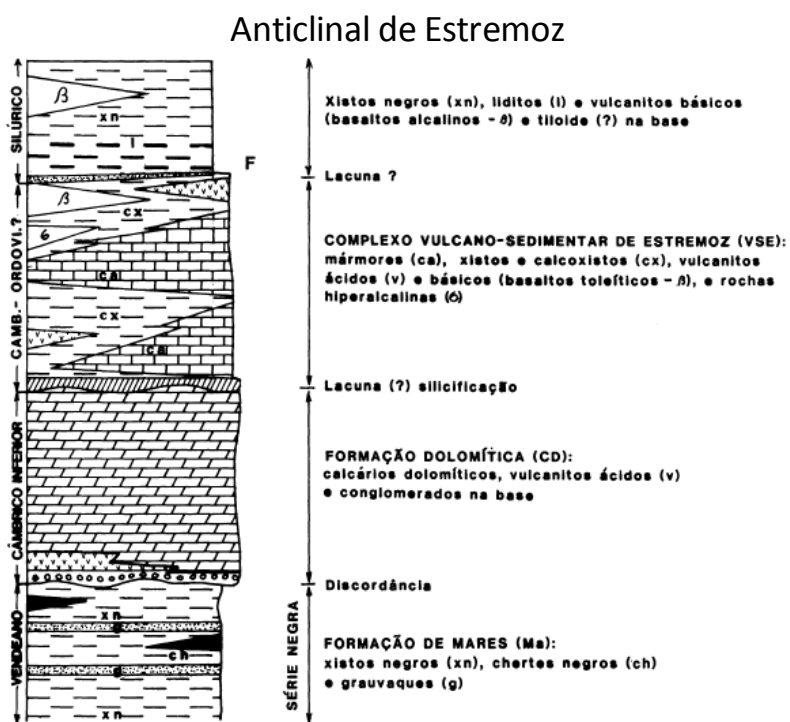


Fig. 4.2 - Sequência estratigráfica do Anticlinal de Estremoz (Oliveira et al., 1991)

A região em estudo insere-se na área próxima ao Anticlinal de Estremoz, encontrando-se esquematizado na figura 3 a sequência estratigráfica que lhe foi reconhecida, por Oliveira et al. (1991), que compreende formações que vão do Proterozóico superior às do Silúrico. O Proterozóico é representado pela Formação de Mares, composta por xistos negros, chertes e grauvaques e sobre a qual repousa, discordantemente, a Formação Dolomítica. A Formação Dolomítica é composta por conglomerados na base e calcários dolomíticos e vulcanitos ácidos na restante formação, apresentando uma espessura superior a 300 metros. Continua incerta a idade desta formação devido à ausência de dados cronostratigráficos, mas tem sido considerada como sendo do Câmbrico inferior (Carvalhosa et al., 1987 e Oliveira et al., 1991). No topo desta formação ocorre um horizonte silicioso, que localmente se encontra com

mineralizações de sulfuretos, sendo considerado, por *Oliveira (1984)*, *Carvalhosa et al. (1987)* e *Oliveira et al. (1991)*, como um marcador de uma lacuna estratigráfica importante. Segundo *Oliveira (1984)*, *Carvalhosa et al. (1987)*, *Oliveira et al. (1991)* e *Araújo (1995)*, esta lacuna terá sido consequência da exposição em meio sub-aéreo e consequente carsificação e silicificação das rochas carbonatadas. Sobre o horizonte silicioso desenvolve-se o Complexo Vulcano-Sedimentar-Carbonatado de Estremoz (CVSCE), constituído por mármore e calcoxistos, intercalados por metavulcanitos ácidos e básicos. Os mármore apresentam índices de carsificação, com cavidades que podem atingir dimensões decamétricas, por vezes preenchidas por material xistento (xisto negro). A idade desta formação tem sido alvo de discussão, inicialmente, devido à ausência de material fossilífero, tendo sido atribuída ao Câmbrio inferior por *Gonçalves et al. (1974)* e posteriormente ao Ordovícico por *Oliveira et al. (1984)* e *Carvalhosa et al. (1987)*. As descobertas de “artículos” de crinóides de idade não inferior ao Ordovícico médio (*in Piçarra & Le Menn, 1994*) e, mais recentemente, de elementos conodontais com possíveis idades atribuídas ao Silúrico superior a Devónico (*in Sarmiento et al., 2000*), conferem aos níveis mais próximos do topo desta formação, onde foi identificado o material fossilífero, e aos níveis correlativos na estrutura de Estremoz a possibilidade de terem uma idade próxima à das últimas descobertas fossilíferas (*Araújo et al., 2006*). Essa hipótese implica a presença de uma grande descontinuidade entre os mármore e os calcários dolomíticos subjacentes ou que os calcários apresentem diferentes idades, entre o Câmbrio inferior e o Devónico (*Araújo et al., 2006*). Uma possível explicação será a introdução de microfósseis mais recentes nos vazios dos carbonatos carsificados, sendo que nestas circunstâncias, a idade dos microfósseis não irá corresponder à idade do encaixante, de idade mais antiga (*Araújo et al., 2006*). Os restos conodontais implicam a exposição sub-aérea dos mármore até ao Devónico, apontando para que os quartzitos e os liditos silúricos suprajacentes ao complexo se encontrem numa posição estratigráfica alóctone, tendo sido carregados para a posição actual durante a primeira fase de Orogenia Varisca (*Araújo et al., 2006*).

Relativamente à tectónica, este sector é caracterizado pela presença de dois episódios de deformação varisca (*Araújo, 1995*). Ao primeiro episódio (episódio de deformação progressiva) encontram-se associados dois impulsos de estruturas correlativas, reconhecendo-se o primeiro impulso através da clivagem com direcção NNW-SSE, aproximadamente, e fracamente inclinada (cerca de 10° a 20°) para Este. Sobre este *fabric* planar identifica-se uma lineação de estiramento mineral, com direcção geral NW-SE associada a uma cinemática responsável pelo transporte para o quadrante NW. O segundo impulso é caracterizado por um dobramento, com vergência para SW, da clivagem formada no primeiro impulso (*Araújo, 1995* e *Rosas, 2003*). A presença destes dois impulsos é interpretada como sendo, em alguns dos casos, o resultado da ocorrência de partição da deformação, de acordo com um mecanismo proposto por *Cobbold et al. (1991)*, ou definido por um regime transpressivo esquerdo (*Rosas, 2003*). Na segunda fase de deformação Varisca observa-se a existência de uma clivagem de crenulação pós metamórfica que apresenta uma direcção NW-SE e inclinação subvertical (*Araújo, 1995*). De acordo com o mesmo autor, estas estruturas vão sobrepor-se às anteriores, que poderão corresponder a dobramentos macroscópicos, como por exemplo o Anticlinal de Estremoz. De uma forma geral, a deformação varisca neste sector corresponde a um regime transpressivo esquerdo, com deslocamento para NW, associando-se uma deformação

tangencial, com deslocamento para SW (Araújo, 1995). O metamorfismo que se observa na área é de baixo grau, não ultrapassando a fácies dos xistos verdes (Oliveira, 1984).

Na região de Alandroal-Juromenha afloram várias estruturas filonianas, que em termos petrográficos podem ser agrupadas em dois tipos: um grupo composto por quartzo e carbonatos e outro por rochas básicas (de natureza dolerítica). A maioria das estruturas é discordante com as formações encaixantes, existindo algumas estruturas sub-concordantes com as formações. Os filões discordantes apresentam uma direcção aproximadamente NE-SW e os sub-concordantes dispõem-se segundo NW-SE. Os filões compostos por rochas básicas são totalmente estéreis, estando na região o grande filão do Alentejo representado por um dos seus ramos (Oliveira, 1984). Alguns dos filões de quartzo e carbonatos apresentam mineralizações que foram alvo de exploração mineira, tendo sido identificados num estudo geológico como sendo estruturas mineralizadas do tipo filoniano, de acordo com Oliveira (1984). Estas estruturas mineralizadas encontram-se agrupadas em filões sub-concordantes (com direcção aproximada NW-SE) e discordantes (segundo a direcção NE-SW) com as formações encaixantes. A maioria é sub-vertical (70° a 80°), apresentando uma espessura variável (desde de alguns metros até cerca de 20 metros), apresentando pirite e calcopirite como mineralização primária e malaquite como mineralização secundária (Oliveira, 1984). Não são conhecidos maciços graníticos na área que possam ser responsáveis pelas mineralizações filonianas encaixadas em formações do Silúrico, admitindo-se que possam ser resultado de remobilização realizadas a partir da base do Silúrico (ambiente redutor), da descontinuidade câmbrico-ordovícica ou a partir de aparelhos sub-vulcânicos subjacentes (Oliveira, 1986).

Outras estruturas mineralizadas identificadas na região foram as estruturas estratiformes e as disseminadas (Oliveira, 1984). As estruturas mineralizadas estratiformes estão estreitamente relacionadas com a discordância câmbrico-ordovícica (que corresponde a uma formação vulcano-sedimentar), apresentando mineralizações de pirite (algumas vezes maciça) e raramente calcopirite, esfalerite e galena. Nos calcários dolomíticos do Câmbrico inferior, em microfracturas e em fácies brechóides ocorrem igualmente mineralizações de pirite, esfalerite e galena (Oliveira, 1986).

As mineralizações disseminadas são compostas principalmente por pirite e calcopirite, estando associadas estruturas sub-vulcânicas intermédio-ácidas pós-silúricas, formando o cimento das brechas eruptivas. Quando os elementos das referidas brechas são principalmente de natureza carbonatada a mineralização é mais intensa (Oliveira, V., 1986).

4.1 Mina de Miguel Vacas

A mina de Miguel Vacas encontra-se inserida na região de Alandroal-Juromenha, localizando-se no flanco NE do Anticlinal de Estremoz, próxima ao contacto Silúrico-Ordovícico (Oliveira, 1984) (Fig. 4.3) e consiste num filão principal de quartzo com carbonatos (*cal ± ank ± sd*; Mateus et al., 2003), sub-concordante com as formações, com direcção NNW-SSE e sub-vertical (as inclinações do filão variam entre os 70° e os 80°). Estende-se ao longo de 2 km e apresenta uma espessura variável entre 10 a 20 metros (Parreirão e Gomes, 1987). A aproximadamente 500 m do filão principal, localiza-se um segundo filão de menor importância, apresentando uma orientação N-S e encaixado em rochas metavulcânicas máficas. Ambos os filões estão instalados ao longo de zonas de falha (Mateus et al., 2003). O jazigo foi intersectado em profundidade por várias sondagens realizadas na área (três em

1948/1949, vinte no período entre 1965 e 1979 e seis entre 1979 e 1986) (Parreirão e Gomes, 1987).

Uma caracterização precisa da mineralização primária é difícil devido ao acesso problemático aos antigos trabalhos mineiros, mas com base na análise de tarolos de sondagem foi possível chegar a resultados consistentes aos existentes nos relatórios técnicos realizados durante a actividade mineira. A mineralização primária deste jazigo consiste em $cpy + py \pm apy \pm tn\text{-}td$, sendo que a cpy ocorre sob a forma de massas fracturadas após a formação da py , mas anteriores a apy e $tn\text{-}td$ e tardiamente depositam-se em microfracturas sob a forma de pequenos grãos. Neste depósito observa-se uma zona de enriquecimento supergénico, resultante de um horizonte onde ocorreu uma forte oxidação e hidratação, composto por uma mistura de minerais secundários (Mateus et al., 2003). Segundo Oliveira (1984), os minerais que se observam nessa zona são a malaquite, *libethenite*, crisocola, atacamite e covelite. Este horizonte supergénico foi alvo de exploração mineira, em *open-pit*, durante os anos 70 e princípios dos anos 80 do século passado. De acordo com a EMIL – Empresa de Mineração SARL, em 1975, as reservas deste jazigo seriam de 1.17 Mt @ 1.5% de Cu a partir de minério oxidado e secundário e 1.73 Mt @ 1.11-1.49% de Cu a partir de sulfuretos, minério primário. Após uma revisão dos dados disponíveis a mina de Miguel Vacas apresenta valores de concentração para o minério de 22% de Cu, 2500 ppm de As e 256 ppm de Au, sendo que as brechas de falha mineralizada apresentam valores de 3.6% de Cu (Mateus et al., 2003).

Podem ser encontradas em Miguel Vacas, e, em outros jazigos como Mociços, Bugalho, Bofeta e Mostardeira, brechas de falha mineralizadas, por vezes incluindo fragmentos das rochas encaixantes alterados hidrotermalmente, heterométricos e angulosos (Mateus et al., 2003). O encaixante neste jazigo é constituído essencialmente por liditos e xistos negros por vezes grafitosos. Esta formação encontra-se na base do Silúrico e normalmente encontra-se impregnada em pirite disseminada, com um *background* relativamente elevado de Cu em relação às outras formações (Oliveira, 1984). De acordo com Mateus et al. (2003), do ponto de vista metalogénico, estas mineralizações são do tipo epigenético, recorrendo a evidências de campo e características mineralógico-texturais que se observam nos veios de quartzo com carbonatos, brechas mineralizadas e rochas encaixantes.

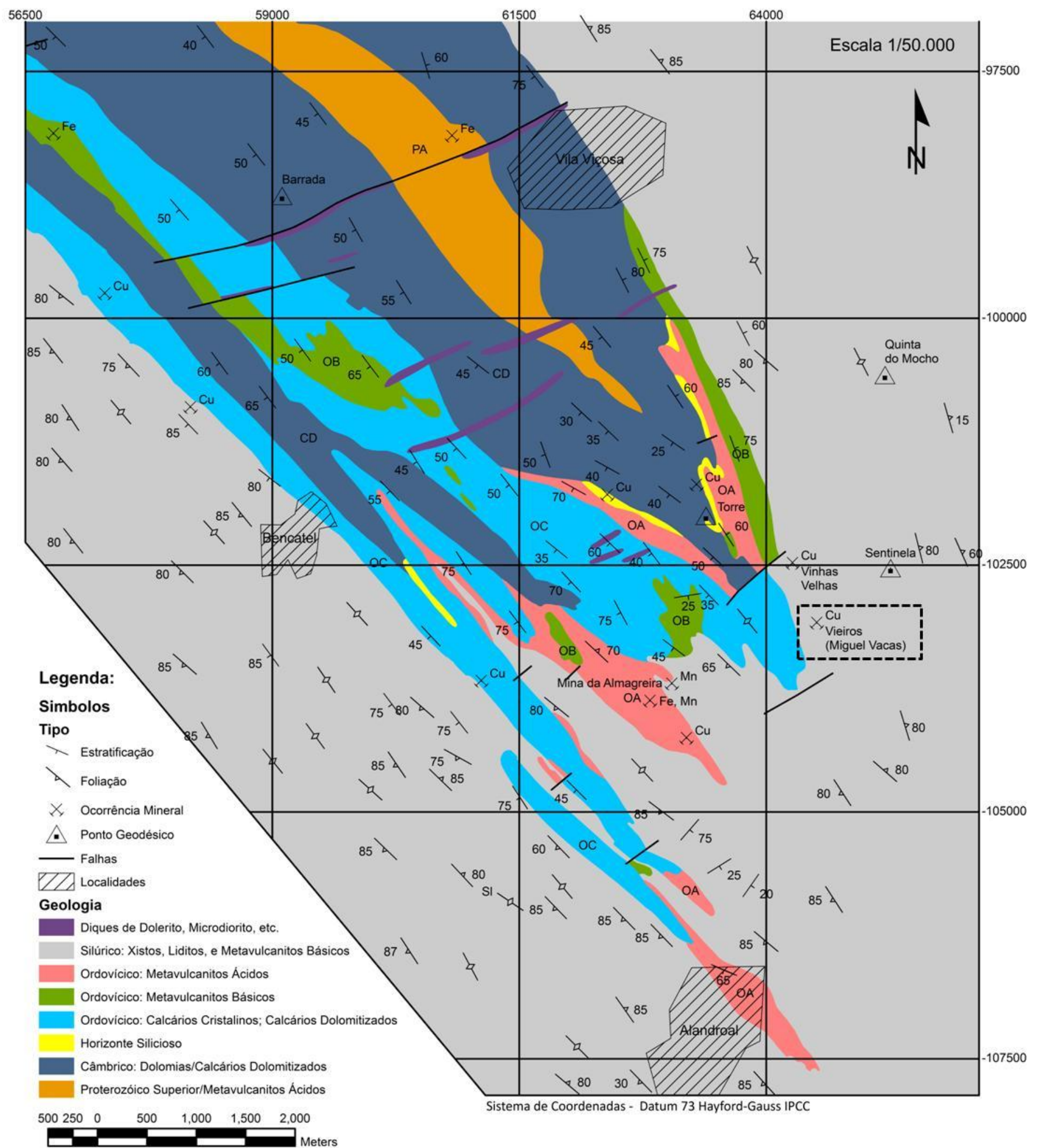


Fig. 4.3 - Carta geológica simplificada da região SE do Anticlinal de Estremoz (adaptada de Faria, 2000). A Mina de Miguel Vacas encontra-se limitada a tracejado.

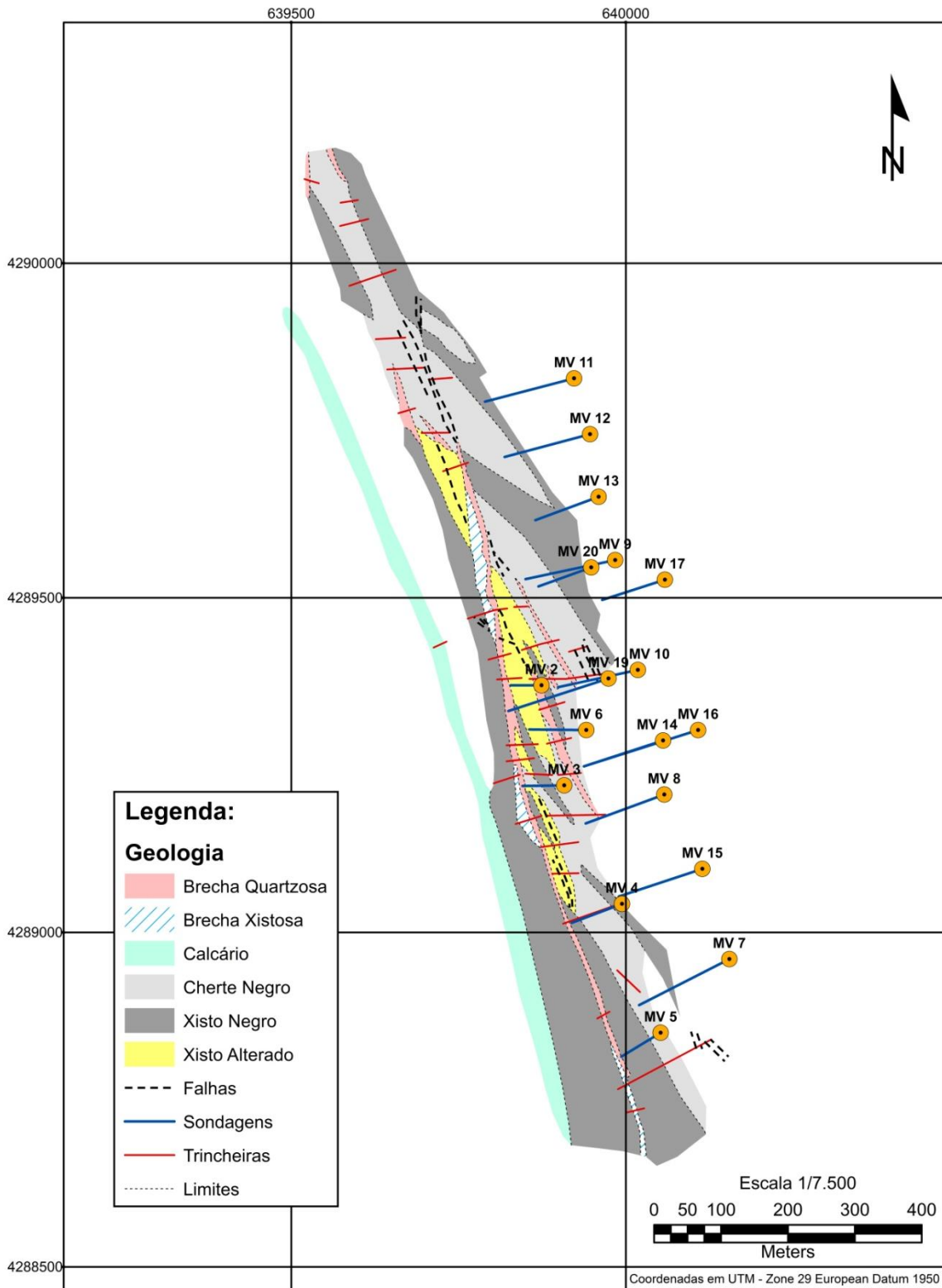


Fig. 4.4 - Mapa geológico e da localização de sondagens (adaptado de Corrula & Branco, 2005)

5 Notas históricas de prospecção e pesquisa

A mina de Miguel Vacas foi objecto de vários trabalhos de prospecção e pesquisa mineira, desde dos tempos antigos sendo um dos trabalhos mais antigos identificados uma pequena lavra mineira a céu aberto, atribuída aos romanos. Desde do ano de 1925 até a actualidade, diversas empresas realizaram estudos e prospecção nas áreas concessionadas:

- A firma inglesa G.F. Norton & Co., durante o período de tempo 1925 a 1929, realizou importantes trabalhos de reconhecimento e preparação de exploração da mina (como a abertura de uma galeria-travessa de acesso e esgoto e no extremo, onde foi localizado um filão, foram abertos mais de 1000 metros de galerias de reconhecimento. Também foram abertos três poços para efeitos de extracção e de ventilação. A firma não iniciou a exploração da mina, provavelmente devido à depressão económica de 1929 a 1931.³
- Em 1948/1949 uma firma americana, a American Smelting and Refining realizou um estudo simplista e sumário da estrutura do jazigo no seu afloramento, e para verificar a continuidade da mineralização em profundidade procedeu à abertura de 3 furos de sondagem (em perfis muito próximos), tendo intersectado a estrutura filoniana a 151 e 240 metros. A firma acabou por abandonar os trabalhos.¹
- Duas modestas empresas mineiras nacionais realizaram alguns desmontes de rapina, durante os anos de 1950 a 1953, vendendo os concentrados obtidos à CUF. Através de técnicas de beneficiação gravítica (gigagem e mesas), das 6000 toneladas de ROM extraídas com teor médio de 2,0% de cobre, obtiveram-se 369,568 toneladas de concentrado com teor médio em cobre a 24,9%, segundo os relatórios anuais provindos da Directoria Técnica.¹
- De 1956 a 1979 estas concessões foram detidas pela EMIL – Empresa de Mineração, SARL. No ano de 1965, a EMIL estabeleceu um acordo com a empresa canadiana Mining Exploration International (MEI), tendo sido realizada a mais importante campanha de investigação e reconhecimento de Miguel Vacas, tendo sido realizados os seguintes trabalhos:
 - Prospecção geoquímica de superfície, ao longo da linha de afloramentos;
 - Levantamento geológico da superfície na zona dos afloramentos;
 - Reconhecimento superficial, por meio de sanjas, da zona central do jazigo;
 - Vinte sondagens que perfazem 4093 metros e que atingem profundidades entre os 60 e os 330 metros;
 - Levantamento geológico dos trabalhos de interior, com recolha de amostras visando a determinação do teor médio;

Após a realização destes trabalhos a empresa abandona o projecto por aparentemente ter concluído a sua não economicidade.⁴

- Em 1979 a EMIL foi adquirida pela MINARGOL – Sociedade Mineira de Argozelo, SARL. No mesmo ano, iniciou-se a delineação e desenvolvimento de um projecto mineiro

³ Informação retirada de *Parreirão e Gomes (1987)*

⁴ Informação retirada de *Parreirão e Gomes (1987)* e de *Faria (2000)*

para a extracção da porção oxidada do Jazigo de Miguel Vacas, com teores de cobre enriquecidos supergenicamente. A extracção do minério foi realizada por desmonte a céu aberto, a partir de corta com degraus direitos. A beneficiação do minério foi realizada por meio de lixiviação em pilha, seguida por recuperação electrolítica, método facilitado pelo estado oxidado do minério. A mina esteve em actividade até 1986, tendo sido extraídos no total 215.000 toneladas de tal-qual, que facultaram 481,3 toneladas de cobre metal.⁵

- Cerca de 1990 a firma inglesa Carnon Holdings Limited realizou diversos trabalhos de prospecção, pesquisa e avaliação na área de Vila Viçosa – Alandroal, com particular atenção ao jazigo de Miguel Vacas. A firma procedeu a análise e reavaliação dos dados existentes relativamente ao jazigo, realizando-se uma estimativa dos recursos cupríferos ainda não explorados. Foram calculados, para Miguel Vacas, recursos geológicos totais de cerca de três milhões de toneladas de minério com um teor médio de 1,42% de cobre (englobando minério oxidado e minério sulfuretado).⁶
- Entre os anos de 1996 a 1998 a empresa Auvista Minerals NL realizou 3 sondagens, sendo o objectivo de uma delas reproduzir a sondagem MV-7 (uma das sondagens realizadas pela EMIL), tendo sido realizada a 60 metros desta, com a mesma orientação, e com o objectivo de intersectar a possível extensão para a superfície da mineralização da sondagem MV-7. Essa mesma sondagem intersecta a brecha mineralizada de Miguel Vacas entre os 154 e os 182 metros. A empresa suspeita que a rocha vulcânica que é intersectada a partir dos 185 metros tenha actuado como fonte de mineralização.⁴
- Entre os anos de 1998 a 2000, a empresa Prominas – Geologia e Minas, Lda., realizou uma interpretação metalogenética por observação geológica detalhada da corta da mina de Miguel Vacas. Concluíram a existência de duas gerações de mineralização: 1- Mineralização mais antiga, do tipo “*Stratabound*”, sendo os lóditos dobrados a litologia hospedeira; 2- Mineralização mais recente de Cu ± Au, confinada a uma zona com 20 a 30 metros formada por brecha granular, quartzo calcedónico criptocristalino com uma estrutura externa tipo “*Stockwork*”. Consiste num “*Gossan Boxwork*”, com quantidades de ferro variável e minerais de cobre secundários. Esta estrutura está instalada numa “*Shear Zone*”.⁴
- A Rio Narcea Gold Mines, S.A., entre os anos de 2005 e 2007, realizou vários trabalhos de prospecção e pesquisa (análises de litogeoquímica, amostragem em canal e reanálise de sondagens) mas, face aos resultados, mas optou por não dar seguimento a mais trabalhos de prospecção e pesquisa na área da Mina de Miguel Vacas.⁴

⁵ Informação retirada de Faria (2000)

⁶ Informação retirada de Corrula & Branco (2005) e Corrula & Branco (2007)

6 Metodologia

De forma a cumprir os objectivos inicialmente propostos nesta dissertação, foi necessário recorrer a um conjunto de métodos que nos permitissem uma caracterização mineralógica detalhada das várias paragéneseis minerais.

Este capítulo pretende dar a conhecer quais foram as diferentes metodologias utilizadas e quais os fins atingidos.

Todos os procedimentos de preparação e análise das amostras tiveram lugar nos laboratórios de mineralogia do Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (GeoFCUL), excepto a análise por micro-difracção de Raios-X (MicroDRX) da amostra MDT-13 que foi realizada no Laboratório de Conservação e Restauro José Figueiredo, assim como a identificação mineralógica dos perfis de Difracção de Raios-X (DRX) realizada nos Laboratórios do Departamento de Engenharia de Minas e Georecursos do Instituto Superior Técnico (IST).

6.1 Amostragem e análise macroscópica

Foram utilizadas 4 colecções de amostras de mão, sendo uma dessas colecções composta por tarolos de sondagem da zona mineralizada, realizadas pela EMIL e que se encontram ao cuidado do LNEG. As outras três colecções encontram-se nos arquivos do GeoFCUL e nos museus Décio Thadeu e Alfredo Bensaúde do IST.

Dos tarolos de sondagem, foi realizada uma limpeza e respectivo log de sondagem. Em seguida foram seleccionados testemunhos, de 16 dos 20 furos de sondagem realizados, com mineralização ou texturas representativas, tendo sido efectuado um registo fotográfico integral (utilizando os equipamentos Nikon D70 e Panasonic DMC-TZ7) e respectiva descrição macroscópica com auxílio de uma lupa binocular (Olympus SZH10 + Olympus Highlight 3001). Nas colecções existentes no GeoFCUL e no IST efectuaram-se igualmente os últimos dois procedimentos mencionados anteriormente.

Como resultado do conjunto de observações, foram identificadas e amostradas várias fracções para estudos de difracção de raio-X, e seleccionados vários domínios considerados representativos, quer a nível textural, quer mineralógico, para estudos de microscopia, tendo resultado na elaboração de quarenta e três lâminas delgadas polidas (LDP).

6.2 Difracção de Raios-X e Microdifracção de Raios-X

Para a Difracção de Raios-X (DRX) foi utilizada uma amostra de minério maciço e vinte e sete fracções friáveis de massas minerais coloridas (verdes ou azuis) de algumas das amostras de mão, que foram separadas com o auxílio de pinças e de um alicate, tendo os utensílios utilizados sido bem limpos entre cada amostra de modo a evitar contaminações. Após a desagregação das amostras, foi realizada uma separação mineral com o auxílio de pinças e uma lupa binocular (Olympus SZH10 + Olympus Highlight 3001) de forma a purificar cada uma das fracções (note-se que uma mistura de várias fases minerais dificultam uma identificação fidedigna do registo difractométrico). Estas foram transformadas em pó num almofariz de ágata até se atingir uma textura de “pó de talco” ao tacto. Os pós foram

colocados no difractómetro com a ajuda de um porta-amostras de silício, devido à pouca quantidade de cada amostra.

Os difractogramas foram obtidos num Philips-PW 1830 generator e Philips-PW 3710 mpdcontrol com monocromador de grafite. Como fonte de radiação foi utilizada uma ampola de Cu nas condições de 40 kV e 30 mA. As condições de varrimento foram de um passo de $0,02^\circ$ com as intensidades a serem medidas de segundo a segundo, num intervalo 2θ de 3° a 70° , de forma contínua (constate-se que a orientação preferencial dos grãos pode levar a picos não exactos dificultando a interpretação do registo difractométrico). Para a interpretação e identificação das fases cristalinas presentes nos registos difractométricos foi utilizado o programa de software Philips X'Pert High Score Plus e a informação disponibilizada nos Powder Diffraction Files do Internacional Center for Diffraction Data (ICDD PDF) que se encontra nos laboratórios do Departamento de Engenharia de Minas e Georecursos do IST. Na microdifracção de RX foi utilizado um difractómetro Bruker AXS modelo D8 Discover, com um detector GADDS, um colimador de $50\ \mu\text{m}$ e uma ampola de Cu com uma tensão de 40 kV e uma corrente de 40 mA. Para as condições de varrimento foi utilizado um intervalo 2θ de $12,4^\circ$ e $77,5^\circ$ com um passo de $0,02^\circ$.

6.3 Análise petrográfica

Foram produzidas quarenta e três lâminas delgadas polidas (LDP) previamente seleccionadas devido ao seu cariz textural ou mineralógico após o exame macroscópico das amostras de mão, destinado a uma análise petrográfica microscópica.

As amostras foram previamente cortadas em taliscas com recurso a uma serra diamantada e o polimento das superfícies das amostras foi realizado manualmente com a utilização do equipamento Struers (Planopol-V com uma unidade PdM Force), utilizando lixas e panos de polimento de granularidade sucessivamente decrescente, tendo o polimento final sido realizado com pó de diamante de $1\ \mu\text{m}$.

Após a elaboração das lâminas, estas foram observadas utilizando um microscópio de luz transmitida e/ou reflectida (Olympus BX60 + Olympus TH3), tendo em vista a identificação das associações minerais e a caracterização textural das amostras, procedendo-se à realização de um registo escrito e fotográfico (utilizando uma máquina fotográfica Olympus E-620) de cada uma das observações. O registo fotográfico focou-se principalmente nos aspectos relevantes a nível textural ou de associação mineralógica de cada uma das observações.

A caracterização petrográfica centrou-se, particularmente, na mineralização e texturas do encaixante e dos domínios mineralizados (mineralização primária e secundária). O estudo petrográfico e a sua contextualização proporcionaram:

- A selecção das LDP que iriam ser sujeitas aos estudos de química mineral de forma a completar ou a esclarecer as dúvidas resultantes do trabalho petrográfico já realizado, por intermédio de análises em microsonda electrónica;
- Verificar a possibilidade de variação mineralógica ao longo de troços de sondagem.

6.4 Química Mineral

As análises químicas pontuais (quantitativas e qualitativas) foram realizadas com a microsonda electrónica JEOL JXA 8200 equipada com quatro espectrómetros WDS, sete cristais analisadores (TAP, DEEZ, LIF, LIFH, PET, PETH e PETJ) e detectores de electrões secundários e retrodifundidos, para além de um espectrómetro de dispersão de energia (EDS).

Durante o trabalho analítico quantitativo, os feixes das análises realizadas apresentavam 5 μm de diâmetro, 25 nA de corrente de emissão, 15 kV de potencial de aceleração e tempos de contagem de 20 segundos. Recorreu-se à análise de padrões metálicos e de minerais de composição conhecida para a rotina de calibração da microsonda (Anexo VI).

Para além das análises pontuais quantitativas também foram levados a cabo perfis de composição, segundo elementos seleccionados. Estas análises pontuais e de perfil realizadas com o recurso à microsonda electrónica tiveram como principal finalidade:

- A confirmação fidedigna das fases minerais observadas durante o exame petrográfico (macroscópico e microscópico), mas cujas propriedades ópticas ou devido à pequena dimensão do grão levantaram interrogações, ou impossibilitaram a sua classificação;
- A verificação da possibilidade de uma mesma fase mineral conter diferentes gerações com assinaturas composicionais distintas (ao nível dos elementos traço).

Estas análises foram importantes porque foi possível responder aos objectivos acima apontados. Possibilitou também a observação de características texturais de algumas das fases minerais irresolúveis ao nível da microscopia óptica, assim como o reconhecimento de fases minerais acessórias que apenas se distinguem em imagens de electrões retrodifundidos.

6.4.1 Determinação do carbono e da água

Antes da realização das análises químicas, as lâminas e as superfícies polidas em estudo foram previamente metalizadas com grafite (*coating*). Devido a esse processo foi necessário fixar o valor de carbono, no caso dos carbonatos, de forma a não existir interferência do *coating*. O valor utilizado foi um valor médio de outras análises publicadas para os minerais em estudo. A determinação da água é realizada pela diferença da massa total para cem por cento.

7 Petrografia

O presente capítulo tem como objetivo a caracterização petrográfica e mineralógica das mineralizações de cobre da mina de Miguel Vacas, tendo sido fundamentado com base em descrições de amostras de mão e lâminas delgadas polidas (LDP), com recurso à lupa binocular, observação ao microscópio óptico (luz transmitida e reflectida) e análises de DRX e MicroDRX.

Com base nas observações da petrografia e mineralogia das amostras encontramos-nos perante uma mineralização primária de cobre filoniana a que se sobrepõe uma mineralização secundária do tipo enriquecimento supergénico. De acordo com *Guilbert & Park (1986)* e *Robb (2005)*, o enriquecimento supergénico pode ser dividido em três zonas diferentes em profundidade consoante o minério observado. As diferentes zonas deste tipo de mineralização são: Zona Eluvial ou Chapéu de Ferro que corresponde à zona mais superficial e que se subdivide em *Gossan* e Zona de lixiviação; Zona Iluvial ou de Enriquecimento Supergénico que corresponde a uma zona intermédia, subdividindo-se em supergénico oxidado e redutor pelo nível freático – barreira de oxidação-redução ou *redox*; e Zona Hipogénica ou Protominério que corresponde à zona mais profunda, como se observa na Fig. 7.1.

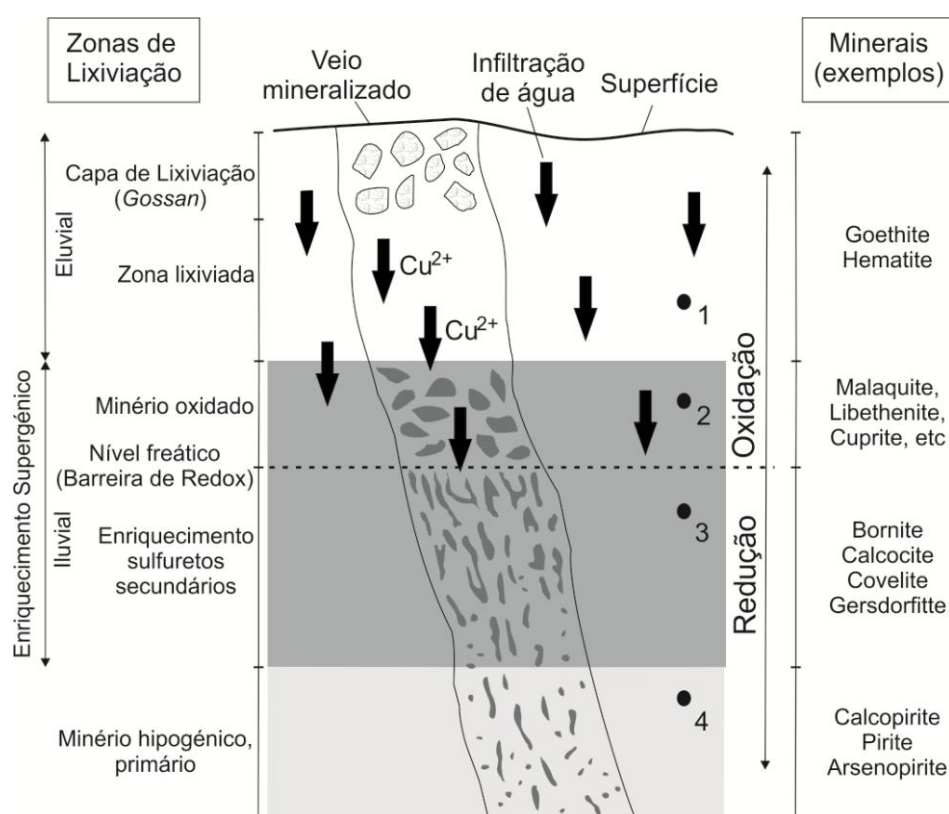


Fig. 7.1 - Seção esquemática de um depósito de cobre com as diferentes zonas de um enriquecimento supergénico. Encontra-se assinalada na figura amostras consideradas representativas de cada zona (ver Fig. 7.2). 1- MVC 38 e MV 05-01; 2 – MVC 37 e MDT 30; 3 – MV 09-03 e MDT 34; 4 – MV 09-08 e MV 09-21. Figura adaptada de *Robb (2005)*.

7.1 Rocha encaixante

As rochas encaixantes onde se insere a mineralização de Miguel Vacas são caracterizadas por uma alternância de várias rochas metassedimentares, surgindo, por vezes,

rochas de natureza ígnea. As rochas metassedimentares são constituídas principalmente por xistos negros e xistos cinzentos e ambos são ricos em matéria orgânica. O xisto negro apresenta como principal diferença do xisto cinzento a presença de grafite de grão fino e, em contrapartida, o xisto cinzento apresenta sericite, também de grão fino, embora a diferença seja apenas perceptível ao microscópio óptico. Por vezes surgem nos xistos intercalações mais ricas em sílica, possivelmente liditos. As rochas de natureza ígnea, que surgem por vezes no seio dos xistos, encontram-se bastante alteradas, sendo a alteração dominada por sericitização, cloritização (as amostras apresentam tons verdes) e carbonatização muito intensas. É possível observar ao microscópio, em algumas das amostras de rocha ígnea, relíquias de minerais, muito provavelmente feldspatos, que se encontram muito alterados (Fig. 7.8 – E e F – e Fig. 7.9 – C a F). Ainda é possível observar um nível com turmalina abundante numa das amostras que, durante a observação macroscópica, pode ser confundida com xisto negro. Associada às amostras com turmalina surge mineralização em arsenopirite (MV 09-20, 21 e 22).

As rochas metassedimentares apresentam-se pouco deformadas e com várias texturas ao longo do perfil de enriquecimento supergénico, sendo que nenhuma delas é característica de uma determinada zona do perfil. É possível observar amostras com texturas próximas às de um *stockwork*, amostras pouco fracturadas com a formação de espaços abertos preenchidos por quartzo e/ou mineralizações de cobre e amostras cortadas por veios de quartzo ± carbonatos com minério associado. As amostras com textura próxima à de um *stockwork* mostram características de uma brecha hidráulica (clastos de granularidade média a fina, entre os 2 cm e os 2 mm, com formas essencialmente angulosas chegando a ter formas sub-angulosas), cimentada essencialmente por quartzo (ver Fig. 7.3 - E).

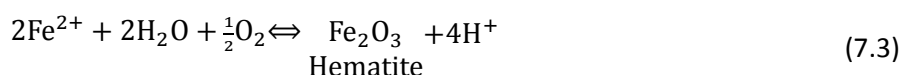
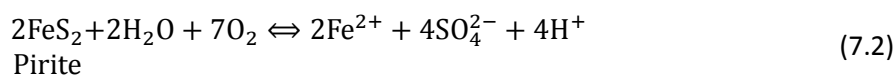
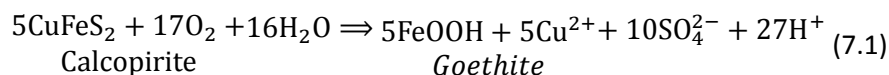
Ao longo do perfil de enriquecimento supergénico observa-se quartzo e carbonatos, sendo que o quartzo ocorre em pelo menos duas gerações (intersecção de veios/fracturas ou sob a forma microcristalina com texturas em mosaico a ser contornada por quartzo de granularidade mais grosseira, acima de 500 µm) com várias fases de formação (texturas de crescimento em *comb*). Ainda é possível observar no quartzo a formação de cristais em espaços abertos. Os carbonatos pertencem a uma geração mais tardia relativamente ao quartzo, encontrando-se a preencher espaços abertos nos mesmos ou a preencher fracturas /veios que os intersectam. É ainda possível observar nalgumas amostras uma geração mais tardia de quartzo (possivelmente uma terceira geração) que se encontra a preencher fracturas existentes nos carbonatos (exemplo: amostra MV 20-07).

A mineralização primária encontra-se associada aos veios de quartzo, e mais raramente associada aos carbonatos (exemplo: amostra MV 06-01). É ainda possível observar mineralização nas rochas encaixantes (metassedimentares e ígneas), de forma disseminada, salvo raras excepções onde se notam pequenos agregados. Na amostra MV 20-07 o minério encontra-se sob a forma de pequenos agregados segundo os planos de xistosidade do encaixante e alinhados subparalelamente entre si.

7.2 Zona Eluvial

A zona eluvial, também conhecida por chapéu de ferro, pode ser dividida em *gossan* e zona de lixiviação. De acordo com *Guilbert & Park* (1986), *Robb* (2005) e *Sillitoe* (2005) esta zona do perfil do enriquecimento supergénico é composta principalmente por massas de

óxidos e hidróxidos de Fe (*goethite*/limonite e hematite) e quartzo. A abundância de óxidos e hidróxidos de Fe resulta da decomposição e lixiviação das massas de sulfuretos (calcopirite e pirite) perante um ambiente oxidante e de águas subterrâneas ácidas, que destabilizam o seu equilíbrio químico e que empobrecem a zona em Cu deixando para trás o Fe. Esses princípios encontram-se ilustrados na Fig. 7.1 e as reacções encontram-se resumidas abaixo:



Reacções 7.1, 7.2 e 7.3 – Alguns exemplos de reacções de oxidação e decomposição de Cpy e Py e formação de óxidos e hidróxidos de Fe (*Goethite*/Hematite)

As amostras de Miguel Vacas que se localizam nesta zona são ricas em óxidos e hidróxidos de Fe, observando-se uma geração de quartzo (com múltiplas fases de formação – texturas de crescimento em *comb*) a preencher fraturas e espaços abertos, enquadrando-se com as características referidas pelos autores. Em algumas das amostras é possível observar rocha encaixante e encontrar características particulares, em termos de visualização macroscópica e microscópica. Por exemplo, na amostra MVC 38 a malaquite (identificada por análises de DRX e observação ao microscópio) ocorre associada ao quartzo e a preencher fracturas e espaços abertos, e relíquias de sulfuretos (calcopirite e pirite) no seio da massa de óxidos e hidróxidos de Fe. Ao microscópio é possível observar óxidos e hidróxidos de Fe com texturas colomórficas, pseudomorfozes euédricas a subeuédricas e fases de sulfuretos de Cu-S em pequenos agregados, por vezes formando texturas anelares. A calcopirite e a pirite encontram-se muito fracturadas e a decompor-se para diversas fases de Cu-S e *goethite*/hematite, respectivamente. Na amostra MVC 11 observam-se *boxworks* no quartzo com resíduos de óxidos e hidróxidos de Fe, resultantes da decomposição dos sulfuretos (Fig.7.2 – A).

7.3 Zona Iluvial ou de Enriquecimento Supergénico

De acordo com *Guilbert & Park* (1986), *Robb* (2005) e *Sillitoe* (2005), o minério que se observa na zona iluvial ou de enriquecimento supergénico resulta da reprecipitação do cobre lixiviado da zona eluvial. A precipitação do Cu lixiviado ocorre em dois ambientes diferentes, um ambiente oxidante e outro redutor, divididos pelo nível freático (barreira *redox*). No ambiente oxidante, que se encontra acima do nível freático, podem ser observados minerais secundários de cobre oxidados – óxidos, carbonatos, fosfatos, sulfatos, cloretos e silicatos (*Chávez*, 2000) – e no ambiente redutor, que se encontra abaixo do nível freático, as mineralizações são compostas essencialmente por sulfuretos secundários de cobre – fases de Cu-S (a calcocite e a covelite, por exemplo) e bornite (*Guilbert & Park*, 1986; *Robb*, 2005; *Sillitoe*, 2005).

Nas amostras de Miguel Vacas, que se enquadram no ambiente oxidante, é possível observar malaquite e azurite (carbonatos), libethenite e pseudomalaquite (fosfatos),

brochantite (sulfato) e cuprite e um outro óxido de cobre¹ (óxidos), principalmente a preencher fracturas ou espaços abertos existentes nas rochas encaixantes ou no quartzo (MVC 40) e mais raramente sob a forma de minério maciço (MDT 13) ou em massas cristalinas. Alguns destes minerais apresentam características idênticas (por exemplo a cor e o hábito), tendo sido necessária recorrer a outros métodos de análise (análises por intermédio de DRX e/ou de EMPA) para complementar a identificação realizada por intermédio do microscópio de luz transmitida e reflectida (Anexos V e VII). Por exemplo, a malaquite e a pseudomalaquite, embora sejam minerais de grupos e composição diferentes, como se observa na Tabela 7.1, apresentam tons verdes marinhos e um hábito botrioidal (quando a formação ocorre em espaços abertos) com texturas anelares (indício de mais do que uma fase de formação) sendo difícil a distinção óptica entre um e o outro. A *libethenite* apresenta como características principais a sua cor verde oliva e hábito sob a forma de prismas ou bipirâmides. A *libethenite* encontra-se normalmente associada à pseudomalaquite (mineral do mesmo grupo), formando cristais na superfície da mesma. A azurite, embora mais rara, pertence ao mesmo grupo que a malaquite e encontra-se normalmente associada a esta. Distingue-se com muita facilidade principalmente devido à sua cor azul forte que contrasta com o verde marinho da malaquite e apresenta-se em agregados lenticulares. A *brochantite* apresenta uma cor verde folha e os cristais ostentam formas prismáticas. Os óxidos de cobre como a cuprite e o CuO¹ apenas foram observados na amostra MDT 13, encontrando-se normalmente associados à calcocite (sulfureto de cobre). O CuO¹ apresenta uma textura fibrosa, pleocroísmo moderado (varia entre o castanho claro e um castanho um pouco mais escuro) e normalmente encontra-se nos bordos da cuprite ou associado à calcocite. Foi necessário realizar uma análise de MicroDRX na amostra MDT 13 (Anexo V) após não ter sido possível diferenciar esta fase mineral das fases reconhecidas na análise de DRX da mesma amostra. As fases minerais identificadas na MicroDRX foram: óxido de cobre (Ficha 01-080-1916), calcocite (Ficha 00-033-0490) e malaquite (Ficha 00-056-0001). A Cuprite apresenta uma cor cinza azulada em luz reflectida, uma cor de anisotropia vermelho sangue e associado a este mineral foi possível observar, muito raramente, cobre nativo (Fig. 7.6 – A, B e C). A maioria das fases minerais de Cu resultantes de materiais friáveis das amostras desta zona foram identificadas por intermédio de DRX (Anexo V), tendo sido possível discernir a presença de uma ou várias fases minerais em cada uma das amostras.

Tabela 7.1 - Tabela de minerais identificados na zona de ambiente oxidante

Grupo	Mineral	Fórmula química
Carbonatos	Malaquite	$\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$
	Azurite	$\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$
Fosfatos	Pseudomalaquite	$\text{Cu}_5(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_4$
	Libethenite	$\text{Cu}_2(\text{PO}_4)(\text{OH})_2$
Óxidos	Cuprite	Cu_2O
	Óxido de cobre ¹	CuO^1
Sulfato	Brochantite	$\text{Cu}_4(\text{SO}_4)(\text{OH})_6$
Elemento nativo	Cobre	Cu

¹ Ficha de DRX: 01-080-1916

O minério que é possível observar no ambiente redutor é composto principalmente por fases de Cu-S (covelite, calcopirite, anilite, digenite e *djurleite*) e bornite. Normalmente as fases de Cu-S formam halos de alteração nos bordos ou ao longo de fracturas existentes ao longo da calcopirite. A bornite encontra-se a formar *flames* ao longo dos planos de intercrescimento da calcopirite ou a substituir as fases de Cu-S. Também é possível observar pirite associada à calcopirite, encontrando-se normalmente a preencher porosidade ou a formar grãos euédricos nas fracturas existentes. Numa das amostras (MV 09-03) é possível observar fases minerais de Bi(-Cu)-S associadas à calcopirite, como o bismuto nativo, *bismuthinite*, *wittichenite*, cuprobismutite e emplectite. Na amostra MDT 34 foi possível observar juntamente com a pirite um arsenato de Ni, a *gersdorffite*. A calcopirite que se observa nas amostras desta zona ocorre, normalmente, sob a forma de pequenos agregados anédricos, fracturados e com alguma porosidade. É frequente a presença de rútilo, que se encontra sobretudo disseminado pelo encaixante (Fig. 7.5 e 7.6)

Tabela 7.2 - Tabela de minerais identificados na zona de ambiente redutor

	Mineral	Fórmula química
	Calcopirite	CuFeS_2
	Bornite	Cu_5FeS_4
	Pirite	FeS_2
Fases de Cu-S	Calcocite	Cu_2S
	Covelite	CuS
	Digenite	Cu_9S_5
	Anilite	Cu_7S_4
	Djurleite	$\text{Cu}_{31}\text{S}_{16}$
	Bismuto	Bi
	<i>Bismuthinite</i>	Bi_2S_3
Fases de Cu-Bi-S	<i>Wittichenite</i>	Cu_3BiS_3
	Cuprobismutite	$\text{Cu}_{10}\text{Bi}_{12}\text{S}_{23}$
	Emplectite	CuBiS_2

7.4 Zona Hipogénica ou Protominério

A zona hipogénica ou protominério representa o minério primário e contém essencialmente calcopirite e pirite, sem vestígios de alteração ou de mineralização secundária, como fases de Cu-S, bornite, óxidos e hidróxidos de Fe.

Nas amostras de Miguel Vacas correspondentes a esta zona, o minério encontra-se associado normalmente ao quartzo, sob a forma de pequenos agregados ou disseminado pela amostra. Por vezes é possível observar minério associado quer aos veios de carbonato, quer disseminado no encaixante. O minério que se pode observar nesta zona é composto principalmente por calcopirite e pirite, podendo ocorrer arsenopirite em algumas das amostras.

A calcopirite encontra-se normalmente associada ao quartzo e ocorre sob a forma de pequenos agregados ou inclusa na pirite. Apresenta-se em formas anédricas, com alguma porosidade e sem halos de alteração (como se observa nas duas zonas sobrejacentes). A pirite apresenta formas anédricas com inclusões de calcopirite, por vezes associada a arsenopirite e

geralmente no seio do quartzo. Também é possível observar pirite euédrica a subeuédrica a preencher fracturas na calcopirite e desprovida de inclusões de calcopirite ou arsenopirite associada. A arsenopirite ocorre sob a forma de pequenos agregados (exemplo: MV 09-21) ou associada à pirite (exemplo: MV 09-08), apresentando formas anédricas ou euédricas. O rútilo encontra-se disseminado pelo encaixante e com formas anédricas, principalmente, nos halos de alteração proximal.

Fig. 7.2 – Amostras de mão representativas de cada uma das zonas de enriquecimento supergénico. Zona Eluvial: A – MVC 11 (Observam-se *boxworks* preenchidos por minério de Fe) e B – MVC 38 (Amostra de chapéu de ferro com malaquite associada ao quartzo e a preencher fracturas); Zona de Enriquecimento Supergénico: C – MVC 40 (Amostra de veio de quartzo fracturado e com preenchimento de espaços abertos e das fracturas por pseudomalaquite) e D – MDT 13 (Amostra de minério maciço de cuprite, calcocite e malaquite com um “chapéu” de quartzo) – Ambiente oxidado, E – MDT 34 (minério maciço de calcopirite) e F – MV 09-03 (Amostra de rocha encaixante e minério associado fracturados e cimentados por quartzo) – Ambiente redutor; Zona Hipogénica: G – MV 09-08 (Amostra de rocha encaixante fracturada e cujas fracturas encontram-se preenchidas por quartzo e carbonatos com calcopirite ± pirite associada) e H – MV 09-20 (Amostra de turmalinito cortado por um veio de quartzo e com agregados de arsenopirite associados).

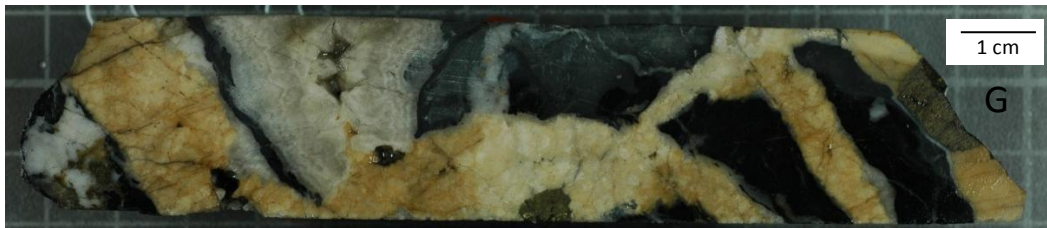
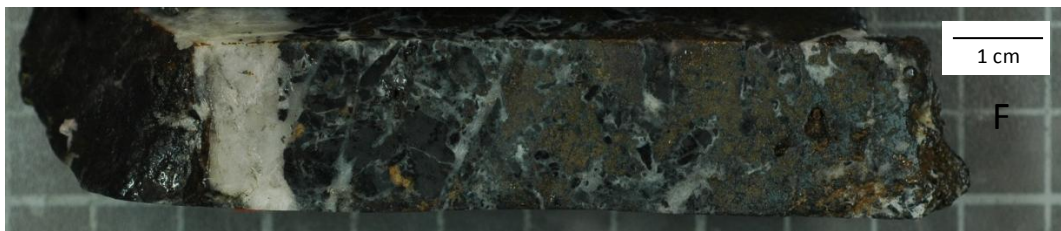
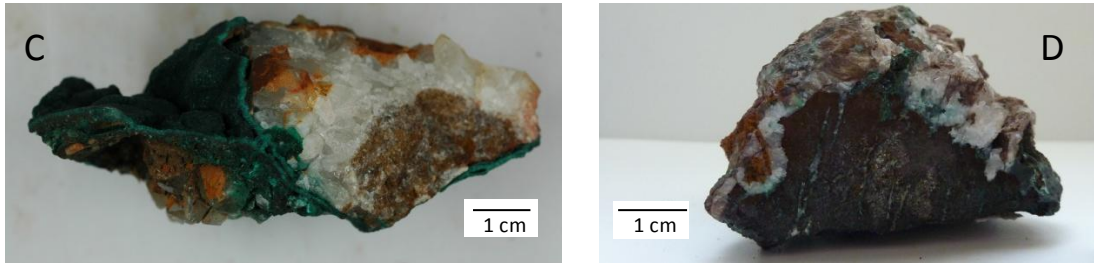
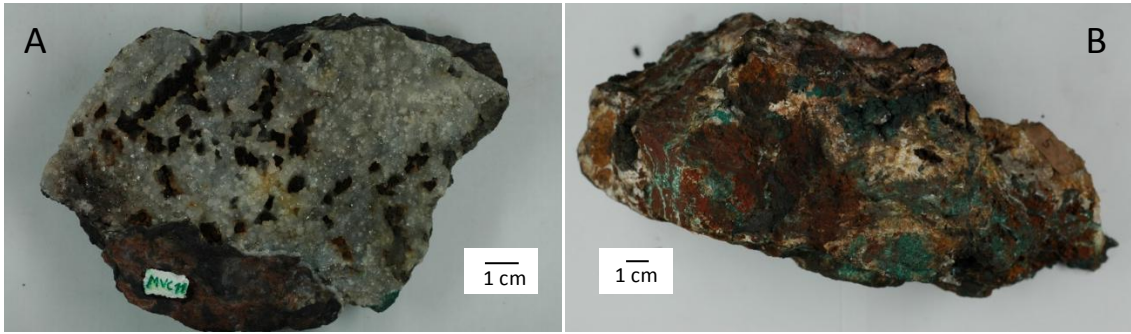


Fig. 7.3 – Exemplos de algumas das texturas que se pode observar nas amostras de mão. A – Veio de quartzo fracturado com evidências de movimentação; B – Preenchimento de espaços abertos no quartzo por carbonatos; C – Geração de quartzo tardia relativamente aos carbonatos; D – Veio de quartzo com formação de cristais (espaço aberto) e com minério associado; E – Brecha; F – Contacto de rocha encaixante com rocha ígnea alterada; G – Veio mineralizado com bolsadas de quartzo; H – Amostra de veio com mais do que uma geração de quartzo.

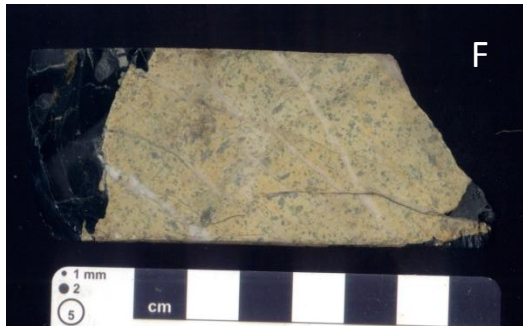
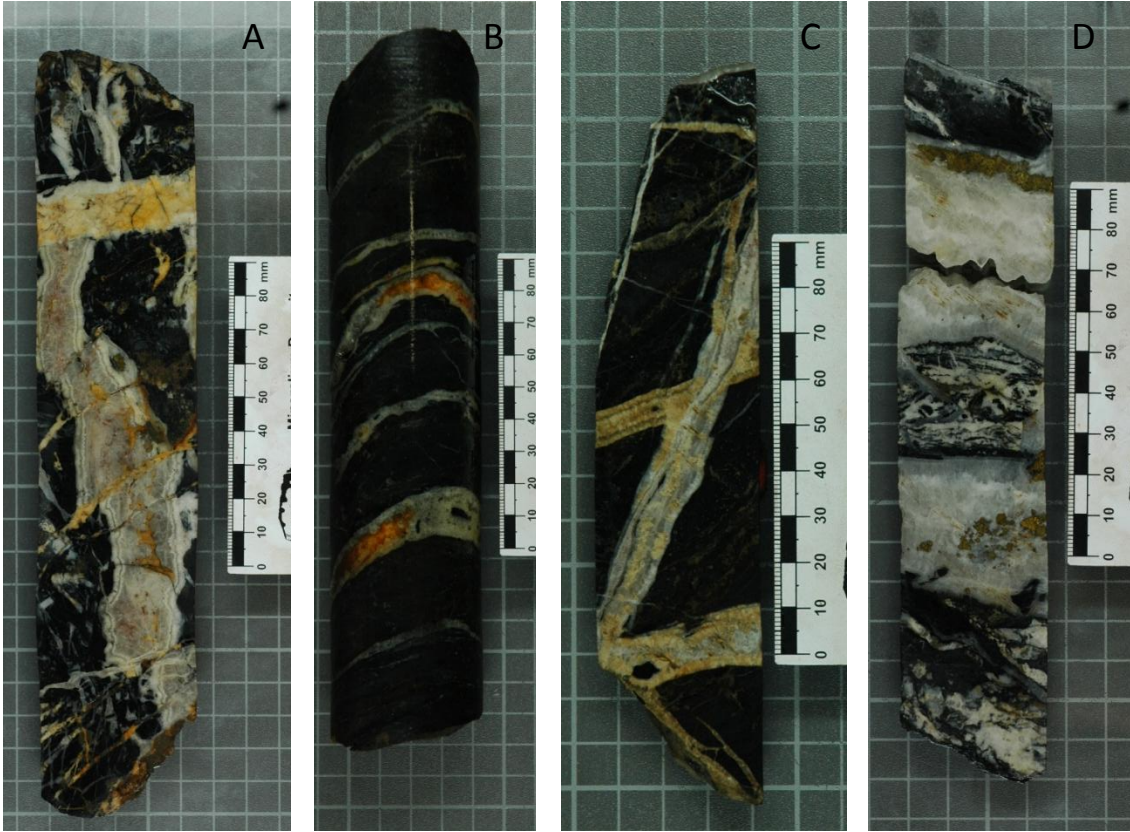


Fig. 7.4 – Amostras de ambiente oxidado da Zona de Enriquecimento Supergénico. A – Pseudomalaquite com cristais de libethenite associados a preencher fracturas existentes do encaixante (MVC 19); B – Pormenor da associação dos cristais de *libethenite* e a pseudomalaquite; C – Azurite a preencher espaços abertos existentes na rocha encaixante (MVC 28); D – Pormenor dos minerais de azurite; E – Amostra rica em *brochantite* (MVC 10); F – Amostra de rocha encaixante com malaquite e pseudomalaquite associadas a preencher as fracturas existentes (MVC 16); G – Amostra de quartzo com malaquite a preencher o plano de fractura (MVC 23); H – Amostra de pseudomalaquite, e nódulos com intercalações de matéria orgânica e Mn, com *boxworks* de cristais de quartzo (MVC 37)

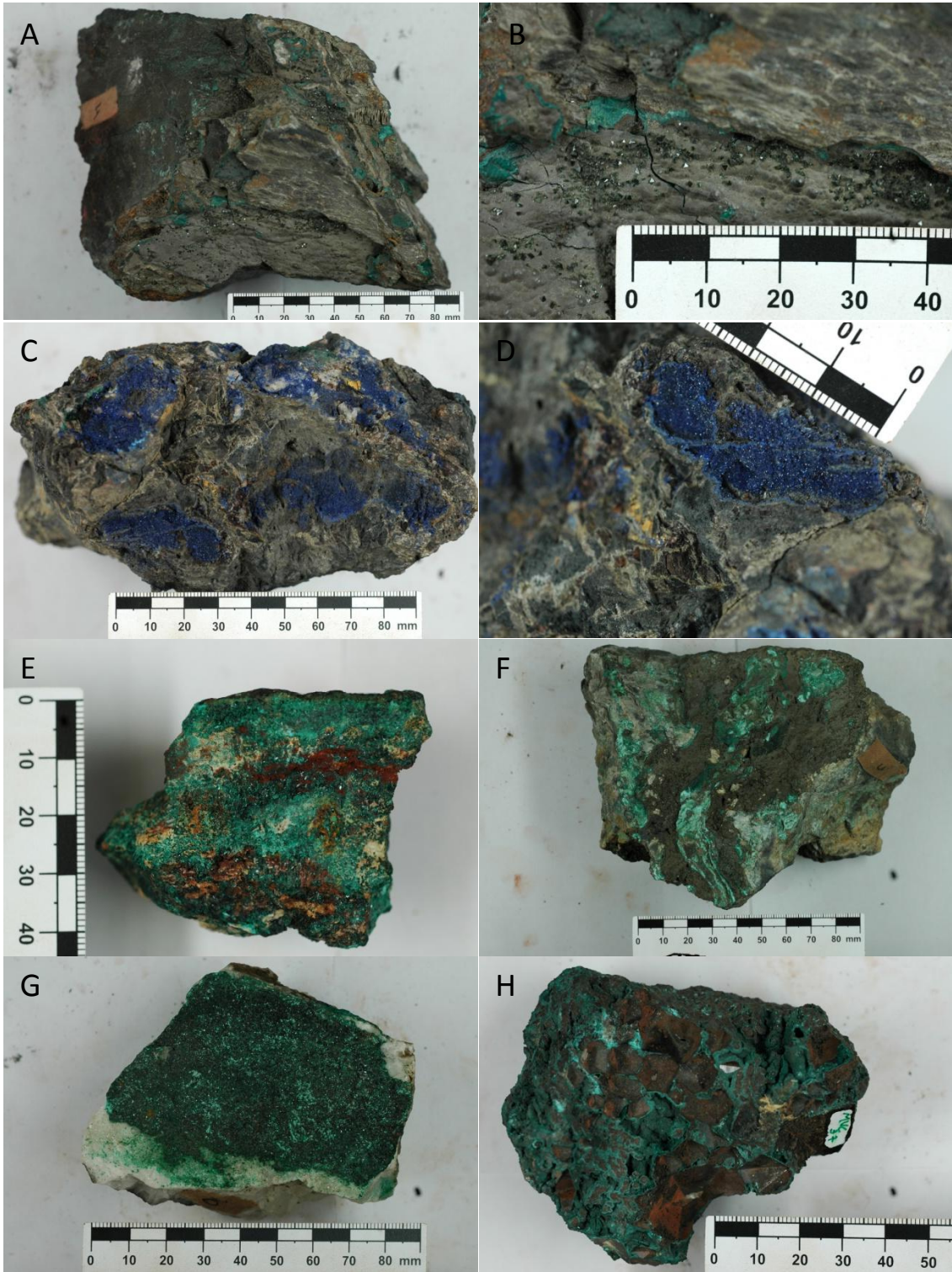


Fig. 7.5 – Texturas observadas em lâmina em microscopia de luz refletida simplesmente polarizada (A, B, C, D, E, G e H) e duplamente polarizada (F). A – Textura colomórfica na *goethite*; B – Pseudomorfose de *goethite* com decomposição da pirite nas fracturas de calcopirite. As fracturas também se encontram preenchidas por fases de Cu-S; C – Fases de Cu-S nos óxidos e hidróxidos de Fe; D e E – Óxidos e hidróxidos de Fe com formações anelares compostas por fases de Cu-S; F – Imagem E com luz reflectida duplamente polarizada; G – Py I e Py II associadas à calcopirite; H – Calcopirite com halo de alteração composto por fases de Cu-S, *flames* de bornite e pirite com *gersdorffite* associada. (Bn – Bornite; Cpy – Calcopirite; Cu-S – Fases de Cu-S; Gdt – *Gersdorffite*; H(Óx.)-Fe – Óxidos e hidróxidos de Fe; Mal – Malaquite; Qz – Quartzo)

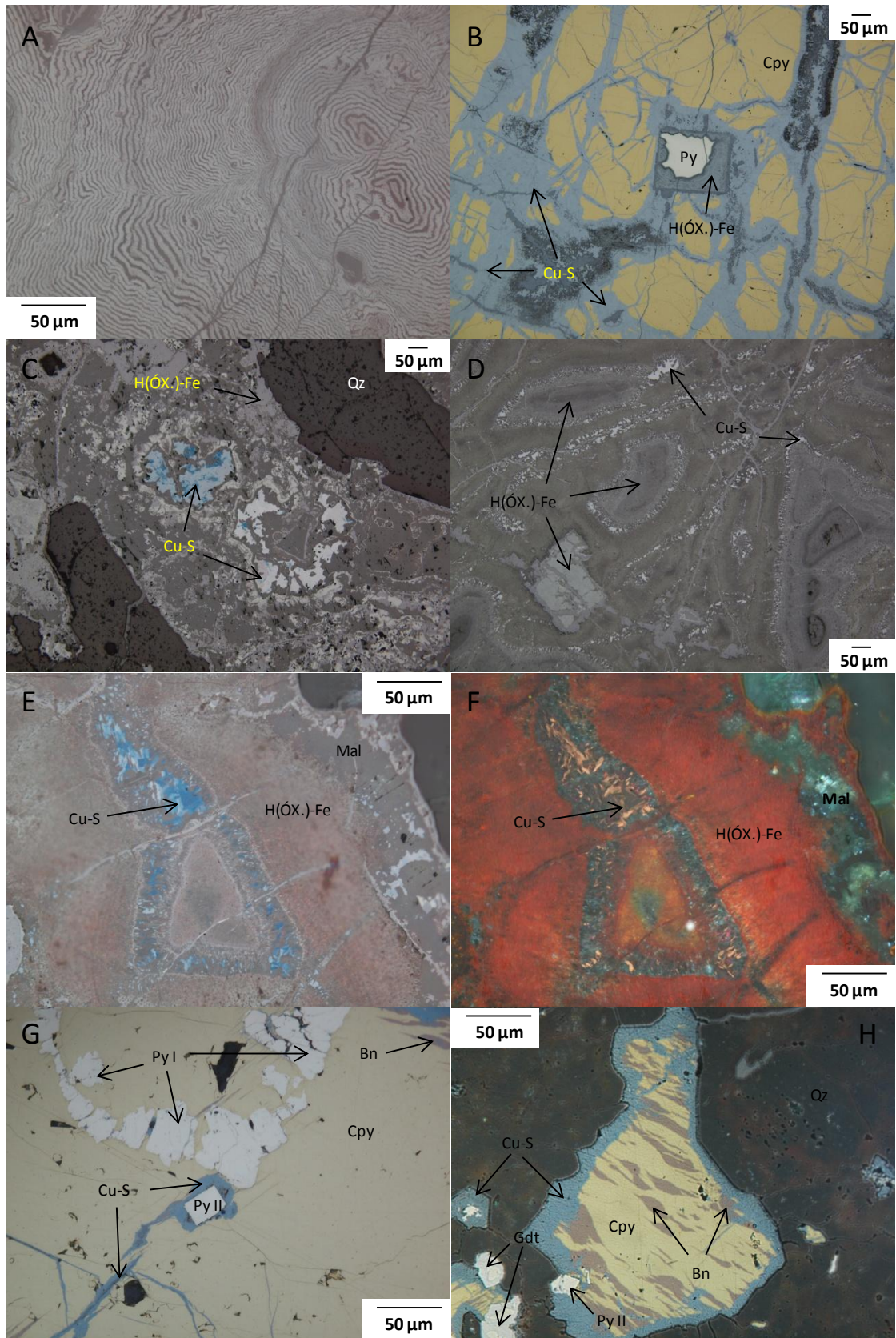


Fig. 7.6 – Texturas observadas em lâmina em microscopia de luz reflectida simplesmente polarizada (A, C, D, E, F, G, H) e duplamente polarizada (B). A – Calcocite com óxidos de cobre¹ (mineral textura fibrosa e de tons acastanhados) e cuprite associados. Observa-se malaquite a preencher a porosidade; B – Imagem A com luz reflectida duplamente polarizada; C – Cobre nativo associado à cuprite. Óxido de Cu¹ na zona de contacto entre a cuprite e calcocite; D – Py I com inclusões de calcopirite e arsenopirite, num veio de quartzo ± carbonatos; E – Rútilo associado ao encaixante com grafite ao longo da xistosidade (ligeiramente deformada); F – Grão de pirite com *gersdorffite* associada e halo de fases de Cu-S, num veio de quartzo; G – Corrosão da pirite segundo os planos de crescimento num veio de quartzo; H - Fases de Bi(-Cu)-S associados à calcopirite. Calcopirite com “*flames*” de bornite e halos de alteração compostos por fases de Cu-S. (Apy – Arsenopirite; Bi⁰ – Bismuto nativo; Bn – Bornite; Cc – Calcocite; Cpy – Calcopirite; Cu⁰ – Cobre nativo; Cu-S – Fases de Cu-S; Cu-Bi-S – Fases de Cu-Bi-S; Cup – Cuprite; G – Grafite; Gdt – *Gersdorffite*; Mal – Malaquite; Óx. Cu – Óxido de Cu; Rut – Rútilo; Carb – Carbonatos; Qz – Quartzo)

¹ Ficha de DRX: 01-080-1916

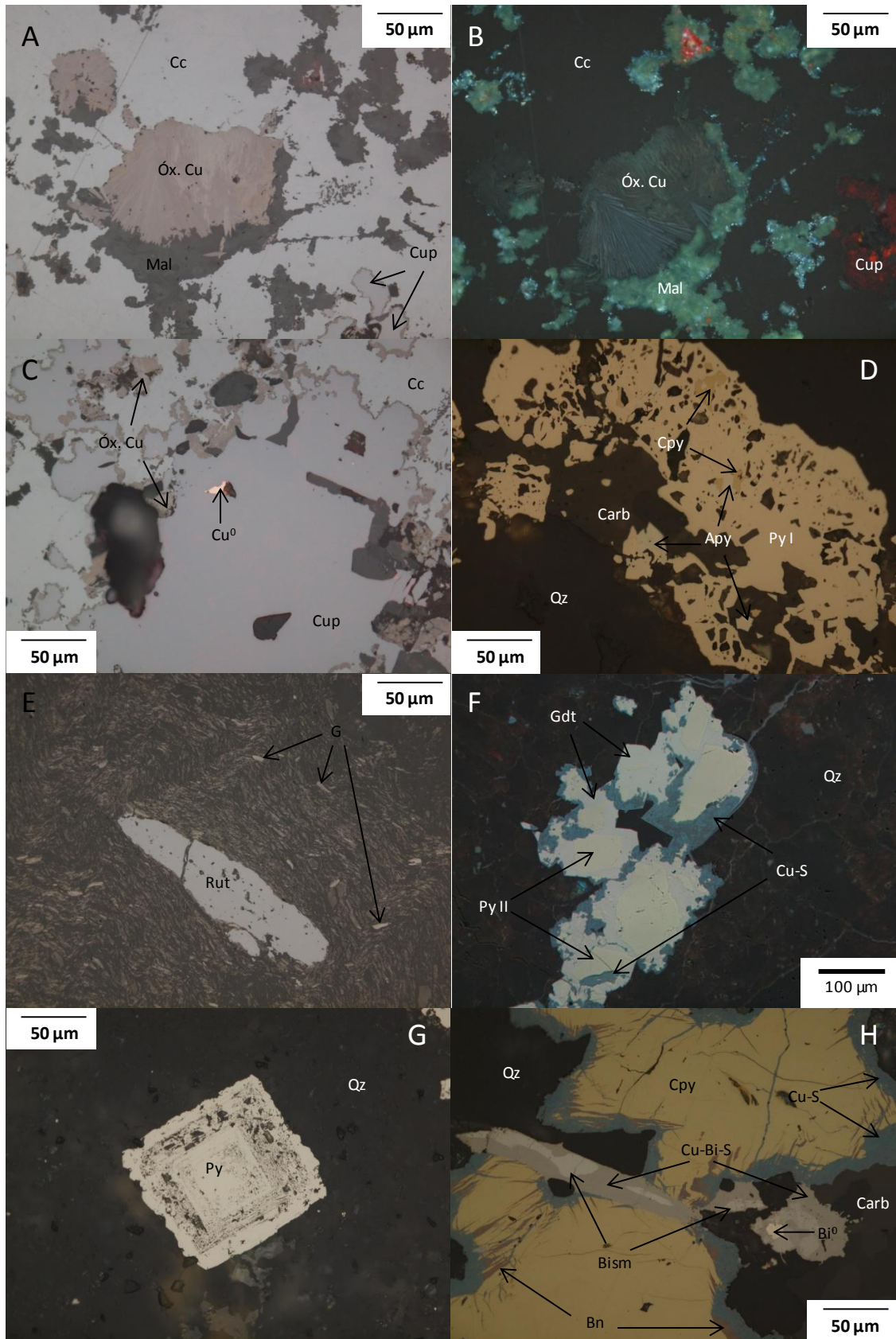


Fig. 7.7 - Texturas observadas em lâmina em microscopia de luz reflectida simplesmente polarizada (A) e duplamente polarizada (B) e em microscopia de luz transmitida simplesmente polarizada (C) e duplamente polarizada (D, E, F, G e H). A,B,C e D – Nódulos de matéria orgânica e Mn em pseudomalaquite; E – Textura *jigsaw fit* de quartzo cimentado por mineralizações secundárias de cobre (pseudomalaquite?); F – Intersecção de veios de quartzo; G – Quartzo com múltiplas fases de formação; H – Evidências de recristalização de quartzo.

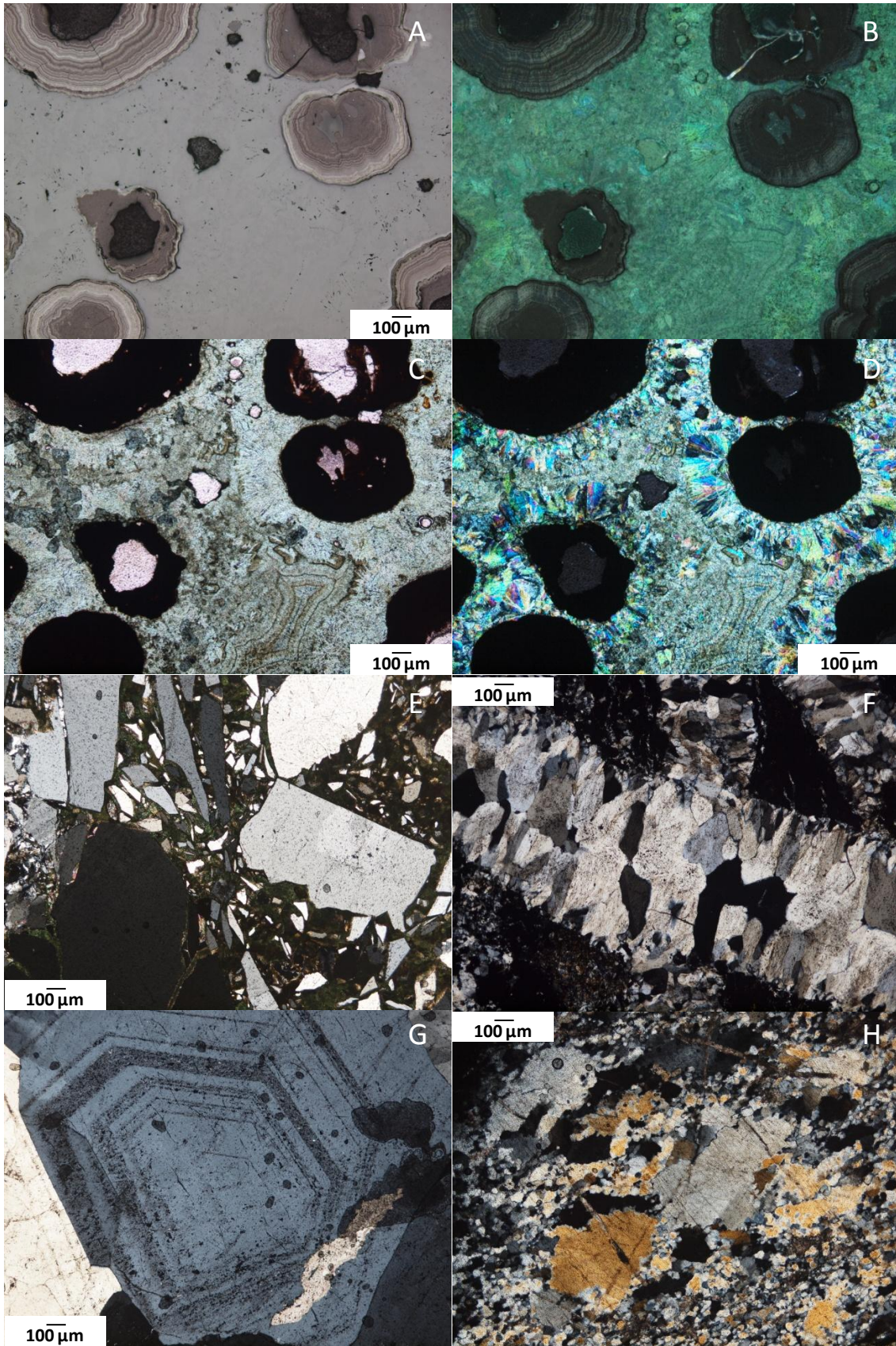


Fig. 7.8 – Texturas observadas em lâmina em microscopia de luz transmitida simplesmente polarizada (A, C, E e G) e duplamente polarizada (B, D, F e H). A e B– Preenchimento de carbonatos em espaços abertos existentes no quartzo; C e D – Nível rico em turmalina cortado por veio de quartzo; E e F – Amostra muito alterada (carbonatização, sercitização e cloritização intensas); G e H – Veio de quartzo posterior aos carbonatos.

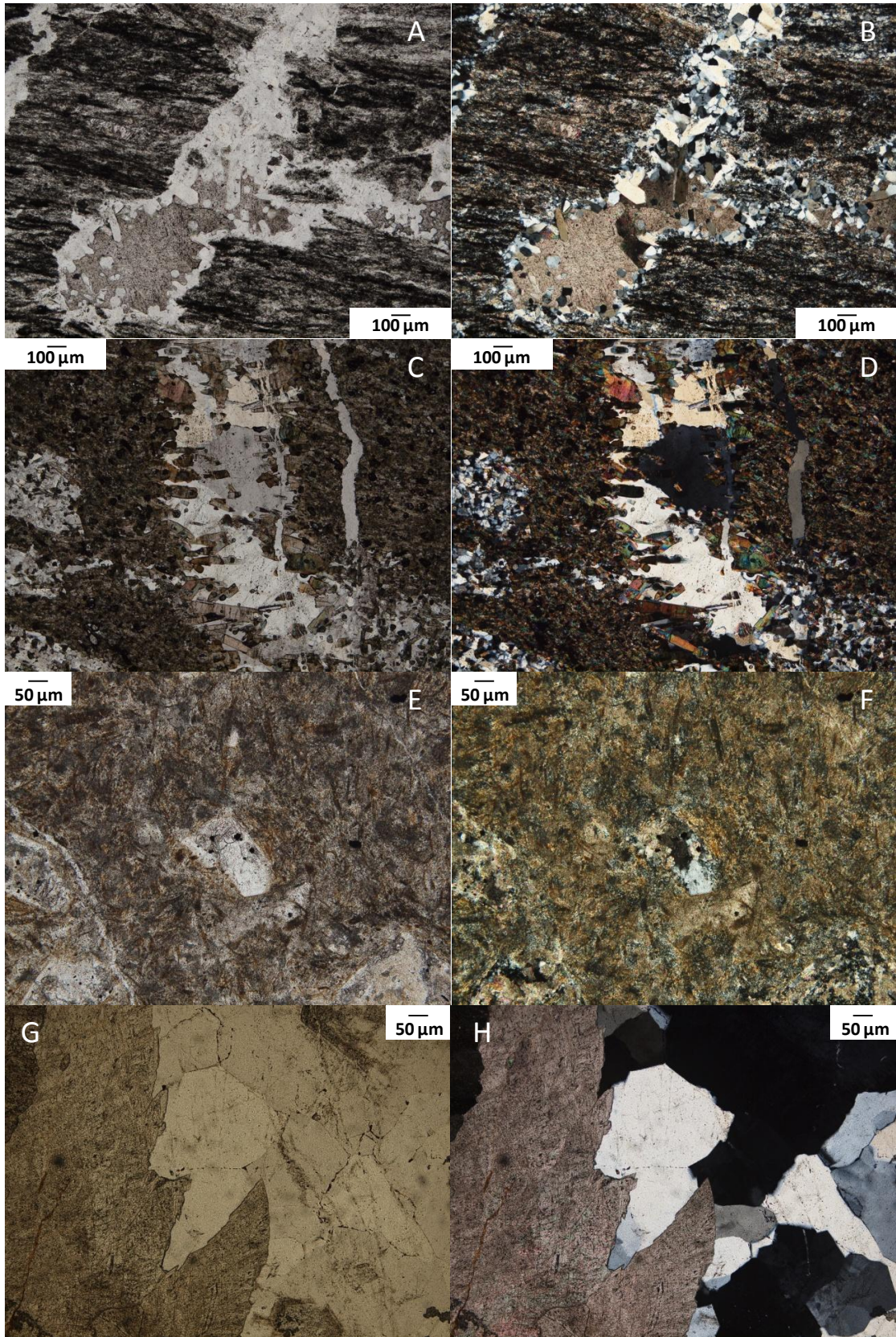


Fig. 7.9 – Texturas observadas em lâmina em microscopia de luz transmitida simplesmente polarizada (A, C e E) e duplamente polarizada (B, D, F, G e H). A e B – Zona de contacto entre xisto negro e rocha ígnea muito alterada (sericitização, cloritização e carbonatização); C, D, E e F – Relíquias de minerais da rocha ígnea muito alterada; G – Intersecção de veios de quartzo em xisto cinzento (sericite abundante); H – Amostra de quartzo com preenchimento de espaço aberto por mineralização secundária de cobre (malaquite/pseudomalaquite).

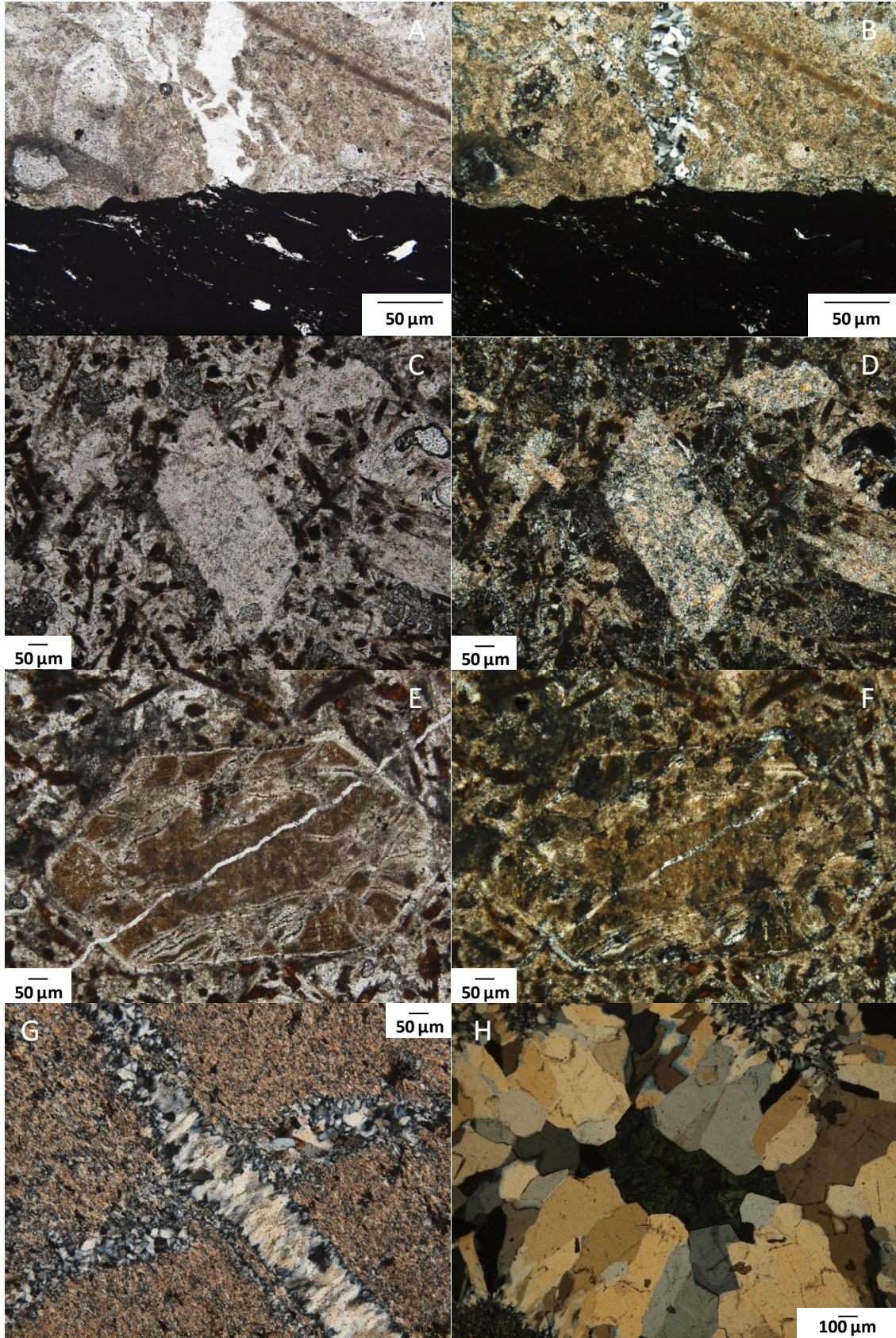
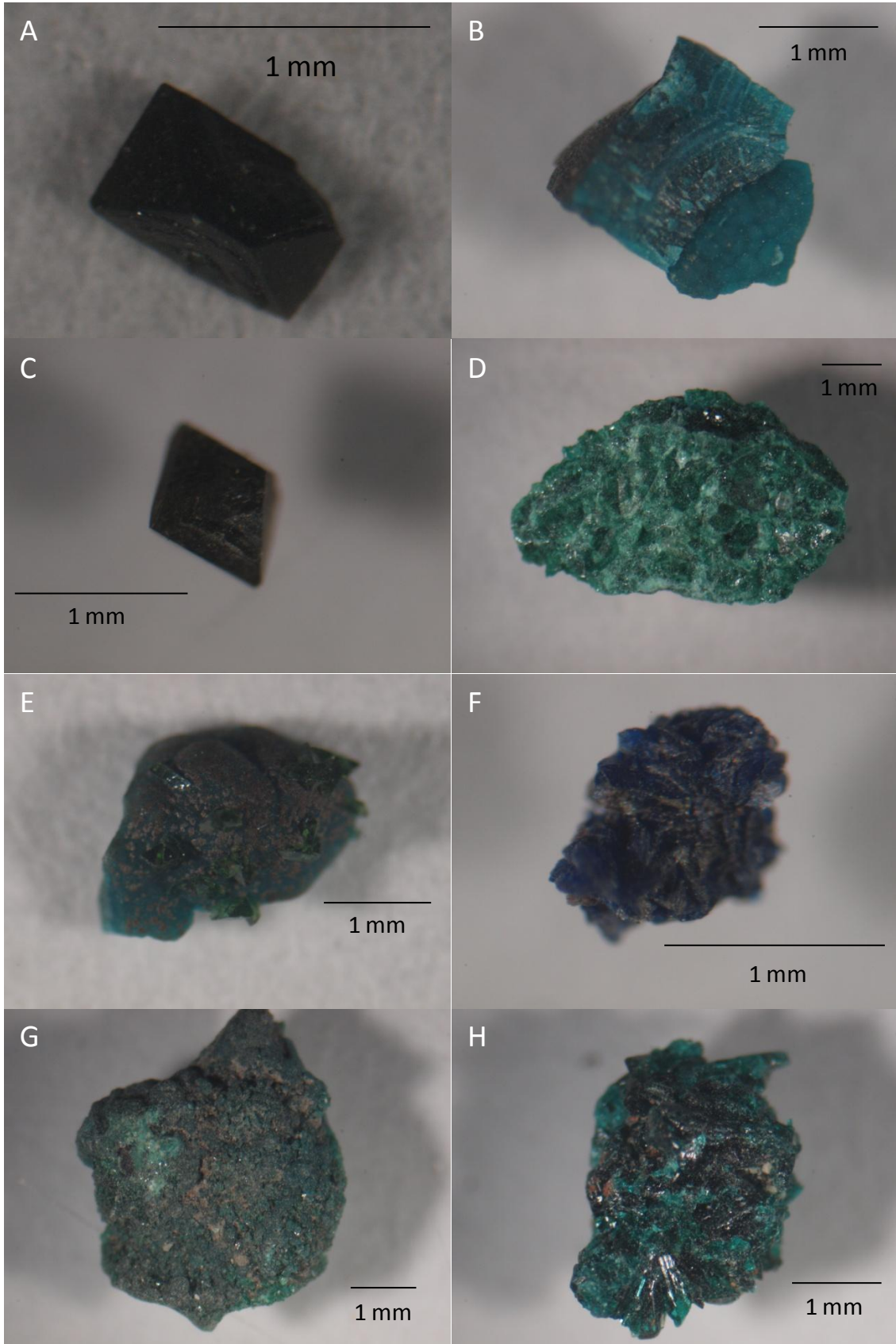


Fig. 7.10 – Amostras das frações friáveis de algumas das amostras de mão. A – *Libethenite* com forma prismática; B – Pseudomalaquite com hábito botrioidal e textura anelar (mais do que uma fase de formação); C – *Libethenite* com forma bipiramidal; D – Amostra de malaquite; E – Pseudomalaquite com cristais de *libethenite* na superfície; F – Amostra de azurite; G – Amostra de malaquite \pm pseudomalaquite; H – Amostra de *brochantite*



8 Química Mineral

Neste capítulo serão apresentados os resultados analíticas de nove lâminas delgadas polidas e de três superfícies polidas representativas do conjunto das amostras estudadas. Os resultados obtidos permitem caracterizar quimicamente as fases minerais principais e acessórias que se observam em amostras de sondagem e de amostra de mão. As análises realizadas às três superfícies polidas serviram para confirmar a identificação de DRX, realizada para os materiais friáveis existentes em algumas das amostras de mão.

Foram identificados vários minerais cuja composição química se aproxima da ideal apresentando, por vezes, elementos traço. Apenas serão considerados elementos traço os elementos ou óxidos que apresentam valores em *wt%* acima da décima percentual.

8.1 Sulfuretos, sulfossais e bismuto nativo

8.1.1 Pirite

As pirites analisadas (Anexo VII) mostram uma composição química muito próxima à da fórmula ideal FeS_2 , apresentando $\text{Fe}_{(0.926-1.019)}\text{S}_{(1.960-2.064)}$. Da análise dos resultados é possível verificar a existência de elementos traço característicos com conteúdos significativos como o Ni, As, Cu, Pb, Co, Au e Se (Tabela 8.1). Os valores de Ni permitem distinguir duas gerações de pirite, a Py I e a Py II, sendo a Py I mais enriquecida em Ni que a Py II, corroborando as observações petrográficas.

Tabela 8.1 - Amplitude de variação de valores em *wt%* das distribuições de concentração multi-elementar para pirites

Total de análises

N = 87

	Mínimo	Máximo
Sb	n.d.	0.086
As	n.d.	1.740
Mn	n.d.	0.041
S	51.697	55.751
In	n.d.	0.070
Ge	n.d.	0.014
Sn	n.d.	0.091
Fe	43.564	47.123
Bi	n.d.	n.d.
Se	n.d.	0.170
Ag	n.d.	0.077
Cu	n.d.	1.235
Ni	n.d.	2.514
Pb	n.d.	0.706
Co	0.032	0.634
Zn	n.d.	0.098
Cd	n.d.	0.048
Au	n.d.	0.531

Tabela 8.2 - Amplitude de variação de valores em wt% das distribuições de concentração para Py I e Py II

	Py I		Py II	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Total de análises			Total de análises	
N = 34			N = 53	
Sb	n.d.	0.054	Sb	n.d.
As	n.d.	0.261	As	n.d.
Mn	n.d.	0.041	Mn	n.d.
S	51.860	55.751	S	51.697
In	n.d.	0.069	In	n.d.
Ge	n.d.	0.014	Ge	n.d.
Sn	n.d.	0.050	Sn	n.d.
Fe	43.564	46.818	Fe	44.327
Bi	n.d.	n.d.	Bi	n.d.
Se	n.d.	0.170	Se	n.d.
Ag	n.d.	0.077	Ag	n.d.
Cu	n.d.	0.680	Cu	n.d.
Ni	0.033	2.514	Ni	n.d.
Pb	n.d.	0.706	Pb	n.d.
Co	0.036	0.634	Co	0.032
Zn	n.d.	0.098	Zn	n.d.
Cd	n.d.	0.048	Cd	n.d.
Au	n.d.	0.445	Au	n.d.

Como se pode observar na Tabela 8.2, os valores máximos de Ni para a Py I e a Py II denotam uma grande amplitude, apresentando valores máximos de 2.514 wt% e 0.616 wt%, respectivamente. A dispersão de valores que se verifica na Py I é resultado da falta de uniformidade do elemento Ni ao longo de todo o grão de pirite, sendo possível observar no mesmo grão áreas ricas em Ni e áreas adjacentes pobres neste elemento (Fig. 8.1). Os valores máximos que se observam na Py II são valores pontuais e resultam de análises de pirite com *gersdorffite* associada, reflectindo a influência dessa fase mineral aquando da incidência do feixe (5 µm). A Py I ocorre apenas nas amostras da zona do minério hipogénico e na zona de enriquecimento supergénico (em ambiente redutor), sendo possível observar Py II ao longo de todo o perfil do enriquecimento supergénico.

O As apresenta valores máximos de 0.261 wt% e 1.740 wt% para a Py I e Py II, respectivamente. Estes valores são esporádicos e reflectem a influência de outras fases minerais próximas ou associadas à pirite aquando da incidência do feixe da microsonda, sendo neste caso arsenatos. Para o caso da Py I a influência resulta de associações de arsenopirite e para a Py II de *gersdorffite*.

Os valores máximos 0.634 wt% e 0.161wt% de Co que se observam na Py I e Py II, respectivamente, são valores esporádicos que não se enquadram em nenhum local específico nas pirites analisadas.

Os valores de Cu que se observam nas duas gerações de pirite, 0.680 wt% para a Py I e 1.235 wt% para a Py II, resultam de análises de grãos de pirite que: a) possam conter microinclusões de calcopirite (Py I); b) análises próximas à calcopirite (Py II).

As Py I e Py II apresentam conteúdos em Au interessantes ao longo do perfil de enriquecimento supergênico, apresentando valores máximos de 0.445 wt% e 0.531 wt%, respectivamente. Os valores de Au são erráticos como é possível observar na tabela 1 do Anexo VII.

O Se (Py I) e o Pb (para as Py I e Py II) apresentam valores acima da décima percentual. O Se apresenta valor máximo de 0.170 wt% e o Pb apresenta valores máximos de 0.706 wt% para as Py I e 0.616 wt% para as Py II. Embora se observem estes valores máximos, estes são apenas esporádicos ao longo das análises, carecendo de qualquer significado.

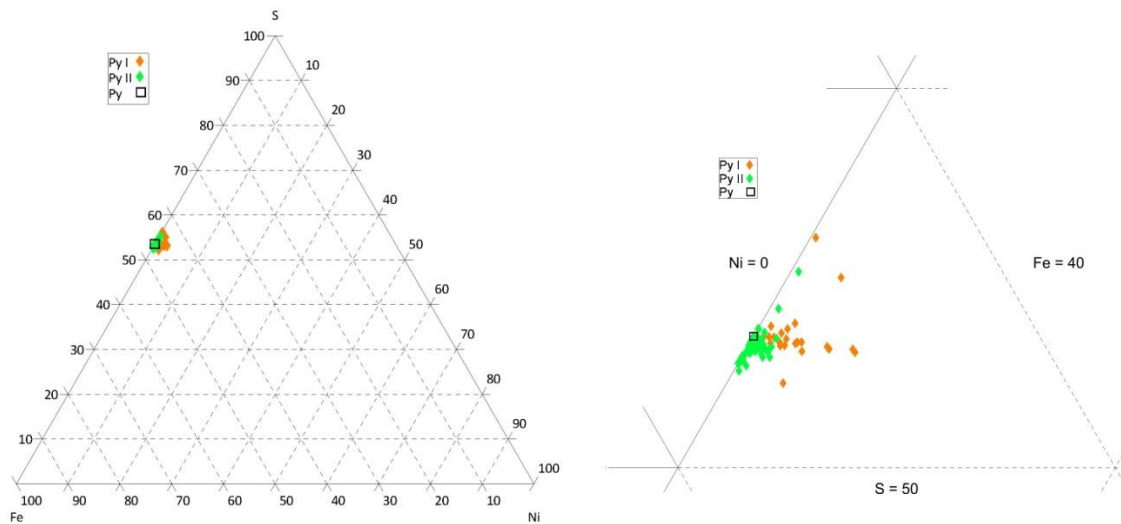


Fig. 8.1 - Variação dos conteúdos em Fe, S e Ni (em % atômica) nas Py I e Py II observadas. O quadrado branco corresponde à composição teórica ideal da pirite (Py).

8.1.2 Calcopirite

As análises realizadas em calcopirites (Anexo VII) mostram uma composição química perto da sua fórmula ideal, CuFeS_2 . As mineralizações de calcopirite ocorrem ou sob a forma de agregados maciços fracturados (e.g. MDT-34), ou sob a forma de relíquias no seio do *gossan* (e.g. MVC-38-2), ou ainda disseminadas nos veios das amostras (e.g. MDT-13). O Au, As, Mn, Sn, Pb, Zn e Ag destacam-se da globalidade das análises das amostras, com valores máximos significativos acima de 0.100 wt%.

Tabela 8.3 – Amplitude de variação de valores em wt% das distribuições de concentração para calcopirite

Total de análises		
N = 69		
	<u>Mínimo</u>	<u>Máximo</u>
Sb	n.d.	0.066
As	n.d.	0.363
Mn	n.d.	0.342
S	33.969	36.109
In	n.d.	0.076
Ge	n.d.	0.034
Sn	n.d.	0.240
Fe	27.578	31.882
Bi	n.d.	0.072
Se	n.d.	0.039
Ag	n.d.	0.104
Cu	25.080	37.271
Ni	n.d.	0.047
Pb	n.d.	0.135
Co	0.014	0.085
Zn	n.d.	0.132
Cd	n.d.	0.037
Au	n.d.	0.614

Os valores máximos analisados de 0.363 wt% e 0.342 wt% para o As e o Mn são valores pontuais e resultam de análises próximas ao contacto com a arsenopirite na amostra MV 09-08 e de grãos inseridos nos nódulos de matéria orgânica e Mn existentes na amostra MVC 37 (ver figuras 8.9, 8.10, 8.11 e 8.12).

Os valores máximos de Sn, Pb, Zn e Ag que se observam nas calcopirites analisadas são valores pontuais, atingindo valores de 0.240 wt%, 0.135 wt%, 0.132 wt% e 0.104 wt% respectivamente. Estes valores podem ser resultado dos elementos se encontrarem inseridos na matriz da calcopirite.

O Au apresenta valores erráticos mas consistentes ao longo das calcopirites analisadas e representativas de todo o perfil do enriquecimento supergénico (como se pode observar na tabela 2 do Anexo VII) atingindo o valor máximo de 0.614 wt%.

8.1.3 Bornite

As bornites analisadas (Anexo VII) apresentam variações composicionais relativamente à sua fórmula química ideal, pois resulta da decomposição de calcopirite e de fases de Cu-S. A bornite - Cu_5FeS_4 – analisada apresenta a seguinte composição $\text{Cu}_{(4.220-5.428)}\text{Fe}_{(0.662-1.433)}\text{S}_{(3.860-4.333)}$. Após a análise dos resultados analíticos é possível verificar a existência de elementos traço com conteúdos em wt% acima da décima parte, como o Sn, Bi, Pb, Zn e Au.

Tabela 8.4 - Amplitude de variação de valores em wt% das distribuições de concentração de Bornite

Total de análises		
N = 20		
	<u>Mínimo</u>	<u>Máximo</u>
Sb	n.d.	0.060
As	n.d.	n.d.
Mn	n.d.	0.033
S	24.162	28.294
In	n.d.	0.047
Ge	n.d.	0.080
Sn	n.d.	0.190
Fe	7.138	16.301
Bi	n.d.	3.284
Se	n.d.	0.073
Ag	n.d.	0.065
Cu	54.615	67.508
Ni	n.d.	0.035
Pb	n.d.	0.188
Co	n.d.	0.045
Zn	n.d.	0.170
Cd	n.d.	0.082
Au	n.d.	0.499

O Bi destaca-se claramente na bornite com vários valores acima da décima percentual e apresentando um valor máximo de 3.284 wt%. Estes valores são esporádicos e refletem a influência de outras fases minerais próximas durante a incidência do feixe da microsonda, sendo neste caso minerais de Bi.

Os valores máximos de 0.190 wt% para o Sn, 0.188 wt% para o Pb e 0.170 wt% para o Zn são esporádicos ao longo das análises e sem influência pelas fases minerais próximas, carecendo, por isso, de qualquer significado.

O Au apresenta um valor máximo de 0.499 wt% e, tal como já foi observado noutras fases minerais, as análises apresentam uma distribuição errática mas consistente ao longo das amostras analisadas.

8.1.4 Fases de Cu-S

As análises das fases de Cu-S (Anexo VII) foram realizadas em amostras das zonas eluvial (MVC 38-1 e 2) e de enriquecimento supergénico (Oxidado: MDT 13 e MVC 37; Redutor: MDT 34 e MV 09-03). Os contextos texturais onde se inserem estes sulfuretos são vários:

- Formando halos de alteração ao longo do bordo ou de fracturas existentes em fases minerais pré-existentes como a calcopirite [MVC 38-1 e2, MVC 37, MDT 34 e MV 09-03 (ver Fig. 7.5 B, G e H)];
- Desenvolvendo texturas anelares nos óxidos e hidróxidos de Fe [MVC 38-1 e 2 (ver Fig. 7.5 D, E e F)];
- Associados a óxidos de cobre (como a cuprite ou óxido de Cu
- ¹) formando massas minerais ou sob a forma de inclusões (MDT 13).

Tabela 8.5 - Amplitude de variação de valores em wt% das distribuições de concentração das fases de Cu-S

Total de análises		
N = 91		
	<u>Mínimo</u>	<u>Máximo</u>
Sb	n.d.	0.083
As	n.d.	0.997
Mn	n.d.	0.218
S	19.039	33.547
In	n.d.	0.081
Ge	n.d.	0.069
Sn	n.d.	0.147
Fe	n.d.	3.204
Bi	n.d.	0.172
Se	n.d.	0.103
Ag	n.d.	0.613
Cu	63.846	80.207
Ni	n.d.	0.557
Pb	n.d.	0.130
Co	n.d.	0.045
Zn	n.d.	0.198
Cd	n.d.	0.054
Au	n.d.	0.600

As várias fases do Cu-S dividem-se pelo sistema composto pelos minerais: Calcocite (Cu_2S), *Djurleite* ($\text{Cu}_{31}\text{S}_{16}$), Digenite (Cu_9S_5), Anilite (Cu_7S_5) e Covelite (CuS). As várias fases minerais apresentam variações de cor na microscopia óptica [vão desde do branco azulado (calcocite) a um azul forte (covelite)] que resultam da variação da quantidade de Cu em wt% que cada uma das fases contém. A fase mineral predominante nas várias análises realizadas é a calcocite seguida pela digenite. As fases menos predominantes nas análises são a anilite,

¹ Ficha de DRX: 01-080-1916

covelite e a *djurleite*. As flutuações que se observam nestas fases mineralógicas são resultado da decomposição de outras fases minerais.

Tabela 8.6 - Amplitude de variação de valores em wt% das distribuições de concentração de Calcocite

Total de análises		
N = 41		
	<u>Mínimo</u>	<u>Máximo</u>
Sb	n.d.	0.083
As	n.d.	0.997
Mn	n.d.	0.159
S	19.039	21.566
In	n.d.	0.078
Ge	n.d.	0.069
Sn	n.d.	0.147
Fe	n.d.	3.204
Bi	n.d.	0.098
Se	n.d.	0.056
Ag	n.d.	0.269
Cu	76.180	80.207
Ni	n.d.	0.557
Pb	n.d.	0.110
Co	n.d.	0.036
Zn	n.d.	0.198
Cd	n.d.	0.044
Au	n.d.	0.600

As calcocites analisadas apresentam variação na sua fórmula química, $Cu_{(1.900-1.994)}S_{(0.965-1.053)}$, próxima à da fórmula química ideal de Cu_2S .

Nas análises de calcocite (Anexo VII) é possível observar valores para alguns elementos que levam a considerá-los elementos traço, como por exemplo o As, Mn, Sn, Fe, Ag, Ni, Pb, Zn e Au. O As e o Ni apresentam valores significativos em análises de calcocite referentes à amostra MDT 34, atingindo valores máximos de 0.997 wt% e 0.557 wt%. Estes valores foram obtidos num halo de alteração em redor de pirite com gersdorffite associada.

O Fe apresenta valores traço elevados, com valor máximo 3.204 wt%. Esses valores são resultado da influência de fases minerais adjacentes ou próximas ao local onde foi efetuada a análise, como a calcopirite ou hidróxidos e óxidos de Fe (fases minerais com Fe na sua composição). Estes valores também podem ser produto da decomposição incompleta da calcopirite para esta fase mineral.

Os valores de Ag acima da décima percentual são esporádicos e encontram-se restritos à amostra MVC 38-1, apresentando como valor máximo 0.269 wt%. Nas restantes amostras analisadas os valores encontram-se abaixo da décima percentual sendo o valor mais elevado de 0.080 wt%.

O Mn, Sn, Pb, e Zn apresentam valores máximos de 0.159 wt%, 0.147 wt%, 0.110 wt% e 0.198 wt% respectivamente. Estes valores são esporádicos ao longo das análises da calcocite.

Ao longo das análises da calcocite o Au apresenta valores traço interessantes atingindo o valor máximo de 0.600 wt%. Mas embora sejam valores consistentes ao longo das análises

realizadas, apresenta uma variabilidade errática, variando entre o valor máximo e abaixo do nível de detecção (n.d.).

Tabela 8.7 - Amplitude de variação de valores em wt% das distribuições de concentração de Digenite

Total de análises		
N = 24		
	<u>Mínimo</u>	<u>Máximo</u>
Sb	n.d.	0.068
As	n.d.	0.015
Mn	n.d.	0.040
S	21.388	22.562
In	n.d.	0.080
Ge	n.d.	0.007
Sn	n.d.	0.108
Fe	n.d.	1.360
Bi	n.d.	0.172
Se	n.d.	0.045
Ag	n.d.	0.084
Cu	76.455	78.687
Ni	n.d.	0.052
Pb	n.d.	0.130
Co	n.d.	0.045
Zn	n.d.	0.127
Cd	n.d.	0.034
Au	n.d.	0.584

A digenite (Anexo VII) apresenta uma distribuição atômica de $\text{Cu}_{(8.765-8.990)}\text{S}_{(4.891-5.158)}$, um pouco divergente da fórmula química ideal de Cu_9S_5 . Essa flutuação resulta da presença de outros elementos na composição, os elementos traço como o Sn, Fe, Bi, Pb, Zn e Au.

Os valores de Fe atingem um valor máximo de 1.360 wt%, apresentando apenas alguns valores esporádicos abaixo da décima percentual. Estes valores de Fe resultam da influência das fases minerais adjacentes (calcopirite ou hidróxidos e óxidos de Fe) aquando da aquisição das análises. Para o caso do valor de Bi, que atinge um máximo de 0.172 wt%, resulta da influência das fases de Bi-Cu-S que se encontram próximas do local das análises.

Os valores máximos de 0.108 wt% para o Sn, 0.130 wt% para o Pb e 0.127 wt% para o Zn são valores esporádicos ao longo das análises realizadas nas diversas amostras.

O Au apresenta como valor máximo analisado 0.584 wt%. Os valores que o Au apresenta, como já foi referido nas fases minerais anteriores, são valores erráticos pois variam entre a não detecção pelo equipamento e o valor máximo.

Tabela 8.8 - Amplitude de variação de valores em wt% das distribuições de concentração de Anilite

Total de análises		
N = 5		
	<u>Mínimo</u>	<u>Máximo</u>
Sb	n.d.	0.027
As	n.d.	n.d.
Mn	n.d.	0.218
S	22.341	23.256
In	n.d.	0.051
Ge	n.d.	0.015
Sn	n.d.	0.011
Fe	n.d.	0.927
Bi	n.d.	0.012
Se	n.d.	0.103
Ag	n.d.	0.015
Cu	75.983	77.607
Ni	n.d.	0.027
Pb	n.d.	0.017
Co	n.d.	0.023
Zn	0.007	0.171
Cd	n.d.	0.054
Au	n.d.	0.199

A composição química das anilites (Anexo VII) analisadas é de $\text{Cu}_{(6.808-6.967)}\text{S}_{(3.993-4.132)}$, encontrando-se ligeiramente divergente da fórmula química ideal de Cu_7S_4 . Embora o número de análises seja baixo (apenas 5 análises das realizadas nas fases de Cu-S foi identificada a anilite) é possível observar nos resultados obtidos a existência de Mn, Fe, Se, Zn e Au como elementos traço.

Os valores de Fe e Mn, com valores máximos de 0.927 wt% e 0.218 wt%, resultam da influência de análises próximas a calcopirite (caso para os valores de Fe) e dos nódulos de Mn que ocorrem na amostra MVC 37 (para os valores de Mn).

O Se e o Zn apresentam valores máximos de 0.103 wt% e 0.171 wt%, respectivamente, sendo valores esporádicos.

O Au apresenta um valor máximo de 0.199 wt%, sendo apenas um valor esporádico nas análises realizadas e encontra-se abaixo dos valores que se observam nas outras fases de Cu-S.

Tabela 8.9 - Amplitude de variação de valores em wt% das distribuições de concentração de Covelite

Total de análises		
N = 5		
	<u>Mínimo</u>	<u>Máximo</u>
Sb	n.d.	0.056
As	n.d.	n.d.
Mn	n.d.	0.025
S	32.715	33.547
In	n.d.	0.030
Ge	n.d.	0.013
Sn	n.d.	0.042
Fe	0.578	0.979
Bi	n.d.	n.d.
Se	n.d.	0.014
Ag	0.014	0.613
Cu	63.846	66.868
Ni	n.d.	n.d.
Pb	n.d.	0.112
Co	n.d.	0.015
Zn	n.d.	0.066
Cd	n.d.	0.034
Au	0.047	0.513

A composição química das covelites analisadas (Anexo VII) encontra-se próxima da fórmula química ideal de CuS, apresentando uma composição de $Cu_{(0.969-1.009)}S_{(0.979-1.009)}$. Foi possível identificar como elementos traço o Fe, Ag, Pb e Au embora o número de análises seja baixo (apenas foram identificadas 5 análises como covelite e na amostra MVC 38-1).

O Fe apresenta como valor máximo 0.979 wt% e resulta da influência das fases minerais adjacentes, sendo neste caso hidróxidos e óxidos de Fe, durante a aquisição de dados.

Tal como as outras fases analisadas que correspondem à amostra MVC 38-1, os valores de Ag da covelite são constantes, acima da décima percentual, atingindo um valor máximo de 0.613 wt%.

O valor máximo de Pb de 0.112 wt% é um valor esporádico nas análises realizadas correspondentes à covelite.

Observa-se que os valores de Au são constantes ao longo das análises realizadas, apresentando um valor máximo de 0.513 wt%, que comparadas com as restantes análises das outras fases de Cu-S são valores normais encontrando-se enquadrados com o que se tem observado até agora (valores erráticos mas constantes).

Tabela 8.10 - Análise de Djurleite

Sb	0.028
As	n.d.
Mn	n.d.
S	20.715
In	n.d.
Ge	n.d.
Sn	n.d.
Fe	0.846
Bi	n.d.
Se	0.039
Ag	0.119
Cu	78.317
Ni	n.d.
Pb	0.029
Co	0.005
Zn	0.070
Cd	n.d.
Au	n.d.

A *djurleite* foi identificada apenas em uma análise das várias realizadas em fases de Cu-S (Anexo VII) e encontra-se na amostra MVC 38-1 (Tabela 8.10). A sua composição $Cu_{30.539}S_{16.008}$ desvia-se ligeiramente daquela que seria a sua composição ideal teórica $Cu_{31}S_{16}$. O valor máximo de 0.846 wt% para o Fe resulta da influência de fases minerais adjacentes à área analisada (presença de óxidos e hidróxidos de Fe). A Ag apresenta um valor máximo de 0.119 wt%, sendo um valor contante para a amostra MVC 38-1, como se tem vindo a observar nas restantes fases de Cu-S.

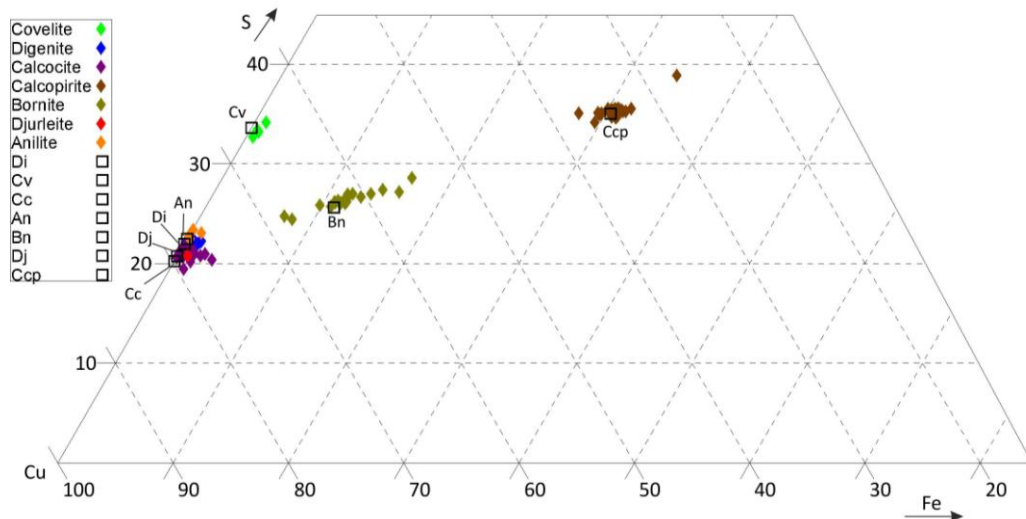


Fig. 8.2 - Variação dos conteúdos em Cu, Fe e S (em %) das fases de Cu(-Fe)-S observadas. Os quadrados brancos correspondem às composições teóricas ideais de digenite (Di), covelite (Cv), calcocite (Cc), anilite (An), bornite (Bn), *djurleite* (Dj) e calcopirite (Ccp).

8.1.5 Fases de Cu-Bi-S

As fases minerais analisadas (Anexo VII) apresentam uma variação nos seus conteúdos, em termos de valores máximos e mínimos, de Bi (35.928-66.187 wt%), Cu (13.121-41.636 wt%) e S (17.776-20.997 wt%), o que significa que estamos perante mais do que uma fase mineralógica. As análises foram realizadas na amostra MV 09-03 (zona de enriquecimento supergénico de ambiente redutor) e normalmente estas fases minerais encontram-se sob a forma de um halo em redor da *bismuthinite* e associadas à calcopirite, fases de Cu-S e bornite.

Tabela 8.11 - Amplitude de variação de valores em wt% das distribuições de concentração de Fases de Cu-Bi-S

Total de análises		
N = 98		
	<u>Mínimo</u>	<u>Máximo</u>
Sb	n.d.	0.748
As	n.d.	n.d.
Mn	n.d.	0.252
S	17.776	20.997
In	n.d.	0.085
Ge	n.d.	0.054
Sn	n.d.	0.077
Fe	n.d.	3.284
Bi	35.928	66.187
Se	n.d.	0.567
Ag	n.d.	0.100
Cu	13.121	41.636
Ni	n.d.	0.179
Pb	n.d.	0.117
Co	n.d.	0.038
Zn	n.d.	0.215
Cd	n.d.	n.d.
Au	n.d.	0.856

O sistema Bi-Cu-S divide-se por várias fases mineralógicas como a *wittichenite* (Cu_3BiS_3), cuprobismutite ($\text{Cu}_{10}\text{Bi}_{12}\text{S}_{23}$), emplectite (CuBiS_2) e *hodrušite* ($\text{Cu}_8\text{Bi}_{12}\text{S}_{12}$). Apenas foram identificadas nas análises fases minerais de *wittichenite* (predominante), cuprobismutite e emplectite.

Tabela 8.12 - Amplitude de variação de valores em wt% das distribuições de concentração de *Wittichenite*

Total de análises		
N = 93		
	<u>Mínimo</u>	<u>Máximo</u>
Sb	n.d.	0.748
As	n.d.	n.d.
Mn	n.d.	0.252
S	18.846	20.997
In	n.d.	0.085
Ge	n.d.	0.031
Sn	n.d.	0.077
Fe	n.d.	3.284
Bi	35.928	45.886
Se	n.d.	0.567
Ag	n.d.	0.100
Cu	35.124	41.636
Ni	n.d.	0.179
Pb	n.d.	n.d.
Co	n.d.	0.038
Zn	n.d.	0.215
Cd	n.d.	n.d.
Au	n.d.	0.856

As análises de *wittichenite* apresentam uma variação na sua fórmula química comparativamente à ideal – $\text{Bi}_{(0.794-1.112)}\text{Cu}_{(2.799-3.101)}\text{S}_{(2.912-3.086)}$. Após a observação dos resultados das análises é possível estabelecer a existência de elementos traço como o Sb, Mn, Fe, Se, Ag, Ni, Zn e Au com conteúdos em wt% acima do valor decimal.

O Sb apresenta um valor máximo de 0.748 wt%. A presença deste elemento na *wittichenite* resulta da substituição parcial deste com o Bi.

O valor máximo de 3.284 wt% de Fe é consequência da influência exercida de fases cupríferas próximas ao local onde foram realizadas as análises, aquando da incidência do feixe de electrões, seja calcopirite, fases de Cu-S ou bornite.

Os valores máximos de 0.252 wt% de Mn, 0.100 wt% de Ag, 0.179 wt% de Ni e 0.215 wt% de Zn resultam de análises esporádicas e que carecem de qualquer significado.

O Se, com valor máximo de 0.567 wt% e constantes ao longo das análises, pode ser resultado da decomposição da *Bismuthinite*.

O Au apresenta valor máximo de 0.856 wt%. Embora os valores sejam erráticos estes são constantes ao longo das análises da *wittichenite*.

Tabela 8.13 - Amplitude de variação de valores em wt% das distribuições de concentração de Emplectite

Total de análises		
N = 3		
	<u>Mínimo</u>	<u>Máximo</u>
Sb	0.031	0.436
As	n.d.	n.d.
Mn	n.d.	0.053
S	17.991	19.413
In	n.d.	n.d.
Ge	n.d.	0.007
Sn	n.d.	0.064
Fe	0.061	0.891
Bi	59.425	66.347
Se	0.008	0.089
Ag	n.d.	0.022
Cu	13.153	19.036
Ni	n.d.	0.037
Pb	n.d.	0.094
Co	n.d.	n.d.
Zn	0.047	0.115
Cd	n.d.	n.d.
Au	0.483	0.556

As análises onde foram identificadas as fases minerais de emplectite (Anexo VII) apresentam uma variação da sua fórmula química relativamente à fórmula química ideal, sendo as variações $\text{Bi}_{(0.938-1.115)}\text{Cu}_{(0.727-0.988)}\text{S}_{(1.968-2.127)}$. Embora o número de análises seja reduzido (3) podem ser identificados vários elementos traço, como o Sb, Fe, Zn e o Au.

O Sb apresenta valores máximos de 0.436 wt%. Esses valores resultam da substituição parcial do elemento com o Bi.

Como se pode observar na tabela 8.13 o Fe apresenta um valor máximo de 0.891 wt%. Este valor reflecte a influência de outras fases minerais próximas ao mineral aquando da incidência do feixe da microsonda.

O valor de Zn é um valor esporádico e sem qualquer significado, embora atinja o valor máximo de 0.115 wt%.

É possível observar conteúdos interessantes de Au, que variam entre 0.483 wt% e 0.556 wt%. Mas devido ao número de análises reduzido, carecem de qualquer significado.

Tabela 8.14 - Amplitude de variação de valores em wt% das distribuições de concentração de Cuprobismutite

Total de análises		
N = 2		
	<u>Mínimo</u>	<u>Máximo</u>
Sb	0.367	0.462
As	n.d.	n.d.
Mn	n.d.	n.d.
S	19.051	19.570
In	n.d.	0.002
Ge	n.d.	0.054
Sn	n.d.	n.d.
Fe	0.088	0.292
Bi	62.223	62.570
Se	0.225	0.243
Ag	n.d.	0.037
Cu	16.433	16.655
Ni	0.011	0.023
Pb	n.d.	0.117
Co	n.d.	n.d.
Zn	n.d.	n.d.
Cd	n.d.	n.d.
Au	n.d.	0.420

O número de análises onde foi identificada a fase mineral cuprobismutite (Anexo VII) é muito reduzida (apenas foi identificada cuprobismutite em duas análises de um total de noventa e oito), mas é possível verificar que a sua composição química, $\text{Bi}_{(11.407-11.500)}\text{Cu}_{(9.852-10.123)}\text{S}_{(22.948-23.252)}$, difere da composição química ideal. É possível observar que certos elementos apresentam valores máximos acima da décima parte, como o Sb, o Fe, o Se, o Pb e o Au.

O Sb e o Se apresentam valores mínimos e máximos acima da décima parte, atingindo valores máximos de 0.462 wt% e de 0.243 wt%, respectivamente. A presença do Sb pode ser resultado da substituição parcial do Bi e a do Se por influência de outras fases minerais próximas aos locais de análise, como a *bismuthinite*.

Os valores máximos de Fe, Pb e Au também se encontram acima da décima parte. O Fe apresenta um valor máximo de 0.292 wt% e pode ser resultado da influência de outras fases minerais adjacentes aos locais de análise, como a calcopirite ou a bornite. O Pb, com valor máximo de 0.117 wt%, e associado aos outros valores de fases de Bi-Cu-S é simplesmente um valor esporádico, carecendo de significado. O valor máximo de 0.420 wt% para o Au enquadra-se no que se tem observado ao longo das várias fases minerais já estudadas, valores erráticos mas constantes.

8.1.6 *Bismuthinite*

As análises de *bismuthinite* (Anexo VII) permitem-nos verificar que existe uma variação nos conteúdos de Bi (72.973-78.619 wt%) e S (17.929-19.333 wt%), o que se reflecte na sua composição química – $\text{Bi}_{(1.694-1.918)}\text{S}_{(2.844-3.065)}$ – em comparação com a fórmula química ideal Bi_2S_3 . Também é possível observar a existência de alguns elementos traço nesta fase mineral, como o Sb, Fe, Se, Cu, Pb, Zn e Au (tabela 8.15).

Tabela 8.15 - Amplitude de variação de valores em wt% das distribuições de concentração de *Bismuthinite*

Total de análises		
N = 73		
	Mínimo	Máximo
Sb	n.d.	0.967
As	n.d.	n.d.
Mn	n.d.	0.068
S	17.929	19.333
In	n.d.	0.021
Ge	n.d.	0.026
Sn	n.d.	0.063
Fe	n.d.	0.630
Bi	72.973	78.619
Se	n.d.	0.553
Ag	n.d.	0.093
Cu	0.315	5.309
Ni	n.d.	0.092
Pb	n.d.	1.233
Co	n.d.	0.050
Zn	n.d.	0.121
Cd	n.d.	n.d.
Au	n.d.	0.674

O Sb apresenta um valor máximo de 0.967 wt%. São constantes os valores acima da décima percentual e podem ser resultado da substituição parcial do elemento Bi no mineral.

O valor máximo de 0.630 wt% para o Fe resulta de influências de fases minerais próximas ao local onde foi incidido o feixe da microsonda aquando da análise, fases de Bi-Cu-S (mencionadas anteriormente).

É possível observar conteúdos interessantes de Se nas análises realizadas à *bismuthinite* atingindo um valor máximo de 0.553 wt%. De acordo com Ramhdor (1980) o Se pode (raramente) substituir o S na *bismuthinite*, observando-se portanto os valores máximos existentes na tabela 8.15.

O Cu e o Pb apresentam valores máximos de 5.309 wt% e 1.233 wt%, respectivamente. Estes valores elevados podem ser resultado da formação de uma solução sólida com *aikinite*, cuja fórmula química é CuPbBiS_3 (Ramhdor, 1980).

Os valores de Zn (valor máximo de 0.121 wt%) ao longo das análises realizadas são valores esporádicos e que carecem de qualquer significado.

O Au apresenta quantidades traço significativas e embora sejam valores erráticos (pois variam entre não serem detectados pelo equipamento e o valor máximo de 0.674 wt%) apresentam valores constantes ao longo das análises.

8.1.7 Bismuto nativo

Tabela 8.18 - Amplitude de variação de valores em wt% das distribuições de concentração de Bi Nativo

Total de análises		
N = 9		
	Mínimo	Máximo
Sb	n.d.	0.273
As	n.d.	n.d.
Mn	n.d.	0.041
S	n.d.	6.819
In	n.d.	n.d.
Ge	n.d.	0.003
Sn	n.d.	n.d.
Fe	n.d.	0.170
Bi	87.652	99.373
Se	n.d.	0.176
Ag	n.d.	0.041
Cu	0.407	5.278
Ni	n.d.	0.033
Pb	n.d.	n.d.
Co	n.d.	0.052
Zn	n.d.	0.099
Cd	n.d.	n.d.
Au	n.d.	0.608

As análises em bismuto nativo foram realizadas na amostra MV 09-03. O Bi nativo encontra-se associado à *bismuthinite* (no interior desta fase mineral) e as análises realizadas revelam que encontramos perante uma liga metálica quase pura, com valores significativos de Sb, S, Fe, Se, Cu e Au. Os valores mais baixos do elemento Bi que se podem observar nas análises realizadas resultam da influência de fases minerais adjacentes aquando da aquisição das análises durante a incidência do feixe da microsonda (5 µm). Os valores máximos de 0.273 wt% para o Sb, 0.170 wt% para o Fe e 0.176 wt% para o Se são valores esporádicos e carecem de qualquer significado. O S e o Cu apresentam valores máximos significativos, 6.189 wt% e 5.278 wt% (respectivamente), que resultam da influência das fases adjacentes durante a incidência do feixe – fases de Bi-Cu-S. O Au apresenta um valor máximo de 0.608 wt% e tem um comportamento idêntico ao que se tem vindo a observar nas restantes fases minerais descritas até ao momento (valores erráticos mas constantes).

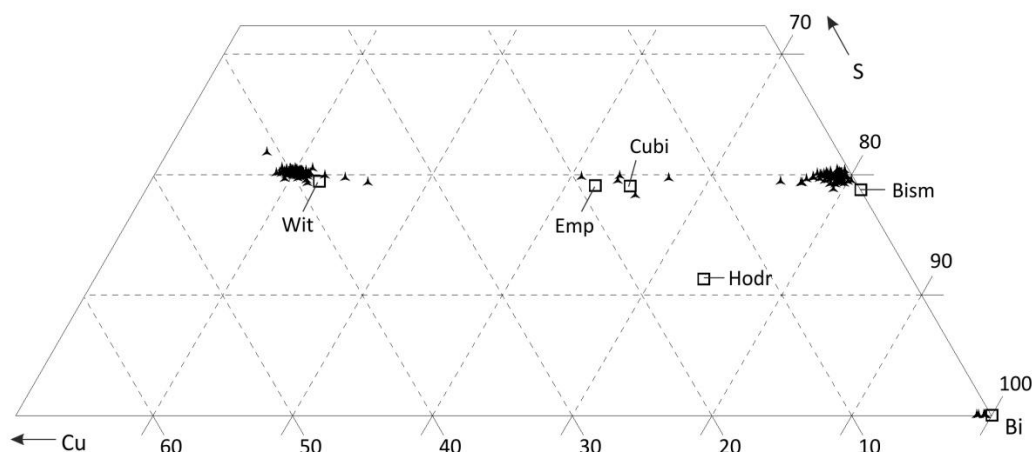


Fig. 8.3 - Variação dos conteúdos em Bi, Cu e S (em %) das fases de Cu-Bi-S, *bismuthinite* e de bismuto nativo observadas. Os quadrados brancos correspondem às composições teóricas ideais de *wittichenite* (Wit), *emplectite* (Emp), *cuprobismutite* (Cubi), *hodrušite* (Hodr), *bismuthinite* (Bism) e bismuto nativo (Bi).

8.1.8 Arsenopirite

Analisando os resultados das análises realizadas na arsenopirite é possível inferir uma variação na sua composição química relativamente à ideal. A composição química ideal é FeAsS e a fórmula química obtida pelas análises, usando valores mínimos e máximos, é $\text{Fe}_{(0.980-1.036)}\text{As}_{(0.802-0.961)}\text{S}_{(1.010-1.165)}$. Ao observar a tabela 8.16 é possível determinar alguns elementos como traço, tais como o Sb, Sn, Bi, Cu, Ni, Pb, Co e Au.

Tabela 8.16 - Amplitude de variação de valores em wt% das distribuições de concentração de Arsenopirite

Total de análises

N = 29

	Mínimo	Máximo
Sb	n.d.	0.657
As	39.109	44.980
Mn	n.d.	0.074
S	20.103	24.313
In	n.d.	0.085
Ge	n.d.	n.d.
Sn	n.d.	0.109
Fe	34.140	37.142
Bi	n.d.	0.296
Se	n.d.	n.d.
Ag	n.d.	0.056
Cu	n.d.	0.371
Ni	n.d.	0.947
Pb	n.d.	0.194
Co	0.028	1.307
Zn	n.d.	0.122
Cd	n.d.	0.068
Au	n.d.	0.565

O Sb atinge o valor máximo de 0.657 wt% e resulta da substituição parcial do As no mineral.

Os valores máximos 0.109 wt%, 0.296 wt%, 0.194 wt% e 0.122 wt% para os elementos Sn, Bi, Pb e Zn (respectivamente), são valores esporádicos ao longo das análises e que carecem de qualquer significado.

As análises de Ni, com valor máximo de 0.947 wt%, e o Co, que atinge um valor máximo de 1.307 wt%, resultam de concentrações destes elementos em certas áreas na arsenopirite. Como se pode observar nas figuras 8.1 e 8.2 a distribuição destes elementos na arsenopirite não é uniforme, observando-se concentrações destes elementos que, aparentemente, se encontram interligadas.

Os valores de Au das análises realizadas nesta fase mineral apresentam valores erráticos, variando desde de não ser detectado (n.d.) pelo equipamento a um valor máximo de 0.565 wt%, mas, comparativamente às outras fases minerais, são valores constantes.

8.1.9 *Gersdorffite*

É possível observar na tabela 8.17 uma variação acentuada nos valores mínimos e máximos de concentração dos elementos (é possível observar uma variação até 9%, aproximadamente) que reflecte na fórmula química obtida por parte das análises, divergindo da fórmula ideal $NiAsS - Ni_{(0.681-0.959)}As_{(0.878-1.024)}S_{(0.948-1.152)}$. É também possível identificar vários elementos traço a partir das análises realizadas como o Sb, Fe, Bi, Cu, Co e Au.

Tabela 8.17- Amplitude de variação de valores em wt% das distribuições de concentração de *Gersdorffite*

Total de análises		
N = 10		
	<u>Mínimo</u>	<u>Máximo</u>
Sb	0.131	0.513
As	40.691	46.079
Mn	n.d.	0.049
S	18.332	22.684
In	n.d.	0.038
Ge	n.d.	n.d.
Sn	n.d.	0.086
Fe	0.431	9.606
Bi	n.d.	0.393
Se	n.d.	n.d.
Ag	n.d.	0.052
Cu	0.207	2.089
Ni	25.029	33.133
Pb	n.d.	0.091
Co	0.080	2.283
Zn	n.d.	n.d.
Cd	n.d.	0.031
Au	n.d.	0.644

O valor máximo de 0.513 wt% para o Sb resulta da substituição parcial do As por este elemento na estrutura química deste mineral.

O Fe e o Cu apresentam 9.606 wt% e 2.089 wt% como valores máximos nas suas análises, respectivamente. Estes valores elevados de Fe e Cu reflectem a influência realizada por fases minerais, ora ferríferas ora cupríferas, próximas ao mineral durante a incidência do feixe da microsonda, podendo ser: 1- pirites com *gersdorffite* associada; 2- halos de fases de Cu-S em redor das pirites com *gersdorffite* associada.

Os valores de Bi que se observam nas análises realizadas (atingindo o valor máximo de 0.393 wt%), são valores esporádicos e que carecem de qualquer significado.

A fase mineral *gersdorffite* apresenta um valor máximo de Co de 2.283 wt%. Este valor elevado resulta da associação do Co ao Ni típica da fase mineralógica (Fe,Co,Ni)AsS.

O Au apresenta valores erráticos mas constantes ao longo das análises realizadas a esta fase mineral, variando entre não ser detectado pelo equipamento até ao valor máximo de 0.644 wt%. Este comportamento do Au tem sido constante por várias fases minerais.

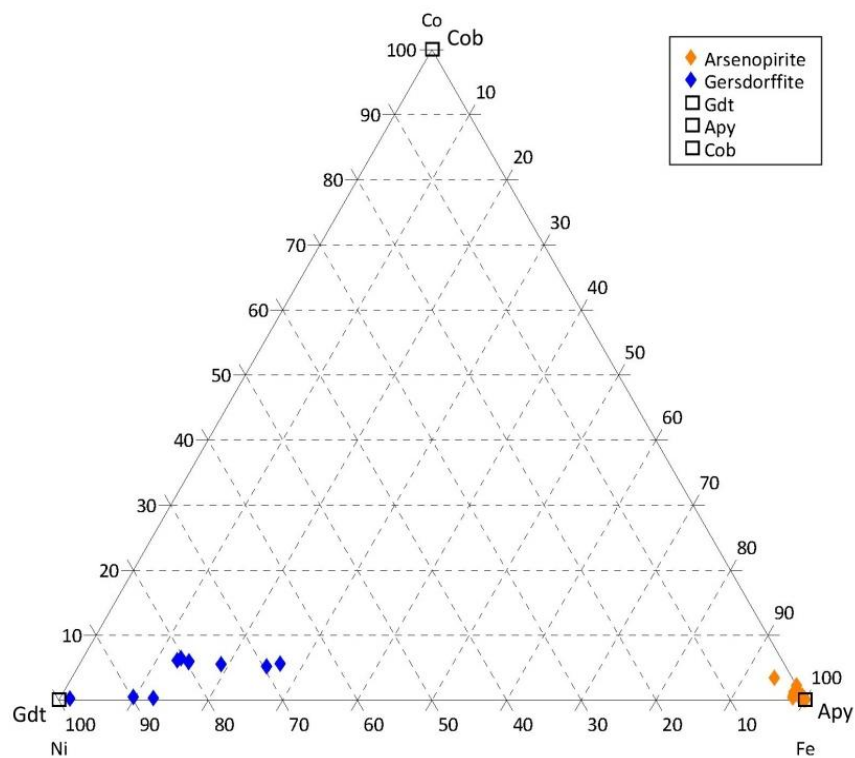


Fig. 8.3 - Variação dos conteúdos em Ni, Co e Fe (em %) dos sulfossais observados (arsenopirite e *gersdorffite*). Os pólos correspondem às composições teóricas ideais de *gersdorffite* (Gdt), arsenopirite (Apy) e cobaltite (Cob).

8.2 Óxidos

8.2.1 Hidróxidos e Óxidos de Fe

Os óxidos e hidróxidos de Fe encontram-se principalmente em amostras dos domínios mineralizados oxidados - zona eluvial (exemplo: amostra MVC 38-1) ou de enriquecimento supergénico oxidado – e por vezes em amostras de ambiente redutor – zonas de enriquecimento supergénico redutor (a fronteira entre o ambiente oxidado e o redutor é realizada pelo nível freático mencionado no capítulo da petrografia). A formação destas fases minerais resulta da oxidação e decomposição às quais as fases sulfuretadas foram sujeitas, representando o termo extremo desses mesmos processos. Esses processos dão origem a:

- Agregados maciços com texturas colomórficas (Fig. 7.5 – A) ou texturas anelares compostas por fases de Cu-S (Fig. 7.5 – D);
- Pseudomorfoses com substituição parcial ou completa, resultado da decomposição de grãos de pirite euédricos (Fig. 7.5 – B).

Tabela 8.19 – Amplitude de variação de valores em wt% das distribuições de concentração de Hidróxidos e Óxidos de Fe

Total de análises		
N = 22		
	Mínimo	Máximo
MnO	n.d.	0.094
Na₂O	n.d.	0.074
Cr₂O₃	0.050	0.128
BaO	n.d.	0.102
TiO₂	n.d.	0.013
MgO	n.d.	0.288
CaO	n.d.	0.154
V₂O₃	n.d.	0.034
Ag₂O	n.d.	0.025
As₂O₅	0.002	0.519
K₂O	n.d.	0.023
Fe₂O₃	81.006	97.872
Bi₂O₃	n.d.	0.057
Al₂O₃	n.d.	0.199
PbO	n.d.	1.566
NiO	n.d.	0.605
ZnO	n.d.	1.838
ZrO₂	n.d.	0.045
SO₃	0.004	0.695
CuO	0.144	2.777
CoO	0.019	0.268
SiO₂	0.254	5.325
Au₂O	n.d.	0.350
H₂O	n.d.	11.061

8.2.2 Cuprite

As análises de cuprite foram obtidas na amostra MDT 13, encontrando-se associada à malaquite, calcocite e CuO^2 , sendo possível observar um grão de Cu nativo (Fig. 7.6 – C). A composição química das cuprites analisadas encontra-se muito próxima à ideal, apresentando apenas uma variação entre 99.282 wt% e 99.799 wt% de Cu_2O na sua distribuição. Observam-se também vários elementos com uma distribuição de concentração acima de 0.100 wt% (valores máximos) como Cr_2O_3 , BaO, Bi_2O_3 , ZnO e Au_2O (apresentando valores máximos de 0.196 wt%, 0.161 wt%, 0.100 wt%, 0.140 wt% e 0.341 wt%, respectivamente).

Tabela 8.20 - Amplitude de variação de valores em wt% das distribuições de concentração de Cuprite

Total de análises		
N = 3		
	Mínimo	Máximo
MnO	n.d.	0.029
Na₂O	n.d.	0.006
Cr₂O₃	0.155	0.196
BaO	0.098	0.161
TiO₂	n.d.	0.014
MgO	n.d.	0.001
CaO	n.d.	0.009
V₂O₃	n.d.	0.039
Ag₂O	n.d.	0.032
As₂O₅	n.d.	n.d.
K₂O	n.d.	0.009
Fe₂O₃	n.d.	0.023
Bi₂O₃	n.d.	0.100
Al₂O₃	n.d.	n.d.
PbO	n.d.	n.d.
NiO	n.d.	0.020
ZnO	0.062	0.140
ZrO₂	n.d.	0.046
SO₃	n.d.	0.033
Cu₂O	99.282	99.799
CoO	n.d.	0.030
SiO₂	n.d.	0.073
Au₂O	0.084	0.341

8.2.3 Óxido de Cu (CuO)³

Esta fase mineral encontra-se apenas na amostra MDT 13 e associada à cuprite, calcocite e malaquite. Apresenta uma textura fibrosa, pleocroísmo médio (varia entre o castanho claro e o castanho escuro) e uma anisotropia média (variando entre um cinzento

² Ficha de DRX: 01-080-1916

³ Ficha de DRX: 01-080-1916

azulado e um cinzento escuro acastanhado) (Fig. 7.6 – A e B). Os totais analíticos que se obtiveram para esta fase mineral encontram-se sistematicamente abaixo dos 100% (o valor total analítico mais baixo obtido é de 96.753 wt%) o que levanta a possibilidade de outros elementos se encontrarem presentes (ver tabela 8.21 do Anexo VII), tendo sido realizadas várias análises de EDS não sendo possível apurar qual o elemento em falta. Observando a distribuição de concentração para os elementos analisados, tabela 8.21, é possível determinar que esta fase mineral é composta principalmente por CuO (variando entre 95.338 wt% e 97.771 wt%), com alguns elementos traço como o Cr₂O₃ (0.181 wt%), BaO (0.170 wt%), ZnO (0.186 wt%), SO₃ (0.167 wt%), SiO₂ (0.670 wt%) e Au₂O (0.542 wt%).

Tabela 8.21 – Amplitude de variação de valores em wt% das distribuições de concentração de Óxido de Cobre⁴

Total de análises		
N = 9		
	Mínimo	Máximo
MnO	n.d.	0.059
Na₂O	n.d.	0.037
Cr₂O₃	0.088	0.181
BaO	0.006	0.170
TiO₂	n.d.	0.023
MgO	n.d.	0.022
CaO	n.d.	0.035
V₂O₃	n.d.	0.040
Ag₂O	n.d.	0.078
As₂O₅	n.d.	n.d.
K₂O	n.d.	0.012
Fe₂O₃	n.d.	0.069
Bi₂O₃	n.d.	0.080
Al₂O₃	n.d.	0.021
PbO	n.d.	0.061
NiO	n.d.	0.018
ZnO	0.005	0.186
ZrO₂	n.d.	0.045
SO₃	0.030	0.167
CuO	95.338	97.771
CoO	n.d.	0.061
SiO₂	0.010	0.670
Au₂O	n.d.	0.542

8.2.4 Rútilo

As análises de rútilo foram obtidas na amostra MV 09-08. Embora apenas se tenham obtido análises quantitativas neste exemplar, a fase mineral, que se encontra neste momento em estudo, foi observada (em microscopia óptica) disseminada noutras amostras do perfil de

⁴ Ficha de DRX: 01-080-1916

enriquecimento supergénico (e.g. MV 09-04, MV 13-08 e MV 16-07), mas devido ao seu pequeno tamanho não seria possível enquadrar o feixe de electrões da microsonda apenas nos grãos de rútilo. O rútilo encontra-se normalmente associado ao encaixante (xisto negro ou xisto cinzento).

Todas as análises químicas obtidas para esta fase mineral apresentam um ajuste estequiométrico aceitável do rútilo (TiO₂). Ao analisar a tabela 8.22 é possível determinar certos elementos como traço (apresentam valores acima de 0.100 wt%). Esses elementos são o Cr₂O₃, BaO, Al₂O₃, SiO₂ e Au₂O, que apresentam valores máximos de 0.292 wt%, 0.453 wt%, 0.190 wt%, 0.762wt% e 0.350 wt%, respectivamente.

Tabela 8.22 - Amplitude de variação de valores em wt% das distribuições de concentração de Rútilo

Total de análises		
N = 15		
	<u>Mínimo</u>	<u>Máximo</u>
MnO	n.d.	0.042
Na₂O	n.d.	0.042
Cr₂O₃	0.193	0.292
BaO	0.260	0.453
TiO₂	98.901	100.056
MgO	n.d.	0.012
CaO	n.d.	0.026
V₂O₃	n.d.	n.d.
Ag₂O	n.d.	0.064
As₂O₅	n.d.	0.057
K₂O	0.007	0.078
Fe₂O₃	n.d.	0.047
Bi₂O₃	n.d.	0.077
Al₂O₃	n.d.	0.190
PbO	n.d.	0.054
NiO	n.d.	0.039
ZnO	n.d.	0.068
ZrO₂	n.d.	0.049
SO₃	n.d.	0.039
Cu₂O	n.d.	0.057
CoO	n.d.	0.043
SiO₂	n.d.	0.762
Au₂O	n.d.	0.350

8.3 Carbonatos

8.3.1 Siderites e Ankerites

A tabela 8.23 representa as distribuições de concentração para as análises de carbonatos obtidas a partir da LDP MV 09-12, embora os carbonatos se encontrem ao longo de todo o perfil de enriquecimento supergênico, seja sob a forma de veios ou a preencher fracturas ou espaços abertos existentes. Como é possível observar na tabela 8.23, existe uma variação acentuada de valores para alguns dos elementos analisados, como o CaO, MgO, FeO e o MnO. Essa variação significa que estamos perante de fases minerais diferentes. Após um tratamento dos dados obtidos das análises de microsonda, foram identificadas duas fases minerais distintas: siderite (FeCO_3) e *ankerite* [$\text{Ca}(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg}, \text{Mn})(\text{CO}_3)_2$].

Tabela 8.23 - Amplitude de variação de valores em wt% das distribuições de concentração de Carbonatos

Total de análises

N = 29

	Mínimo	Máximo
CaO	0.182	30.359
MgO	2.175	15.584
FeO	8.889	54.466
MnO	0.640	3.480
TiO₂	n.d.	0.012
Na₂O	n.d.	0.034
La₂O₃	n.d.	0.093
Nd₂O₃	n.d.	0.090
BaO	n.d.	0.073
Ce₂O₃	n.d.	0.056
SrO	n.d.	0.007
CO₂	39.974	52.767

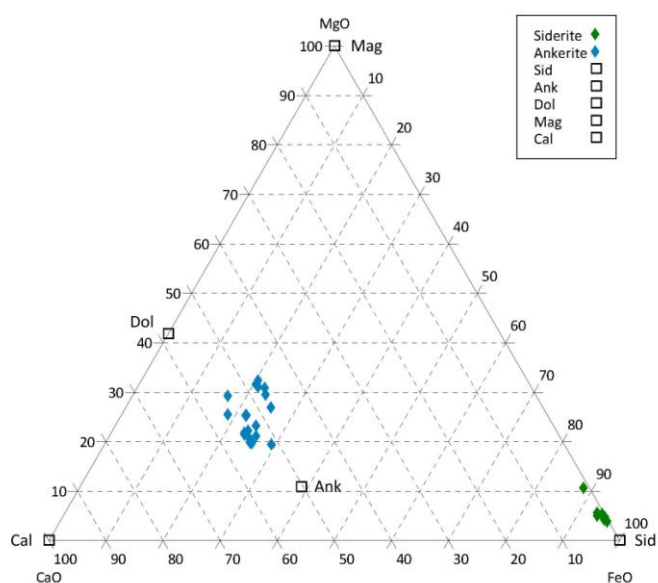


Fig. 8.5 -Variação dos conteúdos em FeO, CaO e MgO (em %) dos carbonatos observados (siderite e *ankerite*). Os quadrados brancos correspondem à composição química ideal teórica de calcite (Cal), siderite (Sid), magnesite (Mag), dolomite (Dol) e *ankerite* (Ank).

8.3.2 Malaquite

As malaquites foram analisadas em amostras a partir de LDP's (MVC 38-1; MVC 38-2 e MDT 13) e cristais em superfícies polidas (MVC 12; MVC 23 e MVC 32), resultando num total de 50 análises. A tabela 8.24 corresponde às distribuições de concentração. Todas as análises realizadas a esta fase mineral apresentam a estequiometria próxima à ideal $[\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2]$. Com observação nos valores de distribuição obtidos é possível estabelecer a existência de elementos traço como o BaO, MgO e ZnO entre outros. O FeO apresenta um valor máximo de 2.279 wt% nas análises realizadas e resulta da influência de fases minerais adjacentes durante a incidência do feixe da microsonda. Outros elementos traço que se observam são o F e o As_2O_5 , apresentando valores máximos 0.330 wt% e 0.654 wt%, sendo valores esporádicos e que carecem de qualquer significado.

Tabela 8.24 - Amplitude de variação de valores em wt% das distribuições de concentração de Malaquite

	Total de análises	
	N = 50	
	Mínimo	Máximo
CaO	0.000	0.050
F	0.000	0.330
Cl	0.000	0.029
FeO	0.000	2.279
TiO ₂	0.000	0.021
Na ₂ O	0.000	0.031
SO ₃	0.000	0.071
CuO	69.701	72.230
ZnO	0.000	0.321
MgO	0.000	0.513
BaO	0.176	0.375
PbO	0.000	0.052
As ₂ O ₅	0.000	0.654
MnO	0.000	0.099
SrO	0.000	0.061
La ₂ O ₃	0.000	0.068
Ce ₂ O ₃	0.000	0.082
CoO	0.000	0.071
NiO	0.000	0.046
CO ₂	20.000	20.000
H ₂ O	7.129	9.128

8.3.3 Azurite

A azurite foi analisada a partir de cristais da amostra MVC 28 e os resultados encontram-se na tabela 18 do Anexo VII. As estequiometrias das azurites analisadas não apresentam desajustes assinaláveis e encontram-se próxima à da fórmula química ideal $[\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2]$. Com base na observação dos valores de distribuição obtidos é possível estabelecer a existência de alguns elementos traço como o F, FeO, BaO e ZnO, apresentando valores máximos de 0.116 wt%, 0.528 wt%, 0.149 wt% e 0.356 wt%, respectivamente. Os valores de F, FeO e ZnO são esporádicos e carecem de qualquer significado. Os valores de BaO são constantes ao longo das análises sendo um elemento que comumente existe nos carbonatos.

Tabela 8.25 - Amplitude de variação de valores em wt% das distribuições de concentração de Azurite (Cristais)

Total de análises		
N = 25		
	<u>Mínimo</u>	<u>Máximo</u>
CaO	n.d.	0.038
F	n.d.	0.116
Cl	n.d.	0.012
FeO	n.d.	0.528
TiO₂	n.d.	0.020
Na₂O	n.d.	0.045
SO₃	n.d.	0.034
CuO	68.286	69.301
ZnO	n.d.	0.149
MgO	n.d.	0.025
BaO	0.143	0.356
PbO	n.d.	0.051
As₂O₅	n.d.	0.048
MnO	n.d.	0.057
SrO	n.d.	0.058
CO₂	25.500	25.500
H₂O	4.828	5.848

8.4 Fosfatos

8.4.1 Pseudomalaquite

As análises de pseudomalaquite dividem-se entre análises realizadas em LDP (MVC 37) e cristais em superfícies polidas (MVC 17, MVC 20, MVC 32, MVC 34, MVC 36, MVC 37 e MVC 40) e representam a zona de enriquecimento supergénico oxidado. A composição química das pseudomalaquites varia um pouco da ideal, apresentando uma variação estequiométrica nos conteúdos de Cu e P – $\text{Cu}_{(4.943-5.240)}(\text{PO}_4)_{(1.755-1.943)}(\text{OH})_{(3.157-6.679)}$ (cristais) e $\text{Cu}_{(5.113-5.374)}(\text{PO}_4)_{(1.837-1.943)}(\text{OH})_{(4.399-6.334)}$ (LDP). É possível observar nas análises realizadas vários elementos traço que podem ser responsáveis pela variação na estequiometria das pseudomalaquites analisadas.

Tabela 8.26 - Amplitude de variação de valores em wt% das distribuições de concentração de Pseudomalaquite

Total de análises		
N = 98		
	Mínimo	Máximo
MnO	0.000	0.068
Na₂O	0.000	0.083
Cl	0.000	0.027
K₂O	0.000	0.026
CaO	0.000	0.127
F	0.000	0.297
SO₃	0.000	0.137
SrO	0.000	0.055
La₂O₃	0.000	0.073
MgO	0.000	0.044
P₂O₅	21.137	23.800
SiO₂	0.000	0.193
ZnO	0.000	0.185
As₂O₅	0.232	3.753
PbO	0.000	0.089
FeO	0.000	0.049
Nd₂O₃	0.000	0.047
Al₂O₃	0.000	0.642
Ce₂O₃	0.000	0.293
CuO	66.840	70.661
H₂O	4.908	9.250

Os elementos traço identificados para esta fase mineral são o CaO, F, Ce₂O₃, SO₃, SiO₂, ZnO, As₂O₅ e Al₂O₃, apresentando valores máximos de 0.127 wt%, 0.297 wt%, 0.293 wt%, 0.137 wt%, 0.193 wt%, 0.185 wt%, 3.753 wt% e 0.642 wt% respectivamente. Os valores de CaO, SO₃, SiO₂, ZnO, Al₂O₃ e Ce₂O₃ são valores esporádicos e carecem de qualquer significado nas análises. O As₂O₅ apresenta valores constantes ao longo das análises e resulta da substituição do P pelo As na posição octaédrica aniónica da pseudomalaquite. Os valores do F resultam da substituição dos grupos de OH da fase mineral.

8.4.2 *Libethenite*

As análises de *libethenite* foram realizadas em cristais de amostras da zona de enriquecimento supergénico oxidado e permitiram complementar a identificação realizada por processos de DRX (amostras MVC 15, MVC 18, MVC 19, MVC 25, MVC 31 e MVC 34).

Tabela 8.3 - Amplitude de variação de valores em wt% das distribuições de concentração de *Libethenite* (cristais)

Total de análises		
N = 92		
	Mínimo	Máximo
MnO	n.d.	0.056
Na₂O	n.d.	0.010
Cl	n.d.	0.022
K₂O	n.d.	0.092
CaO	n.d.	0.080
F	0.140	0.359
SO₃	n.d.	0.057
SrO	n.d.	0.070
La₂O₃	n.d.	0.093
MgO	n.d.	0.038
P₂O₅	26.361	30.909
SiO₂	n.d.	2.176
ZnO	n.d.	0.176
As₂O₅	n.d.	1.002
PbO	n.d.	0.122
FeO	n.d.	1.137
Nd₂O₃	n.d.	0.033
Al₂O₃	0.033	1.103
Ce₂O₃	n.d.	0.282
CuO	60.595	66.581
H₂O	2.672	8.033

Uma observação cuidada dos resultados das amostras é possível observar valores máximos acima de 0.100 wt% para o F, SiO₂, ZnO, As₂O₅, PbO, FeO, Al₂O₃ e Ce₂O₃ (0.359 wt%, 2.176 wt%, 0.176 wt%, 1.002 wt%, 1.137 wt%, 1.103 wt% e 0.282 wt%, respectivamente) que influenciam na estequiometria da *libethenite* Cu₂(PO₄)(OH). Os valores de SiO₂, ZnO, PbO, FeO, Al₂O₃ e Ce₂O₃ são valores que carecem de qualquer significado ao longo das análises pois são valores esporádicos. O F e o As₂O₅ apresentam valores constantes ao longo das análises realizadas, sendo que os valores de As resultam da substituição deste elemento pelo P na posição octaédrica aniónica. Os valores do F resultam da substituição dos grupos de OH da fase mineral.

8.5 Sulfatos

8.5.1 *Brochantite*

A *brochantite* foi analisada a partir de cristais da amostra MVC 10 (amostra da zona de enriquecimento supergénico oxidado), encontrando-se os resultados dessas análises na tabela 21 do Anexo VII e a amplitude de valores na tabela 8.28. Com base na observação nos valores de amplitude de distribuição de concentração obtidos é possível estabelecer a existência de alguns elementos traço como o FeO (0.215 wt%), SiO₂ (0.184 wt%), BaO (0.175 wt%) e PbO (0.109 wt%). Também se presencia uma variação acentuada nos valores de CuO (71.905 wt% - 79.495 wt%), embora em termos estequiométricos não tenha muita influência. Os valores dos elementos traço são esporádicos carecendo de qualquer significado, excepto os valores de FeO que podem ser resultado de influências de fases minerais adjacentes ou inclusões de óxidos e hidróxidos de Fe.

Tabela 8.28 - Amplitude de variação de valores em wt% das distribuições de concentração de *Brochantite*

Total de análises		
N = 11		
	<u>Mínimo</u>	<u>Máximo</u>
FeO	0.119	0.215
Al₂O₃	n.d.	0.038
CaO	n.d.	0.034
SO₃	18.096	18.715
TiO₂	n.d.	0.026
MgO	n.d.	0.022
SiO₂	0.008	0.184
BaO	0.085	0.175
CuO	71.905	79.495
SrO	n.d.	0.029
PbO	n.d.	0.109
ThO₂	n.d.	0.039
H₂O	1.237	9.380

Fig. 8.6 – Imagens de microscopia reflectida com mapas composicionais de Ni e Co para grãos de Py I com arsenopirite e calcopirite associada. Destaque para a distribuição heterogénea de Ni e Co na pirite e arsenopirite. (Amostra MV 09-08). (Apy – Arsenopirite; Cpy – Calcopirite; Py – Pirite)

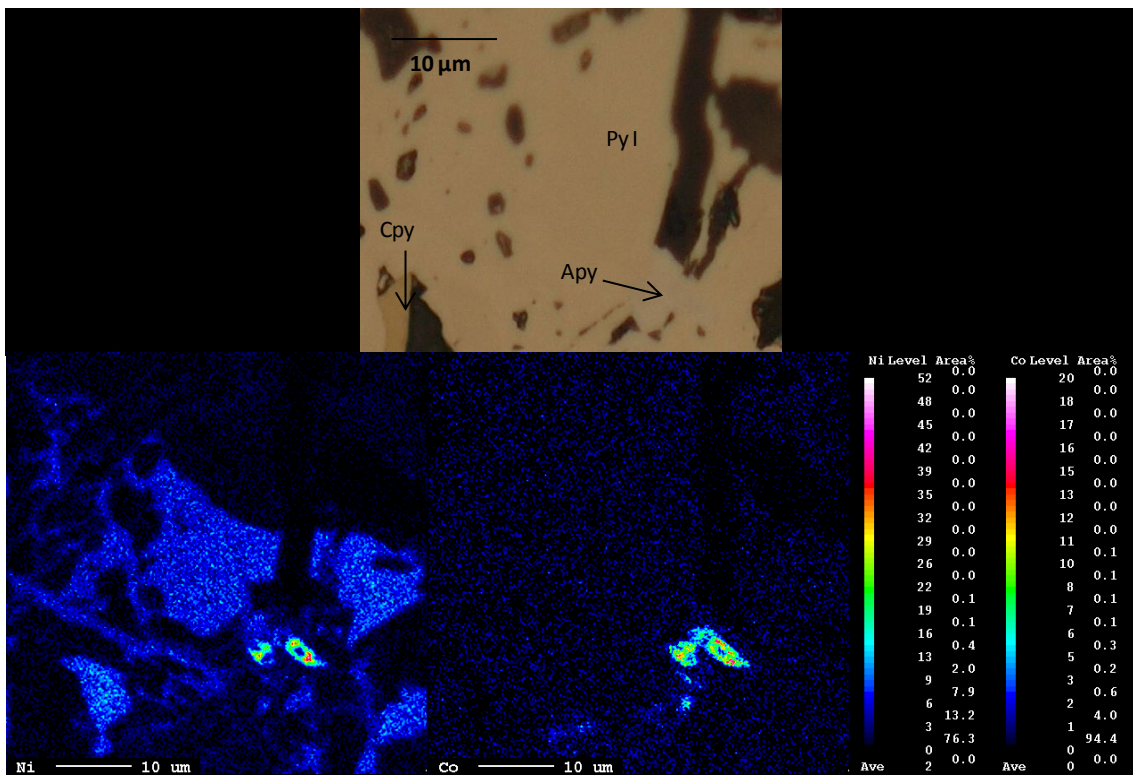
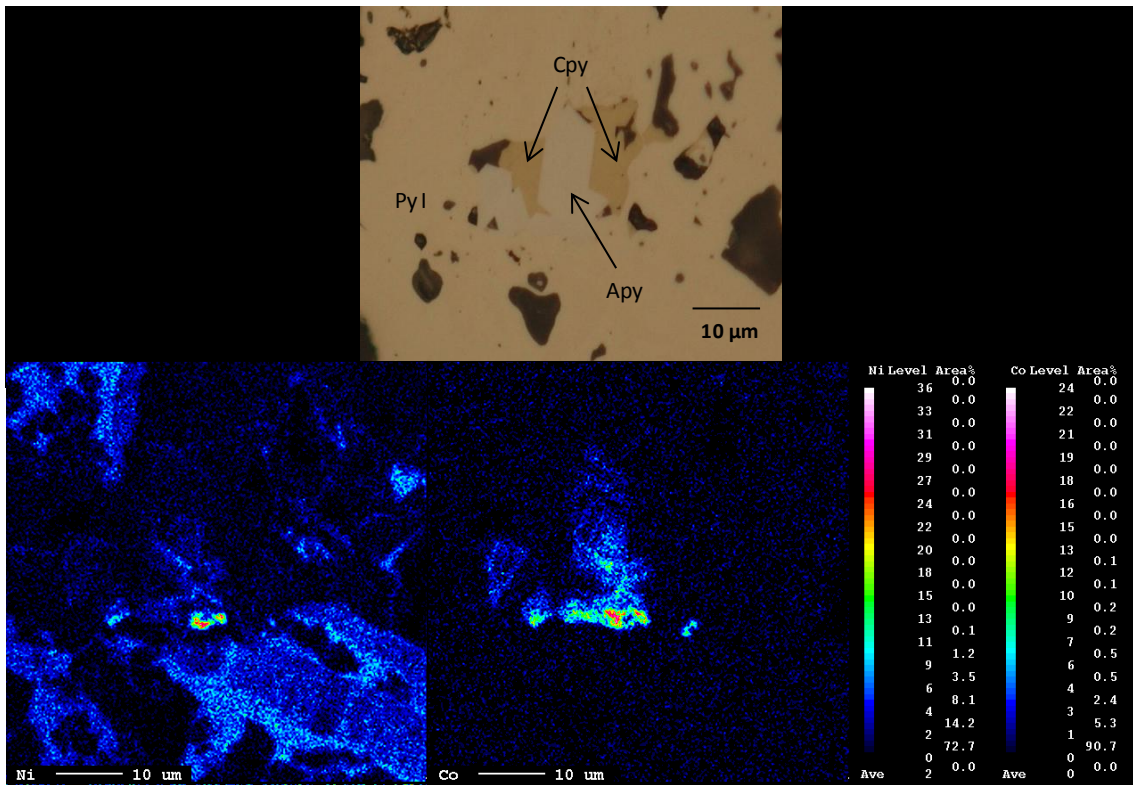


Fig. 8.7 – Imagem de microscopia reflectida e BSE (Backscatter Electrons) com mapas composicionais de Fe, As, S, Au, Co e Ni para grão de Py I com arsenopirite associada. Destaque para a ausência de zonamento (imagem de BSE) mas nos mapas de Ni e Co é possível observar uma orla com uma forma proximal à de um prisma. Nos restantes mapas composicionais observa-se uma distribuição homogênea dos elementos analisados. Também se observa a orientação do perfil analítico P1 (Fig. 8.8) (Amostra MV 09-08). (Apy – Arsenopirite; Py – Pirite; Carb – Carbonatos; Qz – Quartzo)

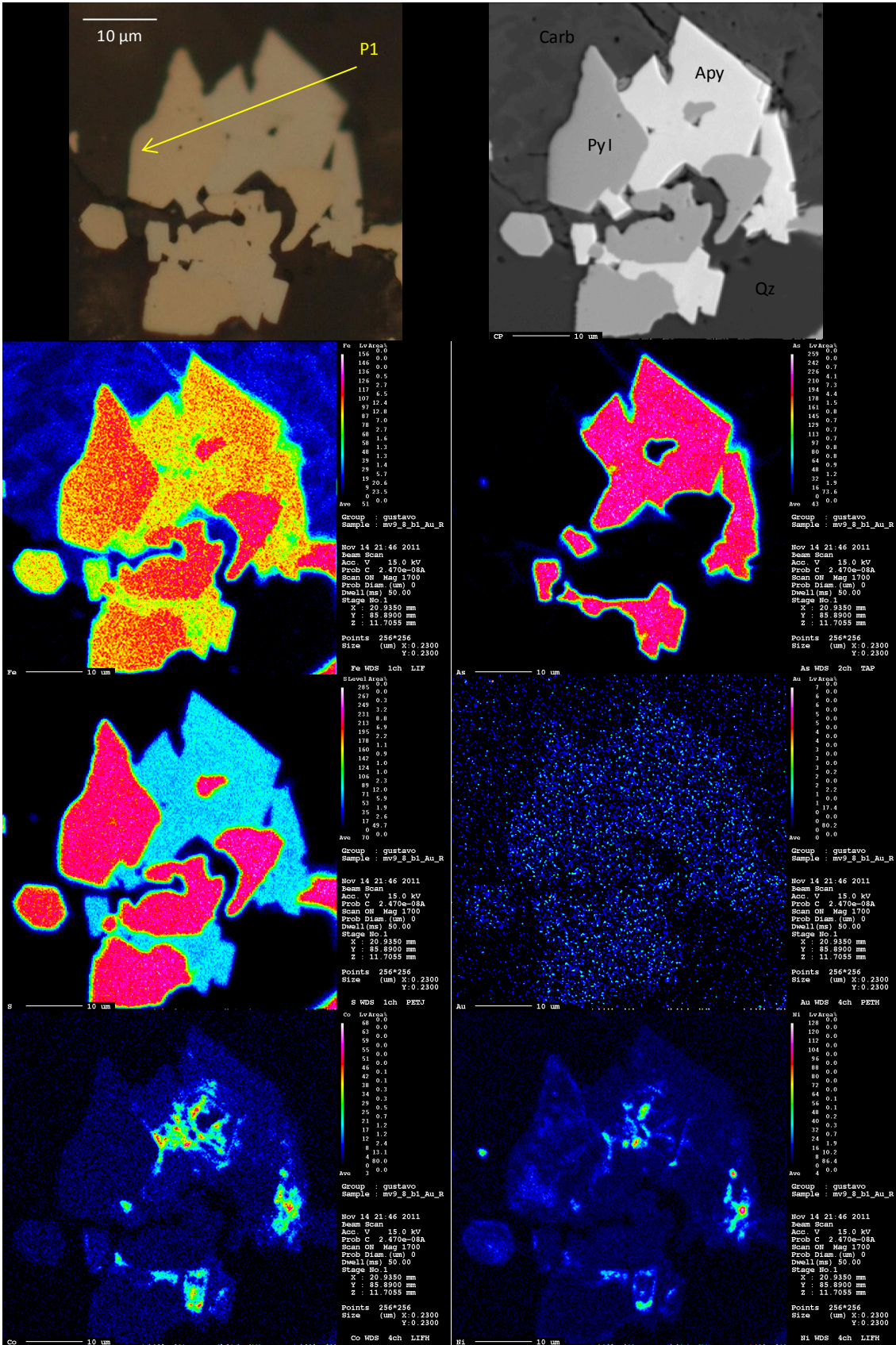
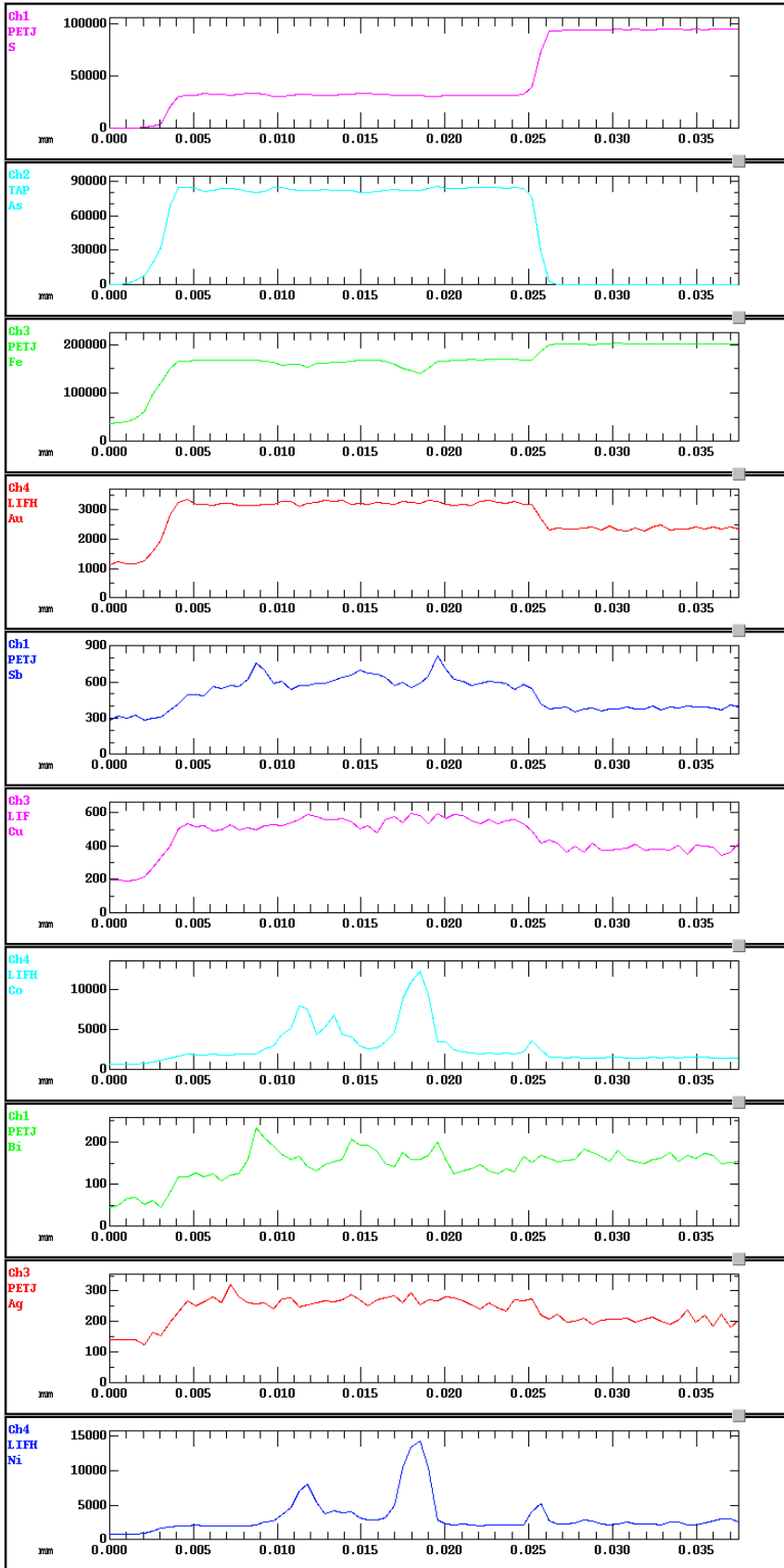


Fig. 8.8 – Perfil analítico P1 com as oscilações dos conteúdos em S, As, Fe, Au, Sb, Cu, Co, Bi, Ag e Ni (número de contagens) ao longo do perfil.



Group : gustavo
Sample : mv9_8_b1_Au_R

Nov 18 16:50 2011
Stage Scan
Acc. V 15.0 kV
Prob C 2.467e-08A
Scan OFF
Prob Diam. (um) 2
Dwell (ms) 20000.00
Stage No. 4
X : 21.0360 mm
Y : 84.9990 mm
Z : 11.7190 mm
Direction : Arbitrary
Points 74
Interval 0.51 um
Length 37.52 um

S WDS 1ch PETJ
Ka Order 1
Peak Pos. (nm) 172.1250
Accum. 1
Max 95519.
Min 82.
Ave 48965.527
A, B value 0.0000, 0.00C

As WDS 2ch TAP
La Order 1
Peak Pos. (nm) 105.1530
Accum. 1
Max 84768.
Min 344.
Ave 49171.770
A, B value 0.0000, 0.00C

Fe WDS 3ch PETJ
Ka Order 1
Peak Pos. (nm) 62.1220
Accum. 1
Max 202355.
Min 36687.
Ave 165952.797
A, B value 0.0000, 0.00C

Au WDS 4ch LIFH
La Order 1
Peak Pos. (nm) 88.9070

Group : gustavo
Sample : mv9_8_b1_Au_R

Nov 18 16:50 2011
Stage Scan
Acc. V 15.0 kV
Prob C 2.467e-08A
Scan OFF
Prob Diam. (um) 2
Dwell (ms) 20000.00
Stage No. 4
X : 21.0360 mm
Y : 84.9990 mm
Z : 11.7190 mm
Direction : Arbitrary
Points 74
Interval 0.51 um
Length 37.52 um

Cu WDS 3ch LIF
Ka Order 1
Peak Pos. (nm) 107.3460
Accum. 1
Max 598.
Min 193.
Ave 461.162
A, B value 0.0000, 0.00C

Co WDS 4ch LIFH
Ka Order 1
Peak Pos. (nm) 124.6010
Accum. 1
Max 12272.
Min 671.
Ave 2802.068
A, B value 0.0000, 0.00C

Bi WDS 1ch PETJ
Ma Order 1
Peak Pos. (nm) 163.9290
Accum. 1
Max 233.
Min 44.
Ave 146.257
A, B value 0.0000, 0.00C

Ag WDS 3ch PETJ
La Order 1
Peak Pos. (nm) 133.1340

Fig. 8.9 – Imagens de microscopia reflectida e mapas composicionais de Fe, Cu e Bi para grãos de minerais de Bi associados a sulfuretos de cobre (calcopirite, bornite e fases de Cu-S). Em A e B é possível observar nos campos composicionais a homogeneidade dos vários elementos analisados. (MV 09-03). (Bi⁰ – Bi nativo; Bism – *Bismuthinite*; Bn – Bornite; Cpy – Calcopirite; Cu-Bi-S – Fases de Cu-Bi-S; Cu-S – Fases de Cu-S)

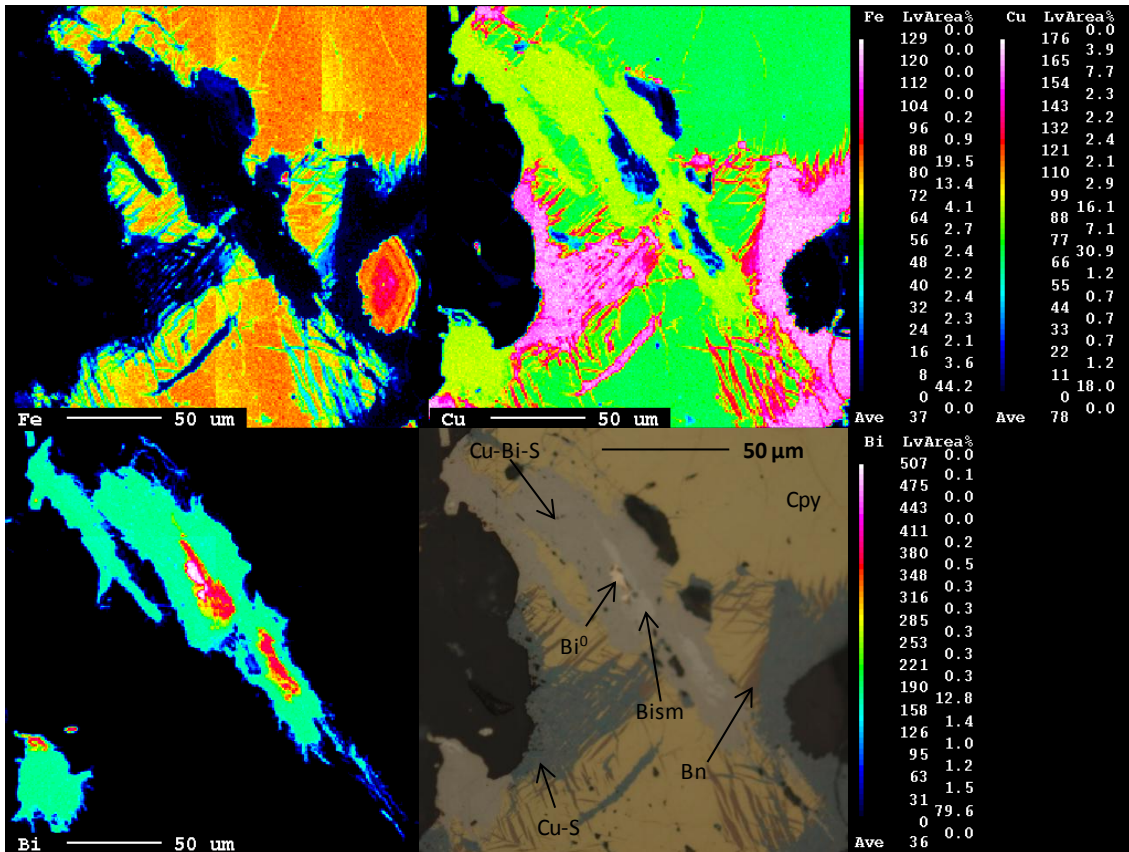
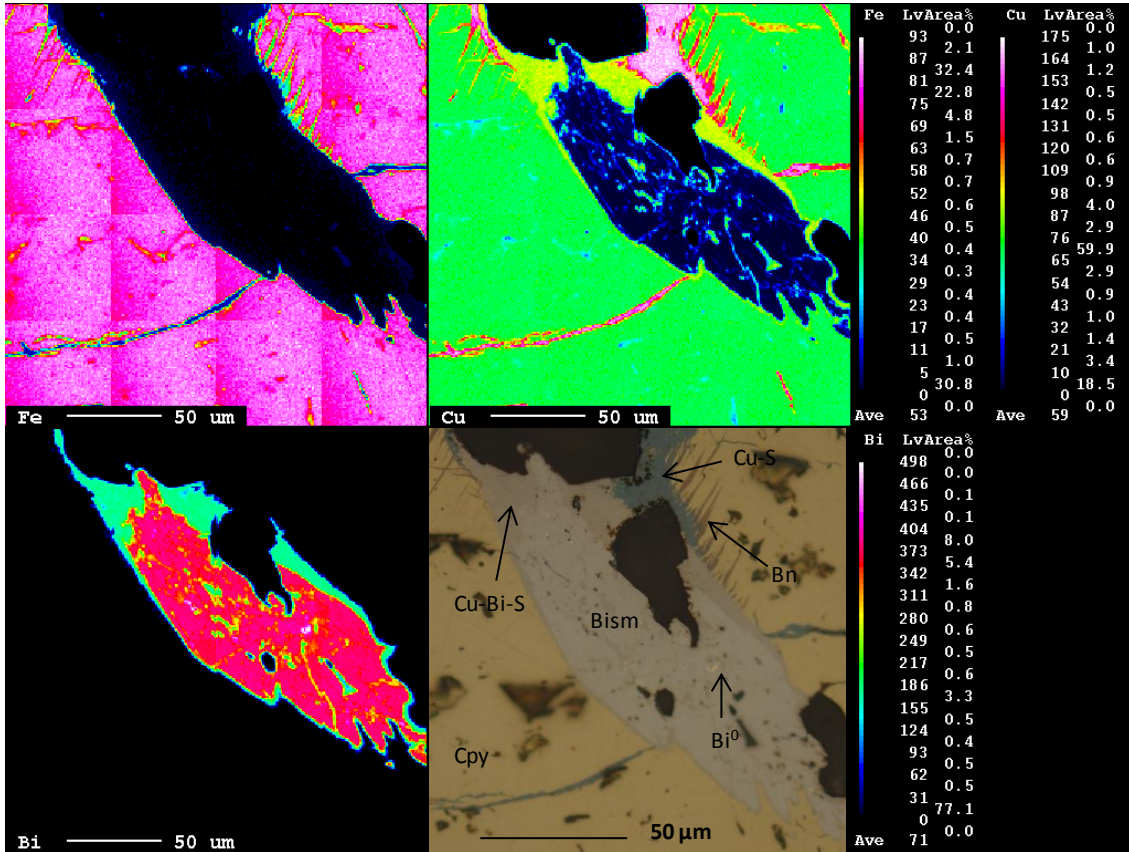


Fig. 8.10 – Imagem de microscopia reflectida e BSE com mapas composicionais de Cu, Fe, S, Bi, Co e Ni para sulfuretos de cobre (calcopirite, bornite e fases de Cu-S) e sulfuretos de bismuto. Destaca-se o zonamento nos sulfuretos de cobre, mas que correspondem aos diferentes minerais observados (BSE e microscopia reflectida). Nos mapas composicionais destaca-se a homogeneidade dos elementos para cada mineral. Apenas se observa valores mais elevados de Ni e Co nos sulfuretos de bismuto. (Amostra MV 09-03). (Bism – *Bismuthinite*; Bn – Bornite; Cpy – Calcopirite; Cu-Bi-S – Fases de Cu-Bi-S; Cu-S – Fases de Cu-S)

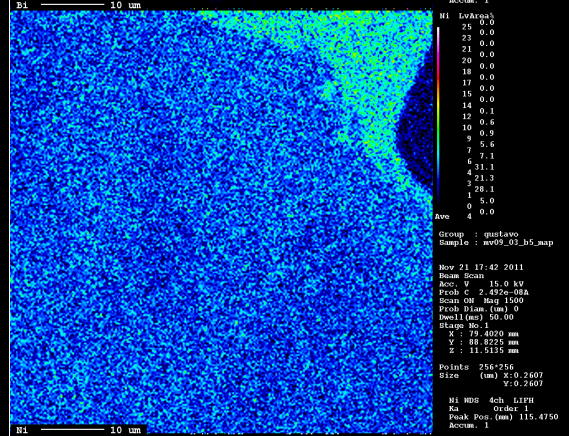
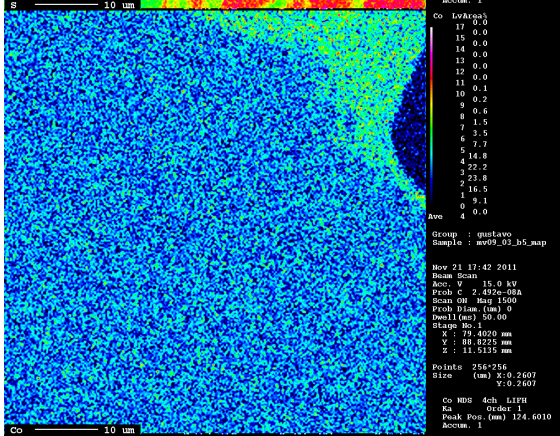
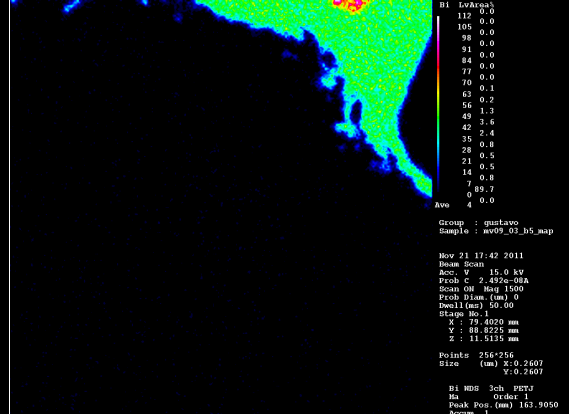
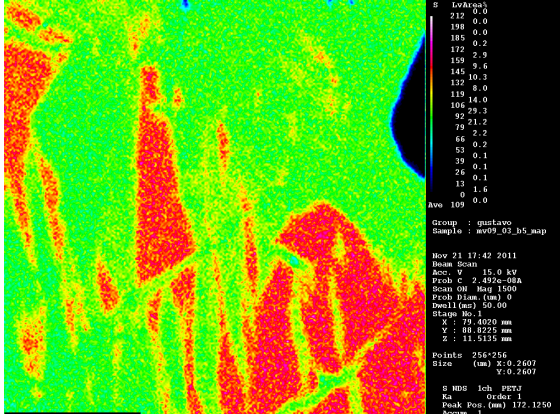
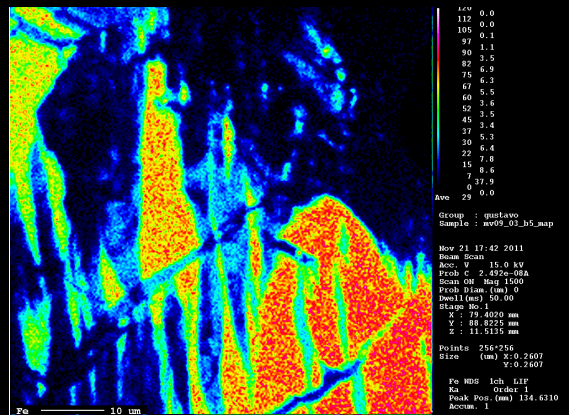
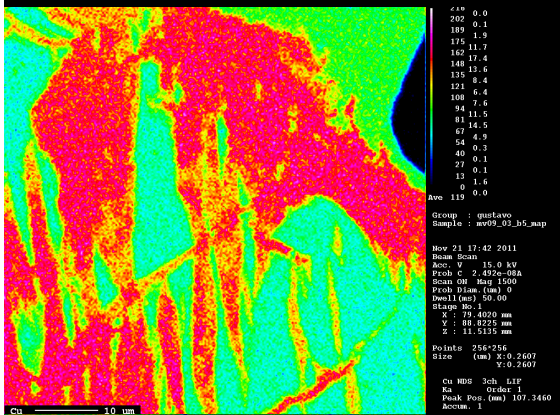
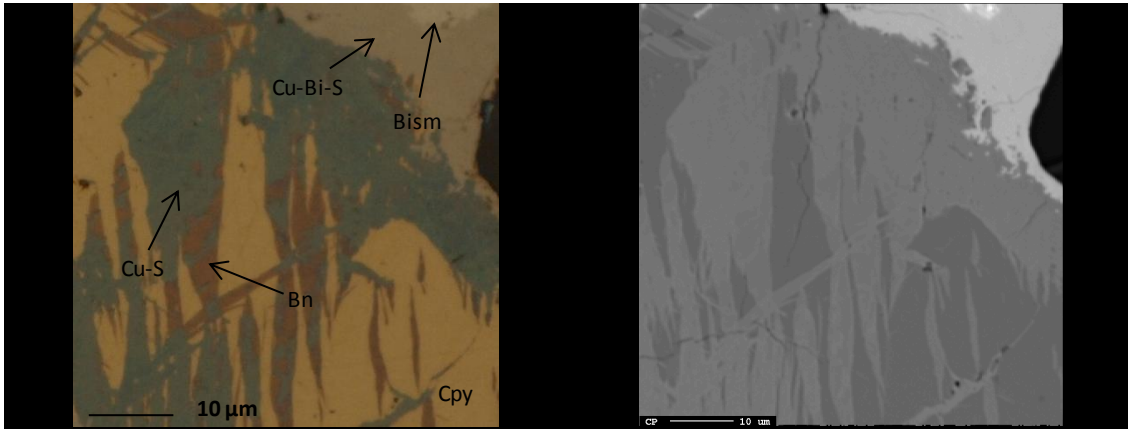


Fig. 8.11 – Imagens de microscopia reflectida com a localização e orientação dos perfis analíticos P2 e P3 apresentados nas Figs 8.12 e 8.13, respectivamente (amostra MV 09-03). (Bi^0 – Bismuto nativo; Bism – *Bismuthinite*; Bn – Bornite; Cpy – Calcopirite; Cu-Bi-S – Fases de Cu-Bi-S; Cu-S – Fases de Cu-S)

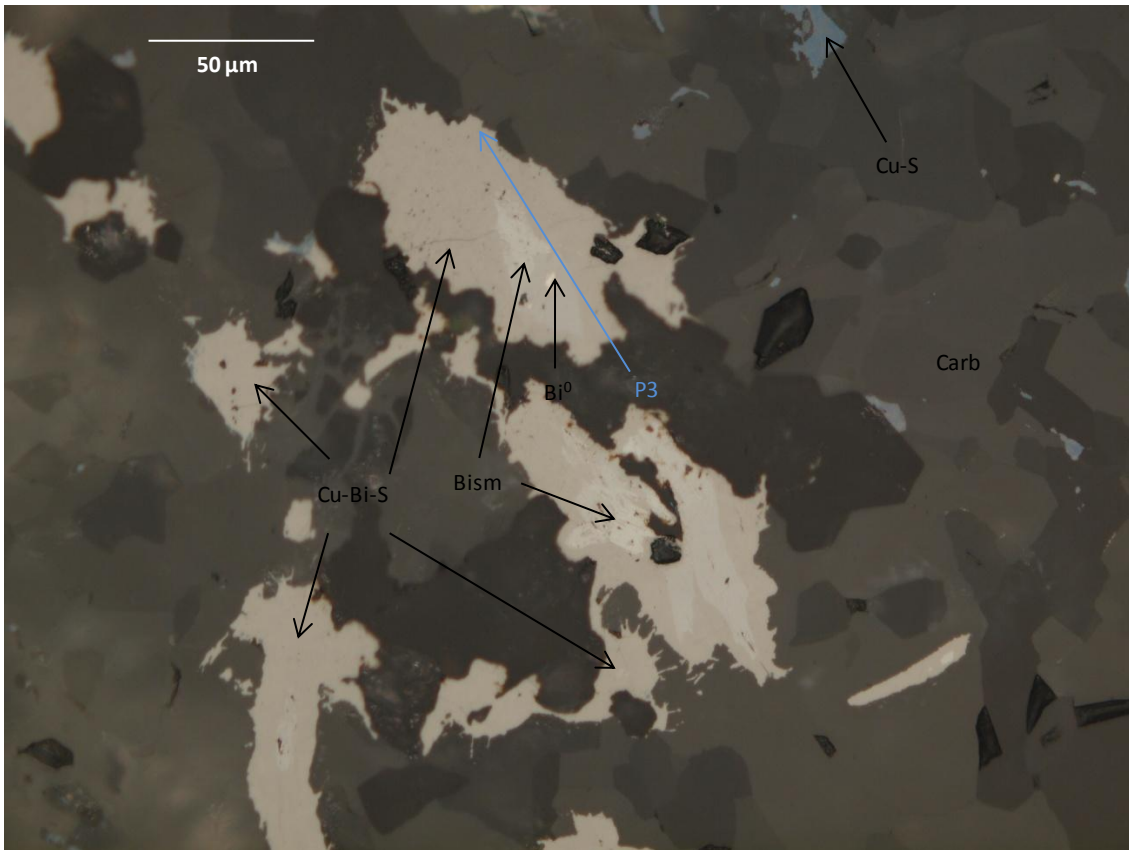
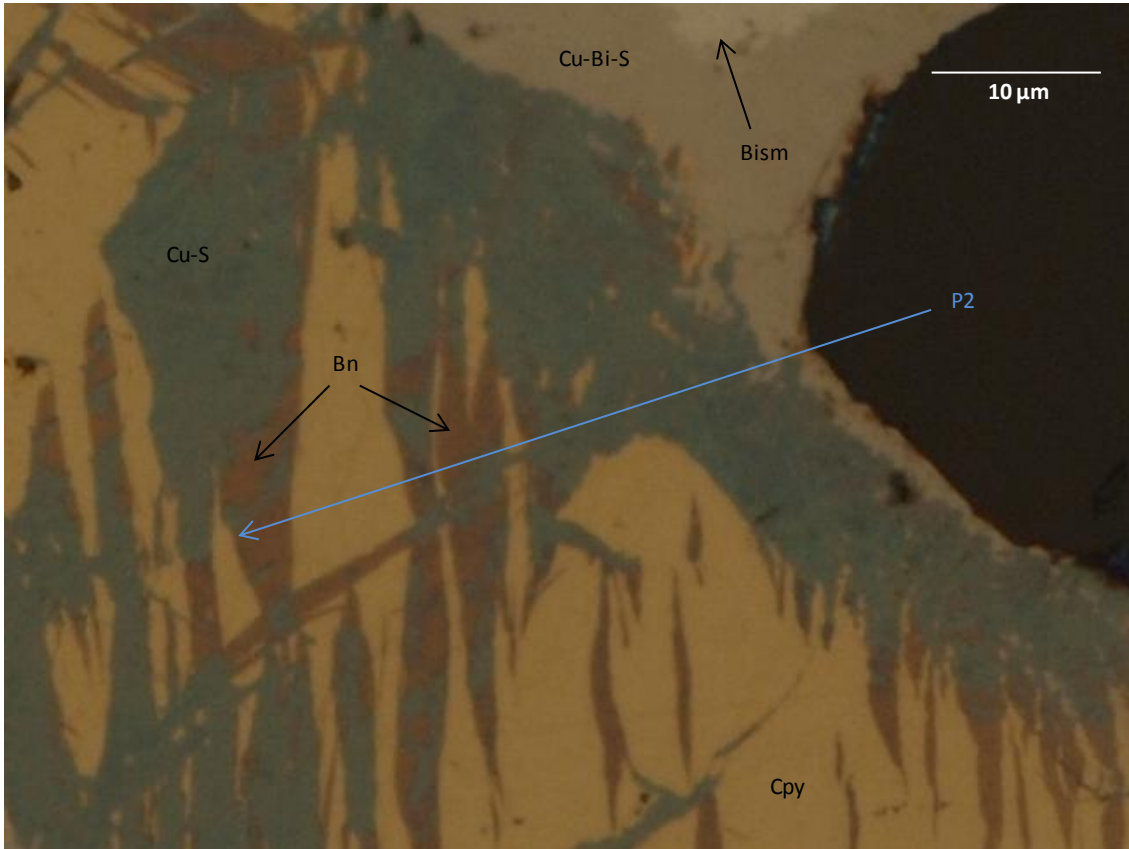
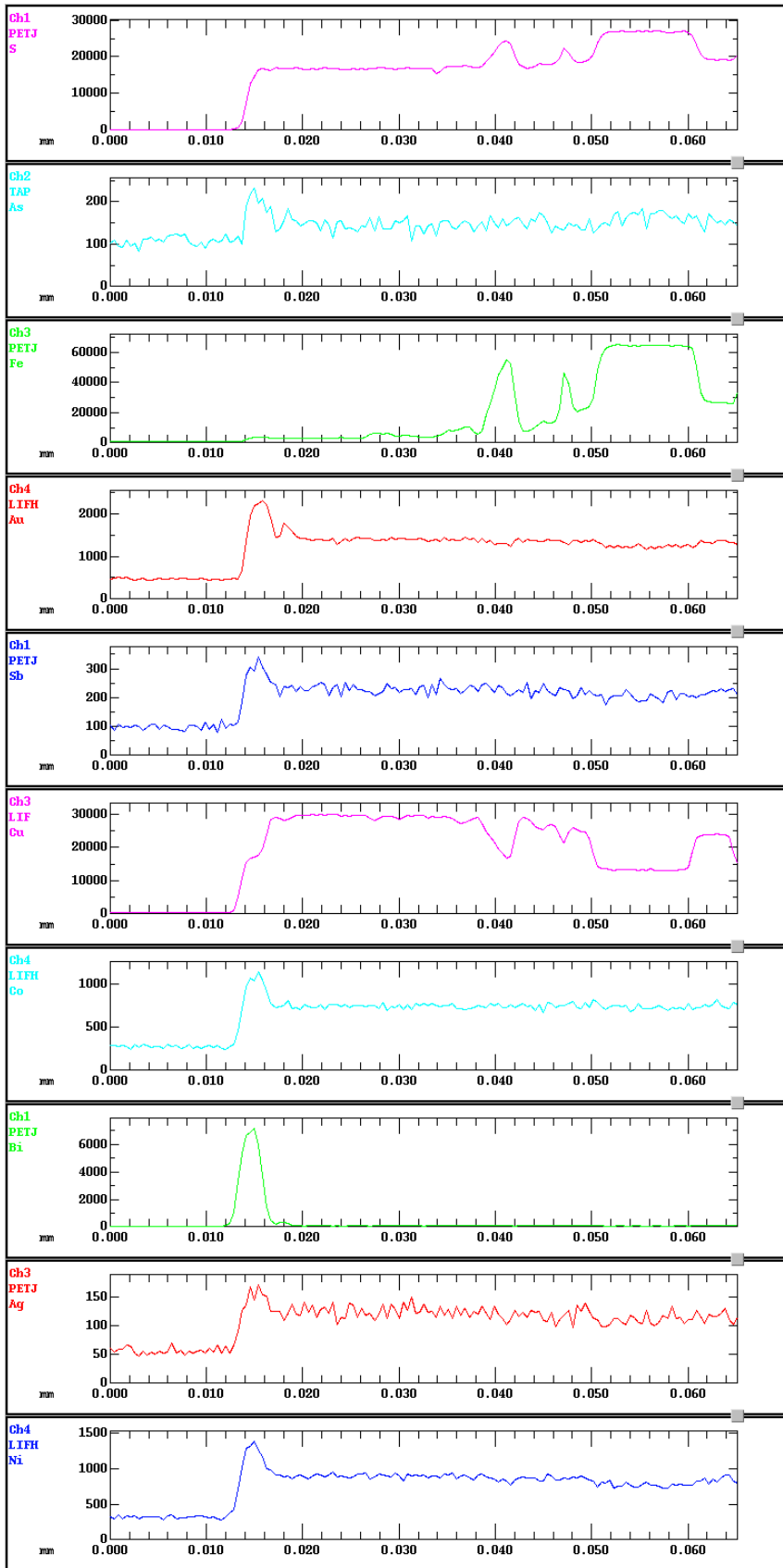


Fig. 8.12 - Perfil analítico P2 com as oscilações dos conteúdos em S, As, Fe, Au, Sb, Cu, Co, Bi, Ag e Ni (número de contagens) ao longo do perfil.



Group : gustavo
 Sample : mv09_03_b5_map

Nov 18 23:34 2011
 Stage Scan
 Acc. V 15.0 kV
 Prob C 2.498e-08A
 Scan OFF
 Prob Diam. (um) 2
 Dwell (ms) 9000.00
 Stage No. 1
 X : 79.3605 mm
 Y : 88.8055 mm
 Z : 11.5150 mm
 Direction : Arbitrary
 Points 153
 Interval 0.43 um
 Length 65.16 um

S WDS 1ch PETJ
 Ka Order 1
 Peak Pos. (mm) 172.1250
 Accum. 1
 Max 27186.
 Min 20.
 Ave 15373.889
 A, B value 0.0000, 0.000

As WDS 2ch TAP
 La Order 1
 Peak Pos. (mm) 105.1530
 Accum. 1
 Max 231.
 Min 83.
 Ave 143.059
 A, B value 0.0000, 0.000

Fe WDS 3ch PETJ
 Ka Order 1
 Peak Pos. (mm) 62.1220
 Accum. 1
 Max 64951.
 Min 864.
 Ave 18495.131
 A, B value 0.0000, 0.000

Au WDS 4ch LIFH
 La Order 1
 Peak Pos. (mm) 88.9070

Group : gustavo
 Sample : mv09_03_b5_map

Nov 18 23:34 2011
 Stage Scan
 Acc. V 15.0 kV
 Prob C 2.498e-08A
 Scan OFF
 Prob Diam. (um) 2
 Dwell (ms) 9000.00
 Stage No. 1
 X : 79.3605 mm
 Y : 88.8055 mm
 Z : 11.5150 mm
 Direction : Arbitrary
 Points 153
 Interval 0.43 um
 Length 65.16 um

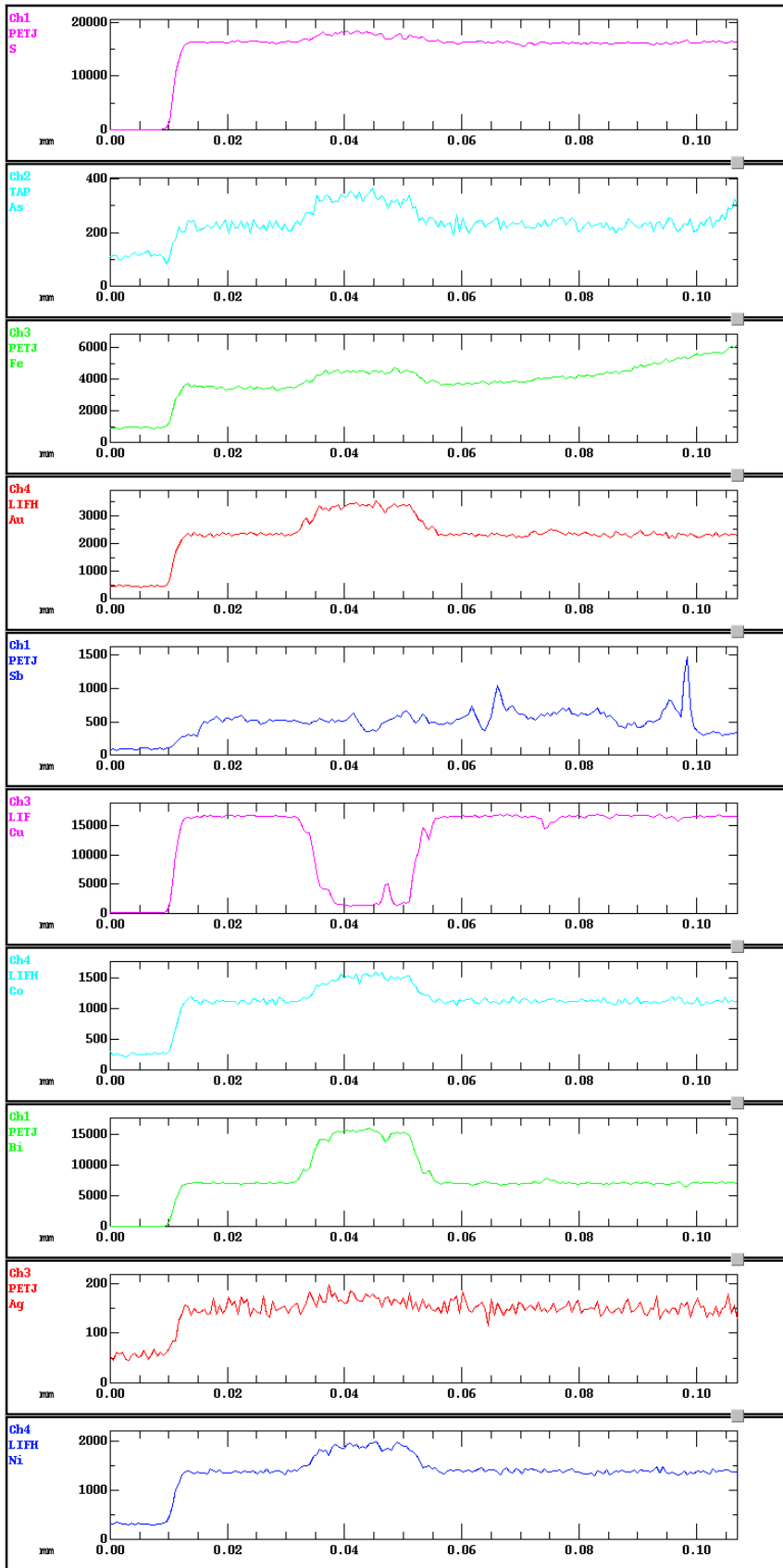
Cu WDS 3ch LIF
 Ka Order 1
 Peak Pos. (mm) 107.3460
 Accum. 1
 Max 30086.
 Min 234.
 Ave 18749.242
 A, B value 0.0000, 0.000

Co WDS 4ch LIFH
 Ka Order 1
 Peak Pos. (mm) 124.6010
 Accum. 1
 Max 1137.
 Min 244.
 Ave 657.549
 A, B value 0.0000, 0.000

Bi WDS 1ch PETJ
 Ma Order 1
 Peak Pos. (mm) 163.9290
 Accum. 1
 Max 7148.
 Min 12.
 Ave 348.065
 A, B value 0.0000, 0.000

Ag WDS 3ch PETJ
 La Order 1
 Peak Pos. (mm) 133.1340

Fig. 8.13 - Perfil analítico P3 com as oscilações dos conteúdos em S, As, Fe, Au, Sb, Cu, Co, Bi, Ag e Ni (número de contagens) ao longo do perfil.



Group : gustavo
Sample : mv09_03_b5_map

Nov 19 01:09 2011
Stage Scan
Acc. V 15.0 kV
Prob C 2.499e-08A
Scan OFF
Prob Diam. (um) 2
Dwell (ms) 9000.00
Stage No. 2
X : 74.2720 mm
Y : 82.9675 mm
Z : 11.5135 mm
Direction : Arbitrary
Points 202
Interval 0.53 um
Length 107.03 um

S WDS 1ch PETJ
Ka Order 1
Peak Pos. (mm) 172.1250
Accum. 1
Max 18493.
Min 13.
Ave 14823.371
A, B value 0.0000, 0.00C

As WDS 2ch TAP
La Order 1
Peak Pos. (mm) 105.1530
Accum. 1
Max 364.
Min 86.
Ave 235.599
A, B value 0.0000, 0.00C

Fe WDS 3ch PETJ
Ka Order 1
Peak Pos. (mm) 62.1220
Accum. 1
Max 6165.
Min 878.
Ave 3886.342
A, B value 0.0000, 0.00C

Au WDS 4ch LIFH
La Order 1
Peak Pos. (mm) 88.9070

Group : gustavo
Sample : mv09_03_b5_map

Nov 19 01:09 2011
Stage Scan
Acc. V 15.0 kV
Prob C 2.499e-08A
Scan OFF
Prob Diam. (um) 2
Dwell (ms) 9000.00
Stage No. 2
X : 74.2720 mm
Y : 82.9675 mm
Z : 11.5135 mm
Direction : Arbitrary
Points 202
Interval 0.53 um
Length 107.03 um

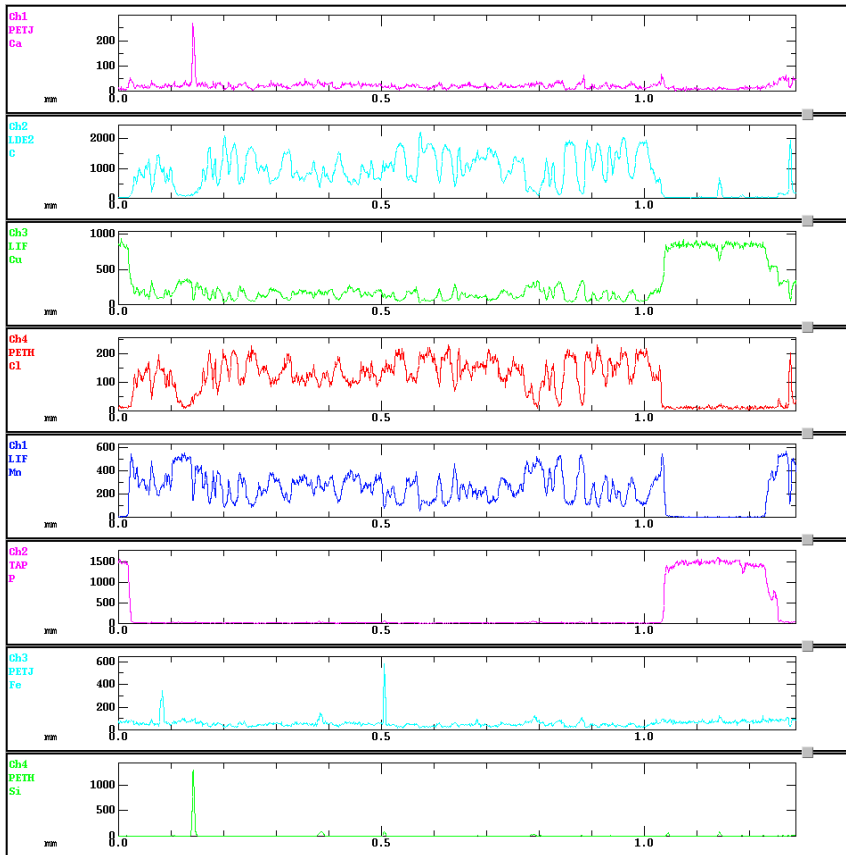
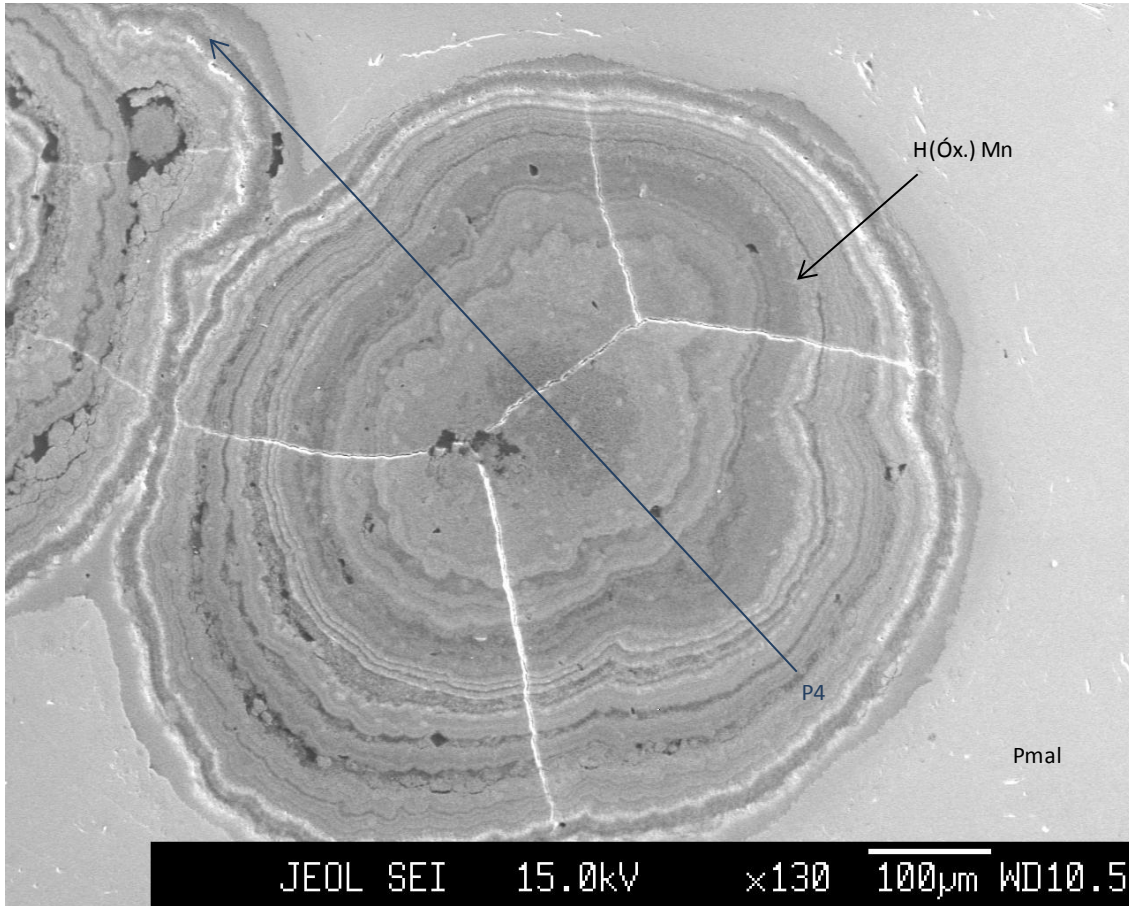
Cu WDS 3ch LIF
Ka Order 1
Peak Pos. (mm) 107.3460
Accum. 1
Max 16969.
Min 115.
Ave 12398.797
A, B value 0.0000, 0.00C

Co WDS 4ch LIFH
Ka Order 1
Peak Pos. (mm) 124.6010
Accum. 1
Max 1596.
Min 219.
Ave 1097.916
A, B value 0.0000, 0.00C

Bi WDS 1ch PETJ
Ma Order 1
Peak Pos. (mm) 163.9290
Accum. 1
Max 15979.
Min 13.
Ave 7774.713
A, B value 0.0000, 0.00C

Ag WDS 3ch PETJ
La Order 1
Peak Pos. (mm) 133.1340

Fig. 8.14 – Imagem BSE dos nódulos existentes na massa de pseudomalaquite existente na amostra MVC 37, assim como a orientação e as oscilações dos conteúdos em Ca, C, Cu, Cl, Mn, P, Fe e Si (número de contagens) do perfil P4. (H(Óx) de Mn – Óxidos e hidróxidos de Mn; Pmal – Pseudomalaquite)



Group : gustavo
 Sample : mvc37_1

Mar 31 20:10 2011
 Stage Scan
 Acc. V 15.0 kV
 Prob C 2.507e-08A
 Scan OFF
 Prob Diam. (um) 5
 Dwell (ms) 400.00
 Stage No. 4
 Y : 53.6255 mm
 Y : 49.0960 mm
 Z : 11.6145 mm
 Direction : Arbitrary
 Points 1028
 Interval 1.26 um
 Length 1.289 mm

Ca WDS 1ch PETJ
 Ka Order 1
 Peak Pos. (nm) 107.5320
 Accum. 1
 Max 269.
 Min 1.
 Ave 21.827
 A, B value 0.0000, 0.0000

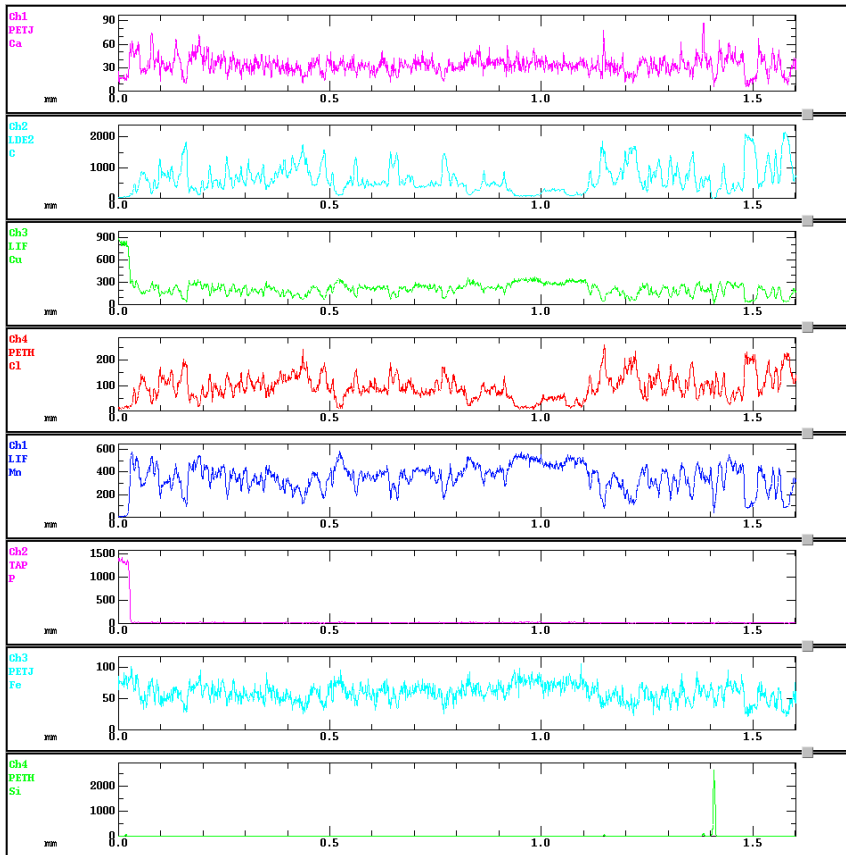
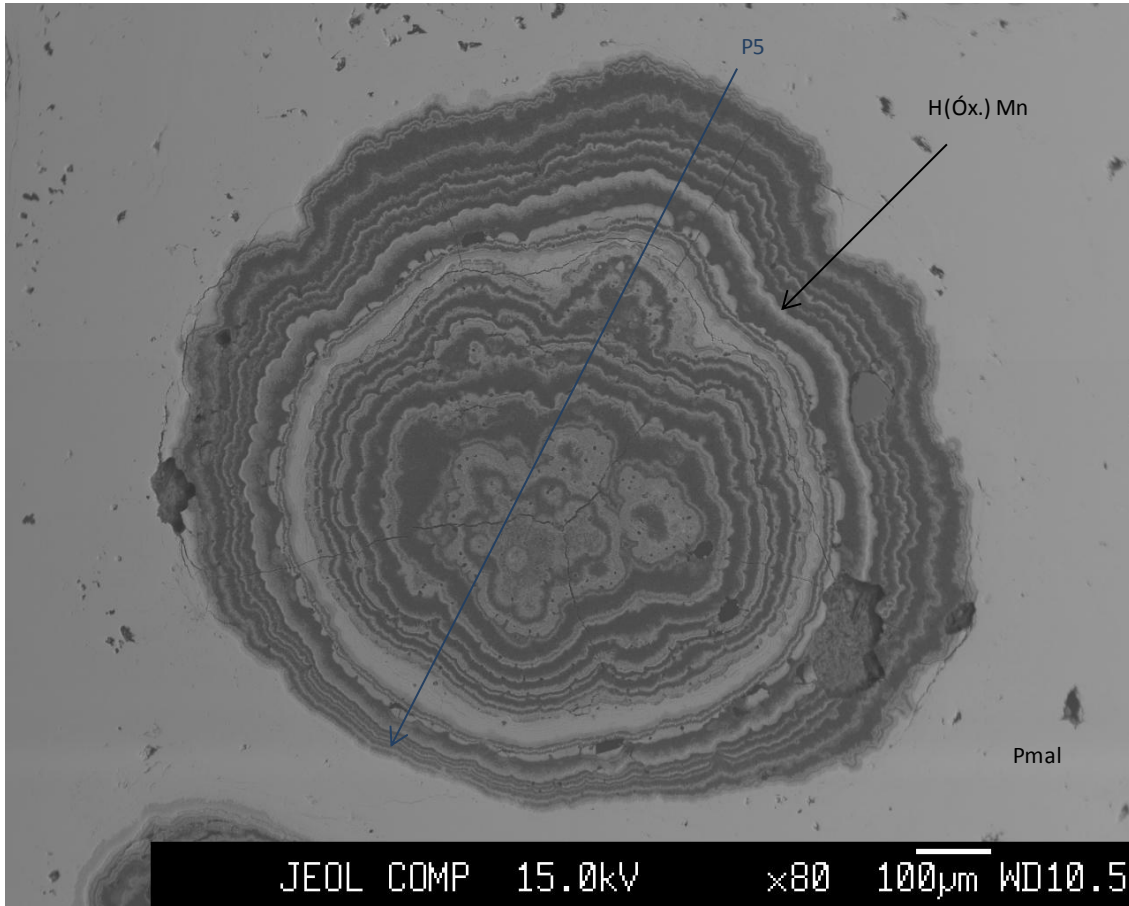
C WDS 2ch LDE2
 Ka Order 1
 Peak Pos. (nm) 122.4220
 Accum. 1
 Max 2214.
 Min 20.
 Ave 811.106
 A, B value 0.0000, 0.0000

Cu WDS 3ch LIF
 Ka Order 1
 Peak Pos. (nm) 107.3080
 Accum. 1
 Max 935.
 Min 26.
 Ave 277.745
 A, B value 0.0000, 0.0000

Cl WDS 4ch PETH
 Ka Order 1
 Peak Pos. (nm) 151.4320
 Accum. 1
 Max 230.
 Min 4.
 Ave 107.799
 A, B value 0.0000, 0.0000

Mn WDS 1ch LIF
 Ka Order 1
 Peak Pos. (nm) 146.1550
 Accum. 1
 Max 568.
 Min 0.
 Ave 231.655

Fig. 8.15 - Imagem BSE dos nódulos existentes na massa de pseudomalaquite existente na amostra MVC 37, assim como a orientação e as oscilações dos conteúdos em Ca, C, Cu, Cl, Mn, P, Fe e Si (número de contagens) do perfil P5. (H(Óx) de Mn – Óxidos e hidróxidos de Mn; Pmal – Pseudomalaquite)



Group : gustavo
 Sample : mvc37_1

Mar 31 19:55 2011
 Stage Scan
 Acc. V 15.0 kV
 Prob C 2.508e-08A
 Scan OFF
 Prob Diam. (um) 5
 Dwell (ms) 400.00
 Stage No. 3
 Y : 59.7350 mm
 Y : 31.5195 mm
 Z : 11.5645 mm
 Direction : Arbitrary
 Points 1283
 Interval 1.25 um
 Length 1.603 mm

Ca WDS 1ch PETJ
 Ka Order 1
 Peak Pos. (mm) 107.5320
 Accum. 1
 Max 87.
 Min 6.
 Ave 33.311
 A, B value 0.0000, 0.0000

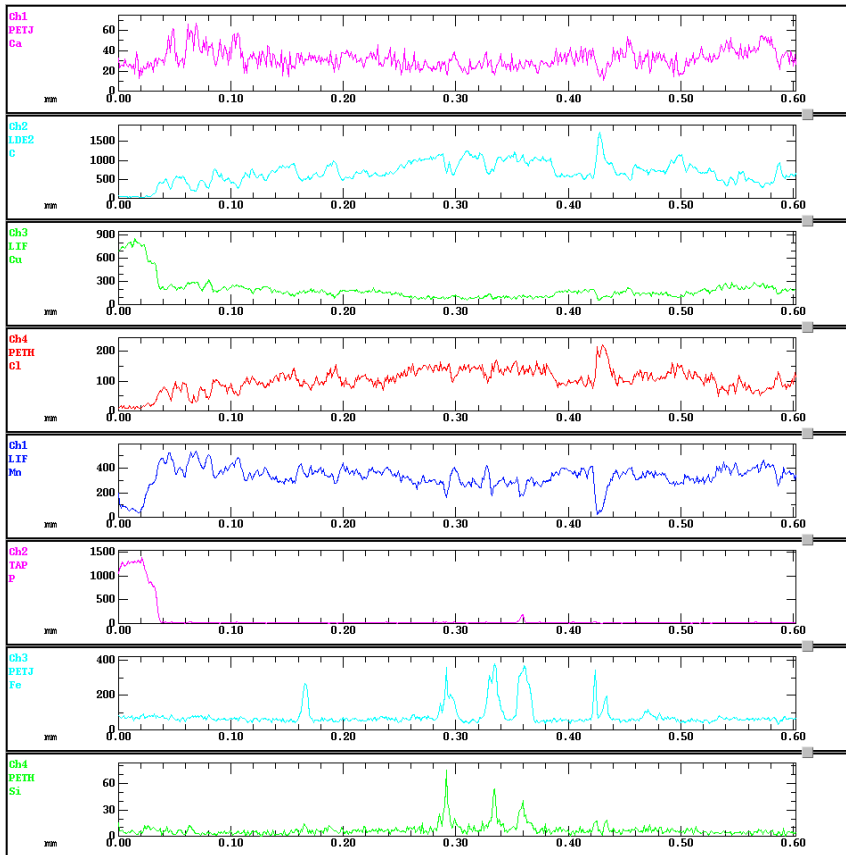
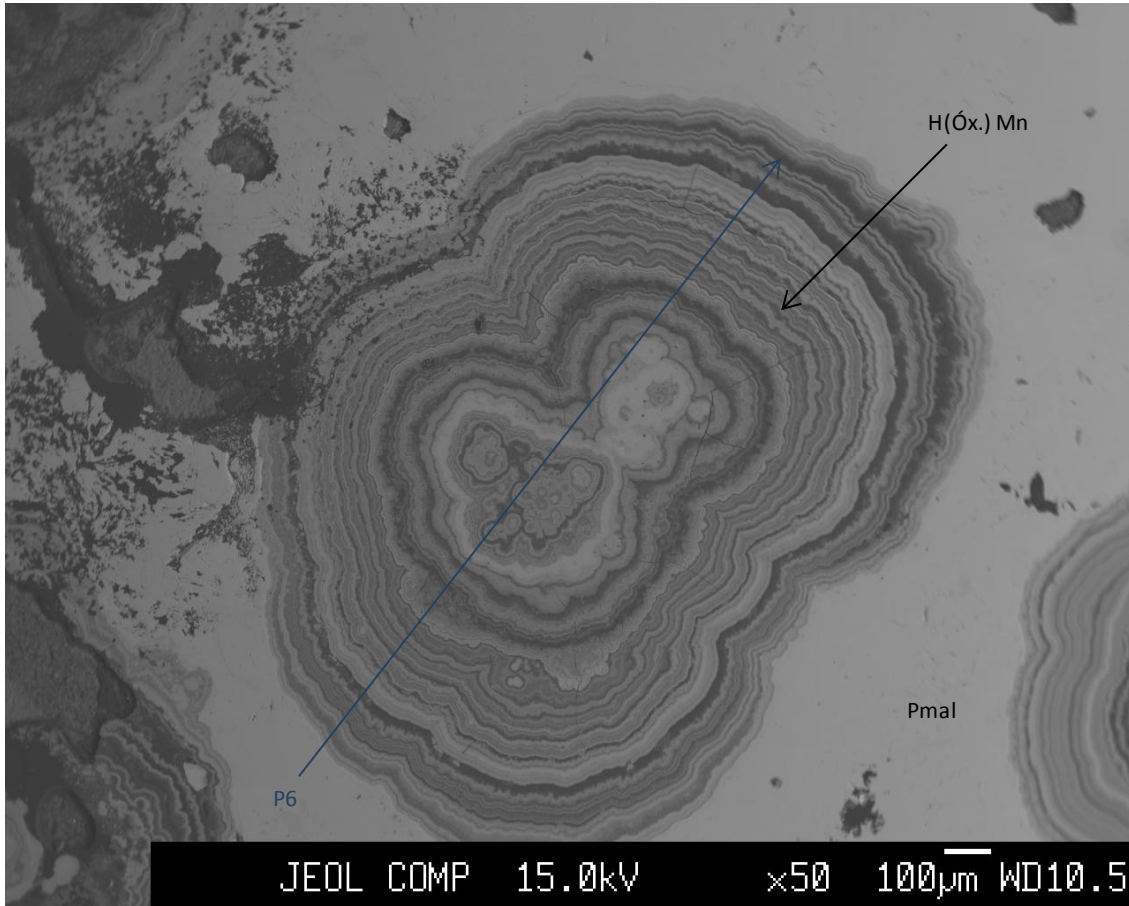
C WDS 2ch LDE2
 Ka Order 1
 Peak Pos. (mm) 122.4220
 Accum. 1
 Max 2147.
 Min 13.
 Ave 629.152
 A, B value 0.0000, 0.0000

Cu WDS 3ch LIF
 Ka Order 1
 Peak Pos. (mm) 107.3080
 Accum. 1
 Max 885.
 Min 20.
 Ave 218.666
 A, B value 0.0000, 0.0000

Cl WDS 4ch PETH
 Ka Order 1
 Peak Pos. (mm) 151.4320
 Accum. 1
 Max 259.
 Min 7.
 Ave 94.101
 A, B value 0.0000, 0.0000

Mn WDS 1ch LIF
 Ka Order 1
 Peak Pos. (mm) 146.1550
 Accum. 1
 Max 581.
 Min 3.
 Ave 249.614

Fig. 8.16 - Imagem BSE dos nódulos existentes na massa de pseudomalaquite existente na amostra MVC 37, assim como a orientação e as oscilações dos conteúdos em Ca, C, Cu, Cl, Mn, P, Fe e Si (número de contagens) do perfil P6. (H(Óx) de Mn – Óxidos e hidróxidos de Mn; Pmal – Pseudomalaquite)



Group : gustavo
 Sample : mvc37_1

Mar 31 20:18 2011
 Stage Scan
 Acc. V 15.0 kV
 Prob C 2.506e-08A
 Scan OFF
 Prob Diam. (um) 5
 Dwell (ms) 400.00
 Stage No. 5
 X : 36.0280 mm
 Y : 38.3825 mm
 Z : 11.7285 mm
 Direction : Arbitrary
 Points 487
 Interval 1.24 um
 Length 602.52 um

Ca WDS 1ch PETJ
 Ka Order 1
 Peak Pos. (nm) 107.5320
 Accum. 1
 Max 67.
 Min 11.
 Ave 32.127
 A, B value 0.0000, 0.0000

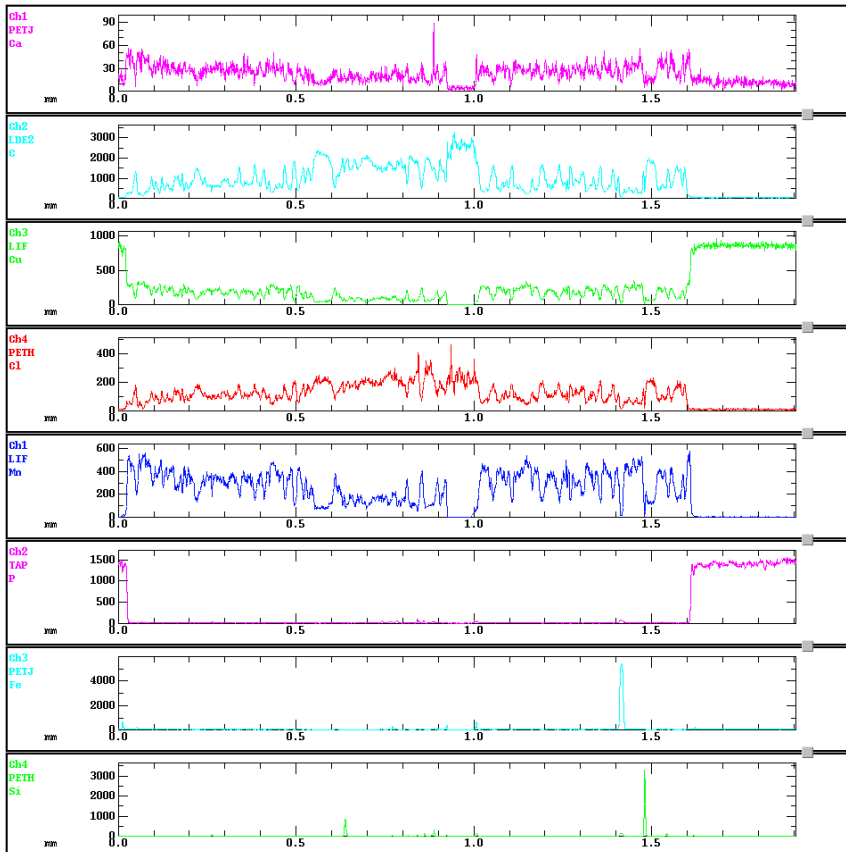
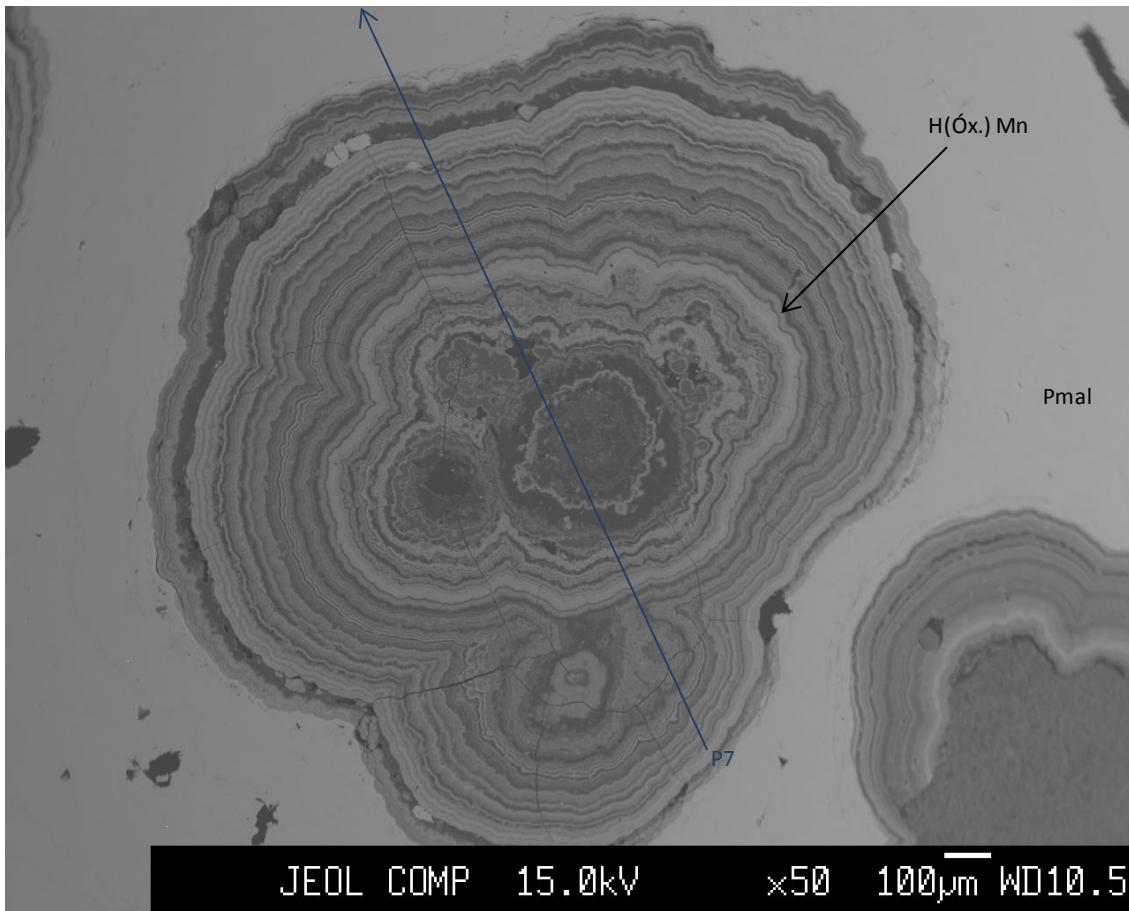
C WDS 2ch LDE2
 Ka Order 1
 Peak Pos. (nm) 122.4220
 Accum. 1
 Max 1734.
 Min 32.
 Ave 682.918
 A, B value 0.0000, 0.0000

Cu WDS 3ch LIF
 Ka Order 1
 Peak Pos. (nm) 107.3080
 Accum. 1
 Max 855.
 Min 59.
 Ave 195.263
 A, B value 0.0000, 0.0000

Cl WDS 4ch PETH
 Ka Order 1
 Peak Pos. (nm) 151.4320
 Accum. 1
 Max 221.
 Min 6.
 Ave 102.628
 A, B value 0.0000, 0.0000

Mn WDS 1ch LIF
 Ka Order 1
 Peak Pos. (nm) 146.1550
 Accum. 1
 Max 534.
 Min 24.
 Ave 398.786

Fig. 8.17 - Imagem BSE dos nódulos existentes na massa de pseudomalaquite existente na amostra MVC 37, assim como a orientação e as oscilações dos conteúdos em Ca, C, Cu, Cl, Mn, P, Fe e Si (número de contagens) do perfil P7. (H(Óx) de Mn – Óxidos e hidróxidos de Mn; Pmal – Pseudomalaquite)



Group : gustavo
 Sample : mvc37_1

Mar 31 19:36 2011
 Stage Scan
 Acc. V 15.0 kV
 Proh C 2.500e-08A
 Scan OFF
 Proh Diam. (µm) 5
 Dwell (ms) 400.00
 Stage No. 2
 X : 42.9150 mm
 Y : 45.6330 mm
 Z : 11.6810 mm
 Direction : Arbitrary
 Points 1729
 Interval 1.10 µm
 Length 1.907 mm

Ca MDS 1ch PETJ
 Ka Order 1
 Peak Pos. (mm) 107.5320
 Accum. 1
 Max 89.
 Min 0.
 Ave 22.464
 A, B value 0.0000, 0.0000

C MDS 2ch LDE2
 Ka Order 1
 Peak Pos. (mm) 122.4220
 Accum. 1
 Max 3272.
 Min 18.
 Ave 893.356
 A, B value 0.0000, 0.0000

Cu MDS 3ch LIF
 Ka Order 1
 Peak Pos. (mm) 107.3080
 Accum. 1
 Max 959.
 Min 0.
 Ave 271.854
 A, B value 0.0000, 0.0000

Cl MDS 4ch PETH
 Ka Order 1
 Peak Pos. (mm) 151.4320
 Accum. 1
 Max 460.
 Min 4.
 Ave 114.402
 A, B value 0.0000, 0.0000

Mn MDS 1ch LIF
 Ka Order 1
 Peak Pos. (mm) 146.1550
 Accum. 1
 Max 574.
 Min 0.
 Ave 224.074

9 Discussão

A caracterização petrográfica e química mineral detalhadas do jazigo de Miguel Vacas, permitiram identificar duas sequências paragenéticas distintas, uma hipogénica e outra supergénica, cuja síntese se apresenta de seguida, e à luz das quais se interpretam os ambientes e processos geoquímicos envolvidos na sua evolução.

Concomitantemente serão discutidos outros aspectos particulares que surgiram durante a observação e interpretação dos dados.

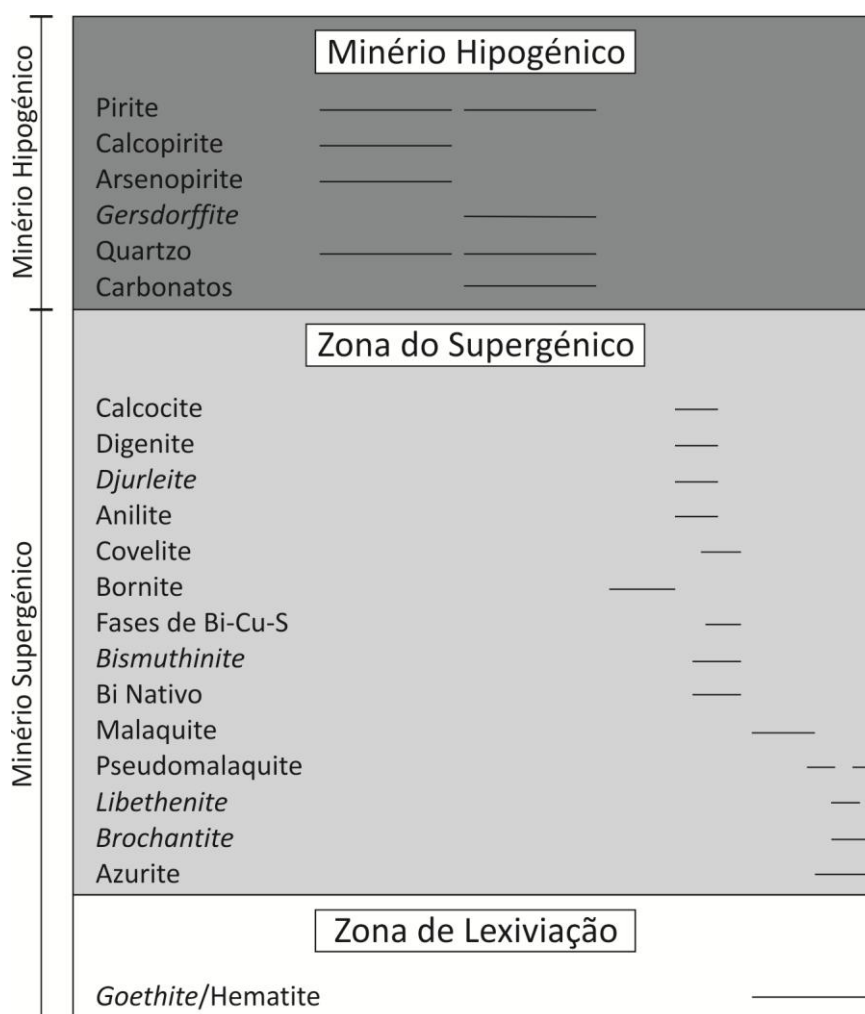


Fig. 9.1 - Quadro paragenético simplificado da Mina de Miguel Vacas

O depósito de Cu de Miguel Vacas corresponde a uma estrutura filoniana, constituída por veios de quartzo \pm *ankerite* \pm siderite que se instalaram em zonas de fraqueza das formações envolventes, fracturas ou falhas, à qual está associada uma mineralização primária hipogénica, composta por Py + Cpy \pm Apy \pm Gdt. O carácter episódico e cíclico desta porção do sistema, traduz-se texturalmente por um conjunto de veios intercruzados, onde é possível identificar pelo menos duas gerações de quartzo, com texturas em comb (intercalações de quartzo hialino e leitoso - Fig. 7.2 – G e 7.3 – A, D e H). Foi igualmente possível identificar duas gerações de pirite, Py I e Py II, textural e quimicamente distintas, que ocorrem em associações mineralógicas diferentes. Enquanto que a Py I se apresenta anédrica, com valores de Ni elevados (até 2.514 wt% Ni), e inclusões de calcopirite e arsenopirite, a segunda geração de

pirite (Py II) apresenta-se frequentemente euédrica associada à *gersdorffite*, com teores de Ni mais modestos (< 0.627 wt% Ni). Outra diferença é que a Py I apenas ocorre associada ao quartzo, enquanto a Py II preenche muitas vezes fracturas e porosidades na calcopirite.

A presença sistemática de rútilo nas zonas de alteração proximais constituem uma característica distintiva ao longo da zona de mineralização hipogénica.

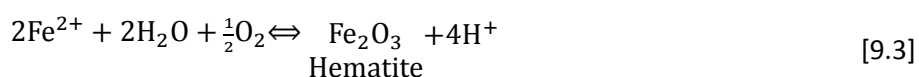
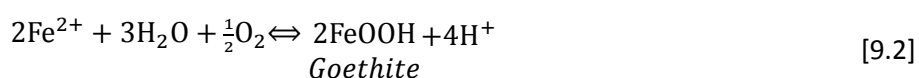
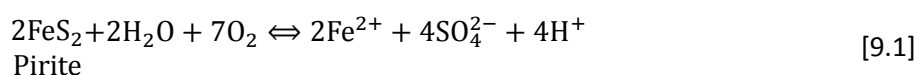
Com os dados de que dispomos é plausível assumir que a mineralização hipogénica resulte da circulação de fluidos metamórficos enriquecidos em Fe, Cu ± Ni, por remobilização de metais das formações envolventes, e transportados sob a forma de complexos sulfuretados, que se terão depositado através de fenómenos de despressurização associados à geração local de zonas de fractura.

A associação da Py I com Apy e da Py II com Gdt sugerem fenómenos de dissolução e reprecipitação de sulfuretos mais tardia, mas ainda assim sob condições hipogénicas. Actualmente esta mineralização primária encontra-se apenas em profundidade (> 80m) tendo sido sujeita a fenómenos de meteorização supergénica (hidrólise, lixiviação e oxidação).

À medida que o depósito de Miguel Vacas vai sendo alterado, a paragénese mineral primária evoluiu para uma paragénese secundária de Cu dominada por carbonatos, fosfatos, óxidos e sulfuretos. Os processos geoquímicos que conduzem a essas transformações mineralógicas são fortemente dependentes dos parâmetros físico-químicos do meio, como o pH e Eh, composição dos fluidos (concentrações dos iões sulfato, carbonato, fosfato, etc) e do protólito.

Os principais processos geoquímicos superficiais que actuam em depósitos hipogénicos constituídos por sulfuretos são a oxidação e a hidrólise. Estes processos de interacção dos sulfuretos com as águas superficiais e oxigénio atmosférico, resultam na formação de ácido sulfúrico, que se traduz num aumento de iões hidrogénio, e sulfatos de metal (e.g. cobre e ferro) extremamente solúveis.

A hidrólise da pirite e da calcopirite levam à formação de iões de H^+ , Fe^{2+} , SO_4^{2-} e Cu^{2+} , sendo normalmente acompanhados pela formação de *goethite* e/ou de hematite (reações [9.1], [9.2], [9.3], [9.4] e [9.5] e Fig. 9.2a). De acordo com a série de solubilidade de Schürmann, o cobre é muito mais solúvel que o ferro (Fe) em fluidos ácidos (Guilbert & Park, 1986), ou seja, à medida que as águas subterrâneas ácidas e oxidantes vão lixiviando os metais do minério hipogénico (e.g. Cu^{2+}), vai ficando para trás uma zona de lixiviação. Se a lixiviação não for muito intensa, esta zona vai ficando enriquecida, de forma residual, em ferro sob a forma de hematite ± *goethite*. Esta zona de eluviação é mais conhecida por “chapéu de ferro” ou *gossan*. Nas amostras observadas da Mina de Miguel Vacas, correspondentes ao *gossan*, é possível observar relíquias de sulfuretos do minério hipogénico com associação de fases minerais de Cu-S (halos de alteração) e a preencher alguns espaços abertos (fracturas ou porosidade) mineralizações secundárias de Cu.



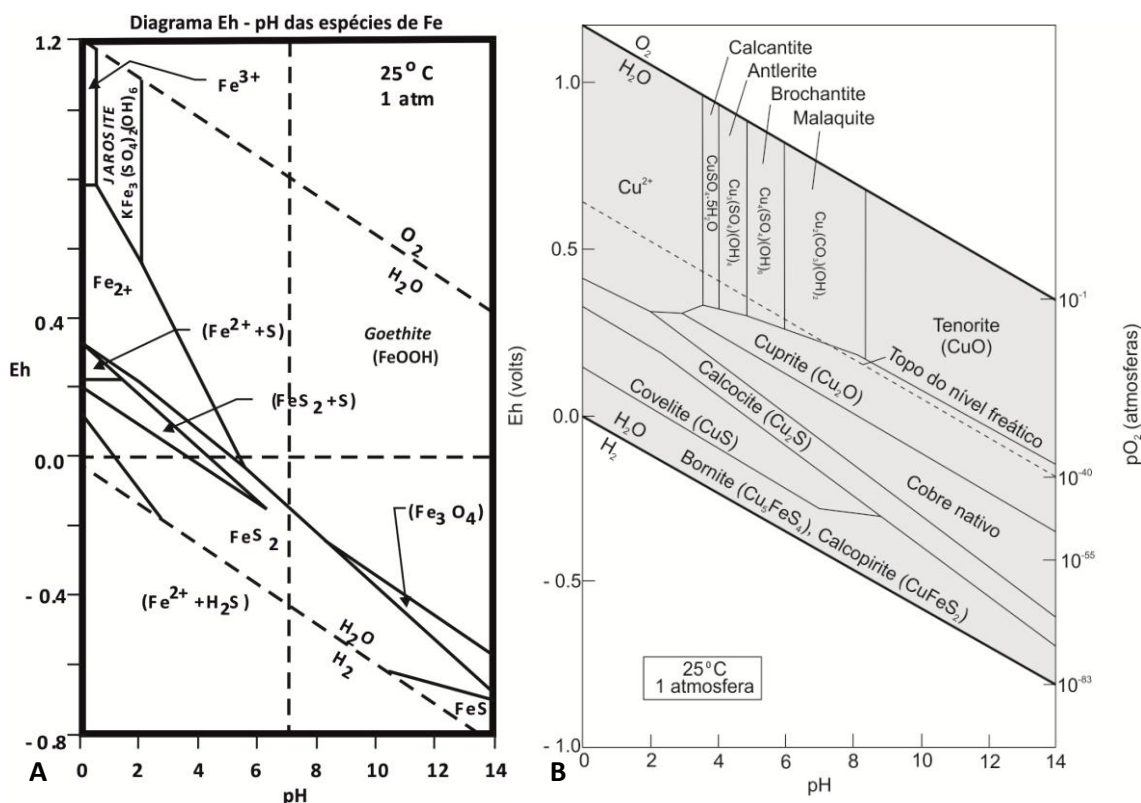
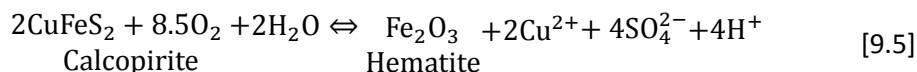
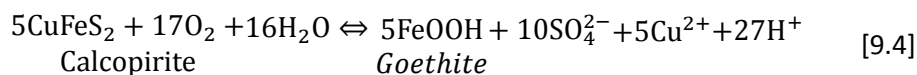


Fig. 9.2a – A: Diagrama de Eh-pH com os campos de estabilidade de alguns componentes de Fe a 25 °C e 1 atmosfera (adaptado de Enders, 2000)

Fig. 9.2b – A: Diagrama de Eh-pH com os campos de estabilidade de alguns minerais de Cu a 25 °C e 1 atmosfera (adaptado de Robb, 2005)

À medida que o Cu^{2+} vai sendo remobilizado/dissolvido das zonas mais superficiais e transportado para zonas mais profundas do perfil, as condições vão sendo diferentes das que se encontram à superfície. De forma progressiva, o ambiente vai sendo cada vez mais redutor, seja pela aproximação do nível freático, seja pela neutralização das soluções ácidas devido à interacção com a rocha encaixante. Sob essas condições o cobre começa então a precipitar na forma de minerais secundários de Cu, reflectindo a composição das águas subterrâneas e das condições de pH e Eh que se encontram no local.

As condições acima e abaixo do nível freático são relativamente diferentes. Acima encontramos-nos perante um ambiente mais oxidante e os campos de estabilidade dos minerais secundários de Cu encontram-se fortemente controlados pelo pH (Robb, 2005). O pH exerce um papel determinante na solubilidade dos ligandos (por exemplo CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , etc), influenciando a paragénes mineral que se vai formar.

Abaixo do nível freático ocorre a deposição e formação de sulfuretos de Cu, pois o ambiente é mais redutor e as condições de Eh são relativamente mais baixas, favorecendo a estabilidade dos sulfuretos. Próximo ou na fronteira entre estes dois ambientes, na linha do nível freático, ocorre a formação de cuprite e de cobre nativo, como se pode observar na Fig. 9.2b.

Em Miguel Vacas, na zona acima do nível freático (ambiente oxidante), encontramos perante um ambiente que foi evoluindo ao longo do tempo. Uma das provas dessa evolução é a presença de diferentes minerais secundárias de Cu, como os óxidos (cuprite e óxido de Cu¹³), fosfatos (pseudomalaquite e *libethenite*), carbonatos (malaquite e azurite) e sulfatos (*brochantite*). Essa variabilidade composicional, e respectiva paragénese mineral, facultam-nos pistas de que, ao longo do tempo, as concentrações dos ligandos responsáveis pela formação de cada uma dessas fases minerais (CO₃²⁻ para os carbonatos, SO₄²⁻ para os sulfatos e PO₄³⁻ para os fosfatos), foram variando, bem como as condições de pH.

No grupo dos sulfatos de Cu apenas foi identificada a *brochantite*. Como se pode observar nas Fig. 9.2b e 9.3 e com base na equação 9.6 (reação de formação da *brochantite*), a *brochantite* terá sido a primeira fase mineral a ser gerada na zona oxidada, pois esta fase mineral forma-se a partir de fluídos enriquecidos no ião sulfato e com Cu²⁺ dissolvido, em ambientes de valores de pH baixos (pH < 6). A formação do ião sulfato resulta da oxidação e decomposição dos sulfuretos que compõem o minério primário (ver equações [9.1], [9.4] e [9.5]).

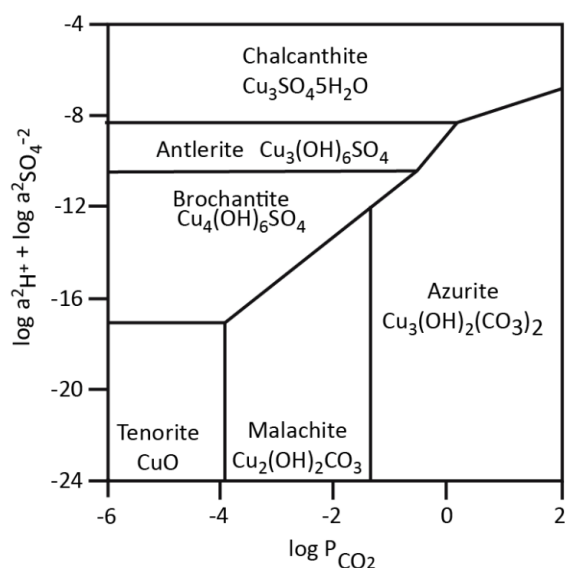
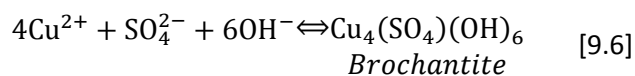


Fig. 9.3 - Diagrama de campos de estabilidade para óxidos, sulfatos e carbonatos de cobre (Woods & Garrels, 1986)



Os carbonatos de Cu identificados em Mina de Miguel Vacas são a malaquite e a azurite, sendo que a malaquite é a mais abundante. A precipitação dos minerais deste grupo ocorre perante um fluído saturado em iões carbonato e é favorecida para condições de pH neutro ou alcalinas. O enriquecimento em iões CO₃²⁻ nos fluídos mineralizantes resulta, provavelmente, da dissolução de carbonatos primários existentes no sistema filoniano ou nas rochas carbonatadas encaixantes. Com o auxílio das Fig. 9.3 e 9.4 (B), juntamente com as equações [9.7], [9.8] e [9.9], é possível verificar que a malaquite precipita a partir de fluídos com concentrações mais baixas de Cu²⁺ e com pressões parciais de CO₂ mais baixas dos que as necessárias para a formação de azurite (Guilbert & Park, 1986).

¹³ Ficha de DRX: 01-080-1916

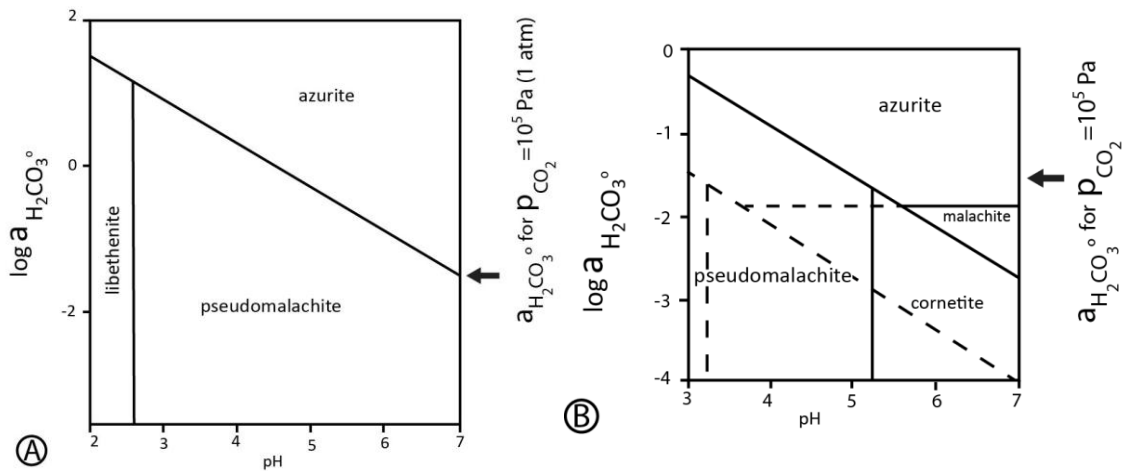
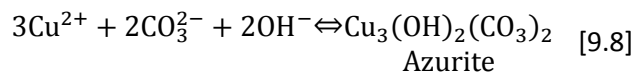
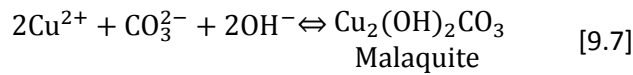


Fig. 9.4 - Diagramas de estabilidade para fosfatos e carbonatos de cobre perante pressões parciais de CO_2 , pH, actividade de H_2CO_3 e de H_2PO_4^- . A: actividade de $\text{H}_2\text{PO}_4^- = 10^{-4}$; B: actividade de $\text{H}_2\text{PO}_4^- = 10^{-6}$ (linhas a cheio) e 10^{-8} (tracejado) (Magalhães et al., 1988)



Os fosfatos de cobre identificados em Miguel vacas compreendem a pseudomalaquite e a *libethenite*, ambos frequentemente a preencher fracturas e espaços abertos. A *libethenite* está sempre associada à pseudomalaquite, enquanto a pseudomalaquite pode ser encontrada associada apenas à malaquite. Dos dois fosfatos de Cu a pseudomalaquite é a fase mineral mais abundante. Forma-se em ambientes mais alcalinos comparativamente à *libethenite*, que ocorre em ambientes mais ácidos. Para a formação de *libethenite* o fluido precisa de estar sobressaturado em ião fosfato com concentrações de Cu^{2+} relativamente baixas. Em contrapartida a pseudomalaquite necessita de concentrações mais altas em Cu^{2+} e de ião fosfato mais baixas. Estas condições baseiam-se nas Fig. 9.7 e 9.8 e nas reacções [9.10], [9.11] e [9.12].

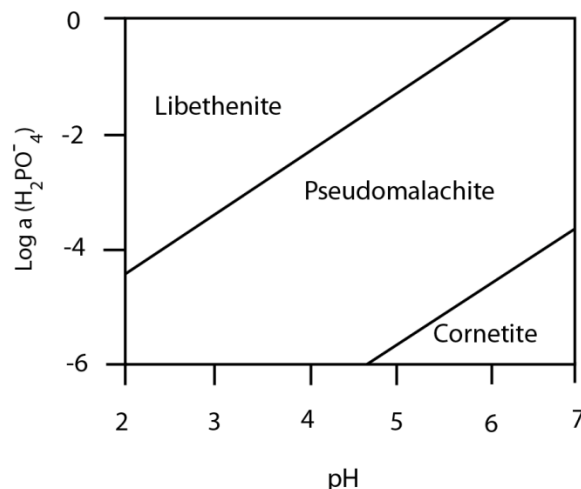


Fig. 9.5 - Diagrama de campos de estabilidade para fosfatos secundários de cobre (pH- H_2PO_4^-) a 25° C (Crane et al., 2001).

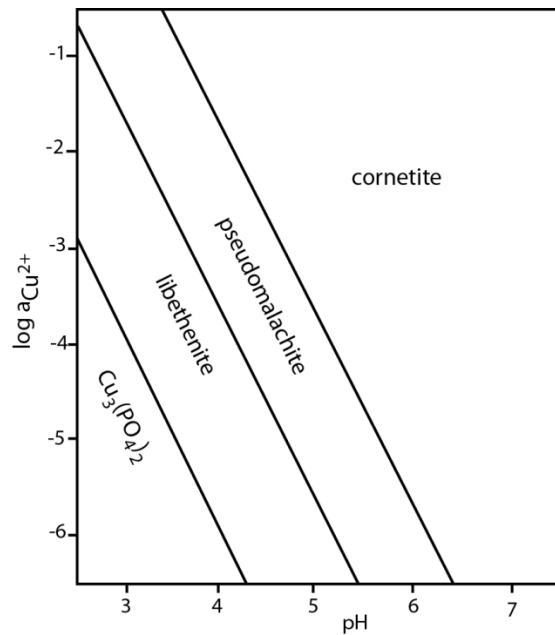
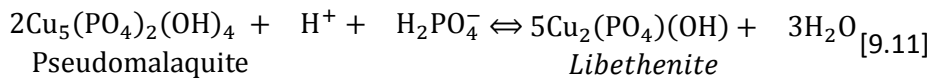
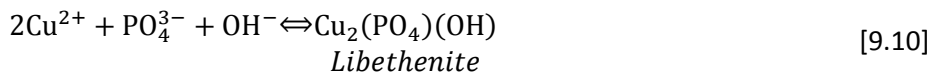
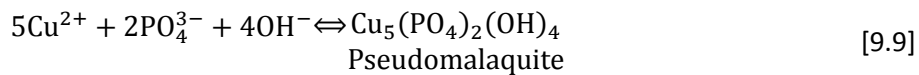
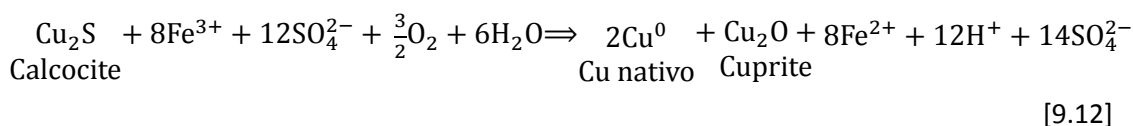


Fig. 9.7 - Diagrama de estabilidade para os fosfatos de cobre (II) (Magalhães, 1991).

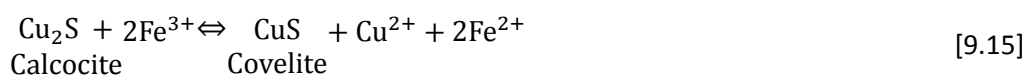
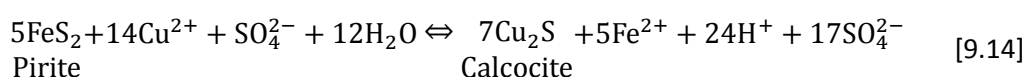


A análise petrográfica revelou a seguinte sequência paragenética a preencher fracturas ou espaços abertos: malaquite + pseudomalaquite ± *libethenite*. A malaquite é o primeiro mineral a formar-se, pois encontra-se ao longo dos bordos das fracturas, seguida pela pseudomalaquite. A *libethenite* é a última a formar-se dos três minerais. A formação da pseudomalaquite e da malaquite não terá ocorrido em equilíbrio, com base na Fig. 9.5 B, pois não existe nenhum ponto ou fronteira em comum entre os campos de estabilidade das duas fases minerais. Sobre as fases minerais da pseudomalaquite em espaços abertos observam-se cristais prismáticos de *libethenite*, o que demonstra que a *libethenite* é posterior à pseudomalaquite. Mas de acordo com Magalhães et al. (1988) a *libethenite* é anterior à pseudomalaquite pois é possível observar esférulas de pseudomalaquite nas faces prismáticas de alguns cristais de *libethenite*, o que vem contrastar com as observações desta dissertação. Uma possível explicação poderá ser a existência de oscilações nas condições de estabilidade e de formação dos fosfatos de cobre, nomeadamente nas concentrações do ião fosfato e/ou no pH (Fig. 9.6 e Fig. 9.7), permitindo a formação de uma primeira geração de pseudomalaquite, seguida de *libethenite* e novamente a formação de uma segunda geração de pseudomalaquite, existindo, portanto, duas gerações de pseudomalaquite e uma de *libethenite*. Outra possibilidade é que as amostras que foram estudadas para cada um dos trabalhos tenham sido recolhidas em locais diferente e que estas características ocorram apenas a nível local e não ao longo de todo o depósito.

No depósito de Cu da Mina de Miguel vacas foram igualmente identificadas as fases minerais cuprite, óxido de Cu¹⁴ e cobre nativo (Cu⁰) associadas à calcocite. Estas fases minerais ter-se-ão formado no ambiente de fronteira entre condições de redox, ou seja, próximo ao nível freático pois é possível observar malaquite associada. Estas fases minerais formam-se sob condições de pressão parcial de O₂ mais baixas do que as condições de formação da malaquite (com base na observação da Fig. 9.2b), ou a partir da calcocite, de acordo com a reacção [9.13]. É possível observar cuprite depois de calcocite e vice-versa, o que pode reflectir uma oscilação do nível freático ao longo do tempo de formação destes minerais.



A mineralização secundária de Cu que se observa em Miguel Vacas, na zona abaixo do nível freático, compreende essencialmente fases minerais de Cu-S (calcocite, covelite, digenite, *djurleite* e anilite) e bornite. Estas fases mineralógicas formam-se em ambientes reduzidos e num intervalo grande de valores de pH. Estas fases minerais resultam principalmente da alteração de calcopirite e pirite (minério primário), como se pode observar pelas reacções [9.14] e [9.15]. A decomposição de calcopirite neste ambiente implica condições contínuas de pH baixo, o que só é possível devido à oxidação de pirite em excesso. Caso contrário, relíquias de calcopirite primária permanecem, como se observa em algumas amostras com calcopirite e desprovidas de pirite (Enders 2000). Posteriormente poderá ocorrer a reacção [9.16], que traduz a formação de covelite a partir de calcocite. A bornite encontra-se apenas associada à calcopirite, ao longo dos planos cristalográficos, formando texturas conhecidas por “flames” (como se pode observar na Fig. 7.5 H) e dos primeiros minerais de alteração a formar-se pois encontra-se a ser substituída pelas fases de Cu-S. A grande maioria das fases de Cu-S são contemporâneas entre si, excepto a covelite que se forma posteriormente à calcocite.



Em Miguel Vacas foram ainda identificadas fases minerais da série Cu-Bi-S (*wittichenite*, *emplectite*, *cuprobismutite*), *bismuthinite* e bismuto nativo. Estes minerais de bismuto ainda não tinham sido identificados ou descritos em trabalhos anteriores realizados na região. Uma das características destes minerais é que se formam normalmente a baixas temperaturas (Wang, 1994), sendo a temperatura de 272 °C o valor máximo para se observar bismuto nativo no estado sólido. O estudo destes minerais juntamente com outros sulfuretos ou sulfossais (por exemplo a arsenopirite) e de inclusões fluídas, podem fornecer bons dados para futuros estudos de geotermometria. Outros aspectos relevantes que foram observados ao longo da recolha de dados para a dissertação desta tese foram:

¹⁴ Ficha de DRX: 01-080-1916

De acordo com um dos trabalhos realizados na Mina de Miguel Vacas, *Parreirão e Gomes* (1987), as mineralizações secundárias de Cu que se encontravam na zona oxidada do jazigo eram compostas por malaquite, *libethenite*, covelite, *chrysocolla* e atacamite. A atacamite apenas foi identificada em análises de DRX (Anexo V – Amostra MVC 13) não tendo sido identificada a *chrysocolla*. Ainda foram identificadas em DRX, mais três fases minerais: *ludjibaite* e *reichenbachite* (polimorfos da pseudomalaquite) e *rosaite* (carbonato de zinco e cobre – $ZnCu(CO_3)(OH)_2$). O facto de não terem sido identificadas estas fases minerais noutras amostras analisadas de DRX ou EPMA pode ser resultado da amostragem não ter sido realizada no mesmo local onde afloram estes minerais. Será necessário recolher mais amostras da zona do minério oxidado e realizar mais análises para verificar se estas fases minerais ocorrem efectivamente em Miguel Vacas.

Surge também a questão relativa ao Au. Este elemento, de alto valor económico, encontra-se referenciado, continuamente, nos relatórios realizados após a campanha de prospecção realizada pela EMIL, que reportou valores médios de 11.5 g/t de Au a partir de lamas de uma das suas sondagens (MV 07). Algumas das empresas de prospecção reanalisaram amostras correspondentes à sondagem em causa chegando mesmo a tentar reproduzir essa sondagem (Auvista Minerals NL). Todos os resultados dessas análises ficaram aquém dos teores reportados pela EMIL.

De facto verifica-se que o Au aparece nas análises de várias fases minerais estudadas e ao longo de todo o perfil, atingindo pontualmente valores elevados (até 0.856 wt%) mas erráticos. Este elemento muito provavelmente encontra-se sob a forma de microinclusões nas fases minerais primárias e secundárias. Nas condições de alteração supergénica o Au é mobilizado durante a decomposição da mineralogia que o contém, sendo logo de seguida incorporado nas fases mineralógicas neoformadas, o que se traduz por uma fraca mobilidade à escala local. Esporadicamente poderá formar concentrações locais, conduzindo ao chamado efeito de pepita que poderia explicar os valores anómalos reportados pela EMIL.

10 Conclusões

Face aos resultados obtidos no presente estudo é possível fazer diversas considerações finais.

1. A Mina de Miguel Vacas é uma estrutura filoniana constituída por $Qz \pm Sid \pm Ank$ à qual se encontra associada uma mineralização hipogénica primária composta por $Cpy + Py \pm Apy \pm Gdt$.
2. É possível diferenciar quatro zonas no depósito de Cu com associações mineralógicas distintas: Zona de leixivação/gossan composta por *Goe/Hem* (neoformação) > $Cpy + Py + Fases\ de\ Cu-S \pm Mal$ (fases residuais); Zona supergénica oxidada constituída por $Mal + Pmal \pm Lib \pm Bro \pm Cc \pm Cup \pm \acute{O}x. Cu^{15} \pm Cu^0 > Cpy \pm Gdt$ (fases residuais); Zona supergénica redutora formada por Fases de $Cu-S + Bn + Cpy + Py \pm Fases\ de\ Cu-Bi-S \pm Bism > Bi^0 \pm Gdt \pm Apy$ e Zona do hipogénico, cuja paragénese encontra-se descrita no ponto acima.¹⁶
3. Este jazigo apresenta uma paragénese idêntica à que se pode encontrar noutras tipologias de depósitos de Cu com enriquecimento supergénico, como a Escondida (Chile). É necessário realizar novas análises para se obter dados relativos a teores para determinar se existe de facto um enriquecimento metálico em Miguel Vacas.
4. O Au existe nas várias fases minerais e ao longo de todo o perfil, isto é, nas diversas zonas identificadas para o depósito de Miguel Vacas, mencionadas anteriormente. Este elemento apresenta valores pontualmente elevados (atinge um valor máximo de 0.856 wt%) mas erráticos. Não é possível observar qualquer zona de enriquecimento deste elemento, quer a nível microscópico quer a nível da microsonda electrónica. Uma das hipóteses é o Au existir sob a forma de microinclusões.
5. Face à presença de fases minerais que não tinham sido mencionadas em trabalhos anteriores (minerais de bismuto) e à presença de certos elementos traço com valores de interesse (por exemplo Ni e Co em Py e Apy), são necessários novos estudos e análises.
6. Estes novos dados suscitam novas questões, para além das mencionadas na introdução, como:
 - Qual ou quais as fontes desses elementos?
 - Quais as condições físico-químicas dos seus ambientes de deposição?
7. De forma a responder às questões em aberto é necessário recolher novos dados e recorrer a outras metodologias, como por exemplo:
 - Estudos isotópicos;
 - Estudos de inclusões fluídas;
 - Estudos de litogeoquímica dos minérios, das formações encaixantes e de formações ígneas existentes na região.
 - Dados de geotermometria, geobarometria

¹⁵ Ficha de DRX: 01-080-1916

¹⁶ Qz – Quartzo; Sid – Siderite; Ank – Ankerite; Goe – Goethite; Hem – Hematite; Cpy – Calcopirite; Py – Pirite; Apy – Arsenopirite; Gdt – Gersdorffite; Mal – Malaquite; Pmal – Pseudomalaquite; Lib – Libethenite; Bro – Brochantite; Cc – Calcocite; Cup – Cuprite; Óx. Cu – Óxido de cobre; Cu⁰ – Cobre nativo; Bism – Bismuthinite; Bi⁰ – Bismuto nativo

11 Bibliografia

- Anthony, J. W., Bideaux, R. A., Bladh, K. W. & Nichols, M.C. (1990). Handbook of Mineralogy: Elements, Sulfides, Sulfosalts. *Mineral Data Publishing*, Vol. I, 588 p.
- Anthony, J. W., Bideaux, R. A., Bladh, K. W. & Nichols, M.C. (1995). Handbook of Mineralogy: Silica, Silicates (Part 1 & 2). *Mineral Data Publishing*, Vol. II, 904 p.
- Anthony, J. W., Bideaux, R. A., Bladh, K. W. & Nichols, M.C. (1997). Handbook of Mineralogy: Halides, Hydroxides, Oxides. *Mineral Data Publishing*, Vol. III, 628 p.
- Anthony, J. W., Bideaux, R. A., Bladh, K. W. & Nichols, M.C. (2000). Handbook of Mineralogy: Arsenates, Phosphates, Vanadates. *Mineral Data Publishing*, Vol. IV, 680 p.
- Anthony, J. W., Bideaux, R. A., Bladh, K. W. & Nichols, M.C. (2003). Handbook of Mineralogy: Borates, Carbonates, Sulfates. *Mineral Data Publishing*, Vol. V, 791 p.
- Araújo, A. (1995). Estrutura de uma geotransversal entre Brinches e Mourão (Zona de Ossa Morena): implicações na evolução geodinâmica da margem sudoeste do Terreno Autóctone Ibérico. Tese de Doutoramento. Universidade de Évora, 200 p.
- Araújo, A., Almeida, J. P., Borrego, J., Pedro, J., & Oliveira, T. (2006). As Regiões Central e Sul da Zona de Ossa-Morena. In: Geologia de Portugal no Contexto da Ibéria (Dias, R., Araújo, A., Terrinha, P., & Kullberg, J., Editores). *Universidade de Évora, Évora*, pp. 151-172.
- Carvalhosa, A., Gonçalves, F., Oliveira, V. (1987) – Notícia explicativa da Carta Geológica de Portugal 1/50.000, folha 36-D, Redondo. *Serviços Geológicos de Portugal*, 63 p.
- Cerveira, A. (1972): As minas de cobre de Miguel Vacas. Relatório nº1, EMIL – Emp. de Mineração SARL, Porto, Portugal. *Rel. Int. LNEG*, Lisboa (não publicado).
- Cerveira, A. (1975). Ante-projecto para entrada em exploração da Mina de cobre de Vila Viçosa ou de “Miguel Vacas”. Relatório 2, EMIL – Emp. de Mineração SARL, Porto, Portugal. *Rel. Int. LNEG*, Lisboa (não publicado).
- Chávez, W. (2000). Supergene oxidation of copper deposits: zoning and distribution of copper oxide minerals. *Society of Economic Geologists Newsletter*, vol. 41 (1), pp. 10-21.
- Corrula, L. M. & Branco, J. M. C. (2005). Área do Alandroal: Relatório do primeiro semestre de 2005 (Rio Narcea Gold Mines, S.A. – Sucursal em Portugal). *Rel. Int. LNEG*, Lisboa (Não Publicado).
- Corrula, L. M. & Branco, J. M. C. (2007). Projecto do Alandroal: Relatório Final (Rio Narcea Gold Mines, S.A. – Sucursal em Portugal). *Rel. Int. LNEG*, Lisboa (Não Publicado).
- Crane, M. J., Sharpe, J. L., & Williams, P. A. (2001). Formation of Chrysocolla and Secondary Copper Phosphates in the Highly Weathered Supergene Zones of Some Australian Deposits. *Records of the Australian Museum*, Vol. 53, pp. 49-56.

- Enders, M. S. (2000). The Evolution of Supergene Enrichment in the Morienci Porphyry Copper Deposit, Greenlee County, Arizona. Tese de Doutoramento. Universidade de Arizona, 516 p.
- Faria, A. F. (2000). Projecto de Vila Viçosa: Relatório Final do Contracto de Prospecção e Pesquisa assinado em 18 de Março de 1996 (PROMINAS – Geologia e Minas, Lda). *Rel. Int. LNEG*, Lisboa (Não Publicado).
- Guilbert, J. M. & Park, C. F., Jr. (1986). The Geology of Ore Deposits. *W.H. Freeman and Company, New York*, 985 p.
- Magalhães, M. C. F. (1991). Análise termodinâmica de associações de Carbonatos, Fosfatos, Sulfatos de Cobre (II). *Geociências, Ver. Univ. Aveiro*, Vol. 6 (1-2), pp. 123-131.
- Magalhães, M. C. F., Jesus, J. D. P. de, & Williams, P. A. (1988). Copper(II) Phosphate Minerals from the Miguel Vacas Mine, Alentejo, Portugal. *Journal of the Russel Society*, Vol. 2 (1), pp. 13-18.
- Matos, J.X. & Rosa, C. (2001). Diagnóstico Preliminar de Minas Abandonadas – Área Sul. *Relatório Interno IGM*, 276pp.
- Mateus, A., Matos, J. X., Rosa, C., & Oliveira, V. (2003). Cu-ores in quartz-carbonate veins at Estremoz-Alandroal and Barrancos-S to Aleixo regions (Ossa Morena Zone): a result of Late- Variscan hydrothermal activity?. *Ciências da Terra (UNL)*, nº esp. V(CD-ROM), pp. F90-F93.
- Nickel, E. H. (1954). THE DISTRIBUTION OF IRON, MANGANESE, NICKEL, AND COBALT BETWEEN CO-EXISTING PYRITE AND BIOTITE IN WALLROCK ALTERATION. *American Mineralogist*, Vol. 39 (5-6), pp.494 - 503.
- Nriagu, J. O. & Moore, P. B. (1984). Phosphate Minerals. *Springer-Verlag Berlin*, 442 p.
- Oliveira, J. T., Oliveira, V., & Piçarra, J. M. (1991). Traços gerais da evolução tectonoestratigráfica da Zona de Ossa-Morena, em Portugal. *Cuadernos Lab. Xeolóxico de Laxe*, Coruña, Vol. 16, pp. 221-250.
- Oliveira, V. (1984). Contribuição para o conhecimento geológico-mineiro da região Alandroal-Juromenha (Alto Alentejo). *Estudos, Notas e Trabalhos. Serviços do Fomento Mineiro*, Lisboa, XXVI (1-4), pp. 103-126.
- Oliveira, V. (1986). Prospecção de minérios metálicos a Sul do Tejo. *Geociências, Aveiro*, vol. 1 (1-2), pp. 15-22.
- Ortega, L., Lunar, R., García-Palomero, F., Moreno, T., Martín-Estévez, J. R., Prichard, H. M., & Fisher, P. C. (2004). The Aguablanca Ni–Cu–PGE Deposit, Southwestern Iberia: magmatic ore-forming processes and retrograde evolution. *The Canadian Mineralogist*, Vol. 42 (2), pp. 325-350.

- Parreirão e Gomes, A. L. (1987). Miguel Vacas: Situação Técnico-Económica – Suas Perspectivas. Estudo de Viabilidade, Minargol – Complexo Mineiro de Argozelo, S.A., Lisboa, Portugal. *Rel. Int. LNEG*, Lisboa (não publicado)
- Perdigão, J. C. (1976) – Notícia explicativa da Carta Geológica de Portugal 1/50.000, folha 37-C, Juromenha. *Serviços Geológicos de Portugal*, 16 p.
- Ramdohr, P. (1980). *The Ore Minerals and their Intergrowths* (2nd Edition). Pergamon Press, Oxford, Inglaterra, vol. 1 e 2, 1207 p.
- Robb, L. J. (2005). Introduction to Ore-Forming Processes. *Blackwell Science Ltd*, p. 373.
- Rosas, F. M. (2003). Estudo Tectónico do Sector de Viana do Alentejo - Alvito: Evolução Geodinâmica e Modelação Analógica de Estruturas em Afloramentos Chave (Ramo Sul da Cadeia Varisca Ibérica – SW da Zona de Ossa Morena). Tese de Doutoramento. Universidade de Lisboa, 364 p.
- Sillitoe, R. H. (2005). Supergene Oxidized and Enriched Porphyry Copper and Related Deposits. *Economic Geology*, 100th Anniversary Volume, pp. 723-768.
- Tornos, F., Inverno, C. M. C., Casquet, C., Mateus, A., Ortiz, G., & Oliveira, V. (2004). The metallogenic evolution of the Ossa-Morena Zone. *Journal of Iberian Geology*, 30, pp. 143-181.
- Uytendogaardt, W. & Burke, E. A. J. (1971). Tables for Microscopic Identification of Ore Minerals (2nd revised edition). *Elsevier Science Ltd*, 430 p.
- Wang, N. (1994). The Cu-Bi-S system: results from low-temperature experiments. *Mineralogical Magazine*, Vol. 58 (2), pp. 201-204.
- Woods, T. L. & Garrels, R. M. (1986). Phase relations in some cupric hydroxyl minerals. *Economic Geology*, Vol. 81 (8), pp. 1989-2007
- Zamana, L. V. & Usmanov, M. T. (2007). Thermodynamic and Hydrogeochemical Formation Conditions of Brochantite As a Crystalline Hydrate: A Case of the Udokan Copper Deposit. *Doklady Earth Sciences*, Vol. 413 (2), pp. 269-271.

Anexos

Anexo I – Mapa geológico simplificado da área em estudo (escala 1/50.000)

Anexo II – Mapa geológico com localização das sondagens (escala 1/7.500)

Anexo III – Fichas Petrográficas

Anexo IV – Amostras e paragénese mineral de Miguel Vacas

Anexo V – Difracção de Raios-X e MicroDifracção de Raios-X (DRX e MicroDRX)

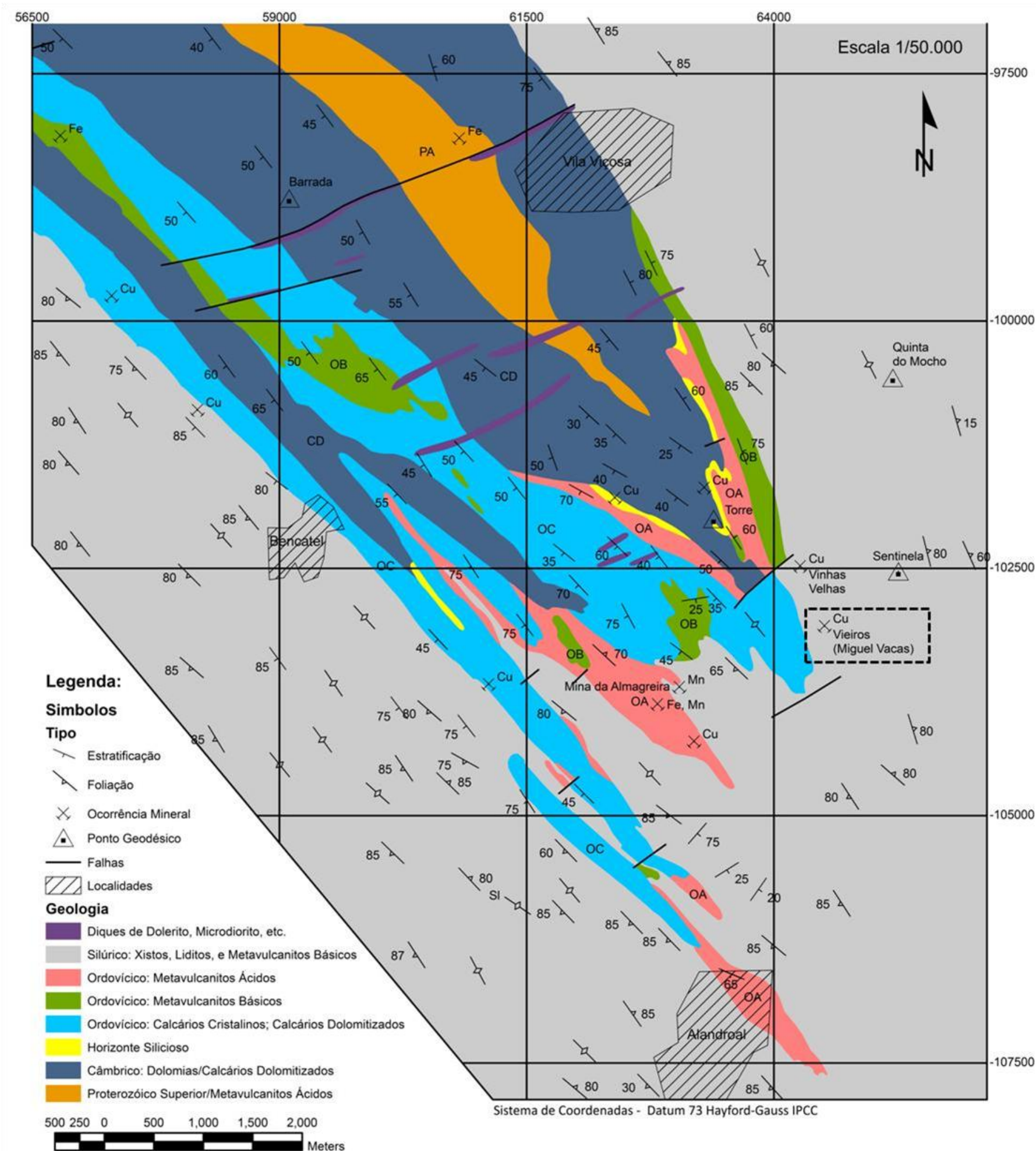
Anexo VI – Condições de leitura e padronização de microsonda electrónica

Anexo VII – Análises mineralógicas por microsonda electrónica (EPMA)

Anexo I

Mapa geológico simplificado da área em estudo (Escala 1/50.000)

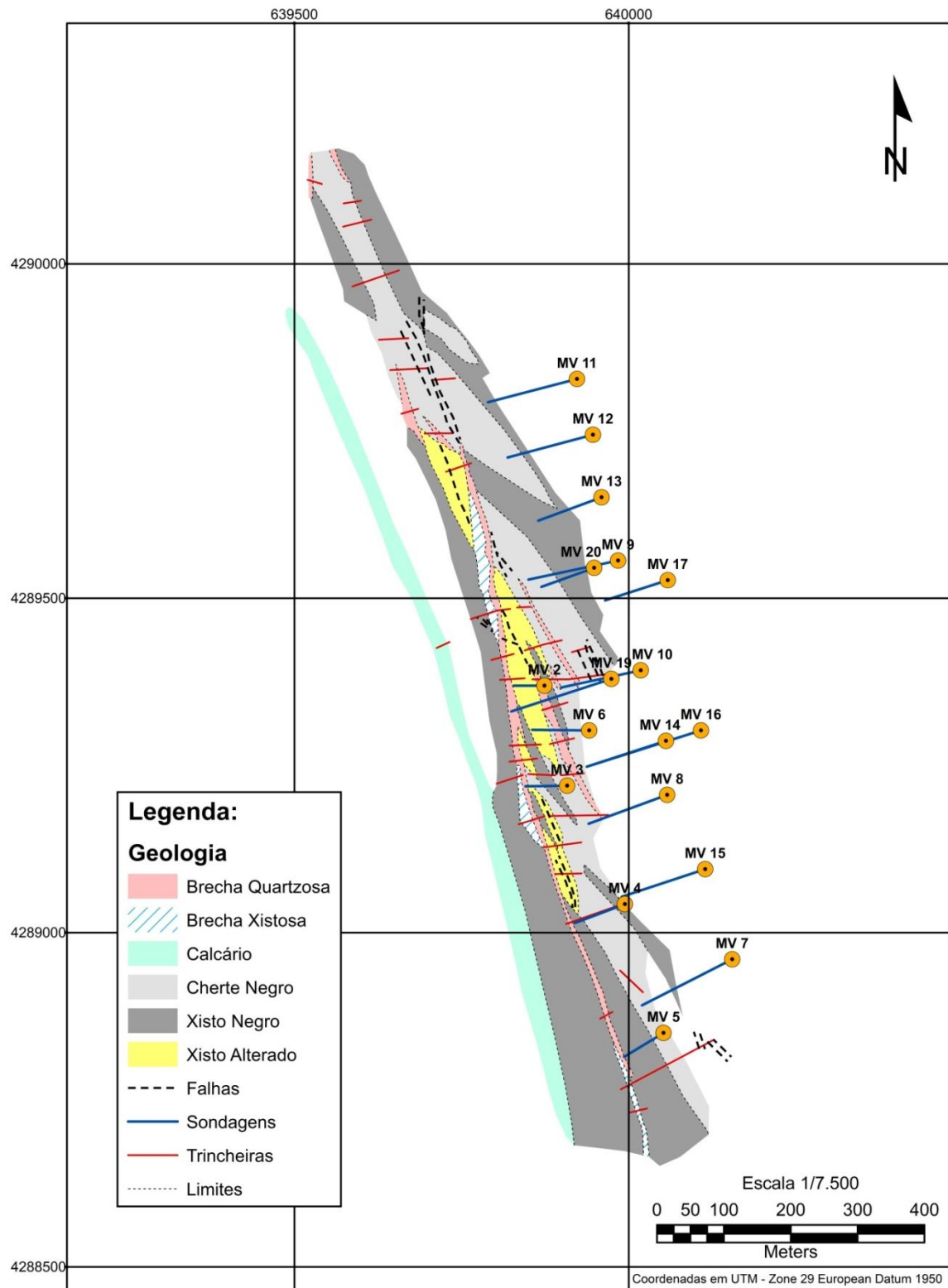
Carta geológica simplificada da região SE do Anticlinal de Estremoz (adaptada de Faria, 2000)



Anexo II

Mapa geológico e de localização de sondagens (Escala 1/7.500)

Mapa geológico e da localização de sondagens (adaptado de Corrula & Branco, 2005)



Anexo III

Fichas Petrográficas

Lâmina: MDT-13

Associação mineral: Cuprite, Óxido de Cobre, Calcocite, Anilite, Digenite, Calcopirite, *Gersdorffite*, Cobre nativo, Malaquite, Quartzo

Descrição: Amostra de minério de Cu com veios de quartzo. Os veios de quartzo aparentam ser apenas uma geração, encontrando-se apenas uma geração, encontrando-se fracturados e com alguns opacos associados (rara calcopirite e *gersdorffite*).

O minério de Cu é composto por malaquite, cuprite, óxido de cobre, calcocite, digenite e anilite. A malaquite (mineral de tons verdes) encontra-se a preencher as fracturas intergranulares existentes no quartzo e a porosidade que se observa no minério (Figura 2). A cuprite (mineral cinza azulado, com reflexões internas vermelho sangue e forte anisotropia) e a calcocite (mineral cinza esverdeado) são os minerais opacos mais abundantes da amostra, sendo possível observar associado a estes minerais um óxido de Cu (mineral de cor creme a castanho claro, com pleocroísmo e anisotropia moderada). A anilite e digenite encontram-se associadas ao óxido de cobre, formando pequenos agregados em alguns dos grãos. Foi ainda possível observar um grão de cobre nativo associado à cuprite.

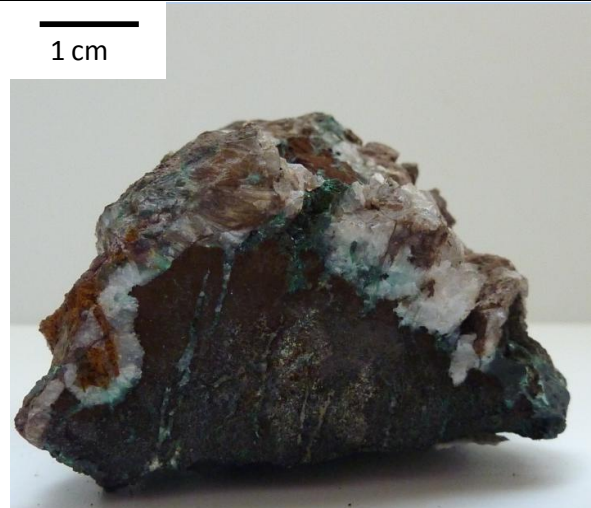


Figura 1 – Amostra de mão MDT 13

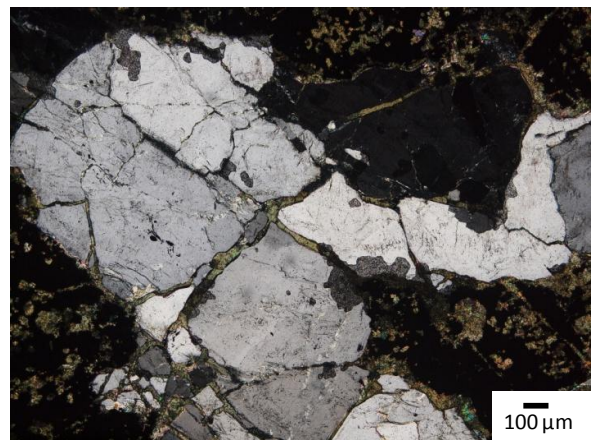


Figura 2 – Veio de quartzo fracturado a cortar a zona de mineralização secundária de Cu (calcocite, cuprite e óxidos de Cu. Apresenta alguma porosidade). A malaquite encontra-se a preencher a porosidade e as fracturas. Observação em microscopia de luz transmitida duplamente polarizada (Objectiva de 5x).

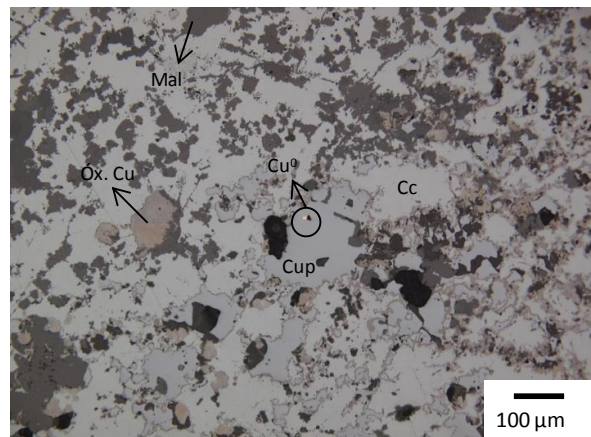


Figura 3 – Massa de minério secundário de Cu composto por calcocite (Cc), Cuprite (Cup), Óxido de Cu (Óx. Cu), Malaquite (Mal) e Cobre nativo (Cu⁰). Observado em microscopia de luz reflectida simplesmente polarizada (Objectiva de 10x)

Observações complementares: Analisada em microsonda electrónica, difracção e microdifracção de raio-X.

Lâmina: MDT-30

Associação mineral: Quartzo, Malaquite ou Pseudomalaquite

Descrição: Amostra de veio de quartzo com corredores muito fracturados compostos por clastos de dimensão heterométrica. Os clastos apresentam uma textura “*jigsaw-fit*” e encontram-se cimentados por malaquite ou pseudomalaquite (figuras 2 e 3). O quartzo apresenta uma granularidade heterométrica, variando entre o grosseiro (maior que 2 mm e com extinção ondulante – evidências de recristalização) e o microcristalino (com texturas em mosaico). Não se observam minerais opacos na amostra.



Figura 1 – Amostra de mão MDT 30

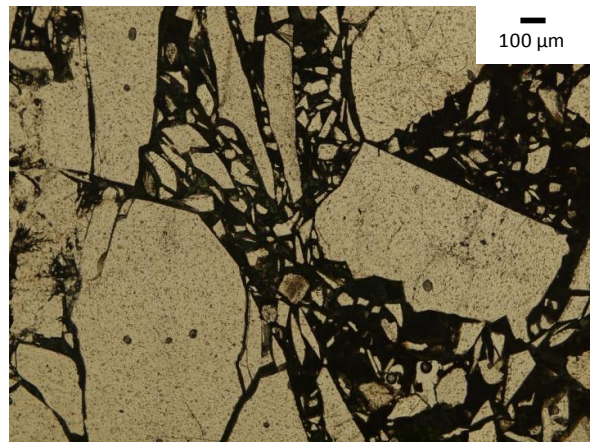


Figura 2 – Luz transmitida simplesmente polarizada (Objectiva 5x). Observam-se clastos de quartzo com uma textura “*jigsaw-fit*” encontrando-se cimentados por malaquite ou pseudomalaquite.

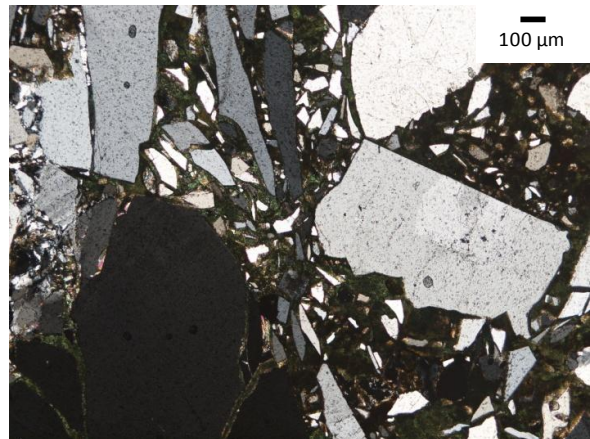


Figura 3 – Luz transmitida duplamente polarizada (Objectiva 5x). Observam-se clastos de quartzo com uma textura “*jigsaw-fit*” encontrando-se cimentados por malaquite ou pseudomalaquite.

Observações complementares: Não foram realizadas análises complementares

Lâmina: MDT-34

Associação mineral: Calcopirite, Bornite, Óxidos e Hidróxidos de Fe (*Goethite*/Hematite), Pirite, Fases de Cu-S (Calcocite, Digenite, Anilite, Covelite), *Gersdorfitte*, Quartzo

Descrição: Amostra de minério maciço fracturado, cujas fracturas encontram-se preenchidas principalmente por quartzo. O minério é composto por calcopirite (mineral opaco mais abundante), pirite, fases de Cu-S, bornite, *gersdorfitte* e óxidos e hidróxidos de Fe. A calcopirite encontra-se muito fracturada. Nos bordos dos grãos de calcopirite e ao longo das fracturas é possível observar halos de alteração constituídos por fases de Cu-S. Ao longo dos planos cristalográficos da calcopirite é possível observar bornite intercrescida, formando texturas conhecidas por “*flames*”.

A pirite que se observa nesta amostra encontra-se associada aos veios de quartzo e à calcopirite. Apresenta formas anédricas a euédricas, sendo que as formas euédricas encontram-se preferencialmente nas fracturas e espaços abertos existentes na calcopirite e as formas anédricas associadas ao quartzo e raramente à calcopirite. Relacionada com a pirite presente no quartzo encontra-se a *gersdorfitte*, um mineral cinza e com uma reflectância próxima à da pirite (podendo passar despercebido à primeira vista). Os óxidos e hidróxidos de Fe encontram-se a preencher algumas das fracturas da calcopirite ou associados à pirite. Podem apresentar pseudoformas euédricas, resultado da decomposição da pirite.

Observações complementares: Analisada em microsonda electrónica.

Lâmina: MV 02-01

Associação mineral: Óxidos e Hidróxidos de Fe (*Goethite*/Hematite), Pirite, Quartzo

Descrição: Amostra de zona de contacto entre brecha xistosa e brecha quartzosa. Em lâmina é possível observar grafite nos clastos de xistos (encontramo-nos perante xisto negro), embora a maioria dos clastos se encontrem silicificados. É possível observar mais do que uma geração de quartzo na amostra (veio de quartzo com 1 mm de espessura que intersecta toda a amostra). As mineralizações de opacos são mais abundantes na área da brecha xistosa (embora correspondam a menos de 20% da totalidade da lâmina) e são compostas principalmente por óxidos e hidróxidos de Fe (*Goethite*/Hematite), por vezes sob a forma de pseudomorfofos. Também se observam em alguns dos óxidos e hidróxidos de Fe relíquias de pirite.

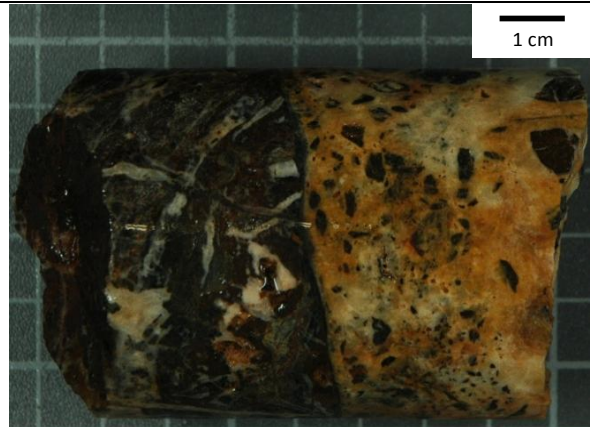


Figura 1 – Amostra de mão MV 02-01

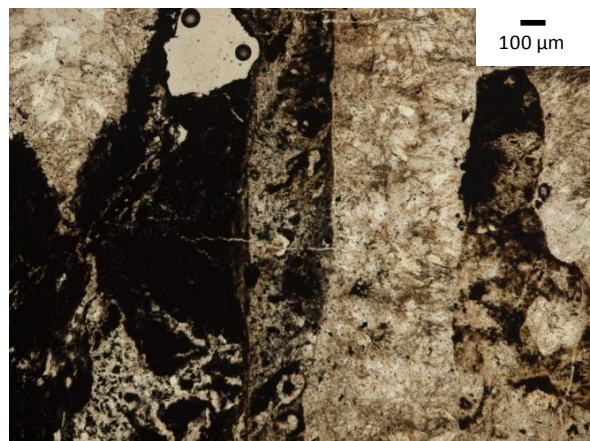


Figura 2 – Zona de contacto entre a brecha quartzosa e a brecha xistosa. Observação de microscopia de luz transmitida simplesmente polarizada (objectiva de 5x).

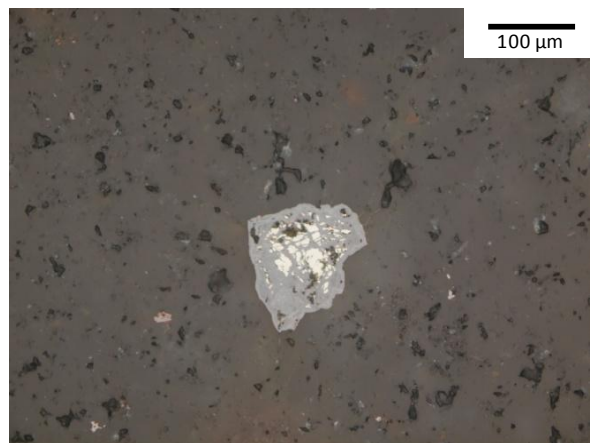


Figura 3 – Grão de pirite a decompor-se para *Goethite*/Hematite no veio de quartzo. Observação de microscopia de luz reflectida simplesmente polarizada (objectiva de 40x).

Observações complementares: Não foram realizadas análises complementares

Lâmina: MV 03-04

Associação mineral: Óxidos e Hidróxidos de Fe (*Goethite*/Hematite), Calcopirite, Pirite, Rútilo, Quartzo, Sericite, Malaquite, Carbonatos

Descrição: Amostra de xisto alterado (sericitização e possivelmente cloritização) com mineralização associada.

É possível observar na lâmina sericite muito abundante (possivelmente resultado de processos de alteração). Apresenta pelo menos duas gerações de quartzo, pois é possível observar a intersecção de dois veios (Figura 3).

Os minerais opacos que se observam na amostra são óxidos e hidróxidos de Fe (mineralização de opacos mais abundante), pirite, calcopirite (?) e rútilo. Estas mineralizações encontram-se associadas às fases mais tardias de quartzo.

Os óxidos e hidróxidos de Fe apresentam texturas colomórficas e com formas ora anédricas ora pseudomorfoses (Figura 2).

As pirites e calcopirites encontram-se disseminadas ao longo dos veios de quartzo e próximas ao contacto com o encaixante, enquanto o rútilo encontra-se disseminado pelo encaixante.

Na lâmina também se observam carbonatos e mineralizações secundárias de Cu (provavelmente malaquite ou pseudomalaquite) encontrando-se a preencher os espaços abertos existentes nos veios de quartzo.



Figura 1 – Amostra de mão MV 03-04

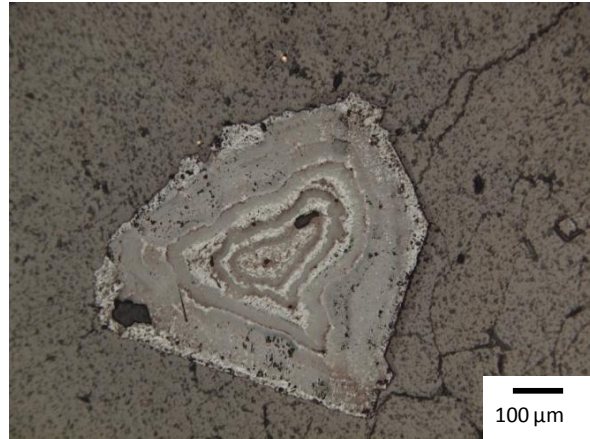


Figura 2 – Grão de *Goethite*/Hematite com textura colomórfica observada em microscopia de luz reflectida simplesmente polarizada (objectiva de 10x).

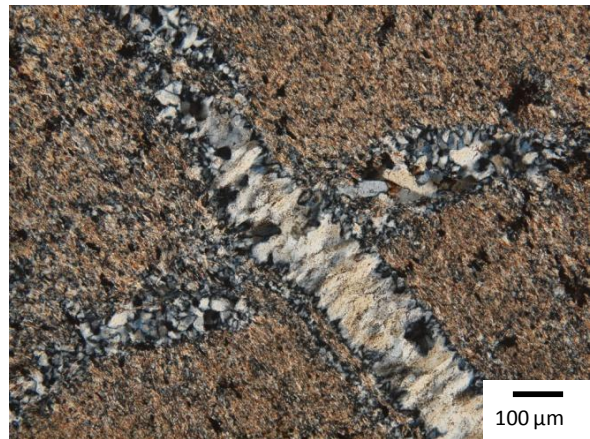


Figura 3 – Intersecção de veios de quartzo em xistos cinzentos muito sericitizados, observados em microscopia de luz transmitida duplamente polarizada (objectiva de 10x).

Observações complementares: Não foram realizadas análises complementares

Lâmina: MV05-01

Associação mineral: Calcopirite, Pirite, Óxidos e Hidróxidos de Fe (*Goethite*/Hematite), Fases de Cu-S, Malaquite/Pseudomalaquite, Quartzo e Carbonatos

Descrição: Amostra de veio de quartzo e minério de Fe e Cu muito fracturado, dando um aspecto brechóide.

Na lâmina é possível observar quartzo ora microcristalino com texturas em mosaico (normalmente próximo aos óxidos e hidróxidos de Fe) ora com granularidade mais grosseira (acima de 1 mm de tamanho) com evidências de mais do que uma etapa de formação (texturas em *comb* – zonas ricas em microinclusões).

O minério que se observa na amostra é composto principalmente por óxidos e hidróxidos de Fe onde se encontra calcopirite e malaquite/pseudomalaquite. A calcopirite encontra-se muito fracturada e ao longo dos bordos é possível observar halos de alteração para fases de Cu-S. A malaquite/pseudomalaquite para além de se encontrar a preencher fracturas existentes no quartzo, encontra-se também a preencher espaços abertos existentes nos óxidos e hidróxidos de Fe. Associado ao quartzo ainda se observam agregados de pirite, de dimensão inferior a 1 mm, embora sejam muito raros na lâmina (abundância inferior a 1%).



Figura 1 – Amostra de mão MV 05-01

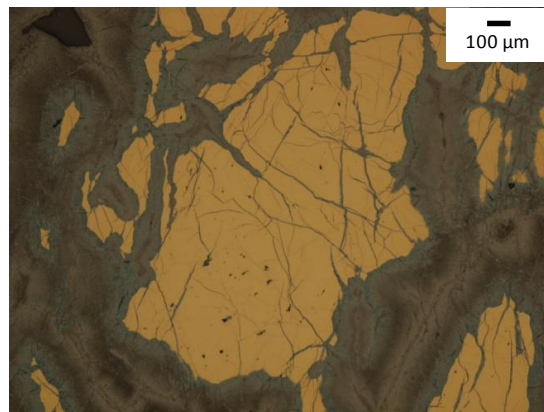


Figura 2 – Microscopia de luz reflectida simplesmente polarizada (objectiva de 5x). Calcopirite muito fracturada, com halos de alteração de fases de Cu-S e óxidos e hidróxidos de Fe.

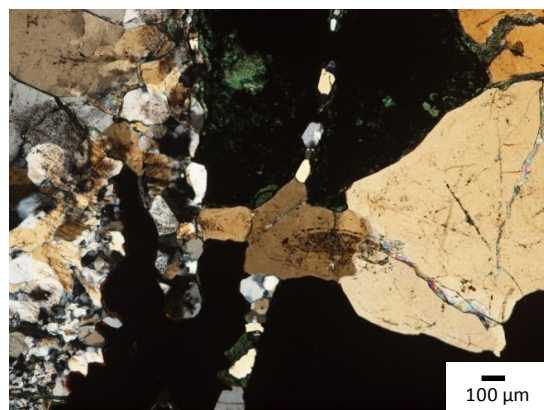


Figura 3 – Microscopia de luz transmitida duplamente polarizada (objectiva de 5x). Veios de quartzo a cortar as mineralizações de opacos e malaquite a preencher espaços abertos.

Observações complementares: Não foram realizadas análises complementares

Lâmina: MV 06-01

Associação mineral: Calcopirite, Pirite, Quartzo, Carbonatos

Descrição: Amostra de xisto negro (observa-se ao microscópio grafite com veio de quartzo ± carbonatos e sulfuretos disseminados pelo veio. Observa-se no quartzo evidências de mais do que uma etapa de formação (texturas de crescimento em *comb* – Figura 2) e a preencher os espaços abertos existentes no quartzo encontram-se os carbonatos (com clastos de rocha encaixante associados, cuja dimensão é inferior a 1 cm). As mineralizações de opacos encontram-se associadas aos carbonatos e são constituídas por calcopirite e pirite, apresentando uma dimensão inferior a 2 mm e a 100 µm (respectivamente).

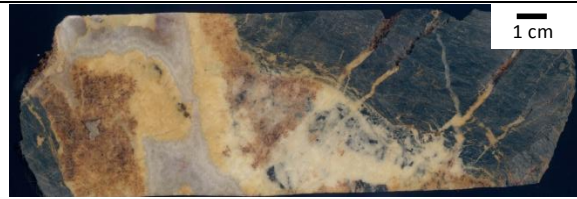


Figura 1 – Amostra de mão MV 06-01

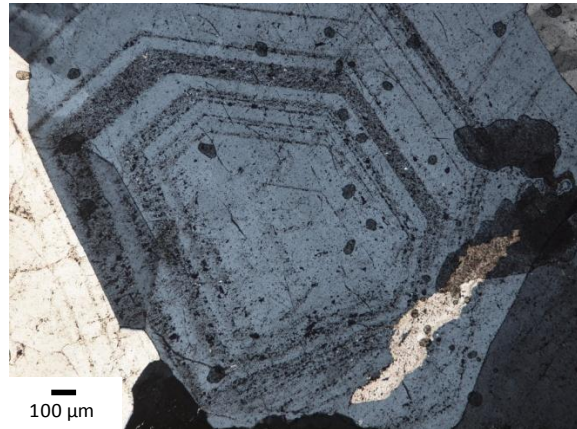


Figura 2 – Quartzo com múltiplas fases de formação (texturas de crescimento em *comb*). Observação em microscopia de luz transmitida duplamente polarizada (objectiva de 5x).

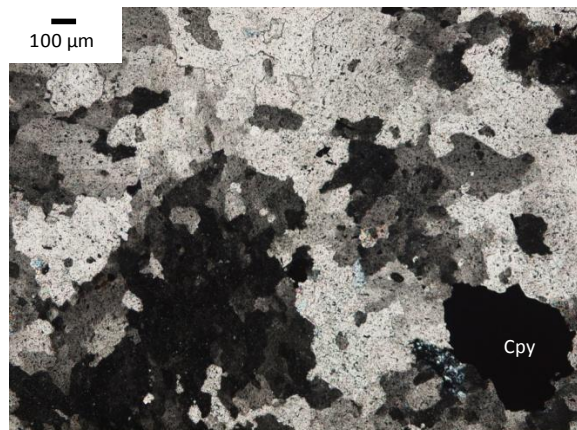


Figura 3 – Carbonatos com mineralizações de opacos (calcopirite – Cpy). Observação em microscopia de luz transmitida duplamente polarizada (objectiva de 5x).

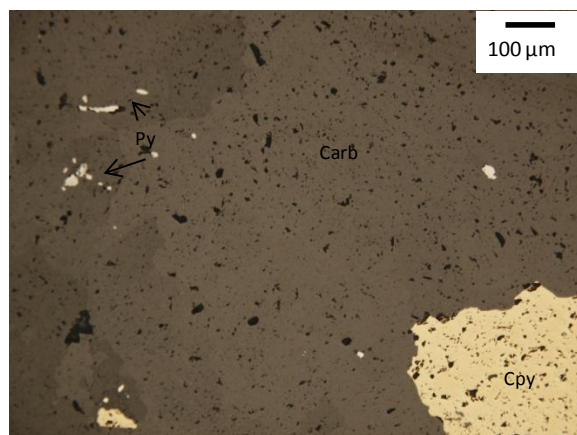


Figura 4 – Mineralizações de calcopirite (Cpy) e pirite (Py) associadas a carbonatos (Carb). Observação em microscopia de luz reflectida simplesmente polarizada (objectiva de 10x).

Observações complementares: Não foram realizadas análises complementares

Lâmina: MV 06-03

Associação mineral: Fases de Cu-S, Malaquite/Pseudomalaquite, Rútilo, Calcopirite, Quartzo, Carbonatos

Descrição: Amostra brechificada, composta por xisto cinzento (?), carbonatos, mineralizações secundárias de Cu e veios/filonetes de quartzo. Na lâmina observam-se duas gerações de quartzo (intersecção de veios) e espaços abertos. Os carbonatos observados são abundantes e encontram-se, por vezes, a preencher os espaços abertos do quartzo. As mineralizações secundárias de Cu que se observam ao longo da lâmina são compostas por minerais de malaquite/pseudomalaquite com fases de Cu-S, normalmente nos veios de quartzo. Também se observam raros minerais de calcopirite e disseminações de rútilo na lâmina.

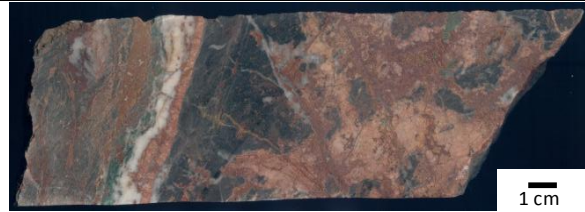


Figura 1 – Amostra de mão MV 06-03

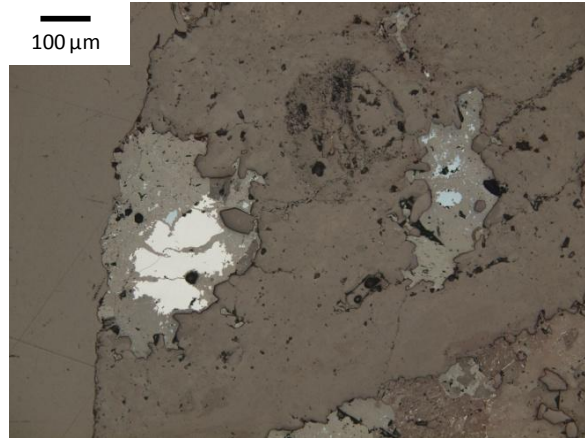


Figura 2 –

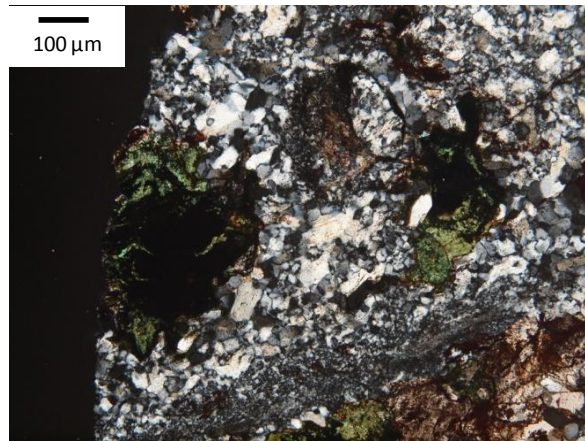


Figura 3 –

Observações complementares: Não foram realizadas análises complementares

Lâmina: MV 06-04

Associação mineral: Calcopirite, Bornite, Fases de Cu-S, Óxidos e Hidróxidos de Fe (*Goethite*/Hematite), Malaquite/Pseudomalaquite, Quartzo

Descrição: Amostra de brecha xistosa (xisto cinzento). Em lâmina é possível discernir uma silicificação dos clastos de rocha encaixante. O quartzo que constitui os veios que se observam na lâmina, encontra-se normalmente sob a forma de paliçada e em algumas áreas é possível observar evidências de recristalização.

As mineralizações desta amostra são compostas por malaquite/pseudomalaquite, sulfuretos e óxidos e hidróxidos de Fe (mais abundantes). Os sulfuretos desta amostra são formados por calcopirite, bornite e fases de Cu-S, sendo que os últimos dois são resultado da decomposição da calcopirite. A bornite encontra-se sob a forma de “*flames*” (intercrescida ao longo de planos cristalográficos da calcopirite) e as fases de Cu-S encontram-se ao longo do bordo dos grãos de calcopirite, formando halos de alteração. A malaquite/pseudomalaquite que se observa na amostra encontra-se principalmente a preencher fracturas e espaços abertos existentes nos veios.

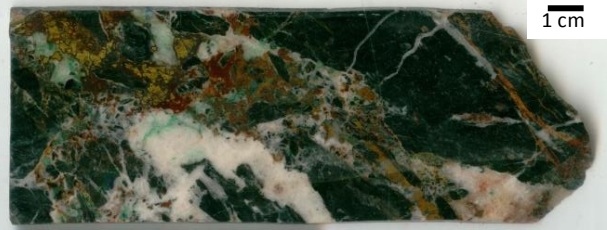


Figura 1 – Amostra de mão MV 06-04



Figura 2 –

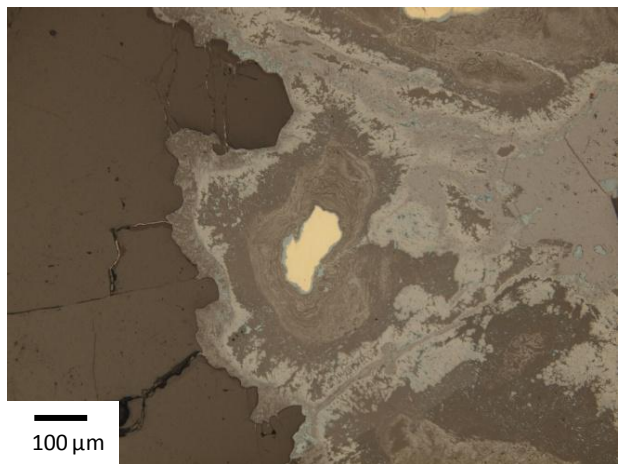


Figura 3 –

Observações complementares: Não foram realizadas análises complementares

Lâmina: MV 07-02

Associação mineral: Pirite, Rútilo, Quartzo, Carbonatos

Descrição: Amostra de veio de quartzo com clastos de rocha encaixante alterada (devido às suas tonalidades verdes, provavelmente cloritização).

Numa observação atenta à lâmina desta amostra é possível discernir vários aspectos. Um desses aspectos é a presença de pelo menos duas gerações de quartzo, pois é possível observar a intersecção de veios. O quartzo também apresenta evidências de crescimento em *comb*. Outro desses aspectos é que os clastos de rocha encaixante apresentam sericite abundante, possivelmente é resultado de sericitização do encaixante e não só cloritização como foi mencionado anteriormente. Os sulfuretos e óxidos que se observam nesta lâmina, pirite e rútilo (respectivamente), encontram-se disseminados e associados ao clastos do encaixante.



Figura 1 – Amostra de mão MV 07-02

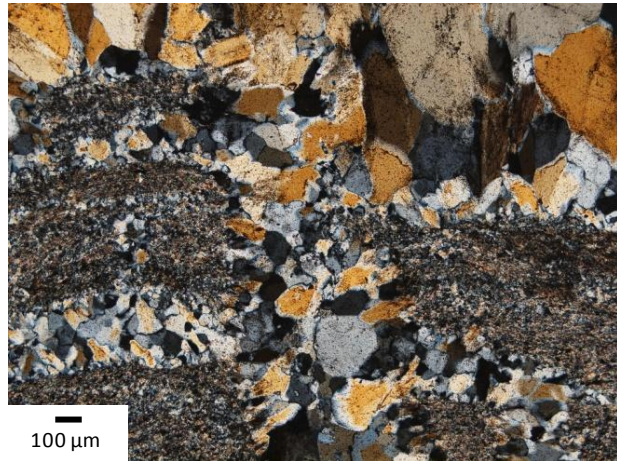


Figura 2 –

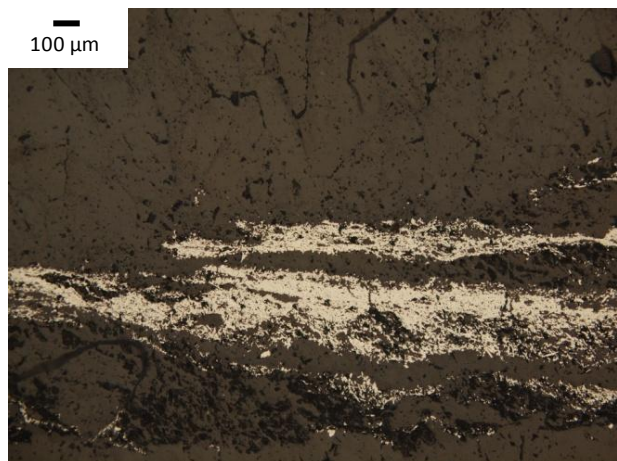


Figura 3 –

Observações complementares: Não foram realizadas análises complementares

Lâmina: MV 07-03

Associação mineral: Calcopirite, Pirite, *Bismuthinite*, Fases de Cu-Bi-S, Quartzo, Carbonatos

Descrição: Amostra de rocha encaixante com veio e filonetes de quartzo ± carbonatos e agregados de sulfuretos.

Na observação microscópica é possível ver quartzo sob a forma microcristalina com texturas em mosaico ou apresenta uma granularidade mais grosseira. Também se observam clastos do encaixante (xisto cinzento) com sericite abundante e carbonatos associados. Observam-se agregados de calcopirite e pirite nos veios de quartzo. A calcopirite apresenta uma dimensão inferior a 1 cm. A pirite encontra-se normalmente próxima ao contacto do veio de quartzo com os clastos de rocha encaixante ou a preencher espaços abertos existentes na calcopirite (fracturas ou porosidade). Também se observam fases de Cu-Bi-S e *bismuthinite* associadas à calcopirite.

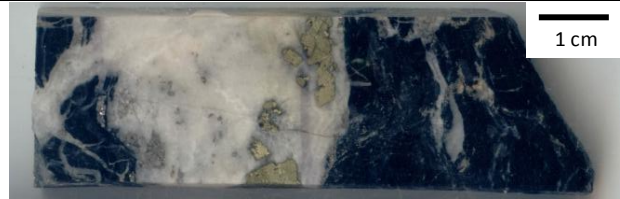


Figura 1 – Amostra de mão MV 07-03

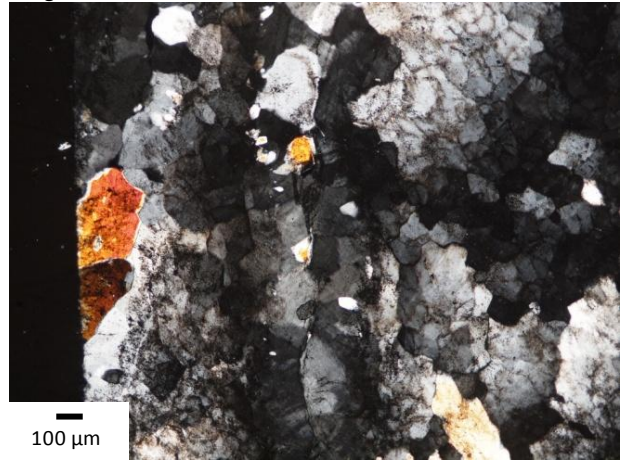


Figura 2 –

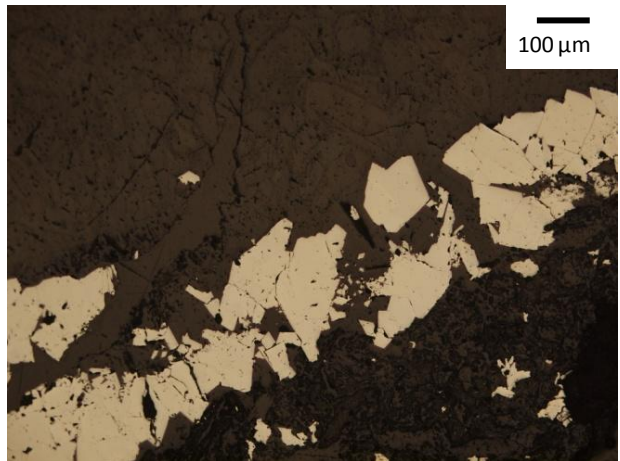


Figura 3 –

Observações complementares: Não foram realizadas análises complementares

Lâmina: MV 07-04

Associação mineral: Calcopirite, Pirite, Fases de Cu-S, Carbonatos, Quartzo

Descrição: Amostra de veio de carbonatos ± quartzo, com algumas fracturas e agregados de minério. Uma das fracturas encontra-se parcialmente preenchida por quartzo, apresentando formação de cristais e múltiplas fases de formação (intercalações de quartzo hialino com leitoso).

Em lâmina é possível observar carbonato com duas granularidades diferentes (granularidade fina e outra mais grosseira), quartzo (alguns grãos nos carbonatos) e mineralizações de opacos. Os opacos são compostos por calcopirite, pirite e fases de Cu-S e estão associados aos carbonatos. A pirite e a calcopirite encontram-se associadas uma à outra. A pirite forma agregados que se encontram fracturados, encontrando-se por vezes preenchidos por calcopirite. A calcopirite por sua vez apresenta espaços abertos e nestes é possível observar grãos de pirite euédrica. As fases de Cu-S resultam da decomposição da calcopirite e formam halos de alteração.



Figura 1 – Amostra de mão MV 07-04

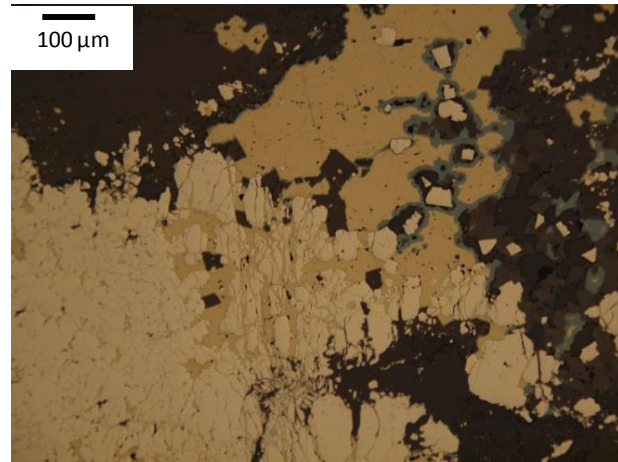


Figura 2 –

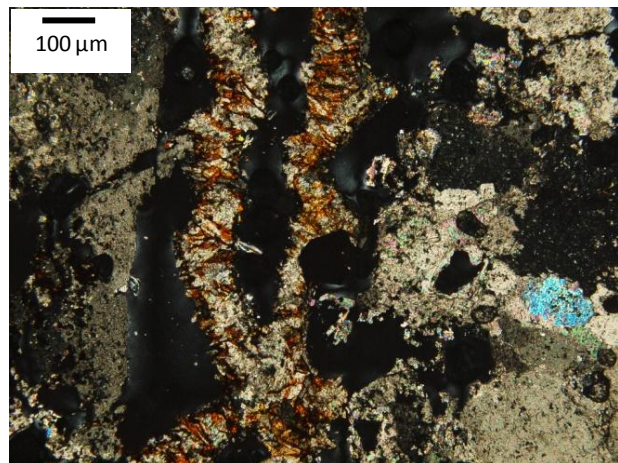


Figura 3 –

Observações complementares: Não foram realizadas análises complementares

Lâmina: MV 07-05

Associação mineral: Pirite, Calcopirite, Fases de Cu-S, Bornite, Quartzo, Carbonatos

Descrição: Amostra composta por clastos de rocha encaixante e veios de quartzo ± carbonatos e agregados de minério.

Os clastos de rocha encaixante apresentam sericite abundante (possivelmente sericitização de xisto cinzento). Também se observa quartzo com granularidades diferentes (variando entre granularidade fina e granularidade grosseira) cortado por um veio de carbonato. Em lâmina a amostra é composta principalmente pela mineralização de opacos, sendo composta por pirite, calcopirite, bornite e fases de Cu-S. A pirite encontram-se principalmente sob a forma de agregados muito fracturados. Essas fracturas encontram-se a ser preenchidas por calcopirite. A calcopirite encontra-se a preencher as fracturas de pirite e apresenta evidências de alteração. Essas evidências são a presença de bornite, que formam texturas tipo “flames” (formação segundo os planos cristalográficos da calcopirite), e de fases de Cu-S, que formam halos nos bordos da calcopirite (resultado da decomposição da calcopirite).



Figura 1 – Amostra de mão MV 07-05

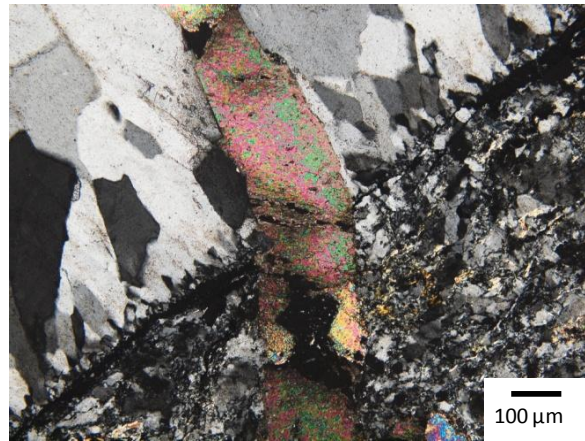


Figura 2 –

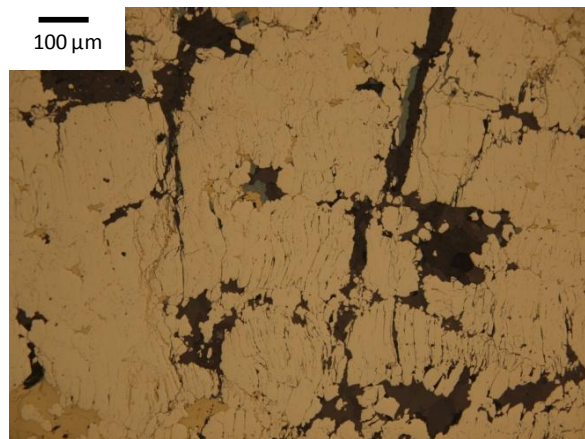


Figura 3 –

Observações complementares:

Lâmina: MV 07-07

Associação mineral: Calcopirite, Pirite, *Gersdorffite* (?), Fases de Cu-S, Carbonato, Quartzo

Descrição: Amostra de veio de quartzo ± carbonatos com agregados de minério e clastos de rocha encaixante.

Os clastos de rocha encaixante que se observam na lâmina apresentam sericite abundante, possivelmente são de xisto cinzento, e alguns grãos de quartzo. É possível observar pelo menos duas gerações de quartzo na lâmina (devido à granularidade diferenciada) e uma de carbonatos (que se encontra a preencher espaços abertos existentes no quartzo).

Os minerais opacos são compostos principalmente por calcopirite e pirite, com associações de *gersdorffite* (?), fases de Cu-S e bornite.

A pirite encontra-se fracturada e a ser preenchida por calcopirite (embora nos espaços abertos da calcopirite se encontre pirite a preencher esses espaços). Por vezes associado à pirite encontra-se a *gersdorffite* (mineral de tons mais esbranquiçados que a pirite) e microinclusões de calcopirite. A calcopirite apresenta bornite e halos de alteração de Cu-S. A bornite encontra-se a ser substituída pelas fases de Cu-S.



Figura 1 – Amostra de mão MV 07-07

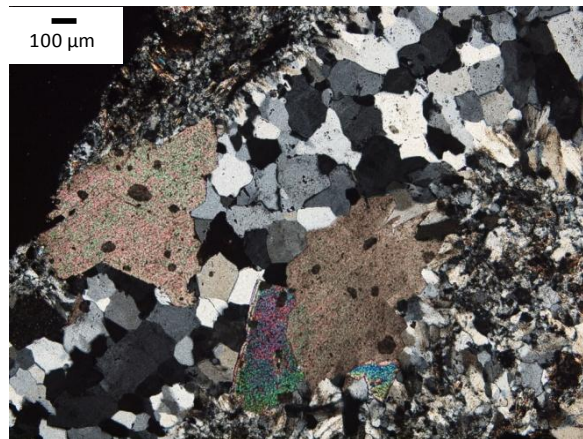


Figura 2 –

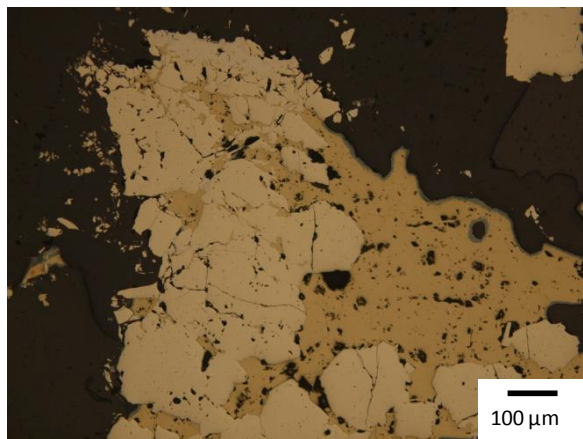


Figura 3 –

Observações complementares: Não foram realizadas análises complementares

Lâmina: MV 07-08

Associação mineral: Pirite, Calcopirite, Quartzo, Carbonato

Descrição: Amostra de veio de quartzo ± carbonatos com agregados de minério e clastos de rocha encaixante

Na lâmina desta amostra observa-se quartzo com granularidades distintas, desde microcristalino com texturas em mosaico a quartzo com granularidade mais grosseira (> 100 µm), com espaços abertos a serem preenchidos por carbonatos. Também se observam clastos de rocha encaixante (possivelmente xistos cinzentos e liditos – observa-se sericite e matéria orgânica abundante).

Os agregados de minerais opacos são compostos por calcopirite e pirite associada.



Figura 1 – Amostra de mão MV 07-08

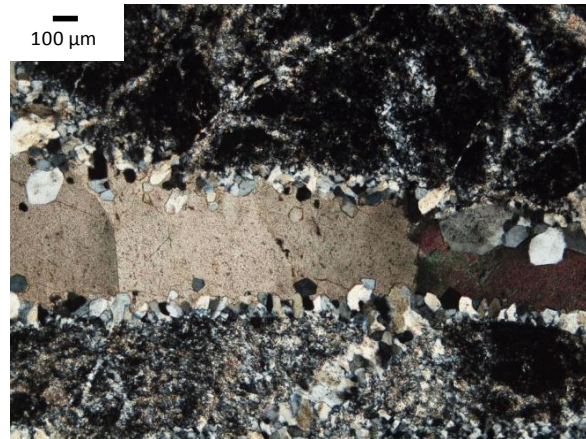


Figura 2 –

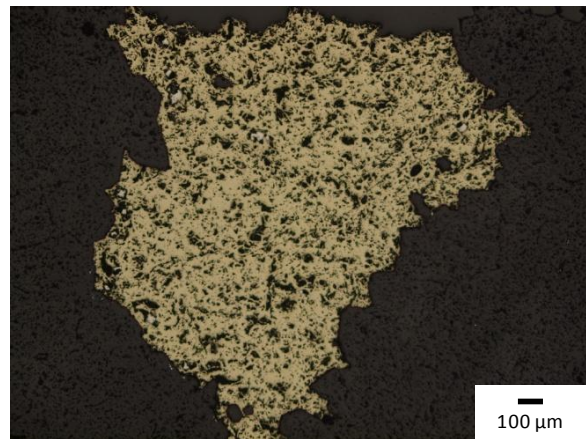


Figura 3 –

Observações complementares:

Lâmina: MV 09-01

Associação mineral: Pirite, Calcopirite, Rútilo, Grafite, Fases de Cu-S, Quartzo, Carbonatos

Descrição: Amostra de rocha encaixante com veios dobrados e mineralização disseminada. Na observação microscópica é possível observar no encaixante grafite e alguns grãos de quartzo na matriz (xisto negro). O quartzo que compõe os veios apresenta granularidade heterométrica (varia entre o microcristalino e uma granularidade mais grosseira) e evidências de recristalização em alguns dos grãos. Os carbonatos que se observam na lâmina encontram-se principalmente a preencher espaços abertos existentes no quartzo e próximo aos minerais opacos. Os minerais opacos encontram-se sob a forma de pequenos agregados nos veios de quartzo ou disseminados pelo encaixante, sendo compostos por pirite, calcopirite, rútilo e fases de Cu-S. A pirite é o opaco mais abundante com formas euédricas a subeuédricas, sendo possível observar corrosão ao longo dos planos de crescimento cristalográfico e inclusões de calcopirite. A calcopirite encontra-se sob a forma de pequenos agregados, por vezes com halos de alteração compostos por fases de Cu-S, para além das inclusões na pirite. O rútilo encontra-se disseminado pelo encaixante.

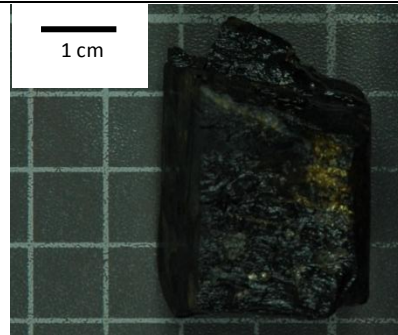


Figura 1 – Amostra de mão MV 09-01

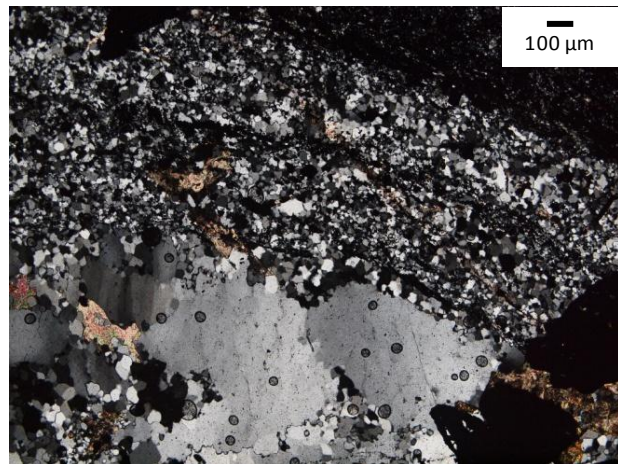


Figura 2 –

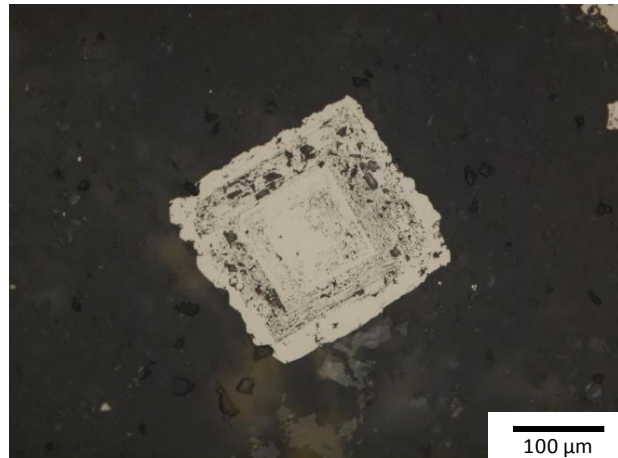


Figura 3 –

Observações complementares: Não foram realizadas análises complementares

Lâmina: MV 09-03

Associação mineral: Calcopirite, Fases de Cu-S, Bornite, Pirite, Fases de Cu-Bi-S, Quartzo, Carbonatos

Descrição: Amostra de brecha xistosa (xisto negro) com agregados de minerais opacos cimentados por quartzo \pm carbonatos.

Os clastos de rocha encaixante são compostos pro xisto negro devido à presença de grafite quando observado ao microscópio. As fracturas/veios apresentam duas gerações diferentes de quartzo (intersecção de veios com granularidades diferentes) e uma de carbonatos.

Os minerais opacos são compostos por calcopirite, pirite, fases de Cu-S, fases de Cu-Bi-S e bornite. A calcopirite apresenta-se fracturada e com alguma porosidade. A preencher essas fracturas encontra-se quartzo, carbonatos e pirites (que também se encontram a preencher a porosidade existente nas calcopirites, por vezes apresentam inclusões de calcopirite). A bornite encontra-se ao longo dos planos cristalográficos da calcopirite, formando uma textura denominada de “flames”. As fases de Cu-S formam halos de alteração ao longo dos bordos da calcopirite, substituindo também a bornite. As fases de Cu-Bi-S são mais tardias pois encontram-se a substituir as fases de Cu-S, para além da calcopirite.



Figura 1 – Amostra de mão MV 09-03

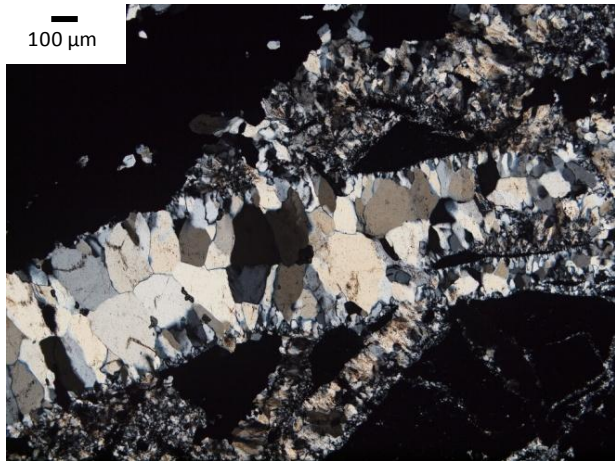


Figura 2 –

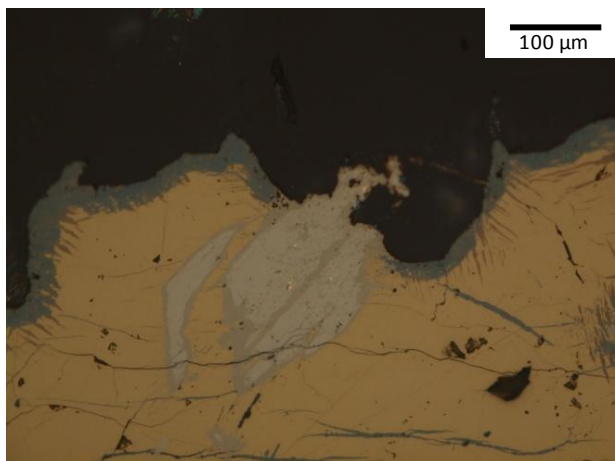


Figura 3 –

Observações complementares: Analisada em microsonda electrónica.

Lâmina: MV 09-04

Associação mineral: Calcopirite, Pirite, Grafite, Rútilo, Quartzo, Carbonatos

Descrição: Amostra de veio de quartzo ± carbonatos com agregados de minério e clastos de rocha encaixante.

Na lâmina observa-se quartzo com granularidade heterométrica (varia entre o microcristalino com texturas em mosaico a granularidades mais grosseiras) e carbonatos, que se encontram a preencher espaços abertos existentes no quartzo. Nos clastos de rocha encaixante observa-se grafite (xistos negros).

Os minerais opacos são compostos por agregados de calcopirite, fracturada, com alguma porosidade e com uma dimensão heterométrica (varia e tamanho mas não chega a ultrapassar o 1 cm de tamanho) e sem evidências de decomposição para outros minerais. Também se observam grãos de pirite (a preencher poros existentes na calcopirite) disseminados pelo veio e pelos clastos de rocha encaixante. O rútilo apenas se observa disseminado pela amostra.

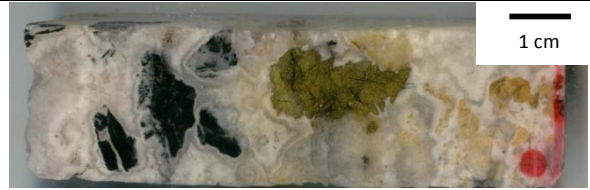


Figura 1 – Amostra de mão MV 09-04

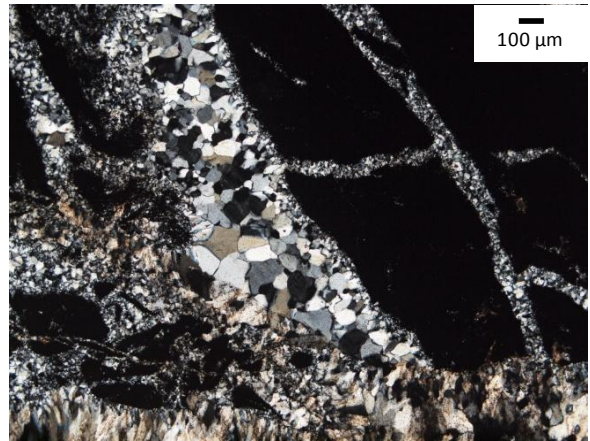


Figura 2 –

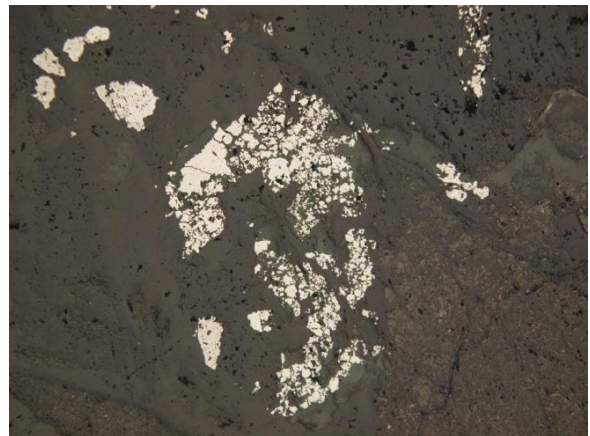


Figura 3 –

Observações complementares: Não foram realizadas análises complementares

Lâmina: MV 09-05

Associação mineral: Pirite, Calcopirite, Rútilo, Grafite, Quartzo, Carbonatos

Descrição: Lâmina de uma amostra de uma zona de contacto entre uma rocha encaixante muito fracturada, com agregados de minerais opacos associados, e veio de quartzo. A fracturação dá um aspecto brechóide à lâmina.

Em observação microscópica é possível observar grafite no encaixante (xisto negro). É possível observar duas gerações de quartzo (intersecção de veios) e uma de carbonatos (encontra-se a preencher os espaços abertos existentes).

A mineralização de opacos é composta por calcopirite, pirite e rútilo. A pirite encontra-se associada ao encaixante e apresenta inclusões de calcopirite. A calcopirite, para além da sua associação com a pirite, encontra-se sob a forma de pequenos agregados (inferiores a 2mm). Os grãos de rútilo encontram-se disseminados no encaixante.



Figura 1 – Amostra de mão MV 09-05

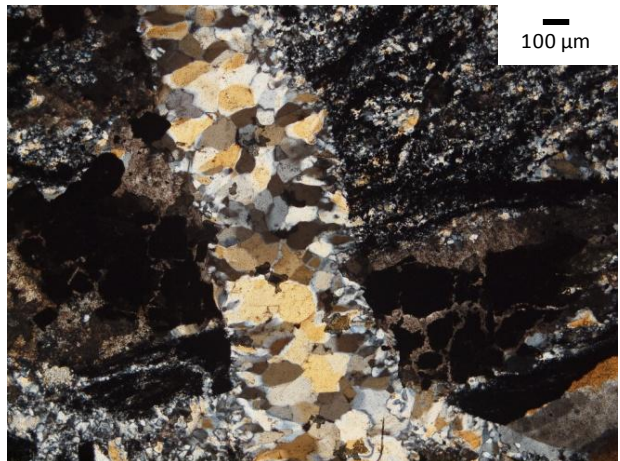


Figura 2 –

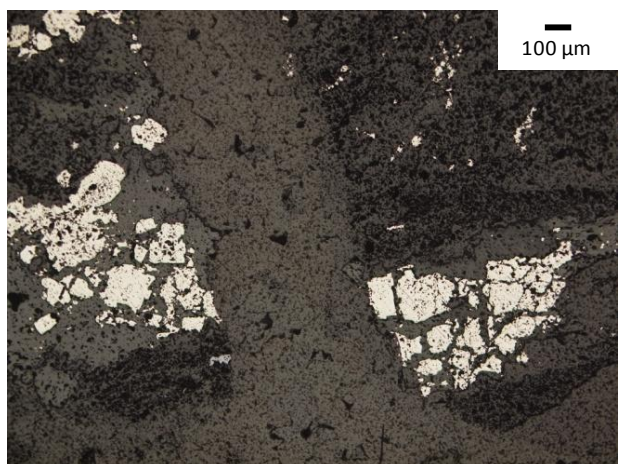


Figura 3 –

Observações complementares: Não foram realizadas análises complementares

Lâmina: MV 09-06

Associação mineral: Pirite, Calcopirite, fases de Cu-S, Rútilo, Grafite, Quartzo, Carbonato

Descrição: Lâmina de uma amostra de brecha de quartzosa com clastos de rocha encaixante com mineralizações de opacos disseminados. Na observação microscópica observa-se nos clastos de rocha encaixante grafite de forma abundante (xistos negros). A lâmina apresenta duas gerações diferentes de quartzo (uma massa microcristalina a ser cortada por um veio) e uma geração de carbonatos, que se encontra a preencher espaços abertos existentes e os clastos de rocha encaixante.

As mineralizações de opacos encontram-se disseminadas pela lâmina sendo compostas por pirite, calcopirite, rútilo e grafite. O rútilo e a grafite encontram-se associados ao encaixante e os sulfuretos (pirite e calcopirite) associados ao quartzo \pm carbonatos



Figura 1 – Amostra de mão MV 09-06

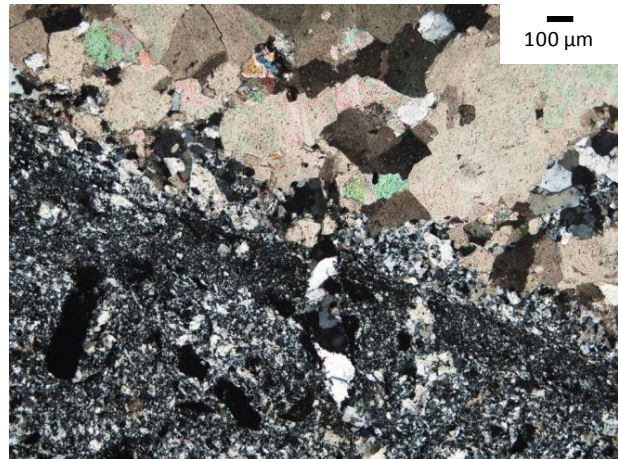


Figura 2 –

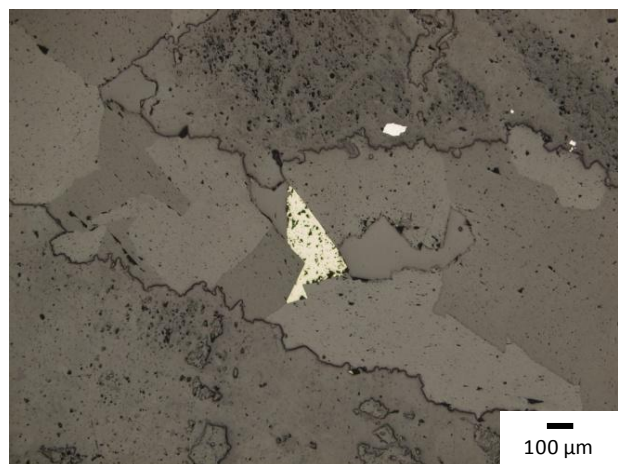


Figura 3 –

Observações complementares: Não foram realizadas análises complementares

Lâmina: MV 09-08

Associação mineral: Calcopirite, Pirite, Digenite, Enargite, Covelite (?), Hematite (?), Wittichelite, Bismuthinite, Bismuto Nativo, Grafite, Quartzo, Carbonatos, Clastos de encaixante (xisto negro)

Descrição: Amostra de rocha encaixante com fracturas de espessura heterométrica e agregados de minério.

Na observação microscópica observa-se nos clastos de rocha encaixante grafite de forma abundante (xistos negros), com evidências de deformação. A lâmina apresenta duas gerações diferentes de quartzo (intersecção de veios) e uma geração de carbonatos, que se encontra a preencher espaços abertos existentes.

Os minerais opacos encontram-se disseminados pela lâmina ou sob a forma de pequenos agregados, sendo composta por pirite, calcopirite, rútilo e fases de Cu-S. A pirite observa-se ou sob a forma de agregados anédricos com associações de arsenopirite e calcopirite ou a preencher espaços abertos existentes na calcopirite (porosidade). A arsenopirite encontra-se disseminada pelos veios de quartzo ± carbonatos. A calcopirite apresenta um agregado de dimensão superior a 5 mm, com outros agregados de dimensão inferior disseminados pela lâmina, com alguma porosidade e apresenta halos de alteração para fases de Cu-S em alguns dos bordos. O rútilo encontra-se associado à rocha encaixante.

Observações complementares: Analisada em microsonda electrónica.



Figura 1 – Amostra de mão MV 09-08

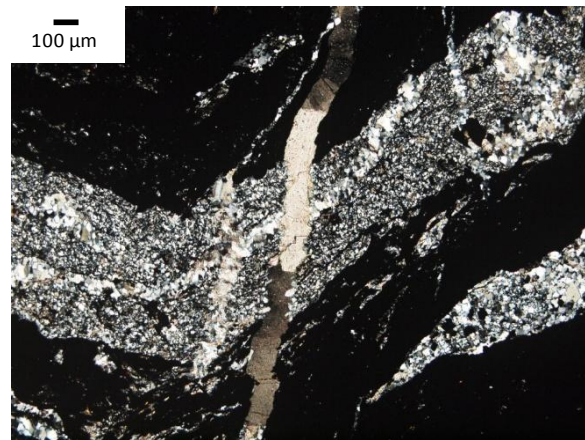


Figura 2 –

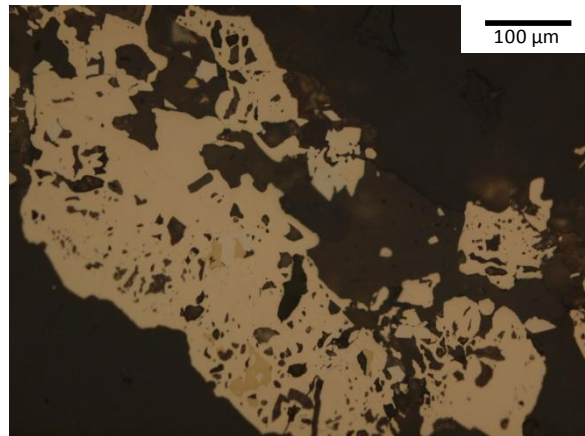


Figura 3 –

Lâmina: MV 09-09

Associação mineral: Pirite, Arsenopirite, Carbonato, Quartzo,

Descrição: Lâmina de amostra de veio de carbonato fracturado e com agregados de opacos.

Na lâmina é possível observar duas gerações de carbonatos (veio de carbonatos \pm quartzo a cortar a amostra) e uma geração de quartzo. No quartzo é possível observar evidências de fases de crescimento (anéis de crescimento).

Também se observam minerais opacos na lâmina e são constituídos por pirite e arsenopirite e encontram-se disseminados pela lâmina.



Figura 1 – Amostra de mão MV 09-09

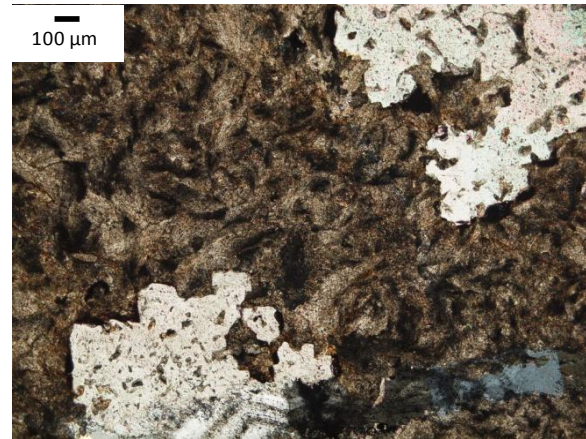


Figura 2 –

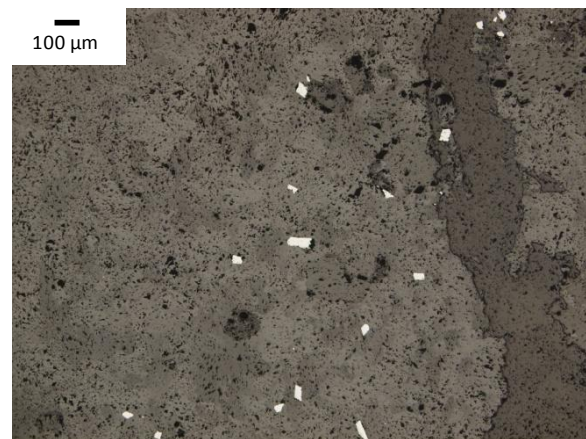


Figura 3 –

Observações complementares: Não foram realizadas análises complementares

Lâmina: MV-09-12

Associação mineral: Pirite, Calcopirite, Arsenopirite, Rútilo, Quartzo, Carbonato

Descrição: Amostra de rocha encaixante com múltiplas fracturas preenchidas por quartzo e carbonatos, com agregados de minérios
A rocha encaixante que se observa na lâmina é composta por xisto cinzento (observa-se sericite abundante): Observa-se pelo menos duas gerações de quartzo (intersecção de veios) e uma de carbonatos a preencher espaços abertos e fracturas no encaixante.
Os minerais opacos que se observam na lâmina são compostos por pirite, calcopirite, arsenopirite e rútilo. A pirite encontra-se próxima ao contacto com a rocha encaixante e encontram-se associações de calcopirite e arsenopirite. A calcopirite também forma pequenos agregados sem se encontrar associada à pirite. O rútilo encontra-se disseminado pelo encaixante.



Figura 1 – Amostra de mão MV 09-12

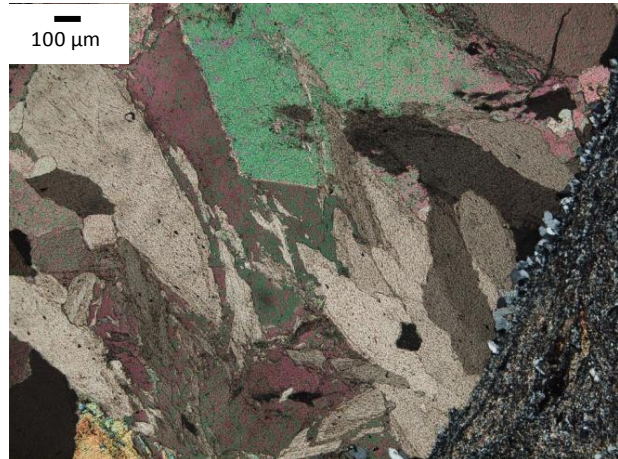


Figura 2 –

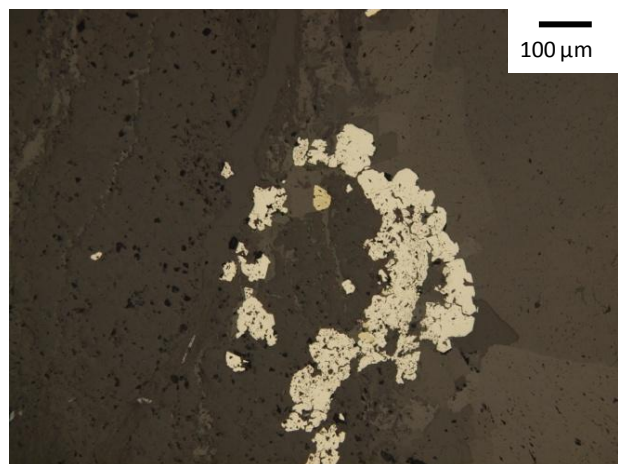


Figura 3 –

Observações complementares: Analisada em microsonda electrónica.

Lâmina: MV 09-15

Associação mineral: Pirite, Rútilo, Quartzo, Carbonato

Descrição: Lâmina de uma amostra de rocha encaixante com agregados de minerais opacos.

A rocha encaixante é composta principalmente por xistos cinzentos (é possível observar sericite abundante). A intercalar o xisto encontram-se algumas fracturas preenchidas por carbonatos. Ao longo de toda a lâmina observam-se raros grãos de quartzo e de minerais opacos. Os minerais opacos são compostos por pirite e rútilo, que se encontram disseminados pela lâmina

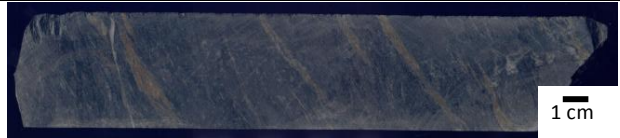


Figura 1 – Amostra de mão MV 09-15

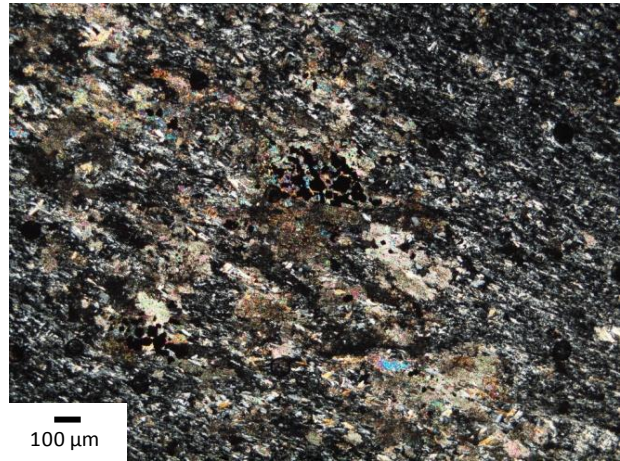


Figura 2 –

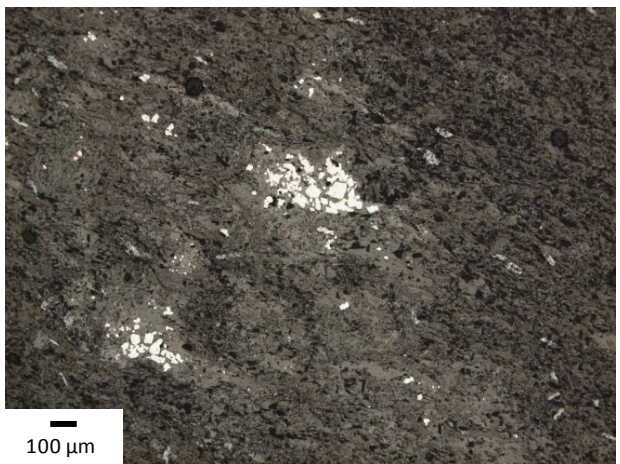


Figura 3 –

Observações complementares: Não foram realizadas análises complementares

Lâmina: MV 09-16

Associação mineral: Pirite, Calcopirite, Rútilo, Carbonatos, Quartzo

Descrição: Lâmina de amostra com textura brechóide com clastos de rocha encaixante cimentados por carbonatos e com agregados de minério.

Em lâmina, os clastos de rocha encaixante apresentam sericite abundante, evidência de estarmos perante xisto cinzento. Observam-se duas gerações de quartzo (intersecção de veios) e uma geração de carbonatos. Os minerais opacos que se observam em microscopia são compostos por calcopirite e pirite. A pirite encontra-se próxima aos clastos de xisto cinzento. O rútilo e a calcopirite encontram-se disseminados pela lâmina, sendo que o rútilo encontra-se normalmente associado ao encaixante.



Figura 1 – Amostra de mão MV 09-16

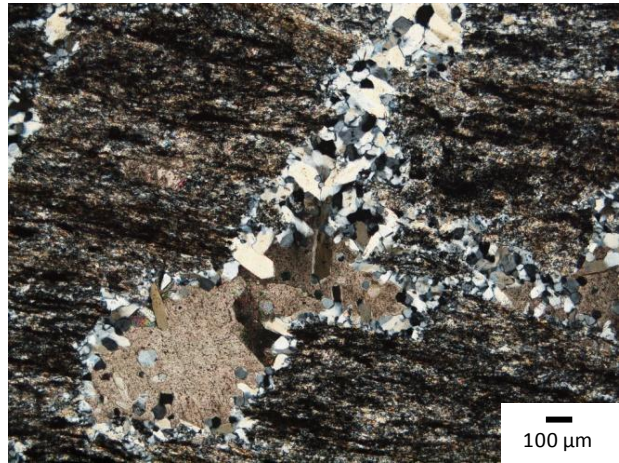


Figura 2 –

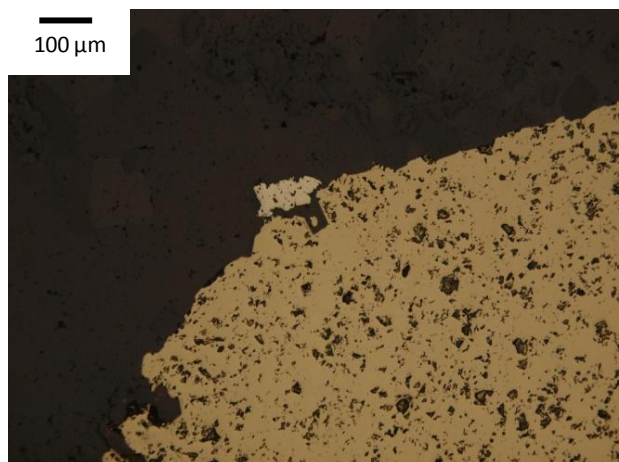


Figura 3 –

Observações complementares: Não foram realizadas análises complementares

Lâmina: MV 09-20

Associação mineral: Arsenopirite, Rútilo, Turmalina, Quartzo

Descrição: Amostra rica em turmalina com grãos de quartzo. É possível observar em alguns grãos de quartzo fracturas preenchidas por turmalina. ao longo de planos subparalelos. O quartzo apresenta preferencialmente uma textura em mosaico. AS mineralizações de opacos são compostas principalmente por arsenopirite e rútilo. A Arsenopirite apresenta-se com uma dimensão de pelo menos 2 cm ou disseminada pela amostra sob a forma de pequenos agregados. O grão de maior dimensão encontra-se fracturado e a fractura está preenchida por quartzo. O rútilo encontra-se disseminado pela amostra.



Figura 1 – Amostra de mão MV 09-20

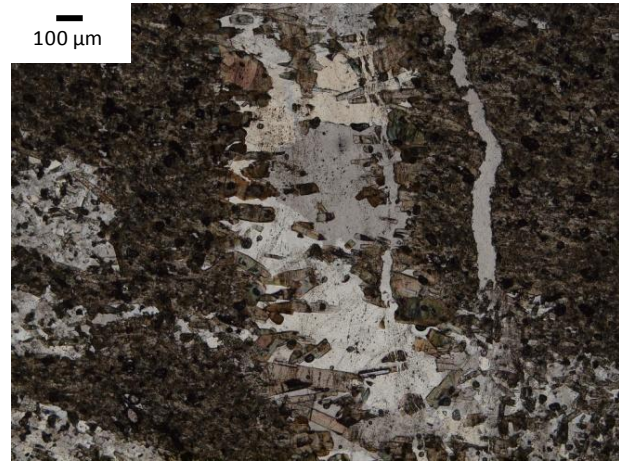


Figura 2 –

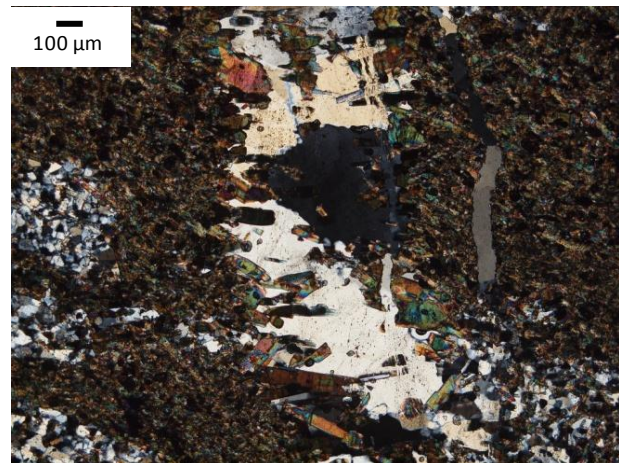


Figura 3 –

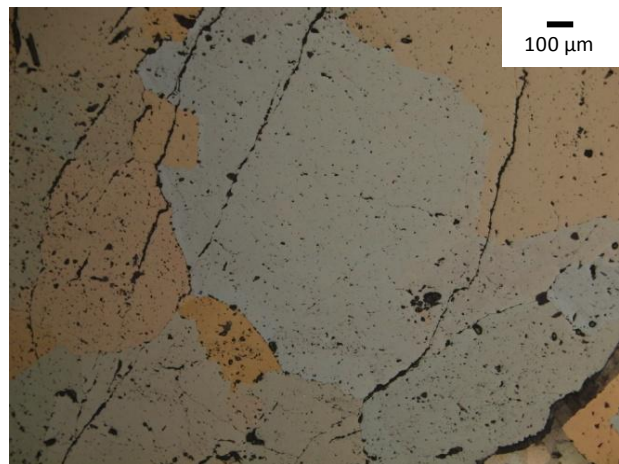


Figura 4 –

Observações complementares: Não foram realizadas análises complementares

Lâmina: MV-09-21

Associação mineral: Arsenopirite, Pirite, Rútilo, Quartzo, Turmalina, Carbonatos

Descrição: Amostra de zona de contacto entre veio de quartzo e zona rica em turmalina, com agregados de opacos. Observam-se duas gerações de quartzo (intersecção de veios). Os veios de quartzo variam entre os 2 mm e, pelo menos, 2,5 cm de espessura. No veio de maior dimensão é possível observar alguns grãos de turmalina, pirite e rútilo disseminados. No veio de menor dimensão observam-se carbonatos associados. Próximo a esse veio de quartzo, na massa de turmalina, observam-se agregados de arsenopirite. Disseminados pela massa de turmalina encontra-se rútilo disseminado e um grão de pirite com arsenopirite associada.



Figura 1 – Amostra de mão MV 09-21

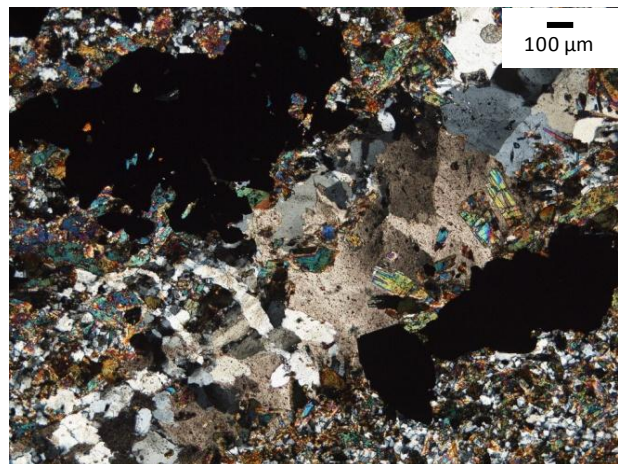


Figura 2 –

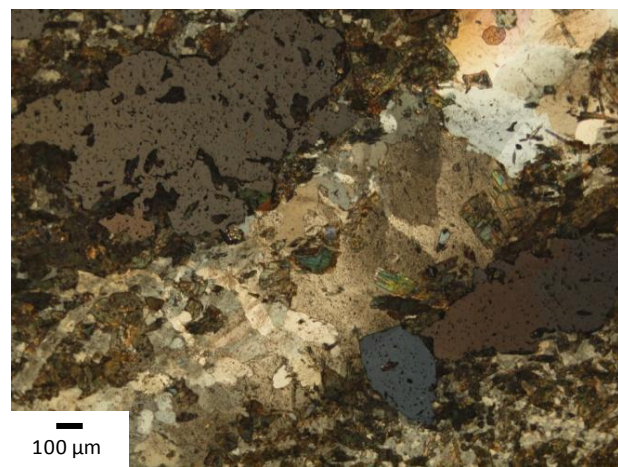


Figura 3 –

Observações complementares: Analisada em microsonda electrónica.

Lâmina: MV-9-22

Associação mineral: Pirite, Calcopirite, Rútilo, Quartzo, Carbonatos, Turmalina

Descrição: Amostra de rocha encaixante com minério de opacos disseminados.

Em microscopia observa-se que a rocha encaixante apresenta sericite abundante (xisto cinzento) com fragmentos de turmalina, intercalada por de níveis de quartzo. Observam-se carbonatos a preencher fracturas que intersectam os níveis mais ricos em quartzo. Os opacos encontram-se associados aos níveis de quartzo, sendo compostos por pirite, arsenopirite, calcopirite e rútilo. A pirite apresenta inclusões de calcopirite e com arsenopirite associada. O rútilo encontra-se disseminado pelo encaixante.

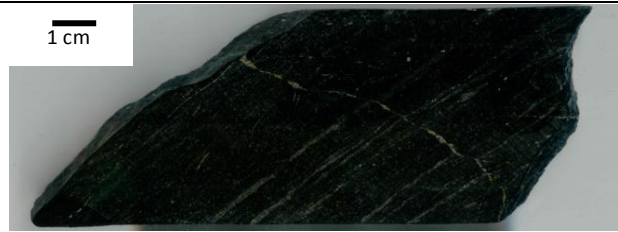


Figura 1 – Amostra de mão MV 09-22

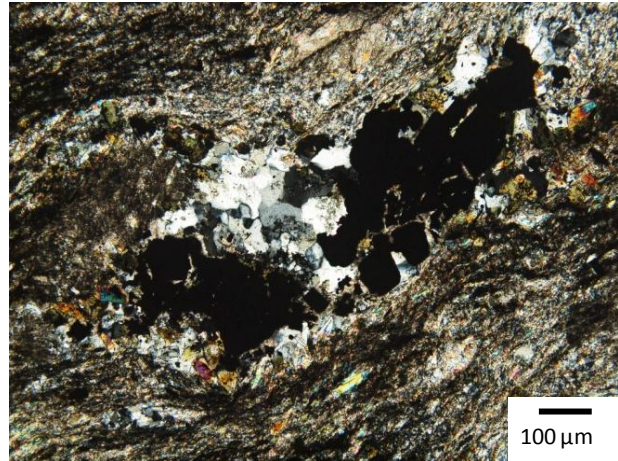


Figura 2 –

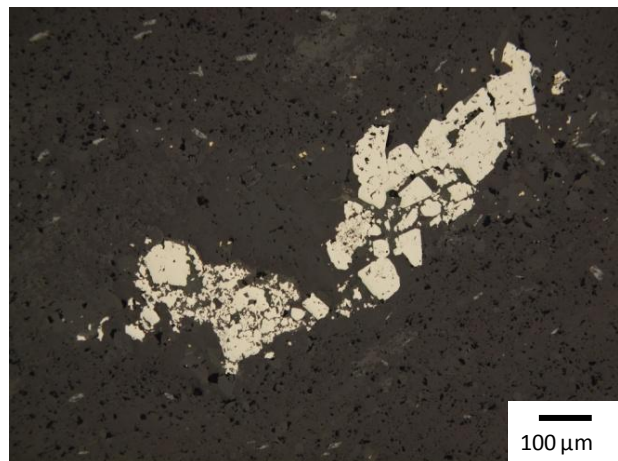


Figura 3 –

Observações complementares: Não foram realizadas análises complementares

Lâmina: MV 12-02

Associação mineral: Pirite, Calcopirite, Quartzo, Carbonatos

Descrição: Amostra com forte alteração (sericitização, cloritização e carbonatização intensa). É possível observar pelo menos uma geração de quartzo e uma geração de carbonatos (encontra-se a preencher espaços abertos existentes nos veios de quartzo). Os minerais opacos que se observam nesta amostra são compostos por pirite e calcopirite e encontram-se associados aos clastos muito alterados.



Figura 1 – Amostra de mão MV 12-02

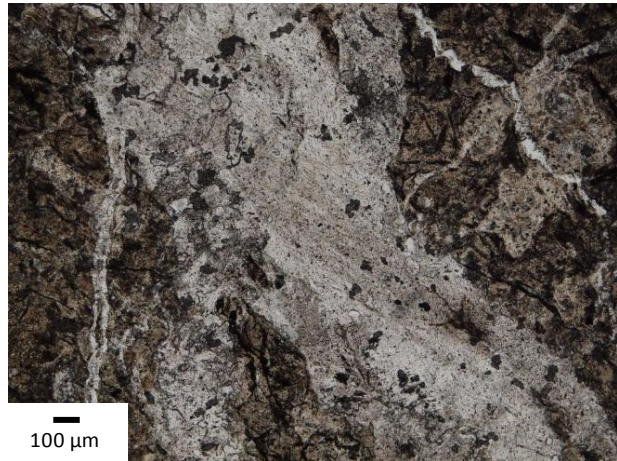


Figura 2 –

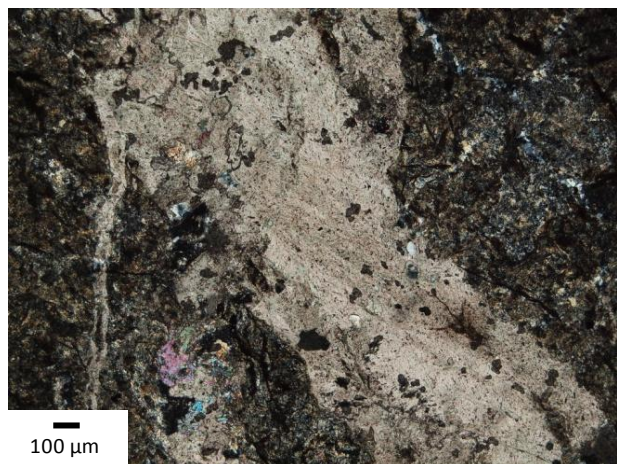


Figura 3 –

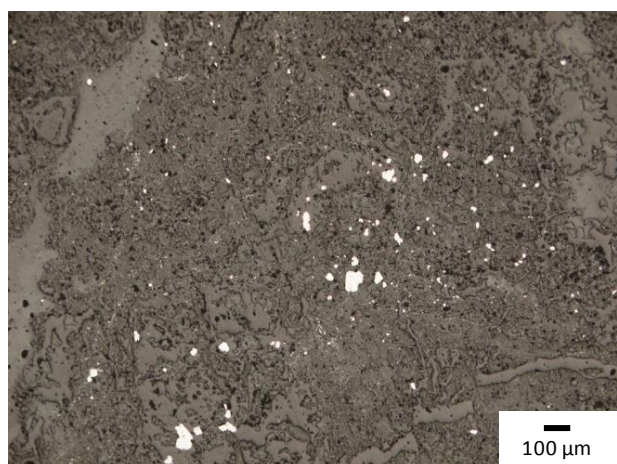


Figura 4 –

Observações complementares: Não foram realizadas análises complementares

Lâmina: MV13-08

Associação mineral: Calcopirite, Arsenopirite, Pirite, Rútilo, Quartzo, Carbonatos

Descrição: Lâmina de uma amostra de veio de quartzo \pm carbonatos com clastos de encaixante e agregados de minerais opacos disseminados.

Os clastos de rocha apresentam uma dimensão inferior a 2 mm. É possível observar na lâmina quartzo com duas granularidades diferentes, uma microcristalina com texturas em mosaico e outra mais grosseira, e uma geração de carbonatos, que se encontra a preencher espaços abertos existentes no quartzo. No quartzo também se observam evidências de várias fases de crescimento (anéis de crescimento). Os minerais opacos são constituídos por pirite, arsenopirite, calcopirite e rútilo. A calcopirite é predominante na zona de contacto quartzo-carbonato encontrando-se a pirite por vezes associada. O rútilo encontra-se disseminado pelos clastos do encaixante.



Figura 1 – Amostra de mão MV 13-08

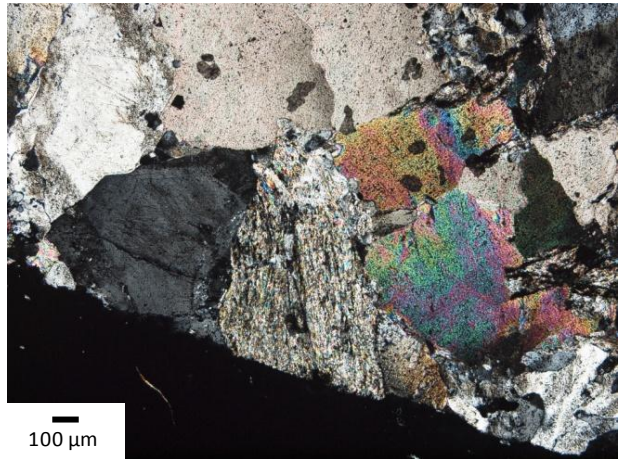


Figura 2 –

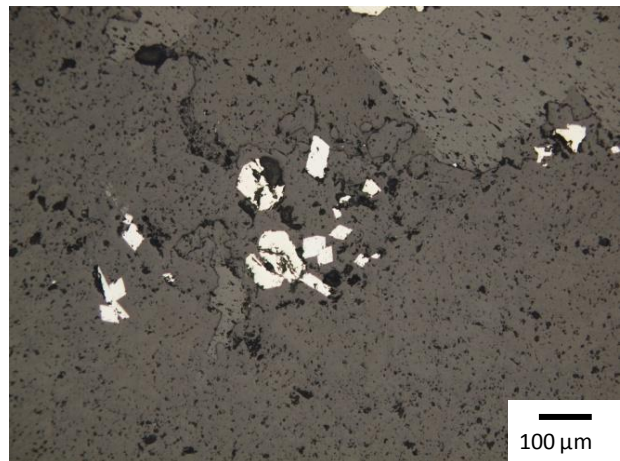


Figura 3 –

Observações complementares: Não foram realizadas análises complementares

Lâmina: MV 14-07

Associação mineral: Pirite, Calcopirite, Rútilo, Carbonatos, Quartzo

Descrição: Lâmina de rocha encaixante com forte alteração (sericitização, cloritização e carbonatização) com múltiplas fracturas e agregados de opacos disseminados.

É possível observar-se relíquias de outros minerais no encaixante, estando a ser substituídas por sericite. O quartzo que se observa na lâmina apresenta duas gerações (intersecção de veios) e uma geração de carbonatos (encontra-se a intersectar veios de quartzo e a preencher espaços abertos). Os opacos ocorrem disseminados pela lâmina e são constituídos por calcopirite, pirite e rútilo.



Figura 1 – Amostra de mão MV 14-07

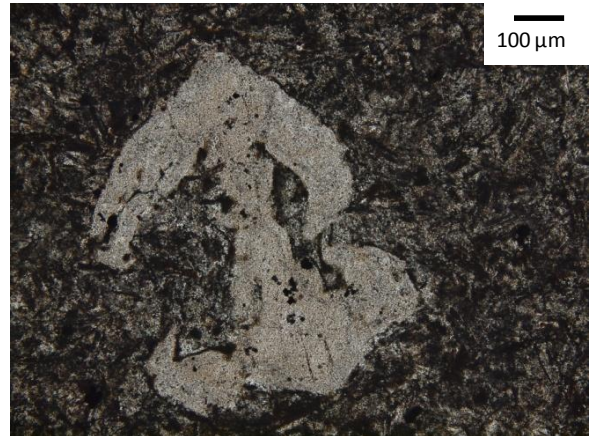


Figura 2 –

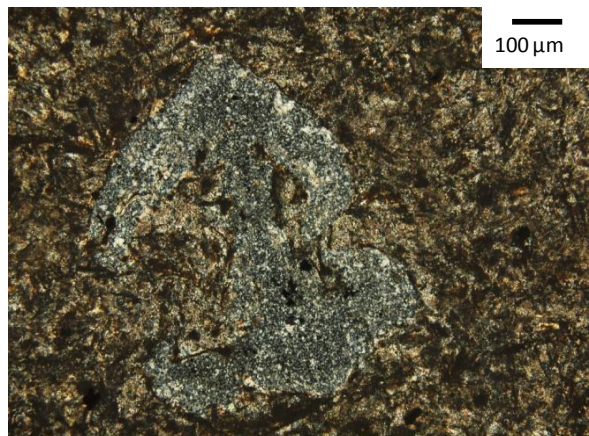


Figura 3 –

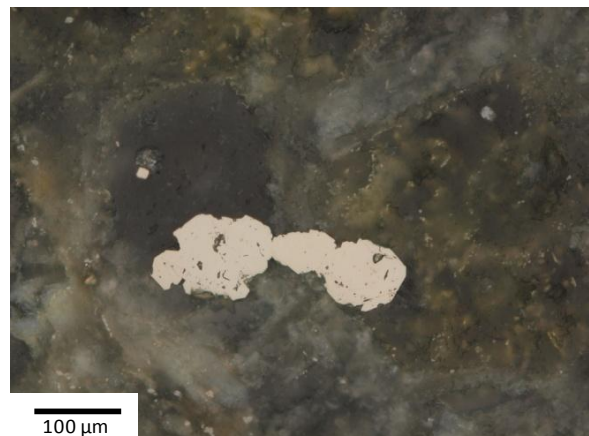


Figura 4 –

Observações complementares: Não foram realizadas análises complementares

Lâmina: MV 16-04

Associação mineral: Calcopirite, Pirite, Fases de Cu-S, Grafite, *Gersdorffite* (?), Quartzo, Carbonato

Descrição: Amostra de brecha xistosa com múltiplos veios/fracturas preenchidas por quartzo ± carbonatos e com agregados de minerais opacos.

Os clastos de xisto são compostos por xisto negro (observa-se grafite) com alguma matéria orgânica. Encontram-se fracturados e essas fracturas estão preenchidas por quartzo. O quartzo que se observa na lâmina apresenta duas gerações diferentes (intersecção de veios), e os carbonatos uma geração (encontra-se a preencher espaços abertos existentes).

Os minerais opacos são compostos por calcopirite, pirite, fases de Cu-S e *gersdorffite*. A calcopirite apresenta porosidade, a ser preenchida por pirite, e halos de alteração ao longo dos bordos dos grãos. A pirite que se observa na lâmina associada aos veios apresenta alguma corrosão e por vezes associada encontra-se a *gersdorffite* (?).

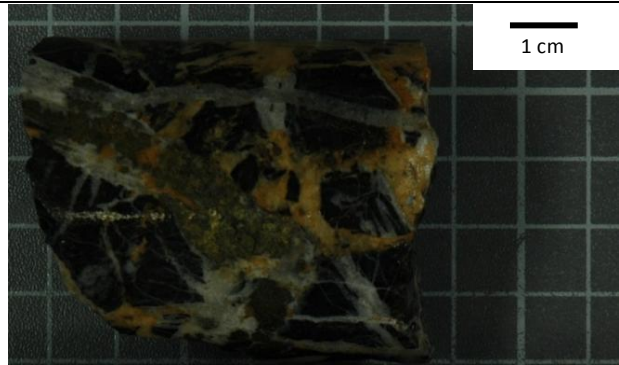


Figura 1 – Amostra de mão MV 16-04

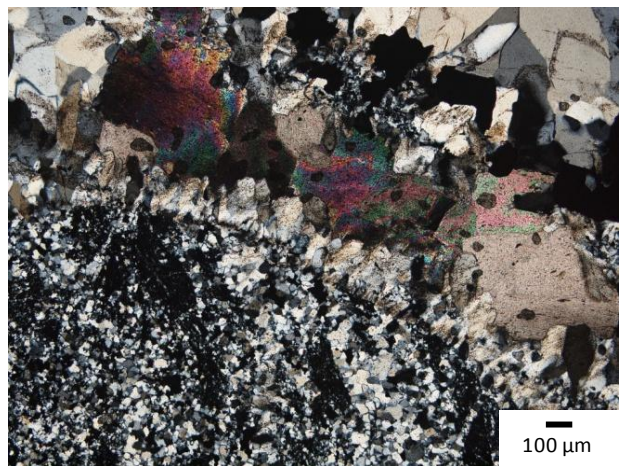


Figura 2 –

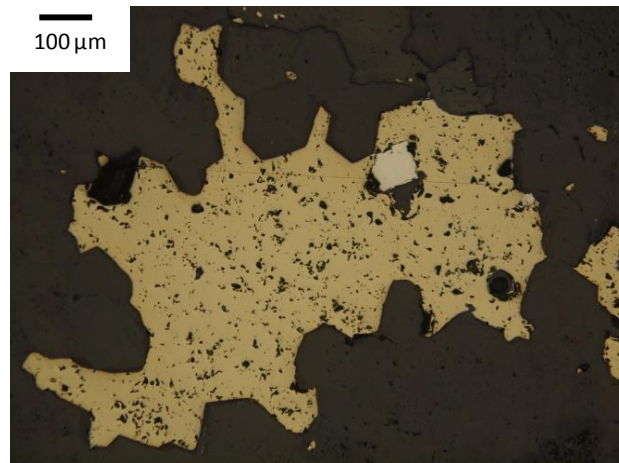


Figura 3 –

Observações complementares: Não foram realizadas análises complementares

Lâmina: MV 16-07

Associação mineral: Pirite, Calcopirite, Rútilo, Carbonato, Quartzo

Descrição: Lâmina de amostra de rocha encaixante fracturada, com um veio de carbonato com clastos de rocha encaixante e de rocha ígnea alterada, com agregados de minerais opacos.

A rocha encaixante que se observa na lâmina é composta por xisto cinzento (observa-se abundante sericite) e os clastos de rocha ígnea encontram-se fortemente alterados (cloritização, sericitização e carbonatização muito intensas) e apresentam reliquias de outros minerais. Na lâmina é possível observar duas gerações de quartzo (intersecção de veios) e uma geração de carbonatos (onde se encontram inseridos os clastos de rocha ígnea alterada). Os minerais opacos encontram-se disseminados pela lâmina, sendo compostos por pirite, calcopirite e rútilo.

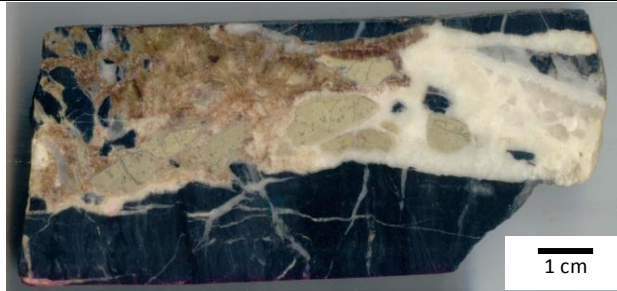


Figura 1 – Amostra de mão MV 16-07

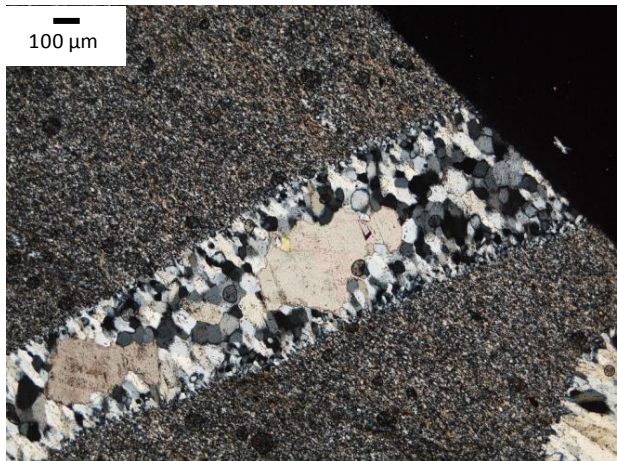


Figura 2 –

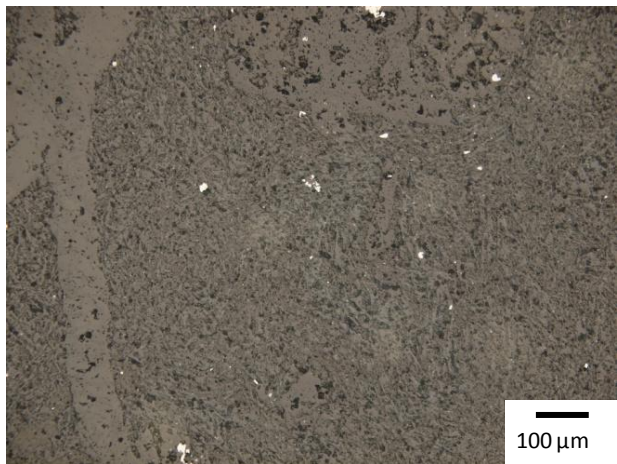


Figura 3 –

Observações complementares: Não foram realizadas análises complementares

Lâmina: MV 18-04

Associação mineral: Pirite, Calcopirite, Rútilo, Carbonatos, Quartzo,

Descrição: Amostra de rocha ígnea fortemente alterada (sericitização, cloritização e carbonatização muito intensas), onde se observam relíquias de outros minerais. As fracturas encontram-se preenchidas por carbonatos e observam-se raros grãos de quartzo ao longo da lâmina. Os minerais opacos encontram-se disseminados pela lâmina e são compostos por pirite, calcopirite e rútilo.

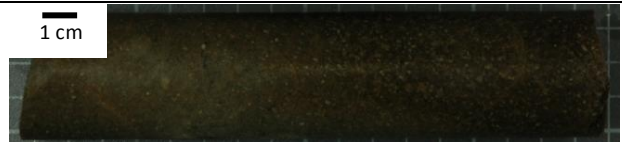


Figura 1 – Amostra de mão MV 18-04

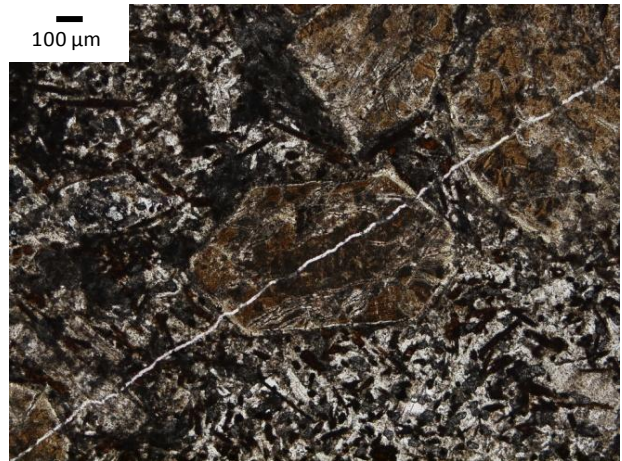


Figura 2 –

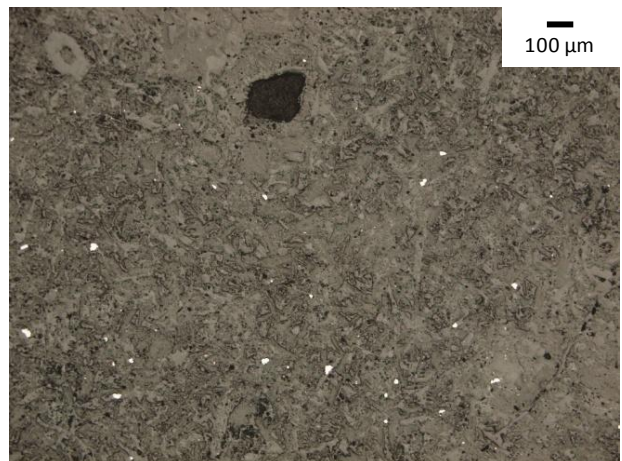


Figura 3 –

Observações complementares: Não foram realizadas análises complementares

Lâmina: MV 20-03

Associação mineral: Pirite, Calcopirite, Grafite, Rútulo, Quartzo, Carbonato, Micas

Descrição: Lâmina de zona de contacto entre xisto negro (apresenta grãos de grafite) e rocha ígnea fortemente alterada (cloritização, sericitização e carbonatização). Na rocha alterada é possível observar reliquias de outros minerais e raros grãos de quartzo. No xisto negro é possível observar quartzo com granularidade diferente (microcristalino com texturas em mosaico e quartzo com texturas em paliçada mas mais grosseiro) e uma geração de carbonatos (encontra-se a preencher espaços abertos existentes). Os minerais opacos encontram-se ou disseminados pela rocha alterada ou ao longo da zona de contacto e são compostas por pirite, calcopirite. O rútilo encontra-se de forma disseminada pela lâmina.

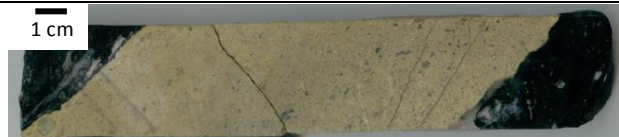


Figura 1 – Amostra de mão MV 20-03

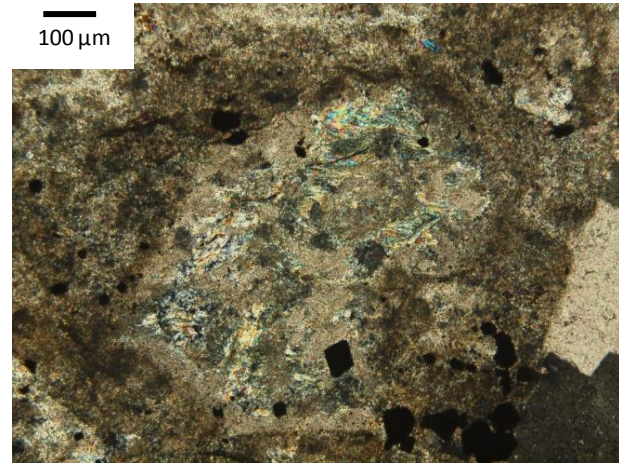


Figura 2 –

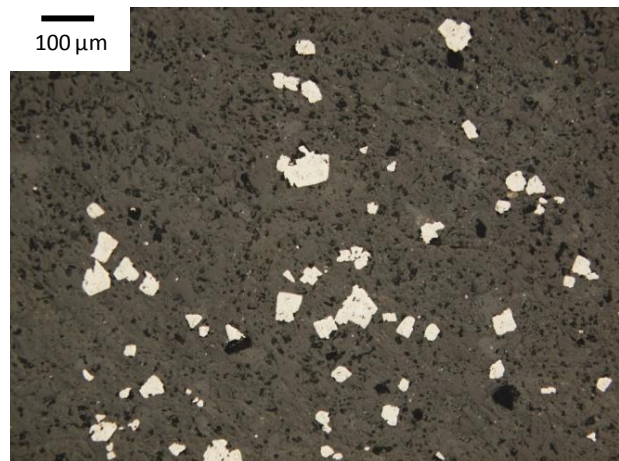


Figura 3 –

Observações complementares: Não foram realizadas análises complementares

Lâmina: MV 20-04

Associação mineral: Pirite, Calcopirite, Rútilo, Grafite, Carbonatos, Quartzo

Descrição: Lâmina de zona de contacto entre xisto negro (apresenta grãos de grafite) e rocha ígnea fortemente alterada (cloritização, sericitização e carbonatização). Apresenta múltiplas fracturas com agregados de sulfuretos. O xisto negro encontra-se intercalado com níveis mais ricos em quartzo e é possível observar uma geração de carbonatos que se encontra a preencher fracturas e espaços abertos existentes. Os minerais opacos ocorrem nos níveis mais ricos em quartzo e são compostos por pirite e calcopirite. O rútilo encontra-se disseminado pelo xisto. Na rocha fortemente alterada os minerais opacos são mais abundantes mas encontram-se mais deeseminados.



Figura 1 – Amostra de mão MV 20-04

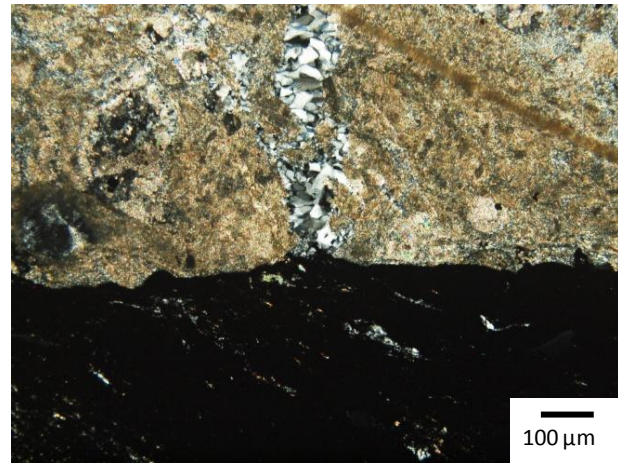


Figura 2 –

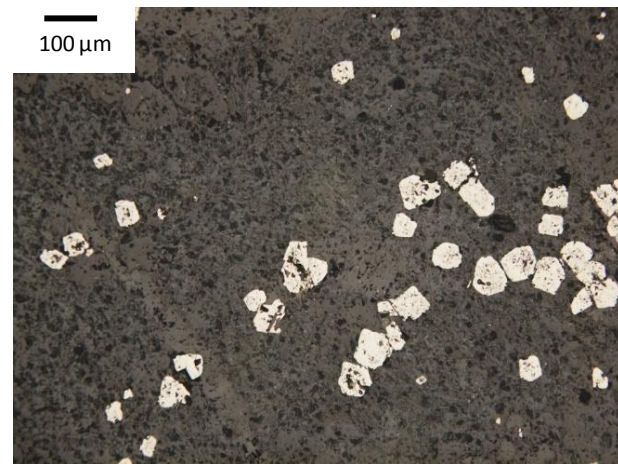


Figura 3 –

Observações complementares: Não foram realizadas análises complementares

Lâminas: MV 20-7(1) e MV 20-7(2)

Associação mineral: Pirite, Calcopirite, Rútilo, Grafite, Carbonatos, Quartzo

Descrição: Lâminas de zona de contacto entre rocha encaixante e veio predominantemente de carbonato.

A rocha encaixante é composta por xisto negro (grafite e matéria orgânica abundante) e observam-se intercalações de quartzo e carbonatos a preencher espaços abertos. Os minerais opacos consistem em calcopirite, pirite e rútilo. A calcopirite ocorre associada à pirite e estão associadas aos níveis mais ricos em quartzo. O rútilo encontra-se disseminado pelo encaixante.

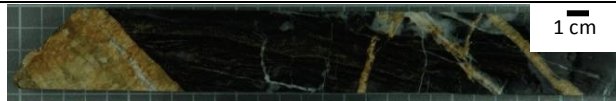


Figura 1 – Amostra de mão MV 20-07 (01)

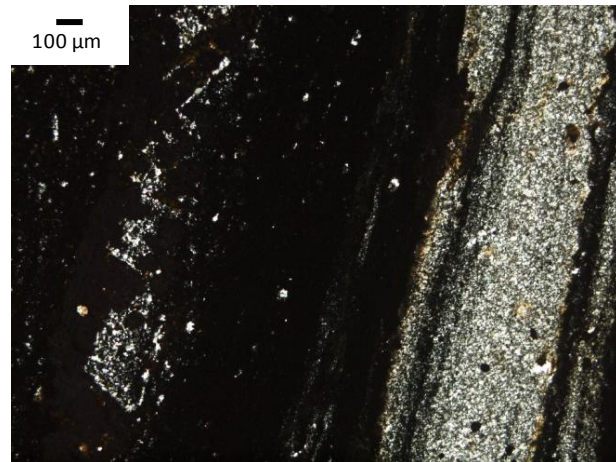


Figura 2 –

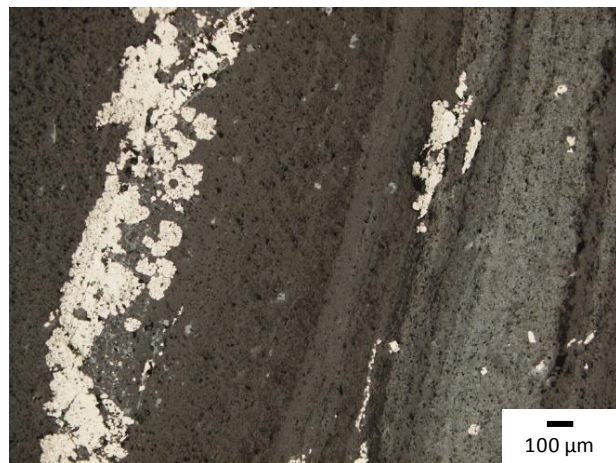


Figura 3 –

Observações complementares: Não foram realizadas análises complementares

Lâmina: MVC 28

Associação mineral: Hematite/Goethite, Pirite, Azurite, Quartzo, Micas, Rocha encaixante

Descrição: Lâmina de rocha encaixante com múltiplas fracturas preenchidas e agregados de minério.

A rocha encaixante é composta por xisto cinzento (abundância de sericite). É possível observar-se na lâmina duas gerações diferentes de quartzo (Intersecção de fracturas/veios). É possível observar minerais de óxidos e hidróxidos de Fe e de azurite, rútilo e rara pirite. Os hidróxidos e óxidos de Fe encontram-se associados ao encaixante, assim como a pirite e o rútilo disseminado. A azurite encontra-se ao longo das fracturas.



Figura 1 – Amostra de mão MVC 28

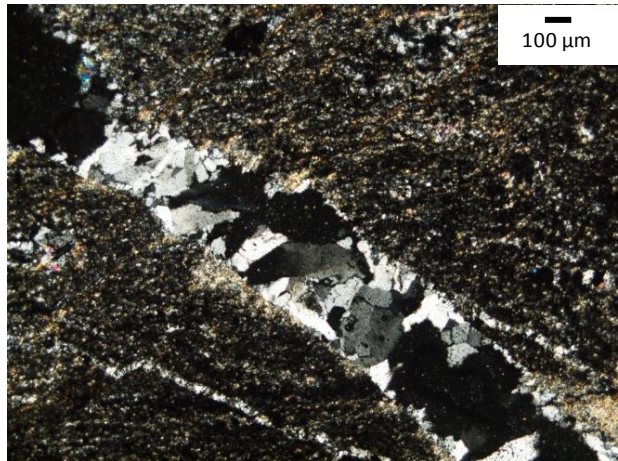


Figura 2 –

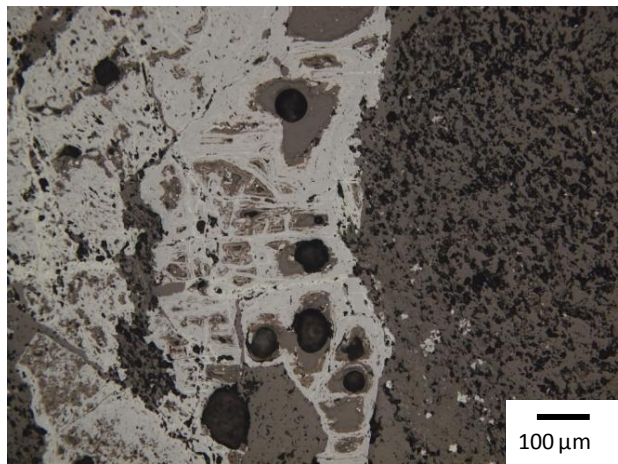


Figura 3 –

Observações complementares: Analisada em difracção de raio-X.

Lâmina: MVC 32

Associação mineral: Pirite, Óxidos e hidróxidos de Fe, Malaquite/Pseudomalaquite, Quartzo

Descrição: Amostra de xisto cinzento (abundante sericite) muito fracturado. As fracturas são compostas por duas gerações diferentes de quartzo (intersecção de fracturas) e malaquite/pseudomalaquite (preenche espaços abertos existentes no quartzo). Na zona de contacto entre o xisto e as fracturas de quartzo observam-se agregados de óxidos e hidróxidos de Fe com relíquias de pirite e sob a forma de pseudomorfoses.

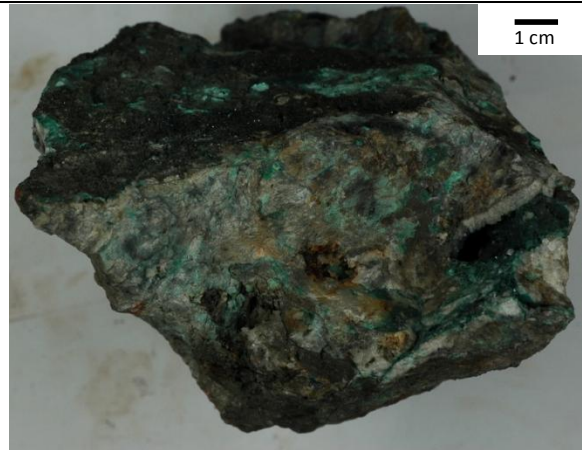


Figura 1 – Amostra de mão MVC 32

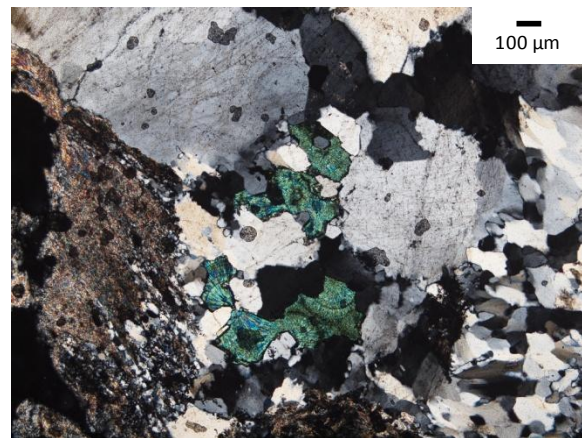


Figura 2 –

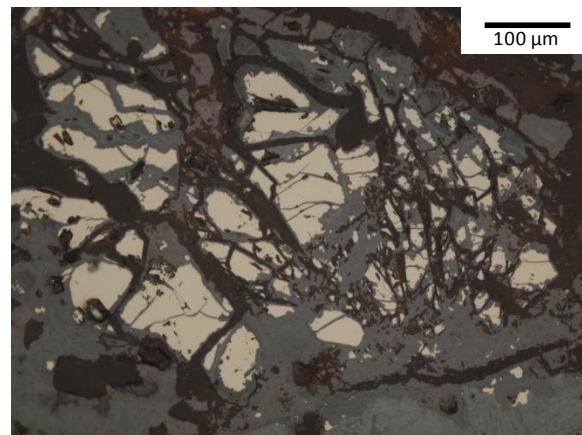


Figura 3 –

Observações complementares: Analisada em difracção de raio-X.

Lâmina: MVC 37

Associação mineral: Pseudomalaquite, Óxidos e hidróxidos de Mn, Calcopirite, Bornite, Anilite

Descrição: Amostra de uma massa porosa de malaquite, cujos espaços abertos encontram-se preenchidos por um mineral opaco (MO 5) de baixa reflectância. O mineral opaco apresenta estruturas colomórficas.

Observações complementares: Analizada em difracção de raio-X e microsonda electrónica.

Lâmina: MVC 38-1

Associação mineral: Óxidos e Hidróxidos de Fe, Calcopirite, Pirite, Fases de Cu-S, Malaquite, Quartzo

Descrição: Amostra de minério de Fe muito fracturado, dando um aspecto brechóide à lâmina.

O quartzo que se observa na lâmina possivelmente é só uma geração com várias fases de formação. Apresenta espaços abertos que se encontram a serem preenchidos por malaquite (que se encontra também a preencher espaços abertos existentes nos óxidos e hidróxidos de Fe). No minério de Fe é possível observar anéis compostos por fases de Cu-S e relíquias de calcopirite e pirite. A calcopirite encontra-se fracturada e com halos de alteração ao longo dos bordos compostos por fases de Cu-S.

Observações complementares: Analisada em microsonda electrónica.

<p>Lâmina: MVC 38-2</p> <p>Associação mineral: (Hidr)óxidos de Fe, Pirite, Calcopirite, Fases de Cu-S, Malaquite, Quartzo</p>	
<p>Descrição: Amostra de minério de Fe e Cu muito fracturado, dando um aspecto brechóide à lâmina. As fracturas desta amostra encontram-se preenchidas por quartzo.</p> <p>A mineralização de opacos desta amostra consiste em (hidr)óxidos de Fe, calcopirite, pirite e fases de Cu-S. A massa principal consiste nos (hidr)óxidos de Fe, observando-se por vezes pseudomorfozes euédricas com inclusões de pirite. A calcopirite encontra-se muito fracturada e apresenta halos de alteração compostos por calcocite. A pirite apresenta formas anédricas a euédricas, sendo possível observar, por vezes, a sua decomposição para (hidr)óxidos de Fe e inclusões de calcopirite em alguns dos agregados. Tanto a calcopirite como a pirite encontram-se associadas à massa de (hidr)óxidos de Fe, sendo que é possível observar raros agregados de pirite associados aos veios de quartzo. Encontram-se raros agregados de covelite.</p> <p>A preencher espaços abertos na massa de (hidr)óxidos de Fe e fracturas nos veios de quartzo encontra-se a malaquite, mineral verde, pleocróico</p>	
<p>Observações complementares: <u>Analisada</u> em microsonda electrónica.</p>	

Anexo IV

Amostras e paragénese de opacos

Tabela 1 - Amostras e sua paragénesis de opacos (observada em LDP)

	Amostra	Amostra de Sondagem	Amostra de Mão	LDP	Metragem (m)	Paragénesis
Gossan	MDT 16		x			
	MDT 17		x			
	MDT 18		x			
	MDT 32		x			
	MV 02-01	x		x	50.0	M: <i>Goe</i> /Hem m: Py
	MV 03-01	x			63.7	
	MV 03-02	x			65.2	
	MV 03-03	x			66.3	
	MV 03-04	x		x	71.5	M: <i>Goe</i> /Hem m: Py + Cpy (?) + Mal/Pmal
	MV 03-05	x			71.8	
	MV 05-01	x		x	80.5	M: <i>Goe</i> /Hem > Cpy m: Py + Fases de Cu-S + Mal
	MVC 11		x			
	MVC 12		x			
	MVC 14		x			
	MVC 22		x			
MVC 38		x	x		M: <i>Goe</i> /Hem m: Cpy + Py + Fases de Cu-S + Mal	
?	MDT 07		x			
	MDT 11		x			
	MDT 14		x			
	MDT 15		x			
	MV 06-01	x		x	96.7	m: Cpy + Py
	MV 06-02	x			99.1	
	MV 06-03	x		x	100.0	m: Mal/Pmal + Fases de Cu-S
	MV 06-04	x		x	101.3	M: <i>Goe</i> /Hem + Mal m: Cpy > Bn + Fases de Cu-S
MV 06-05	x			103.0		

Goe – Goethite; Hem – Hematite; Py – Pirite; Cpy – Calcopirite; Mal – Malaquite; Pmal – Pseudomalaquite; Bn - Bornite

	Amostra	Amostra de Sondagem	Amostra de Mão	LDP	Metragem (m)	Paragénese
Supergénico Oxidado	MDT 04		x			
	MDT 05		x			
	MDT 06		x			
	MDT 08		x			
	MDT 09		x			
	MDT 10		x			
	MDT 12		x			
	MDT 13		x	x		M: Cc + Cup > Óx. Cu + Mal m: Fases de Cu-S > Cu ⁰ + Cpy + Gdt
	MDT 19		x			
	MDT 20		x			
	MDT 21		x			
	MDT 22		x			
	MDT 23		x			
	MDT 24		x			
	MDT 25		x			
	MDT 26		x			
	MDT 27		x			
	MDT 28		x			
	MDT 29		x			
	MDT 30		x	x		M: Mal/Pmal
	MDT 31		x			
	MDT 32		x			
	MDT 33		x			
	MVC 10		x			
	MVC 13		x			
	MVC 15		x			
	MVC 16		x			
	MVC 17		x			
	MVC 18		x			
	MVC 19		x			
	MVC 20		x			
	MVC 21		x			
	MVC 23		x			
	MVC 24		x			
	MVC 25		x			
	MVC 26		x			
	MVC 27		x			
	MVC 28		x	x		M: Az m: Goe/Hem + Py
	MVC 29		x			
	MVC 30		x			
MVC 31		x				
MVC 32		x	x		M: Mal/Pmal + Lib m: Goe/Hem + Py	
MVC 33		x				
MVC 34		x				
MVC 36		x				
MVC 37		x	x		M: Pmal > H(Óx) Mn (?) m: Cpy + Bn + Fases de Cu-S	
MVC 39		x				
MVC 40		x				

Py – Pirite; Cpy – Calcopirite; Bn – Bornite; Cc – Calcocite; Gdt – *Gersdorffite*; Cup – Cuprite; Óx. Cu – Óxido de cobre; Mal – Malaquite; Pmal – Pseudomalaquite; Az – Azurite; Lib – *Libethenite*; Goe – *Goethite*; Hem – Hematite; H(Óx.) Mn – Óxidos e hidróxidos de Mn; Cu⁰ – Cobre nativo;

	Amostra	Amostra de Sondagem	Amostra de Mão	LDP	Metragem (m)	Paragénese	
Supergénico Reduzido	MDT 34		x	x		M: Cpy > Py ± Bn ± Fases de Cu-S m: Goe/Hem + Gdt	
	MV 09-01	x		x	193.9	M: Py m: Cpy + Fases de Cu-S	
	MV 09-02	x			205.8		
	MV 09-03	x		x	206.5	M: Cpy + Py > Bn ± Fases de Cu-S m: Fases de Cu-Bi-S	
	MV 09-04	x		x	206.8	M: Cpy m: Py	
	MV 09-05	x		x	207.0	M: Py m: Cpy	
	MV 09-06	x		x	210.4	m: Cpy + Py	
	MV 09-07	x			210.5		
	MV 10-01	x			159.0		
	MV 10-02	x			160.2		
	MV 10-03	x			170.6		
	MV 10-04	x			173.0		
	MV 10-05	x			174.2		
	MV 10-06	x			178.5		
	MV 10-07	x			179.8		
	MV 10-08	x			187.1		
	MV 10-09	x			187.6		
	MV 10-10	x			190.2		
	MV 10-11	x			197.2		
	MV 10-12	x			208.3		
	MV 11-01	x			204.6		
	MV 11-02	x			206.1		
	MV 11-03	x			208.9		
	MV 12-01	x			200.4		
	MV 12-02	x			x	201.6	M: Py m: Cpy
	MV 12-03	x				203.3	
	MV 12-04	x				208.9	
	MV 12-05	x				213.7	
	MV 13-01	x				191.6	
	MV 13-02	x				193.1	
	MV 13-03	x				196.1	
	MV 13-04	x				205.1	
	MV 13-05	x				203.6	
	MV 13-06	x				204.3	
	MV 13-07	x				204.1	
	MV 14-01	x				182.0	
	MV 14-02	x				186.2	
	MV 14-03	x				186.9	
	MV 14-04	x				187.3	
	MV 14-05	x				191.0	
	MV 14-06	x				192.5	
	MV 14-07	x			x	196.7	m: Cpy + Py
	MV 14-08	x				197.5	
	MV 19-01	x				151.8	
	MV 19-02	x				158.2	
	MV 19-03	x				161.6	
	MV 19-04	x				166.3	
MV 19-05	x				175.1		
MV 20-01	x				132.3		
MV 20-02	x				132.7		
MV 20-03	x			x	134.4	M: Py m: Cpy	
MV 20-04	x			x	140.2	M: Py m: Cpy	
MV 20-05	x				137.9		
MV 20-06	x				143.2		
MV 20-07	x			x	145.9	M: Py m: Cpy	
MV 20-08	x				150.0		
MV 20-09	x				151.8		
MV 20-10	x				155.5		
MV 20-11	x				158.6		
MV 20-12	x				163.7		
MV 20-13	x				165.2		
MV 20-14	x				166.5		

Py – Pirite; Cpy – Calcopirite; Bn – Bornite; Gdt – Gersdorffite; Goe - Goethite; Hem – Hematite

	Amostra	Amostra de Sondagem	Amostra de Mão	LDP	Metragem (m)	Paragénese
r.	MV 07-01	x			235.0	
	MV 07-02	x		x	238.5	m: Pv
	MV 07-03	x		x	241.0	M: Cpv + Pv
	MV 07-04	x		x	240.5	M: Py + Cpy m: Fases de Cu-S
	MV 07-05	x		x	241.8	M: Py + Cpy m: Fases de Cu-S + Bn
	MV 07-06	x			246.0	
	MV 07-07	x		x	247.6	M: Cpy + Py m: Fases de Cu-S + Bn + Apy
	MV 07-08	x		x	249.3	M: Cpy m: Py
Hipogénico	MV 09-08	x		x	217.6	M: Cpv + Pv + Apy
	MV 09-09	x		x	237.7	M: Pv + Apy
	MV 09-10	x			238.6	
	MV 09-11	x			239.4	
	MV 09-12	x		x	258.6	M: Py + Apy m: Cpy
	MV 09-13	x			259.5	
	MV 09-14	x			260.8	
	MV 09-15	x		x	261.4	M: Pv
	MV 09-16	x		x	274.0	M: Cpv + Pv
	MV 09-17	x			276.2	
	MV 09-18	x			278.8	
	MV 09-19	x			303.3	
	MV 09-20	x		x	305.0	M: Apy
	MV 09-21	x		x	305.3	M: Apy m: Py
	MV 09-22	x		x	306.3	M: Py + Apy m: Cpy + Gdt(?)
	MV 09-23	x			311.5	
	MV 10-13	x			218.3	
	MV 11-04	x			216.8	
	MV 11-05	x			218.0	
	MV 11-06	x			270.6	
	MV 11-07	x			278.9	
	MV 12-06	x			219.2	
	MV 12-07	x			302.8	
	MV 12-08	x			308.8	
	MV 12-09	x			327.4	
	MV 12-10	x			333.9	
	MV 12-11	x			329.9	
	MV 12-12	x			330.6	
	MV 12-13	x			341.1	
	MV 12-14	x			330.5	
	MV 12-15	x			337.8	
	MV 12-16	x			338.4	
	MV 13-08	x		x	218.4	M: Cpv + Pv + Apy
	MV 13-09	x			229.9	
	MV 16-01	x			234.2	
	MV 16-02	x			239.7	
	MV 16-03	x			239.9	
	MV 16-04	x		x	248.2	M: Cpy m: Py + Gdt (?)
	MV 16-05	x			252.6	
	MV 16-06	x			256.6	
MV 16-07	x		x	271.5	m: Pv + Cpv	
MV 16-08	x			275.3		
MV 17-01	x			263.0		
MV 17-02	x			263.2		
MV 17-03	x			271.9		
MV 17-04	x			281.9		
MV 17-05	x			288.6		
MV 18-01	x			361.1		
MV 18-02	x			368.5		
MV 18-03	x			373.6		
MV 18-04	x		x	375.0	M: Py m: Cpy	
MV 18-05	x			387.6		
MV 18-06	x			392.7		
MV 18-07	x			393.5		
MV 18-08	x			398.0		
MV 18-09	x			402.2		

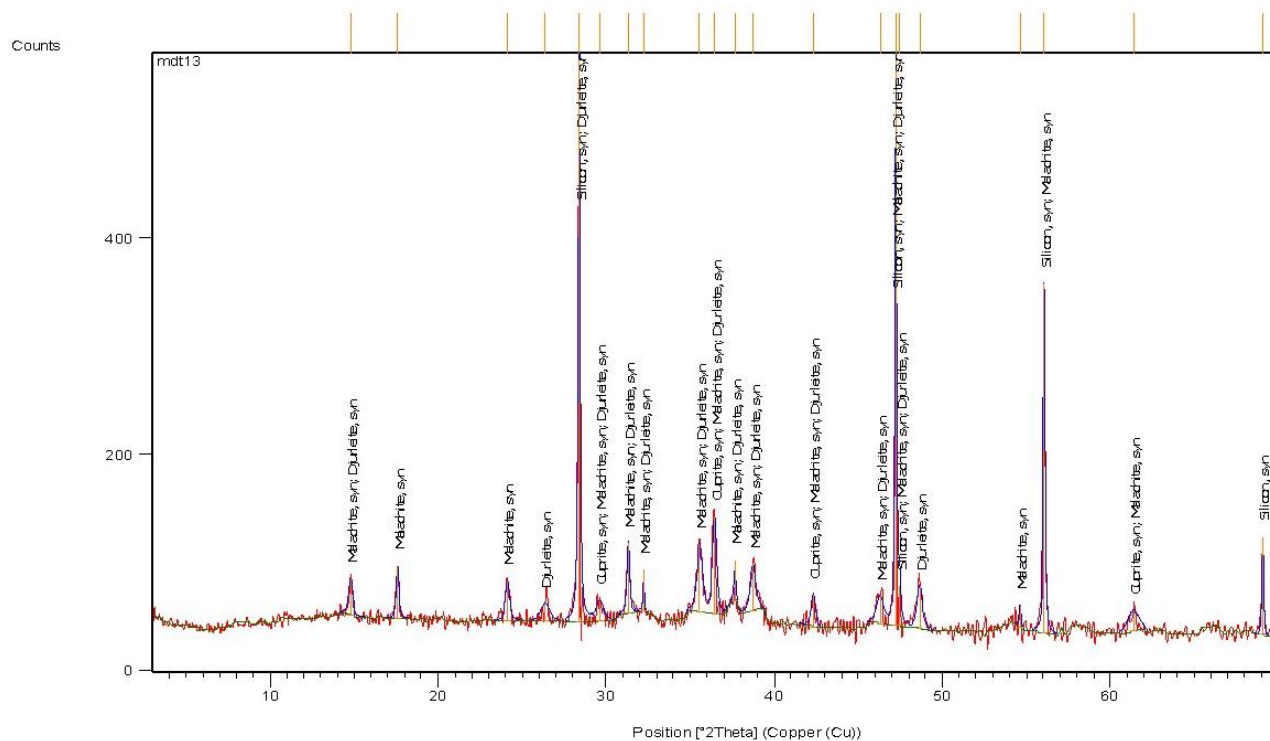
Py – Pirite; Cpy – Calcopirite; Apy – Arsenopirite; Bn – Bornite; Gdt – Gersdorffite

Anexo V

Resultados de Difraccão de Raios-X e Microdifracção de Raios-X

Para cada uma das fracções de DRX, vão ser observadas continuamente: 1) Uma figura com a identificação das fases minerais existentes em cada um dos picos do difractograma; 2) Uma tabela com os dados de posicionamento, intensidade e *d-spacing* de cada um dos picos e 3) Uma tabela com as fases minerais identificadas para cada difractograma. Na análise de MDRX vão ser observadas figuras dos difractogramas com a respectiva identificação.

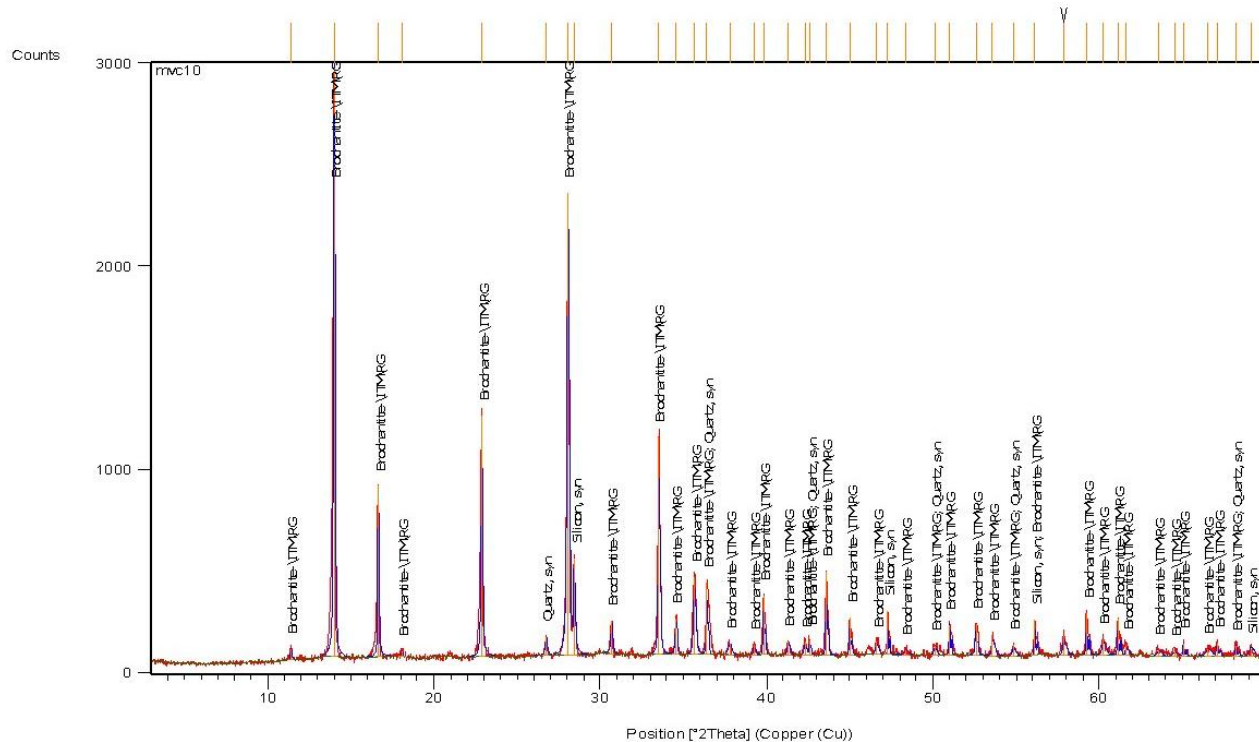
MDT 13



Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
14.7837	33.10	0.2880	5.98736	6.24
17.5885	48.97	0.1920	5.03836	9.23
24.1202	36.60	0.2880	3.68674	6.90
26.3665	16.07	0.5760	3.37753	3.03
28.3892	520.72	0.1680	3.14131	98.18
29.5968	18.41	0.5760	3.01583	3.47
31.3075	64.94	0.1920	2.85483	12.25
32.2038	38.29	0.1019	2.77739	7.22
35.5668	63.30	0.3840	2.52210	11.94
36.4512	90.73	0.2880	2.46291	17.11
37.6521	37.76	0.1441	2.38707	7.12
38.7301	42.44	0.3840	2.32308	8.00
42.3276	30.22	0.2880	2.13358	5.70
46.2923	25.95	0.4800	1.95966	4.89
47.2439	530.35	0.1440	1.92238	100.00
47.4756	37.19	0.1440	1.91354	7.01
48.6462	40.01	0.3840	1.87020	7.54
54.6418	20.33	0.1440	1.67831	3.83
56.0646	323.57	0.1440	1.63904	61.01
61.3609	19.64	0.7680	1.50965	3.70
69.0753	90.80	0.1200	1.35868	17.12

Visible	Ref. Code	Score	Compound Name	Displacement [°2Th.]	Scale Factor	Chemical Formula
	00-027-1402	28	Silicon, syn	0.000	0.552	Si
	00-005-0667	13	Cuprite, syn	0.000	0.185	Cu ₂ O
	00-041-1390	9	Malachite, syn	0.000	0.115	Cu ₂ (CO ₃)(OH) ₂
	00-034-0660	3	Djurleite, syn	0.000	0.114	Cu ₃₁ S ₁₆

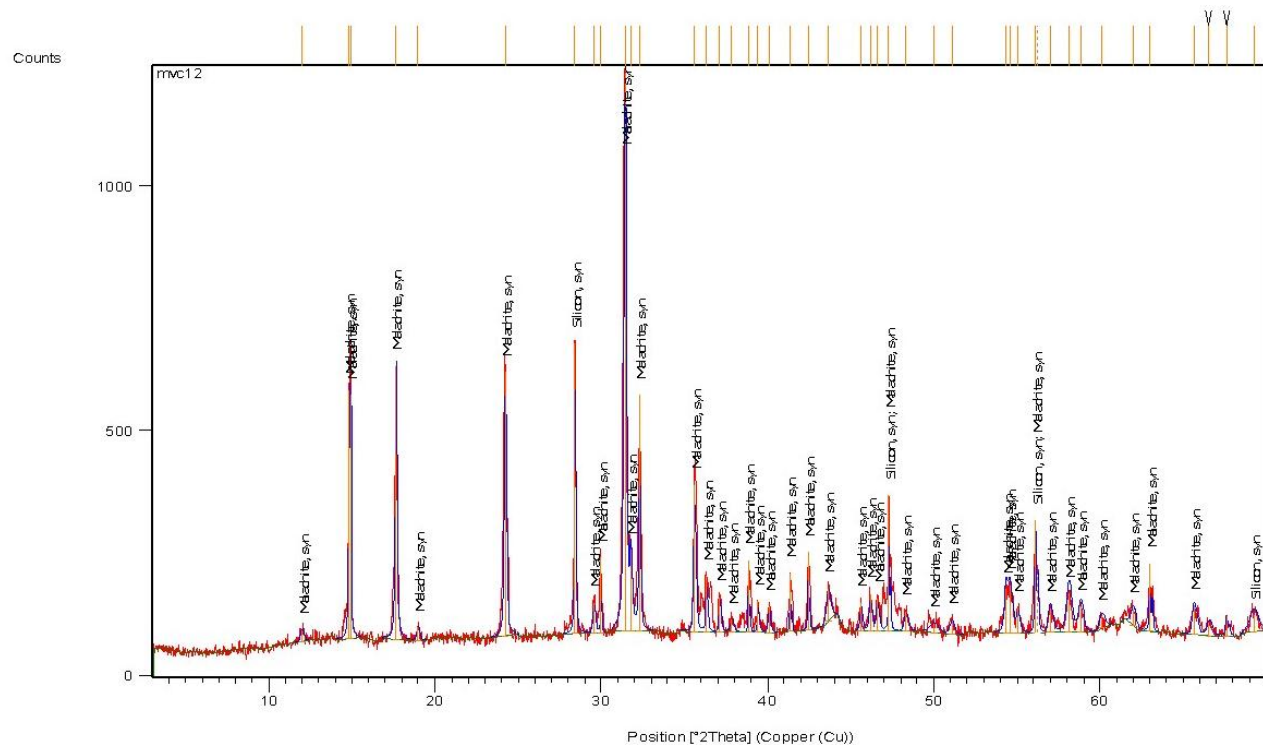
MVC 10



Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
11.4058	52.23	0.0984	7.75823	1.80
13.9926	2894.12	0.0984	6.32925	100.00
16.6527	841.91	0.0984	5.32375	29.09
18.0609	27.70	0.1181	4.91169	0.96
22.8753	1187.69	0.1181	3.88771	41.04
26.7282	91.59	0.1574	3.33539	3.16
28.0518	2276.65	0.1378	3.18095	78.66
28.4393	471.92	0.0984	3.13849	16.31
30.6754	162.94	0.1378	2.91461	5.63
33.5174	1071.72	0.0984	2.67369	37.03
34.5358	180.05	0.1378	2.59714	6.22
35.6655	384.62	0.1378	2.51743	13.29
36.4210	354.52	0.0787	2.46693	12.25
37.7807	57.18	0.2362	2.38121	1.98
39.2178	52.66	0.1181	2.29721	1.82
39.8256	294.76	0.0787	2.26354	10.18
41.3025	70.39	0.1574	2.18595	2.43
42.2969	67.21	0.1181	2.13683	2.32
42.6007	71.99	0.1181	2.12229	2.49
43.5937	412.67	0.0787	2.07622	14.26
45.0250	187.15	0.0787	2.01349	6.47
46.6238	60.58	0.1574	1.94811	2.09
47.2932	215.16	0.0590	1.92209	7.43
48.3762	26.26	0.3149	1.88156	0.91
50.1133	49.79	0.1574	1.82033	1.72
50.9878	155.34	0.0720	1.78967	5.37
52.5797	156.20	0.1181	1.74061	5.40
53.6013	100.19	0.1574	1.70982	3.46
54.8412	54.95	0.1574	1.67406	1.90
56.1272	174.16	0.0787	1.63872	6.02
57.8815	97.14	0.1574	1.59316	3.36
59.2600	205.90	0.0787	1.55935	7.11
60.2543	77.56	0.1968	1.53597	2.68
61.1155	178.70	0.0787	1.51638	6.17
61.6502	49.67	0.1574	1.50450	1.72
63.5663	30.11	0.2362	1.46370	1.04
64.5349	25.21	0.2362	1.44405	0.87
65.0535	63.10	0.0720	1.43260	2.18
66.5386	35.30	0.3149	1.40535	1.22
67.0980	66.52	0.1181	1.39498	2.30
68.2131	52.01	0.0960	1.37373	1.80
69.1219	39.93	0.2880	1.35788	1.38

Visible	Ref. Code	Score	Compound Name	Displacement [°2Th.]	Scale Factor	Chemical Formula
	00-027-1402	30	Silicon, syn	0.000	0.161	Si
	00-043-1458	63	Brochantite-\ITM\RG	0.000	0.245	Cu ₄ SO ₄ (OH) ₆
	00-046-1045	7	Quartz, syn	0.000	0.024	Si O ₂

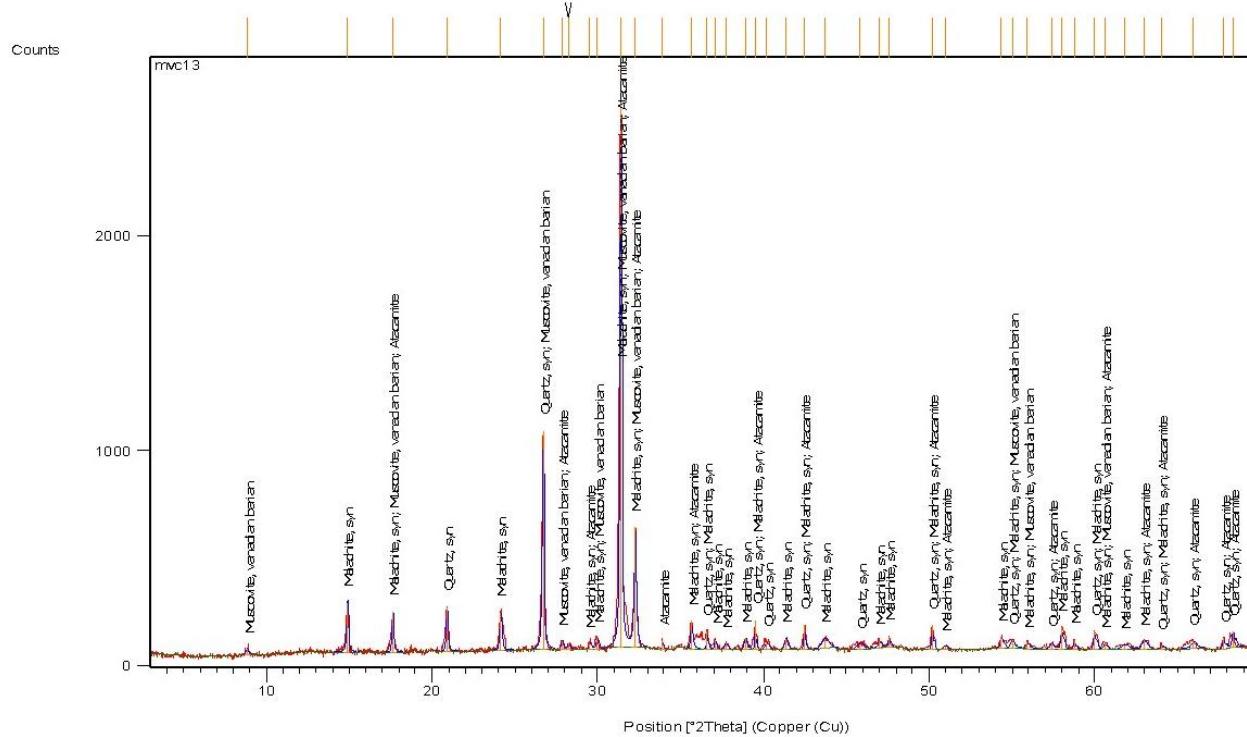
MVC 12



Visible	Ref. Code	Score	Compound Name	Displacement [°2Th.]	Scale Factor	Chemical Formula
	00-027-1402	34	Silicon, syn	0.000	0.197	Si
	00-041-1390	67	Malachite, syn	0.000	0.537	Cu ₂ (CO ₃)(OH) ₂

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
11.9496	24.46	0.2362	7.40634	2.09
14.7582	508.18	0.0984	6.00261	43.43
14.8697	496.94	0.0590	5.95785	42.47
17.6009	558.14	0.1378	5.03902	47.70
18.9272	28.11	0.2362	4.68879	2.40
24.1465	538.58	0.1378	3.68584	46.03
28.3530	592.70	0.0984	3.14784	50.65
29.4920	61.78	0.1574	3.02881	5.28
29.9089	152.54	0.0590	2.98754	13.04
31.3524	1170.15	0.1771	2.85321	100.00
31.7112	164.76	0.1181	2.82174	14.08
32.2279	481.98	0.1181	2.77766	41.19
35.5548	300.97	0.1378	2.52502	25.72
36.2625	115.86	0.1181	2.47735	9.90
37.0762	71.84	0.1574	2.42482	6.14
37.7885	26.22	0.2362	2.38074	2.24
38.7931	147.66	0.0590	2.32137	12.62
39.3546	63.69	0.1181	2.28954	5.44
40.0277	53.14	0.1574	2.25257	4.54
41.2930	121.33	0.0590	2.18643	10.37
42.3829	162.89	0.0787	2.13269	13.92
43.5840	87.77	0.2362	2.07667	7.50
44.0877	52.54	0.1968	2.05410	4.49
45.5572	57.73	0.1574	1.99121	4.93
46.1086	75.05	0.1574	1.96867	6.41
46.5442	66.26	0.1574	1.95125	5.66
47.2299	277.49	0.0787	1.92451	23.71
48.2565	39.13	0.2362	1.88594	3.34
49.9225	19.19	0.6298	1.82684	1.64
51.0052	29.57	0.3149	1.79058	2.53
54.2724	88.42	0.2400	1.68886	7.56
54.5452	97.04	0.1968	1.68244	8.29
54.9839	49.64	0.1968	1.67006	4.24
56.0591	230.11	0.0960	1.63919	19.66
56.2058	118.71	0.0960	1.63932	10.14
56.9400	48.83	0.2400	1.61590	4.17
58.0406	80.40	0.3360	1.58786	6.87
58.7506	51.77	0.2880	1.57035	4.42
60.0345	25.56	0.2880	1.53980	2.18
61.9255	33.29	0.2880	1.49724	2.84
62.9264	138.65	0.0960	1.47581	11.85
65.5930	59.69	0.2400	1.42212	5.10
66.4869	26.98	0.2880	1.40515	2.31
67.5414	40.98	0.1440	1.38575	3.50
69.1631	34.09	0.5760	1.35717	2.91

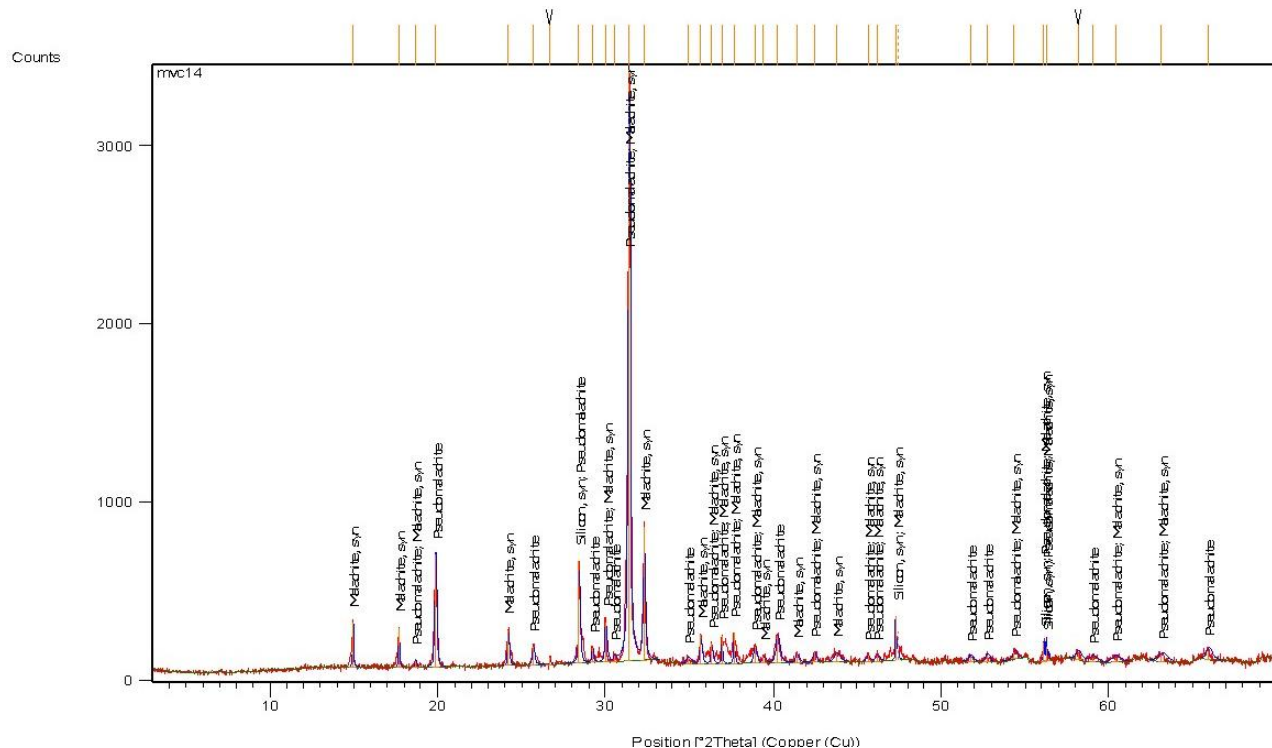
MVC 13



Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
8.8430	28.57	0.2362	10.00004	1.00
14.8851	232.06	0.1378	5.95171	8.15
17.6336	191.75	0.1181	5.02975	6.74
20.9087	207.80	0.1181	4.24870	7.30
24.1351	179.70	0.1378	3.68755	6.31
26.6897	1022.44	0.1378	3.34012	35.92
27.8650	45.20	0.1574	3.20185	1.59
28.2288	27.50	0.1574	3.16141	0.97
29.5140	30.19	0.1181	3.02660	1.06
29.9748	52.21	0.1968	2.98112	1.83
31.3756	2846.69	0.1181	2.85114	100.00
32.2484	560.54	0.1771	2.77595	19.69
33.9184	38.20	0.0787	2.64299	1.34
35.6656	129.99	0.1181	2.51743	4.57
36.6024	85.73	0.0787	2.45511	3.01
37.1002	43.15	0.1574	2.42331	1.52
37.7247	28.59	0.2362	2.38462	1.00
38.9231	54.99	0.1968	2.31392	1.93
39.5102	139.40	0.0590	2.28087	4.90
40.2020	32.29	0.3149	2.24321	1.13
41.3630	53.92	0.2362	2.18289	1.89
42.4692	116.37	0.0984	2.12856	4.09
43.7153	43.16	0.4723	2.07073	1.52
45.8053	23.15	0.4723	1.98100	0.81
46.9975	34.50	0.2362	1.93348	1.21
47.6001	49.55	0.1181	1.91041	1.74
50.1926	116.51	0.0984	1.81764	4.09
50.9753	19.68	0.3149	1.79156	0.69
54.3796	49.93	0.1968	1.68717	1.75
55.0047	39.98	0.2362	1.66947	1.40
55.9322	29.43	0.2362	1.64397	1.03
57.3738	28.92	0.2362	1.60604	1.02
58.0115	104.12	0.1574	1.58990	3.66
58.7562	46.81	0.1181	1.57151	1.64
60.0034	90.09	0.1574	1.54180	3.16
60.5986	31.97	0.2362	1.52807	1.12
61.7806	23.19	0.6298	1.50164	0.81
62.9578	45.64	0.3936	1.47637	1.60
64.0612	24.12	0.2362	1.45358	0.85
65.9236	34.05	0.3149	1.41696	1.20
67.7690	52.62	0.1574	1.38280	1.85
68.3413	74.22	0.1440	1.37147	2.61

Visible	Ref. Code	Score	Compound Name	Displaceme nt [°2Th.]	Scale Factor	Chemical Formula
	00-046-1045	46	Quartz, syn	0.000	0.235	SiO ₂
	00-041-1390	36	Malachite, syn	0.000	0.114	Cu ₂ (CO ₃)(OH) ₂
	00-046-1409	18	Muscovite, vanadian barian	0.000	0.148	(K, Ba, Na) _{0.75} (Al, Mg, Cr, V) ₂ (Si, Al, V) ₄ O ₁₀ (OH, O) ₂
	00-025-0269	15	Atacamite	0.000	0.164	Cu ₂ Cl(OH) ₃

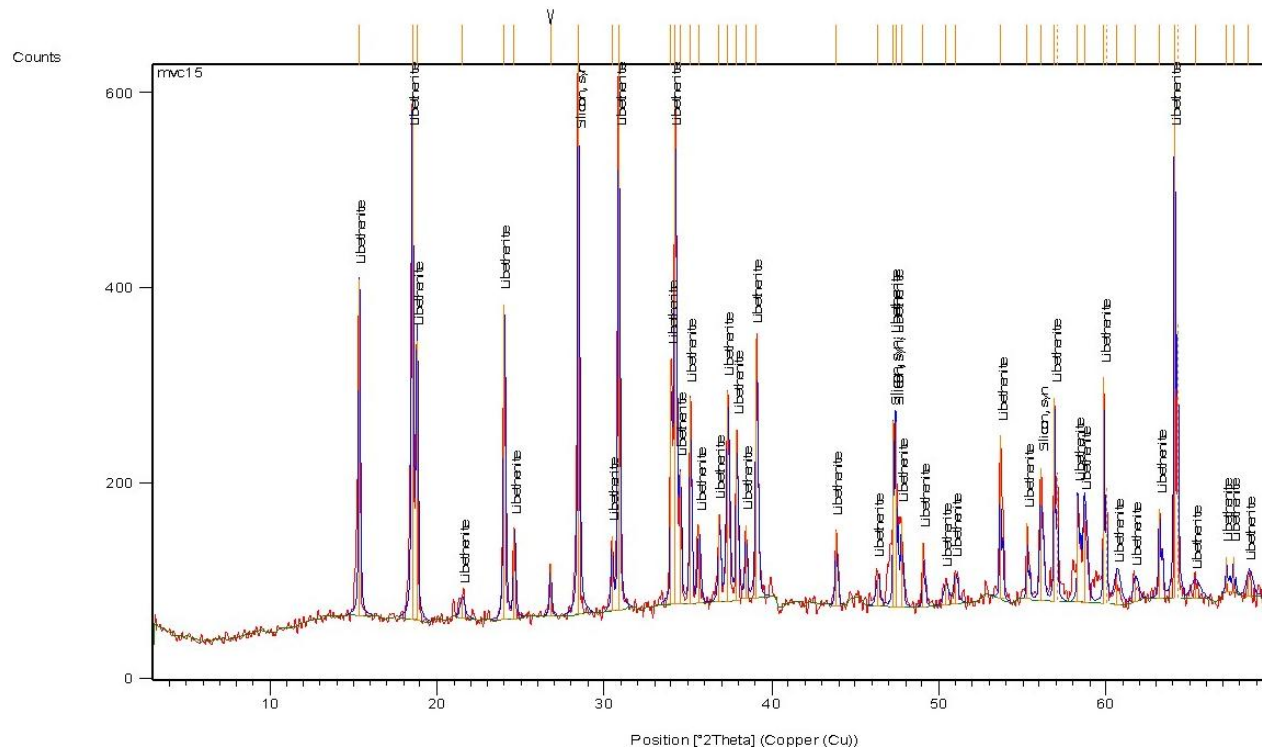
MVC 14



Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
14.9401	249.29	0.0787	5.92992	7.47
17.6882	220.95	0.0787	5.01434	6.62
18.6836	37.31	0.1181	4.74938	1.12
19.8831	634.67	0.1378	4.46549	19.01
24.1962	198.22	0.0984	3.67838	5.94
25.6955	103.92	0.1574	3.46705	3.11
26.6744	41.06	0.0590	3.34199	1.23
28.4357	570.77	0.1181	3.13887	17.09
29.2383	82.00	0.1181	3.05451	2.46
30.0236	222.01	0.1574	2.97638	6.65
30.5292	37.58	0.1181	2.92824	1.13
31.4009	3339.18	0.1574	2.84891	100.00
32.3008	750.67	0.1574	2.77156	22.48
34.9449	33.47	0.3149	2.56767	1.00
35.6865	163.37	0.1181	2.51600	4.89
36.3431	110.16	0.1181	2.47203	3.30
36.9190	157.63	0.0590	2.43479	4.72
37.6390	171.87	0.0590	2.38985	5.15
38.9077	93.44	0.1968	2.31479	2.80
39.4185	36.31	0.1574	2.28597	1.09
40.2668	152.41	0.2755	2.23975	4.56
41.4017	47.06	0.2362	2.18094	1.41
42.4541	57.25	0.2362	2.12928	1.71
43.7645	47.25	0.3936	2.06852	1.41
45.6232	31.96	0.2362	1.98848	0.96
46.1823	30.56	0.2755	1.96570	0.92
47.3206	243.33	0.0720	1.91945	7.29
47.4511	158.69	0.0720	1.91923	4.75
51.7497	29.05	0.2880	1.76510	0.87
52.7466	39.04	0.2880	1.73406	1.17
54.3812	36.82	0.2880	1.68573	1.10
56.1356	106.80	0.0720	1.63714	3.20
56.2744	81.21	0.0720	1.63343	2.43
58.1612	38.06	0.3840	1.58485	1.14
59.0384	24.03	0.5760	1.56338	0.72
60.3905	26.75	0.5760	1.53157	0.80
63.1528	34.93	0.5760	1.47106	1.05
65.9312	52.20	0.3840	1.41564	1.56

Visible	Ref. Code	Score	Compound Name	Displacement [°2Th.]	Scale Factor	Chemical Formula
	00-027-1402	26	Silicon, syn	0.000	0.140	Si
	00-036-0408	31	Pseudomalachite	0.000	0.130	Cu ₅ (PO ₄) ₂ (OH) ₄
	00-041-1390	22	Malachite, syn	0.000	0.074	Cu ₂ (CO ₃)(OH) ₂

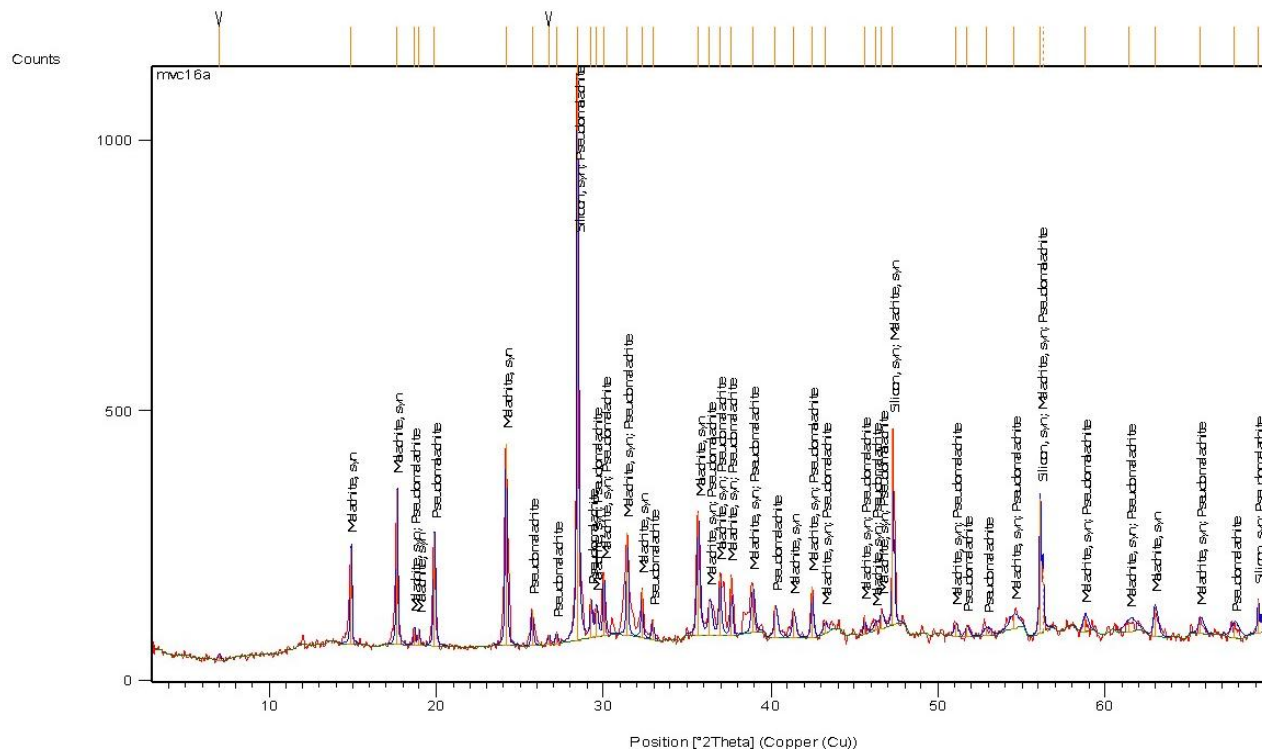
MVC 15



Visible	Ref. Code	Score	Compound Name	Displacement [°2Th.]	Scale Factor	Chemical Formula
	00-027-1402	28	Silicon, syn	0.000	0.596	Si
	00-036-0404	51	Libethenite	0.000	0.283	Cu ₂ (PO ₄) (OH)

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
15.3451	333.05	0.0984	5.77430	47.31
18.5075	580.64	0.1181	4.79417	82.49
18.7571	292.93	0.0984	4.73094	41.61
21.4971	20.04	0.3149	4.13373	2.85
23.9985	339.25	0.1181	3.70823	48.19
24.5807	107.33	0.0787	3.62170	15.25
26.7372	54.07	0.1181	3.33429	7.68
28.4064	648.72	0.0984	3.14205	92.16
30.4283	94.04	0.0787	2.93771	13.36
30.8303	703.94	0.0984	2.90032	100.00
33.9925	275.09	0.0984	2.63741	39.08
34.2054	606.50	0.0787	2.62147	86.16
34.4869	140.96	0.0787	2.60071	20.02
35.1262	263.71	0.0590	2.55484	37.46
35.5728	87.95	0.1181	2.52378	12.49
36.8495	88.68	0.1574	2.43922	12.60
37.3469	195.87	0.0787	2.40787	27.82
37.9022	214.69	0.0590	2.37386	30.50
38.3995	83.94	0.0787	2.34426	11.92
39.0682	322.30	0.0787	2.30566	45.79
43.8319	91.81	0.0787	2.06549	13.04
46.3095	34.33	0.2362	1.96059	4.88
47.2843	246.86	0.0720	1.92084	35.07
47.4225	241.07	0.0590	1.91715	34.25
47.7197	94.24	0.1574	1.90590	13.39
49.0484	61.05	0.0787	1.85733	8.67
50.3794	24.80	0.2362	1.81134	3.52
50.9347	62.23	0.0720	1.79141	8.84
53.6576	169.85	0.0984	1.70816	24.13
55.2660	81.08	0.0787	1.66220	11.52
56.0790	136.03	0.1968	1.64001	19.32
56.9149	251.82	0.0720	1.61656	35.77
57.0783	158.98	0.0720	1.61632	22.58
58.2925	106.07	0.1200	1.58159	15.07
58.6775	99.56	0.1440	1.57213	14.14
59.8603	264.70	0.0960	1.54386	37.60
60.0315	142.15	0.0960	1.54369	20.19
60.6165	28.22	0.3840	1.52640	4.01
61.7204	20.82	0.2880	1.50172	2.96
63.1903	109.77	0.1200	1.47028	15.59
64.0855	694.33	0.0720	1.45188	98.64
64.2643	372.26	0.0720	1.45187	52.88
65.2770	13.98	0.5760	1.42823	1.99
68.5027	20.38	0.2880	1.36863	2.90

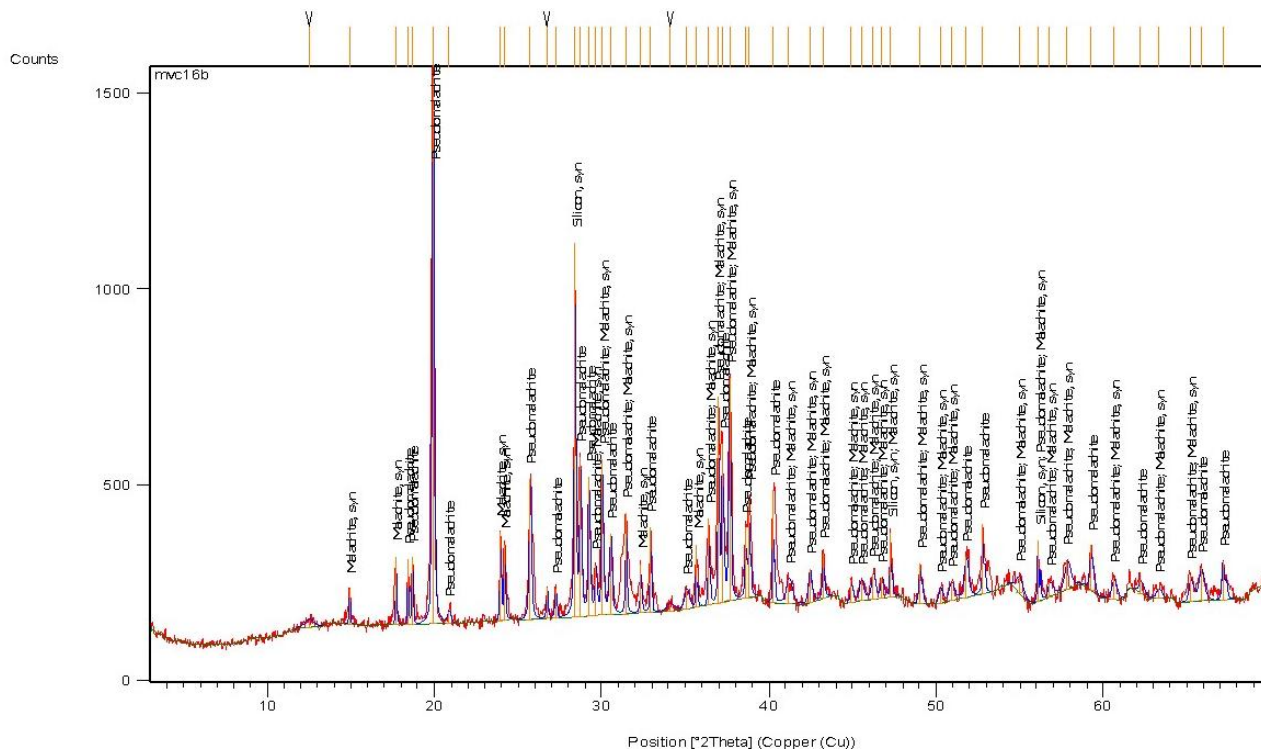
MVC 16a



Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
14.8750	175.92	0.1181	5.95573	15.64
17.6503	272.23	0.1181	5.02502	24.21
18.6573	30.92	0.1181	4.75600	2.75
18.9427	27.25	0.1181	4.68500	2.42
19.8695	225.80	0.1181	4.46851	20.08
24.1368	366.02	0.1181	3.68729	32.55
25.7203	66.78	0.1574	3.46376	5.94
27.1730	19.34	0.1574	3.28180	1.72
28.4422	1124.44	0.1181	3.13817	100.00
29.2476	69.54	0.1181	3.05357	6.18
29.5538	53.37	0.1574	3.02262	4.75
30.0309	99.53	0.1378	2.97568	8.85
31.3884	182.93	0.1181	2.85002	16.27
32.3014	91.24	0.1968	2.77152	8.11
32.9077	37.50	0.1574	2.72182	3.34
35.6491	248.27	0.1181	2.51855	22.08
36.4063	61.51	0.2362	2.46789	5.47
36.9438	109.87	0.1181	2.43321	9.77
37.2127	97.23	0.1181	2.41624	8.65
37.6173	118.50	0.0787	2.39118	10.54
38.8757	90.83	0.1968	2.31663	8.08
40.2861	50.87	0.2362	2.23872	4.52
40.7816	5.42	0.6298	2.21266	0.48
41.3363	48.65	0.1574	2.18424	4.33
42.4591	87.02	0.1968	2.12904	7.74
43.2161	22.08	0.2362	2.09349	1.96
45.5804	33.39	0.1181	1.99024	2.97
46.6787	34.99	0.1574	1.94594	3.11
47.2974	402.26	0.0960	1.92033	35.77
47.4417	242.75	0.0720	1.91959	21.59
51.0373	28.04	0.2880	1.78805	2.49
51.7092	19.10	0.2880	1.76638	1.70
52.7721	29.93	0.2400	1.73328	2.66
54.5193	25.21	0.7680	1.68179	2.24
56.1324	309.38	0.0720	1.63722	27.51
56.2773	137.59	0.0960	1.63741	12.24
58.7551	29.74	0.2880	1.57024	2.65
59.3166	19.16	0.2880	1.55671	1.70
61.5788	15.19	0.7680	1.50483	1.35
62.9692	54.06	0.2400	1.47491	4.81
65.6995	25.62	0.2880	1.42007	2.28
67.7077	22.66	0.3840	1.38275	2.02
69.1437	61.58	0.1440	1.35750	5.48

Visible	Ref. Code	Score	Compound Name	Displacement [°2Th.]	Scale Factor	Chemical Formula
	00-027-1402	35	Silicon, syn	0.000	0.927	Si
	00-041-1390	37	Malachite, syn	0.000	0.192	Cu ₂ (CO ₃) (OH) ₂
	00-036-0408	25	Pseudomalachite	0.000	0.177	Cu ₅ (PO ₄) ₂ (OH) ₄

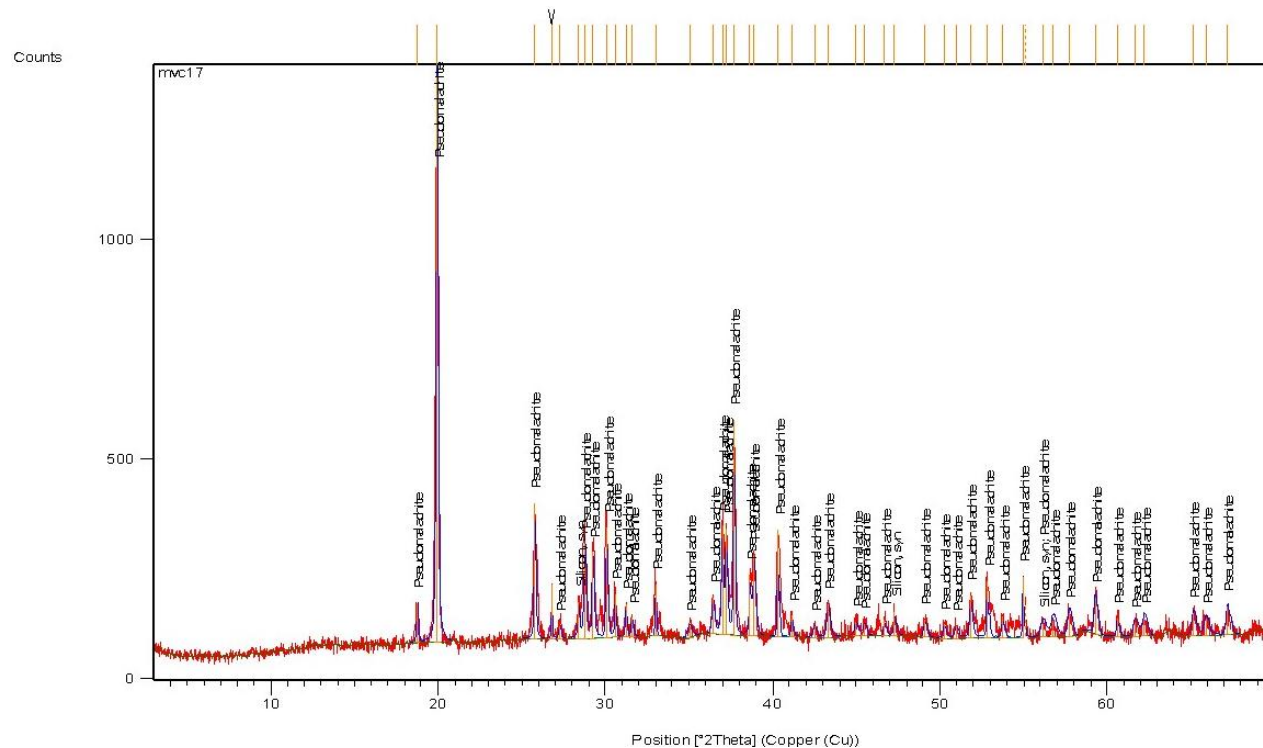
MVC 16b



Visible	Ref. Code	Score	Compound Name	Displacement [°2Th.]	Scale Factor	Chemical Formula
	00-036-0408	56	Pseudomalachite	0.000	0.592	$\text{Cu}_5(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_4$
	00-027-1402	23	Silicon, syn	0.000	0.396	Si
	00-041-1390	16	Malachite, syn	0.000	0.102	$\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
12.4942	19.44	0.6298	7.08474	1.39
14.9017	91.73	0.0787	5.94513	6.56
17.7047	175.13	0.0787	5.00970	12.52
18.4138	168.57	0.0590	4.81835	12.05
18.6737	174.22	0.0787	4.75188	12.46
19.9163	1398.43	0.1378	4.45813	100.00
20.8724	30.89	0.2362	4.25602	2.21
23.9457	227.37	0.0787	3.71628	16.26
24.1730	192.18	0.0787	3.68185	13.74
25.7148	359.23	0.1378	3.46449	25.69
26.7276	78.64	0.1181	3.33546	5.62
27.2343	76.16	0.1181	3.27454	5.45
28.3918	954.37	0.1181	3.14363	68.25
28.7270	408.37	0.1181	3.10770	29.20
29.2329	355.34	0.1378	3.05507	25.41
29.6302	129.46	0.1181	3.01500	9.26
30.0383	399.48	0.1378	2.97496	28.57
30.5327	205.76	0.1771	2.92790	14.71
31.4431	256.63	0.0984	2.84518	18.35
32.3320	124.35	0.1181	2.76896	8.89
32.9141	219.60	0.0787	2.72131	15.70
34.0839	18.72	0.4723	2.63054	1.34
35.0889	49.11	0.3149	2.55747	3.51
35.6567	159.81	0.0590	2.51804	11.43
36.4009	219.68	0.0787	2.46825	15.71
36.9542	529.25	0.0787	2.43255	37.85
37.2256	407.13	0.1181	2.41543	29.11
37.6391	569.25	0.1181	2.38984	40.71
38.6000	180.92	0.1181	2.33254	12.94
38.8287	259.33	0.0787	2.31932	18.54
40.2622	287.07	0.0787	2.24000	20.53
41.1923	61.82	0.3936	2.19154	4.42
42.4499	85.55	0.2362	2.12948	6.12
43.2297	115.09	0.1181	2.09286	8.23
44.9362	55.70	0.1574	2.01727	3.98
45.5166	52.16	0.3149	1.99289	3.73
46.2228	68.02	0.2362	1.96407	4.86
46.7567	52.52	0.1968	1.94288	3.76
47.2679	162.15	0.0984	1.92306	11.60
49.0408	102.97	0.1574	1.85760	7.36
50.2474	39.99	0.2362	1.81579	2.86
50.8891	47.23	0.3149	1.79439	3.38
51.7725	106.29	0.2755	1.76583	7.60
52.7929	179.39	0.1181	1.73408	12.83
54.9646	41.77	0.4723	1.67059	2.99
56.0957	156.94	0.0720	1.63821	11.22
56.8078	37.33	0.3149	1.62069	2.67
57.8344	72.65	0.3542	1.59434	5.20
59.2841	116.87	0.1968	1.55877	8.36
60.6168	55.31	0.3149	1.52765	3.95

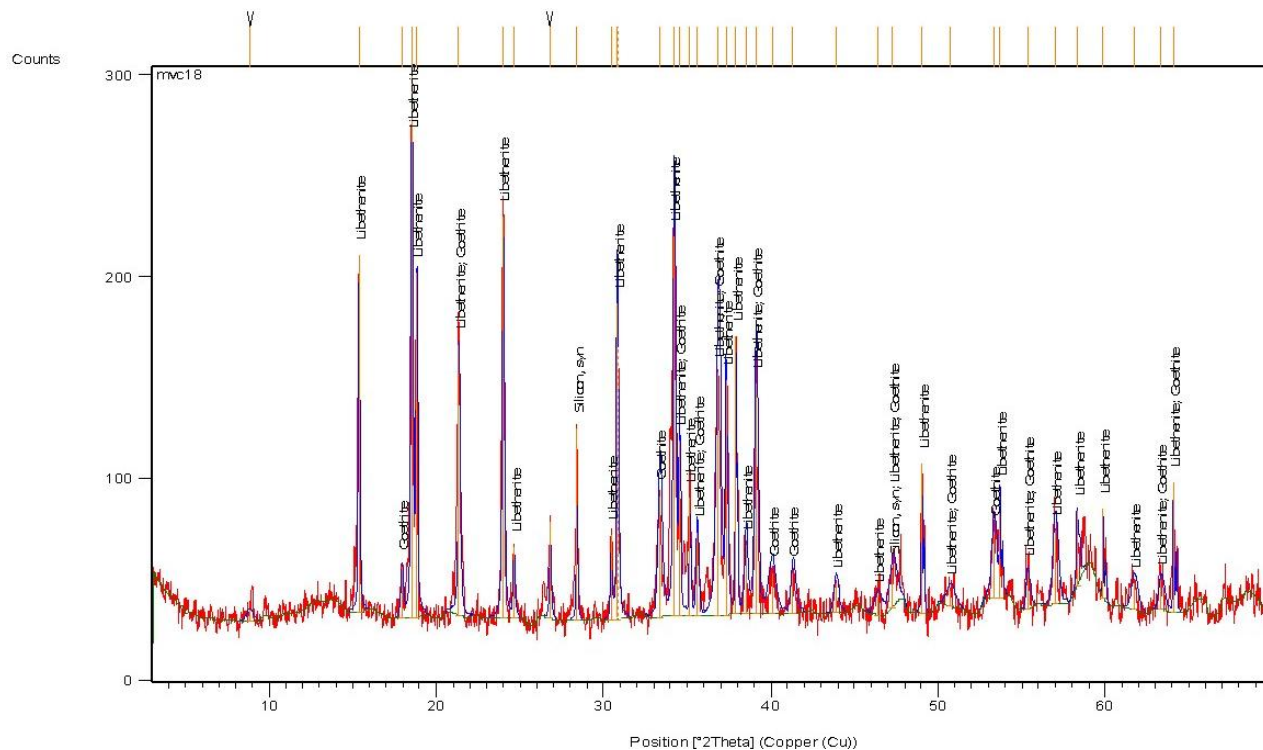
MVC 17



Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
18.7544	90.79	0.1181	4.73160	7.05
19.9389	1288.10	0.1378	4.45311	100.00
25.7749	306.65	0.0984	3.45655	23.81
26.7788	124.22	0.0590	3.32920	9.64
27.2636	29.83	0.1574	3.27109	2.32
28.3980	81.73	0.1181	3.14295	6.35
28.7865	216.34	0.1574	3.10142	16.80
29.2536	197.13	0.1378	3.05295	15.30
30.0964	251.03	0.1181	2.96935	19.49
30.5743	99.15	0.0787	2.92402	7.70
31.2227	76.19	0.0984	2.86476	5.92
31.6008	43.45	0.1574	2.83134	3.37
32.9932	118.39	0.0787	2.71496	9.19
35.0323	27.78	0.3149	2.56147	2.16
36.4405	83.98	0.1574	2.46565	6.52
36.9709	247.21	0.1378	2.43149	19.19
37.2328	242.52	0.1181	2.41498	18.83
37.6875	490.99	0.0984	2.38689	38.12
38.6327	139.58	0.1181	2.33064	10.84
38.8946	185.54	0.1574	2.31554	14.40
40.3266	244.43	0.0787	2.23657	18.98
41.1560	50.39	0.1181	2.19339	3.91
42.4882	27.96	0.2362	2.12765	2.17
43.3164	76.89	0.2362	2.08887	5.97
44.9832	30.94	0.2362	2.01527	2.40
45.4825	28.17	0.2362	1.99430	2.19
46.6893	36.96	0.1181	1.94553	2.87
47.3002	51.62	0.1574	1.92182	4.01
49.1049	40.02	0.1968	1.85533	3.11
50.2455	32.04	0.1968	1.81585	2.49
50.9547	28.24	0.2362	1.79223	2.19
51.8310	95.41	0.1968	1.76398	7.41
52.8348	129.45	0.1181	1.73280	10.05
53.7503	48.02	0.1574	1.70543	3.73
54.9701	138.89	0.0720	1.66906	10.78
55.1274	74.00	0.0720	1.66880	5.75
56.1489	31.94	0.2880	1.63678	2.48
56.7689	38.46	0.3840	1.62037	2.99
57.7437	56.02	0.2400	1.59531	4.35
59.3095	84.95	0.1920	1.55688	6.60
60.6018	40.68	0.1440	1.52673	3.16
61.6749	31.74	0.2880	1.50272	2.46
62.2243	41.20	0.2880	1.49076	3.20
65.1506	51.92	0.2400	1.43070	4.03
65.8940	37.80	0.2880	1.41635	2.93
67.2097	64.73	0.1920	1.39178	5.02

Visible	Ref. Code	Score	Compound Name	Displacement [°2Th.]	Scale Factor	Chemical Formula
	00-027-1402	11	Silicon, syn	0.000	0.045	Si
	00-036-0408	40	Pseudomalachite	0.000	0.356	Cu ₅ (PO ₄) ₂ (OH) ₄

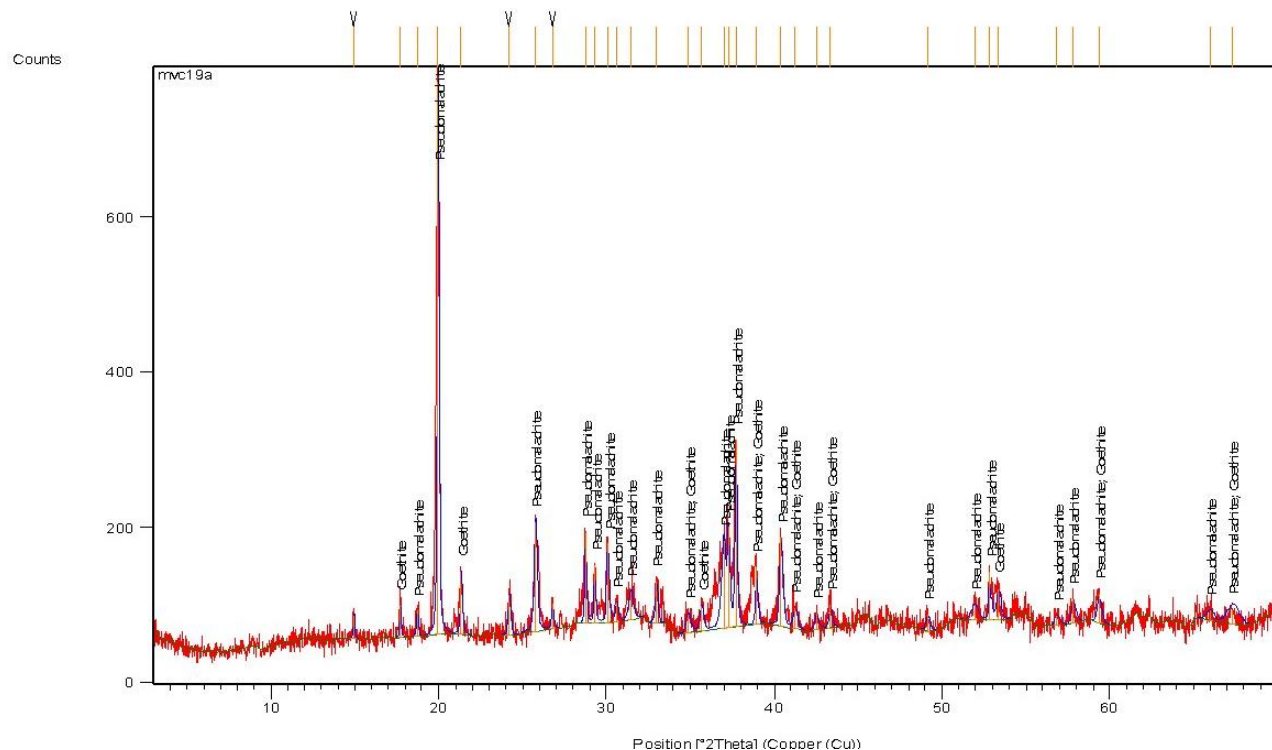
MVC 18



Visible	Ref. Code	Score	Compound Name	Displacement [°2Th.]	Scale Factor	Chemical Formula
	00-027-1402	8	Silicon, syn	0.000	0.272	Si
	00-036-0404	27	Libethenite	0.000	0.306	Cu ₂ (PO ₄)(OH)
	00-029-0713	13	Goethite	0.000	0.359	FeO(OH)

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
8.8443	6.02	0.4723	9.99863	2.19
15.3794	176.97	0.0984	5.76150	64.34
17.9427	25.38	0.1574	4.94378	9.23
18.5356	275.05	0.1181	4.78697	100.00
18.8152	171.12	0.1181	4.71645	62.21
21.3590	134.27	0.1574	4.16014	48.82
23.9917	198.90	0.1378	3.70926	72.32
24.6380	35.34	0.1181	3.61341	12.85
26.7961	47.30	0.1181	3.32710	17.20
28.3864	95.03	0.0787	3.14421	34.55
30.4384	41.95	0.0787	2.93676	15.25
30.8214	156.83	0.1200	2.89873	57.02
30.9149	134.09	0.0720	2.89736	48.75
33.3688	60.27	0.2400	2.68304	21.91
34.2165	188.36	0.1440	2.61848	68.48
34.5191	86.65	0.0960	2.59622	31.50
35.1443	58.63	0.0720	2.55145	21.32
35.6058	41.30	0.1440	2.51943	15.02
36.8422	120.50	0.2880	2.43766	43.81
37.3329	116.55	0.0960	2.40675	42.37
37.9244	137.89	0.0720	2.37056	50.13
38.5079	34.31	0.1920	2.33597	12.47
39.0989	114.23	0.1920	2.30201	41.53
40.0730	20.06	0.4800	2.24827	7.29
41.3202	20.14	0.2880	2.18324	7.32
43.8775	13.92	0.2880	2.06174	5.06
46.3845	8.88	0.4800	1.95598	3.23
47.2942	18.29	0.4800	1.92045	6.65
49.0345	74.65	0.0720	1.85629	27.14
50.7425	7.57	0.5760	1.79774	2.75
53.3268	32.73	0.2880	1.71655	11.90
53.7141	52.99	0.0720	1.70508	19.27
55.3637	18.54	0.1920	1.65812	6.74
57.0030	36.41	0.2880	1.61427	13.24
58.3249	36.94	0.1440	1.58079	13.43
59.8786	44.12	0.0720	1.54343	16.04
61.7247	13.58	0.3840	1.50162	4.94
63.3275	14.79	0.2880	1.46742	5.38
64.0866	64.30	0.0720	1.45186	23.38

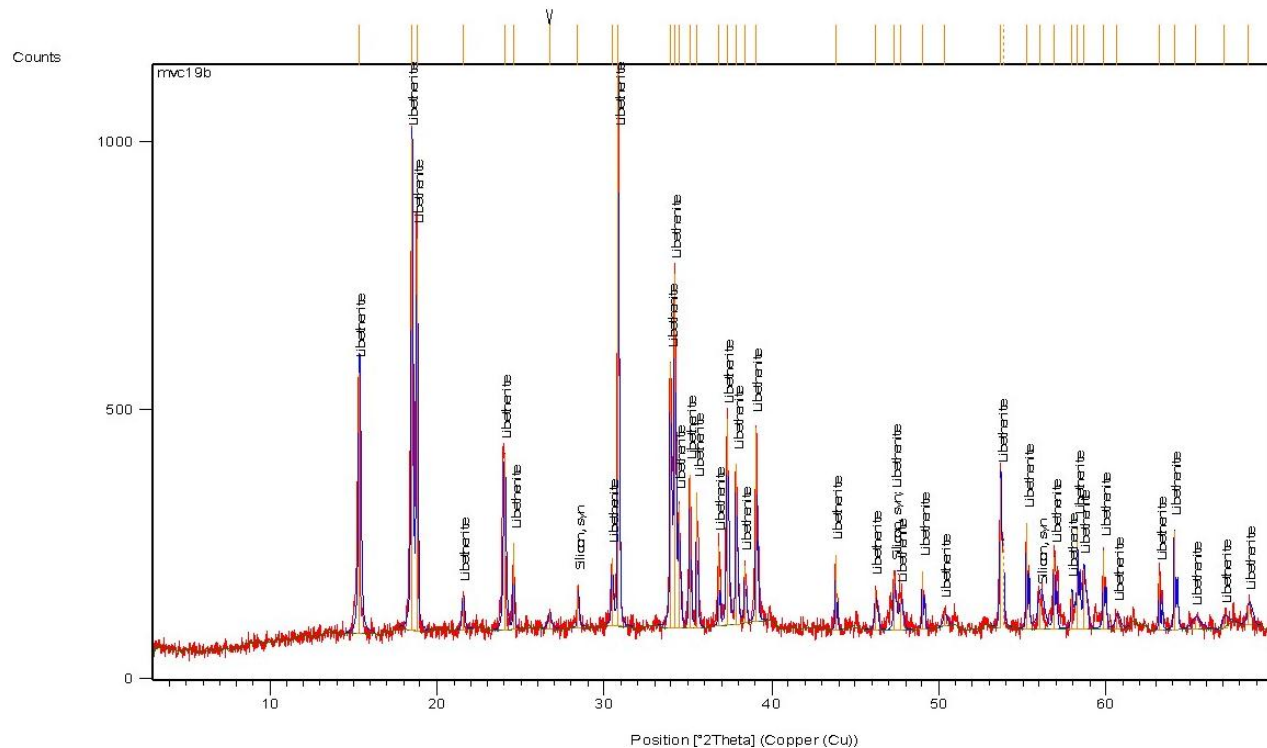
MVC 19a



Visible	Ref. Code	Score	Compound Name	Displacement [°2Th.]	Scale Factor	Chemical Formula
	00-036-0408	24	Pseudomalachite	0.000	0.341	$\text{Cu}_5(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_4$
	00-029-0713	8	Goethite	0.000	0.095	$\text{FeO}(\text{OH})$

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
14.9374	30.52	0.1181	5.93101	4.28
17.7083	41.77	0.1181	5.00869	5.86
18.7187	33.50	0.1181	4.74054	4.70
19.9628	712.99	0.1181	4.44783	100.00
21.3459	79.53	0.1574	4.16267	11.16
24.1957	51.97	0.1574	3.67845	7.29
25.7672	140.81	0.1968	3.45757	19.75
26.7727	32.41	0.1574	3.32995	4.55
28.7422	117.43	0.0984	3.10610	16.47
29.2973	74.24	0.0984	3.04850	10.41
30.0824	102.41	0.1574	2.97070	14.36
30.5984	25.14	0.1574	2.92177	3.53
31.4306	36.77	0.3149	2.84628	5.16
32.9735	52.18	0.1574	2.71654	7.32
34.8706	23.59	0.3149	2.57298	3.31
35.6750	31.96	0.2362	2.51678	4.48
36.9716	112.42	0.3149	2.43145	15.77
37.2788	130.54	0.1181	2.41211	18.31
37.7109	240.49	0.1378	2.38546	33.73
38.9322	73.23	0.1181	2.31339	10.27
40.4061	115.66	0.1968	2.23235	16.22
41.2438	26.29	0.2362	2.18892	3.69
42.5118	20.10	0.2362	2.12652	2.82
43.3319	30.08	0.1968	2.08816	4.22
49.1287	21.31	0.2362	1.85449	2.99
51.9197	19.91	0.4723	1.76117	2.79
52.8355	62.96	0.1181	1.73278	8.83
53.3492	39.98	0.2755	1.71730	5.61
56.8220	13.73	0.3149	1.62032	1.93
57.8145	30.48	0.2362	1.59484	4.28
59.3551	38.59	0.2362	1.55708	5.41
65.9638	14.81	0.4723	1.41619	2.08
67.2966	18.34	0.7680	1.39020	2.57

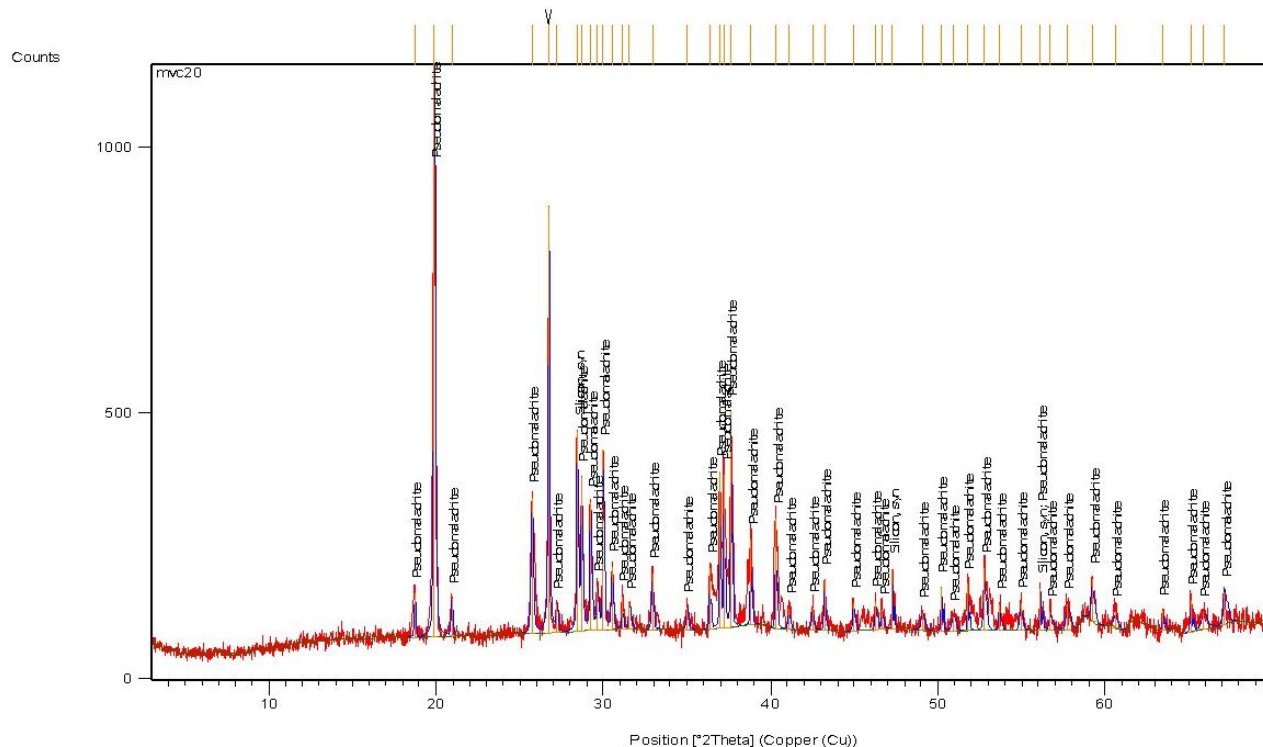
MVC 19b



Visible	Ref. Code	Score	Compound Name	Displacement [°2Th.]	Scale Factor	Chemical Formula
*	00-027-1402	22	Silicon, syn	0.000	0.098	Si
*	00-036-0404	69	Libethenite	0.000	0.417	Cu ₂ (PO ₄)(OH)

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
15.3469	485.33	0.1771	5.77363	46.85
18.4798	914.91	0.1181	4.80130	88.31
18.7601	731.58	0.0984	4.73020	70.61
21.5401	62.96	0.1574	4.12558	6.08
24.0040	328.08	0.1574	3.70740	31.67
24.5548	160.19	0.0590	3.62546	15.46
26.6857	28.83	0.2362	3.34060	2.78
28.4167	77.34	0.1181	3.14093	7.47
30.4418	127.12	0.0984	2.93644	12.27
30.8235	1036.04	0.0787	2.90094	100.00
33.9246	493.41	0.1181	2.64253	47.62
34.1735	658.40	0.0984	2.62385	63.55
34.4194	230.28	0.0984	2.60566	22.23
35.0752	285.31	0.0787	2.55843	27.54
35.5110	252.49	0.0787	2.52803	24.37
36.7978	149.37	0.0590	2.44253	14.42
37.3369	383.99	0.1181	2.40849	37.06
37.8575	297.84	0.1181	2.37656	28.75
38.3594	106.58	0.0984	2.34661	10.29
39.0444	363.19	0.0787	2.30700	35.06
43.7918	139.73	0.0590	2.06729	13.49
46.1821	74.65	0.1574	1.96571	7.21
47.3286	100.16	0.1574	1.92073	9.67
47.7004	60.39	0.1968	1.90662	5.83
49.0024	109.07	0.0720	1.85743	10.53
50.3179	24.39	0.2362	1.81341	2.35
53.6895	278.99	0.1200	1.70581	26.93
53.8404	162.39	0.0720	1.70561	15.67
55.2382	197.95	0.0720	1.66159	19.11
56.0367	53.64	0.3840	1.63979	5.18
56.8853	132.80	0.0960	1.61733	12.82
57.9398	68.99	0.1200	1.59038	6.66
58.2615	184.01	0.0960	1.58236	17.76
58.6549	112.37	0.1440	1.57268	10.85
59.8235	145.02	0.0960	1.54472	14.00
60.6293	22.85	0.2880	1.52611	2.21
63.1710	101.53	0.0720	1.47068	9.80
64.0717	185.42	0.0960	1.45216	17.90
65.3089	15.81	0.5760	1.42761	1.53
67.0443	15.61	0.3840	1.39481	1.51
68.5272	36.31	0.2880	1.36820	3.50

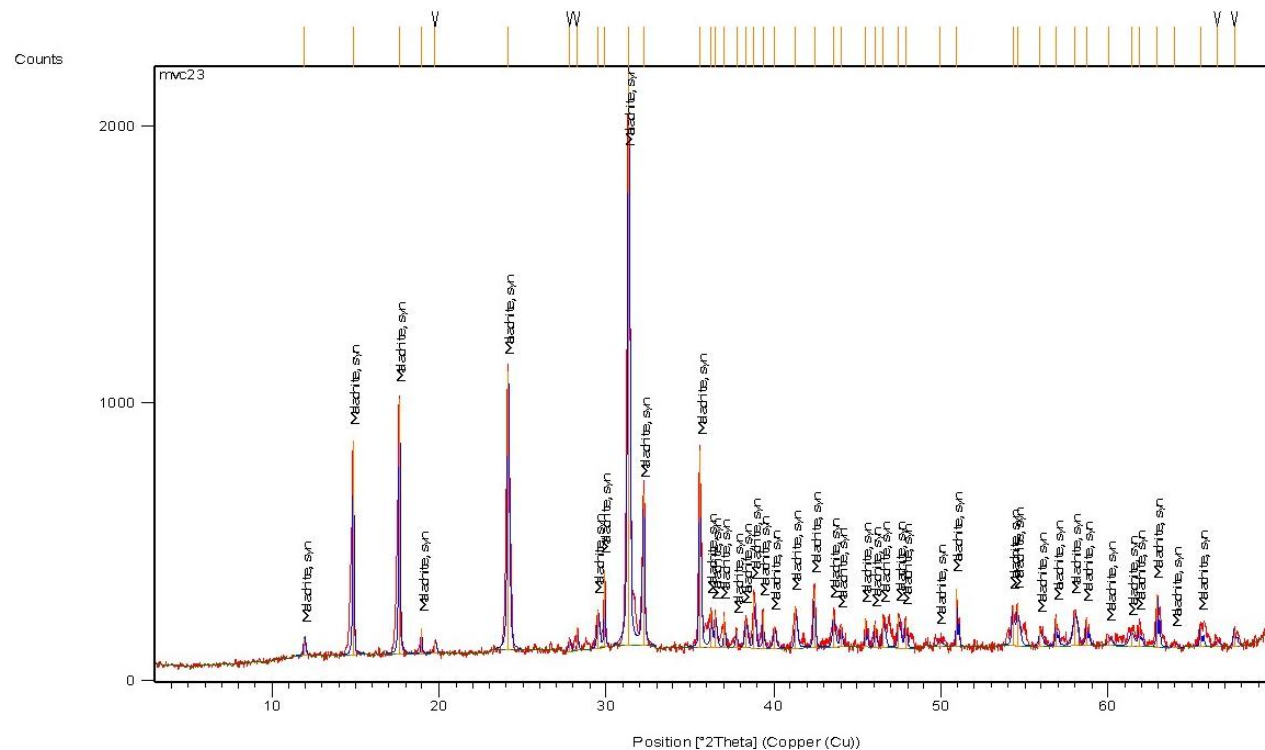
MVC 20



Visible	Ref. Code	Score	Compound Name	Displacement [°2Th.]	Scale Factor	Chemical Formula
	00-036-0408	57	Pseudomalachite	0.000	0.549	$\text{Cu}_5(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_4$
	00-027-1402	22	Silicon, syn	0.000	0.301	Si
	00-046-1045	15	Quartz, syn	0.000	0.174	SiO_2

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
18.7245	83.19	0.0984	4.73910	7.62
19.9050	1091.70	0.1181	4.46062	100.00
20.9373	71.25	0.1181	4.24297	6.53
25.7313	255.60	0.1378	3.46231	23.41
26.7236	802.58	0.1181	3.33595	73.52
27.2197	52.49	0.1181	3.27627	4.81
28.4428	377.90	0.1181	3.13811	34.62
28.7055	292.24	0.0984	3.10999	26.77
29.2389	242.51	0.1378	3.05445	22.21
29.6352	81.22	0.1181	3.01450	7.44
30.0100	338.02	0.1181	2.97771	30.96
30.5125	117.92	0.1181	2.92980	10.80
31.1313	62.10	0.0590	2.87296	5.69
31.5733	47.00	0.1574	2.83374	4.31
32.9190	106.39	0.1181	2.72091	9.75
35.0303	45.00	0.1574	2.56161	4.12
36.3747	115.41	0.0787	2.46996	10.57
36.9461	294.27	0.0787	2.43306	26.96
37.2228	289.01	0.0787	2.41561	26.47
37.6274	405.95	0.0787	2.39056	37.19
38.8130	162.09	0.0787	2.32022	14.85
40.3223	208.32	0.0787	2.23679	19.08
41.0967	40.14	0.1181	2.19642	3.68
42.5019	44.14	0.1574	2.12700	4.04
43.2062	96.50	0.0984	2.09394	8.84
44.9691	54.25	0.1574	2.01587	4.97
46.2720	52.40	0.1181	1.96210	4.80
46.6725	37.61	0.1181	1.94619	3.45
47.3083	111.45	0.0590	1.92151	10.21
49.0709	33.73	0.2362	1.85654	3.09
50.2065	81.89	0.0720	1.81567	7.50
50.9207	30.61	0.2362	1.79335	2.80
51.7674	88.99	0.0787	1.76599	8.15
52.7794	118.71	0.1574	1.73449	10.87
53.6822	50.34	0.1181	1.70744	4.61
54.9432	51.16	0.1574	1.67119	4.69
56.1290	76.64	0.0720	1.63731	7.02
56.7122	34.11	0.1968	1.62319	3.12
57.7692	49.71	0.2362	1.59599	4.55
59.2370	80.56	0.1968	1.55990	7.38
60.5986	30.87	0.2362	1.52807	2.83
63.4476	36.98	0.1181	1.46615	3.39
65.1085	60.31	0.0984	1.43271	5.52
65.8775	33.20	0.3149	1.41784	3.04
67.1516	60.79	0.1920	1.39285	5.57

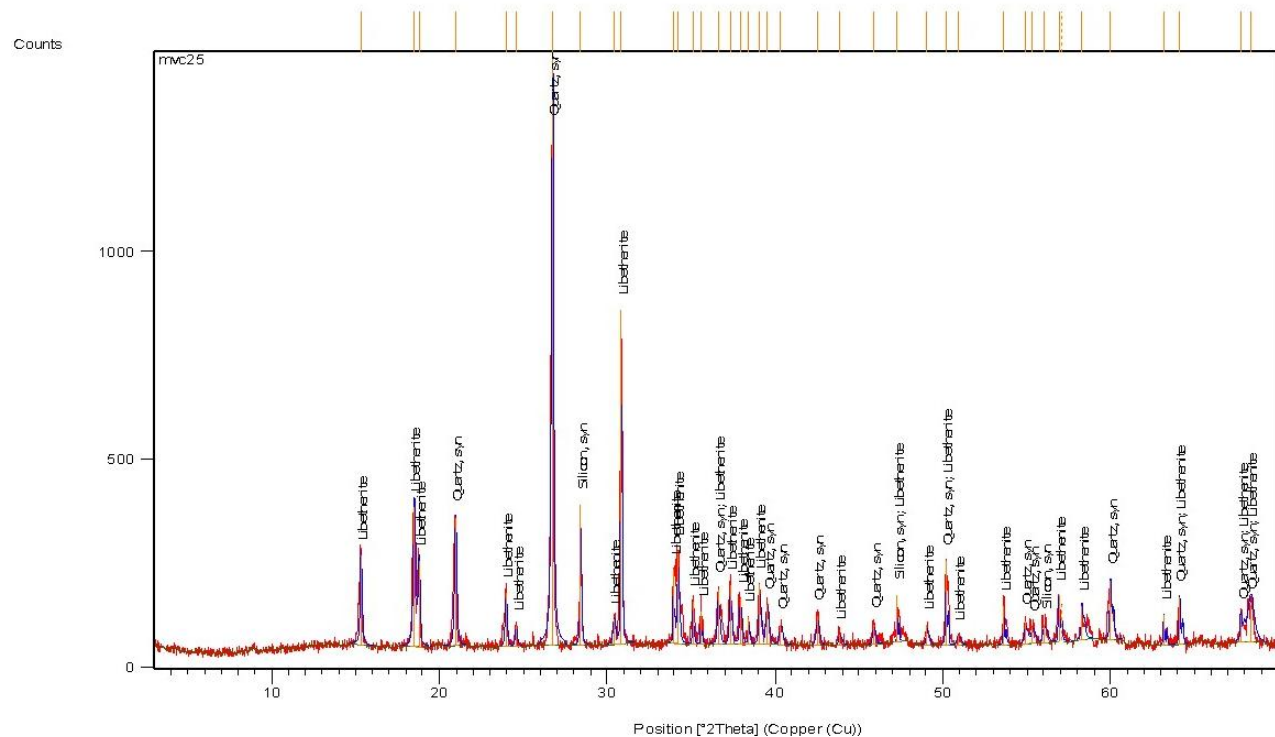
MVC 23



Visible	Ref. Code	Score	Compound Name	Displacement [°2Th.]	Scale Factor	Chemical Formula
	00-041-1390	80	Malachite, syn	0.000	0.509	Cu ₂ (CO ₃)(OH) ₂

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
11.9669	64.17	0.1574	7.39573	3.06
14.8410	769.96	0.0787	5.96929	36.67
17.6181	920.36	0.0984	5.03414	43.83
18.9424	93.79	0.0787	4.68508	4.47
19.7765	46.51	0.1574	4.48931	2.21
24.1183	1005.31	0.1378	3.69009	47.87
27.8139	43.39	0.1574	3.20761	2.07
28.2566	83.47	0.0590	3.15836	3.97
29.5014	138.04	0.1378	3.02787	6.57
29.8718	281.01	0.0787	2.99116	13.38
31.3054	2099.88	0.1378	2.85738	100.00
32.1910	544.40	0.1574	2.78077	25.93
35.5966	711.88	0.0984	2.52214	33.90
36.2376	135.69	0.1181	2.47899	6.46
36.5288	117.34	0.1181	2.45990	5.59
37.0215	115.43	0.0787	2.42828	5.50
37.7663	64.30	0.1181	2.38209	3.06
38.3252	101.10	0.1574	2.34863	4.81
38.8387	192.64	0.0984	2.31875	9.17
39.3427	129.95	0.0787	2.29020	6.19
40.0454	78.67	0.1574	2.25162	3.75
41.3160	147.19	0.1378	2.18526	7.01
42.4132	212.93	0.1181	2.13124	10.14
43.5814	120.51	0.1574	2.07678	5.74
44.0012	81.12	0.1181	2.05794	3.86
45.4841	101.01	0.0787	1.99424	4.81
46.0503	87.04	0.0984	1.97103	4.15
46.5696	105.13	0.1574	1.95025	5.01
47.4922	111.02	0.1574	1.91449	5.29
47.8727	99.80	0.1181	1.90016	4.75
49.9382	22.21	0.3149	1.82630	1.06
50.9331	211.68	0.0787	1.79294	10.08
54.2738	144.21	0.1574	1.69021	6.87
54.5947	149.68	0.1574	1.68104	7.13
55.9169	64.33	0.1968	1.64438	3.06
56.8929	104.09	0.0984	1.61847	4.96
57.9954	125.95	0.2755	1.59030	6.00
58.7003	98.76	0.0984	1.57287	4.70
60.0683	28.25	0.2362	1.54029	1.35
61.3634	53.72	0.3149	1.51085	2.56
61.8513	74.45	0.1181	1.50010	3.55
62.9175	190.39	0.0960	1.47600	9.07
64.0001	17.88	0.3149	1.45482	0.85
65.5256	73.03	0.0960	1.42342	3.48
66.5389	22.86	0.2362	1.40534	1.09
67.5202	57.32	0.1440	1.38614	2.73

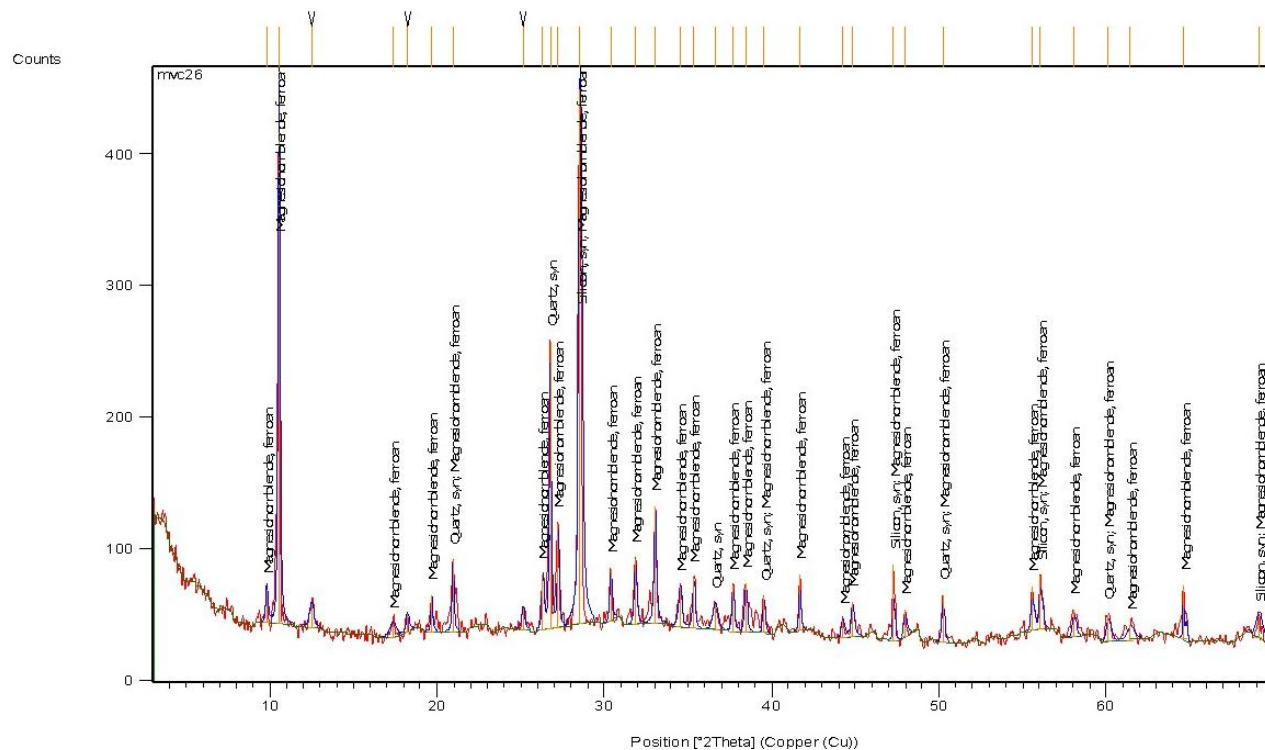
MVC 25



Visible	Ref. Code	Score	Compound Name	Displacement [°2Th.]	Scale Factor	Chemical Formula
	00-046-1045	52	Quartz, syn	0.000	0.533	SiO ₂
	00-027-1402	25	Silicon, syn	0.000	0.158	Si
	00-036-0404	58	Libethenite	0.000	0.149	Cu ₂ (PO ₄)(OH)

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
15.3275	215.88	0.1378	5.78091	15.12
18.5038	336.81	0.1574	4.79511	23.59
18.7672	206.96	0.1181	4.72841	14.50
20.9530	309.86	0.1378	4.23983	21.70
23.9638	131.43	0.1181	3.71353	9.21
24.5678	50.51	0.1181	3.62358	3.54
26.7146	1427.64	0.1574	3.33706	100.00
28.4081	339.44	0.0984	3.14186	23.78
30.4083	61.54	0.1574	2.93961	4.31
30.8321	803.51	0.0787	2.90015	56.28
33.9465	178.94	0.0590	2.64087	12.53
34.2106	224.31	0.1181	2.62109	15.71
35.0951	102.78	0.0590	2.55703	7.20
35.5933	78.58	0.0590	2.52237	5.50
36.6084	131.36	0.1181	2.45473	9.20
37.3357	141.46	0.1181	2.40857	9.91
37.9486	112.51	0.1378	2.37107	7.88
38.4132	64.78	0.0787	2.34345	4.54
39.0707	146.64	0.1181	2.30552	10.27
39.5302	93.94	0.1968	2.27977	6.58
40.3530	48.18	0.1968	2.23516	3.37
42.5321	71.77	0.1968	2.12555	5.03
43.8437	26.87	0.1968	2.06497	1.88
45.8909	48.04	0.1574	1.97750	3.36
47.2882	112.41	0.0590	1.92228	7.87
49.0649	47.92	0.1181	1.85675	3.36
50.1807	202.37	0.0787	1.81805	14.18
50.9172	23.64	0.1968	1.79346	1.66
53.6383	93.24	0.0787	1.70873	6.53
54.9251	54.62	0.1574	1.67170	3.83
55.3536	38.52	0.2362	1.65977	2.70
56.0602	44.12	0.2362	1.64052	3.09
56.9404	113.25	0.0960	1.61589	7.93
57.0829	89.40	0.0720	1.61620	6.26
58.3035	82.46	0.1440	1.58132	5.78
60.0147	141.92	0.1200	1.54026	9.94
63.1748	73.50	0.0720	1.47060	5.15
64.1261	114.17	0.0960	1.45106	8.00
67.7746	66.65	0.1440	1.38155	4.67
68.3071	89.77	0.3840	1.37207	6.29

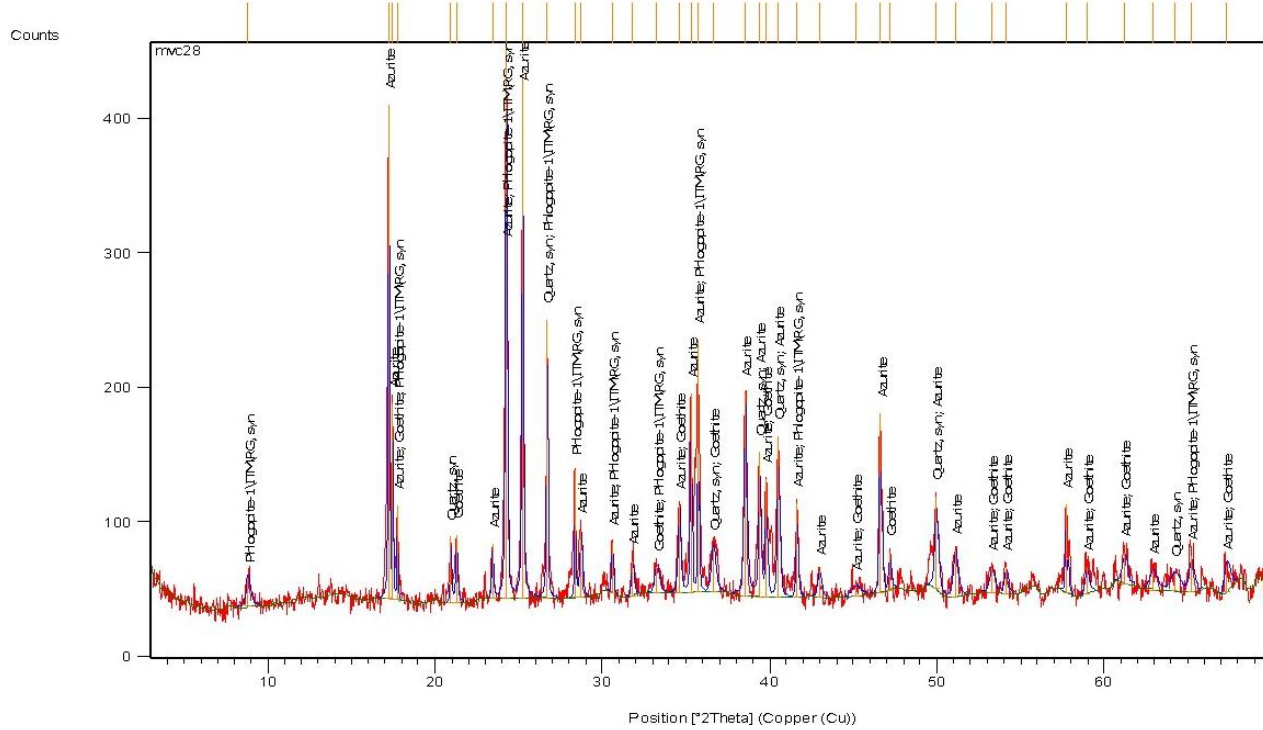
MVC 26



Visible	Ref. Code	Score	Compound Name	Displacement [°2Th.]	Scale Factor	Chemical Formula
	00-046-1045	19	Quartz, syn	0.000	0.554	SiO ₂
	00-027-1402	18	Silicon, syn	0.000	0.761	Si
	00-045-1371	25	Magnesiohornblende, ferroan	0.000	0.419	Ca ₂ (Mg, Fe ²⁺) ₄ Al (Si ₇ Al)O ₂₂ (OH, F) ₂

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
9.8086	24.96	0.1574	9.01766	6.15
10.5616	375.87	0.1378	8.37637	92.55
12.4837	17.61	0.3149	7.09067	4.34
17.3408	11.07	0.4723	5.11401	2.73
18.2338	14.14	0.2362	4.86551	3.48
19.6653	27.37	0.1378	4.51444	6.74
20.9407	54.35	0.1181	4.24228	13.38
25.1363	17.15	0.2362	3.54289	4.22
26.3146	42.53	0.1378	3.38687	10.47
26.7483	218.18	0.1378	3.33293	53.72
27.2239	78.71	0.1181	3.27577	19.38
28.5538	406.15	0.2362	3.12616	100.00
30.3797	40.17	0.1378	2.94231	9.89
31.8430	50.10	0.1574	2.81036	12.34
33.0254	88.53	0.1771	2.71239	21.80
34.5113	29.97	0.2362	2.59894	7.38
35.3346	37.82	0.1771	2.54024	9.31
36.6164	19.71	0.3149	2.45421	4.85
37.6771	34.69	0.1574	2.38753	8.54
38.4326	36.38	0.1771	2.34231	8.96
39.5348	28.16	0.1574	2.27951	6.93
41.6543	42.00	0.1181	2.16830	10.34
44.2344	13.92	0.2362	2.04763	3.43
44.8216	26.06	0.2362	2.02216	6.42
47.2721	58.16	0.0984	1.92289	14.32
47.9579	20.55	0.1968	1.89698	5.06
50.2280	35.75	0.1574	1.81645	8.80
55.5648	33.28	0.1574	1.65396	8.19
56.0667	40.74	0.1574	1.64034	10.03
58.0587	20.42	0.1968	1.58872	5.03
60.1125	19.47	0.2362	1.53926	4.79
61.4169	10.93	0.4723	1.50966	2.69
64.6372	40.59	0.1181	1.44201	9.99
69.1218	15.89	0.3840	1.35788	3.91

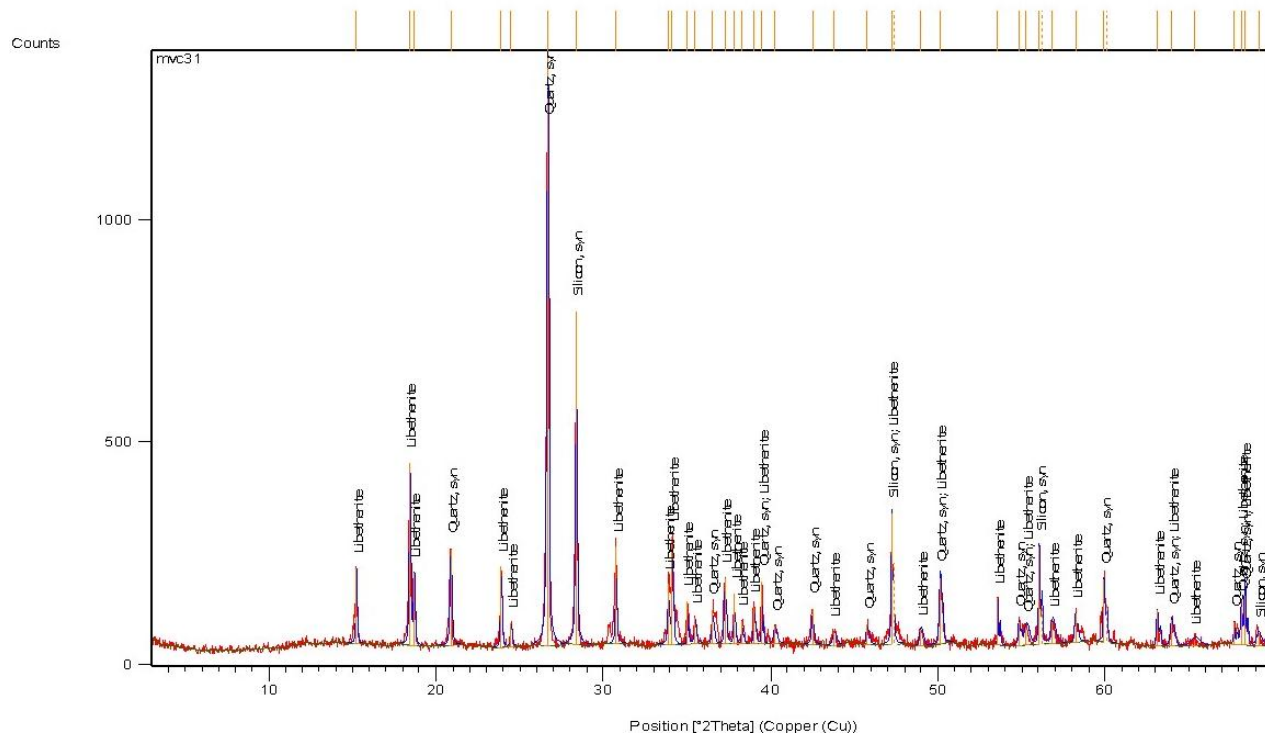
MVC 28



Visible	Ref. Code	Score	Compound Name	Displacement [°2Th.]	Scale Factor	Chemical Formula
	00-046-1045	16	Quartz, syn	0.000	0.252	SiO ₂
	00-011-0682	62	Azurite	0.000	0.832	Cu ₃ (CO ₃) ₂ (OH) ₂
	00-029-0713	10	Goethite	0.000	0.149	FeO(OH)
	00-016-0344	5	Phlogopite-1\ITM\RG, syn	0.000	0.190	KMg ₃ (AlSi ₃)O ₁₀ F ₂

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
8.8343	21.75	0.3149	10.00986	5.28
17.2067	367.27	0.0787	5.15356	89.11
17.4609	145.99	0.0590	5.07911	35.42
17.7498	70.07	0.0590	4.99709	17.00
20.9362	49.27	0.0787	4.24319	11.95
21.2817	50.63	0.1378	4.17507	12.28
23.4177	41.20	0.0984	3.79887	10.00
24.2325	412.13	0.1181	3.67296	100.00
25.2302	388.60	0.1181	3.52992	94.29
26.6770	207.40	0.0984	3.34167	50.32
28.3553	94.99	0.0787	3.14759	23.05
28.7281	49.76	0.1574	3.10758	12.07
30.5875	37.32	0.1181	2.92279	9.06
31.8045	25.85	0.1574	2.81367	6.27
33.2656	19.61	0.3149	2.69335	4.76
34.5903	65.17	0.1968	2.59318	15.81
35.2794	148.05	0.0984	2.54409	35.92
35.7240	187.19	0.0590	2.51344	45.42
36.6247	33.61	0.2755	2.45367	8.15
38.5332	151.18	0.1968	2.33643	36.68
39.3836	107.92	0.1574	2.28792	26.19
39.7925	88.04	0.0984	2.26535	21.36
40.5175	120.04	0.1378	2.22647	29.13
41.6138	69.76	0.1181	2.17031	16.93
42.9694	19.40	0.2362	2.10493	4.71
45.1443	7.14	0.6298	2.00845	1.73
46.5994	134.18	0.1181	1.94907	32.56
47.1805	28.58	0.1574	1.92641	6.93
49.9573	68.88	0.1968	1.82565	16.71
51.0932	34.81	0.3149	1.78770	8.45
53.2819	19.38	0.3149	1.71931	4.70
54.1081	20.64	0.2362	1.69500	5.01
57.7185	65.61	0.0984	1.59727	15.92
58.9406	20.36	0.2362	1.56703	4.94
61.1960	22.71	0.3149	1.51458	5.51
62.9198	14.94	0.4723	1.47717	3.62
64.2189	13.27	0.6298	1.45039	3.22
65.1964	26.26	0.3149	1.43099	6.37
67.3165	19.39	0.2880	1.38983	4.70

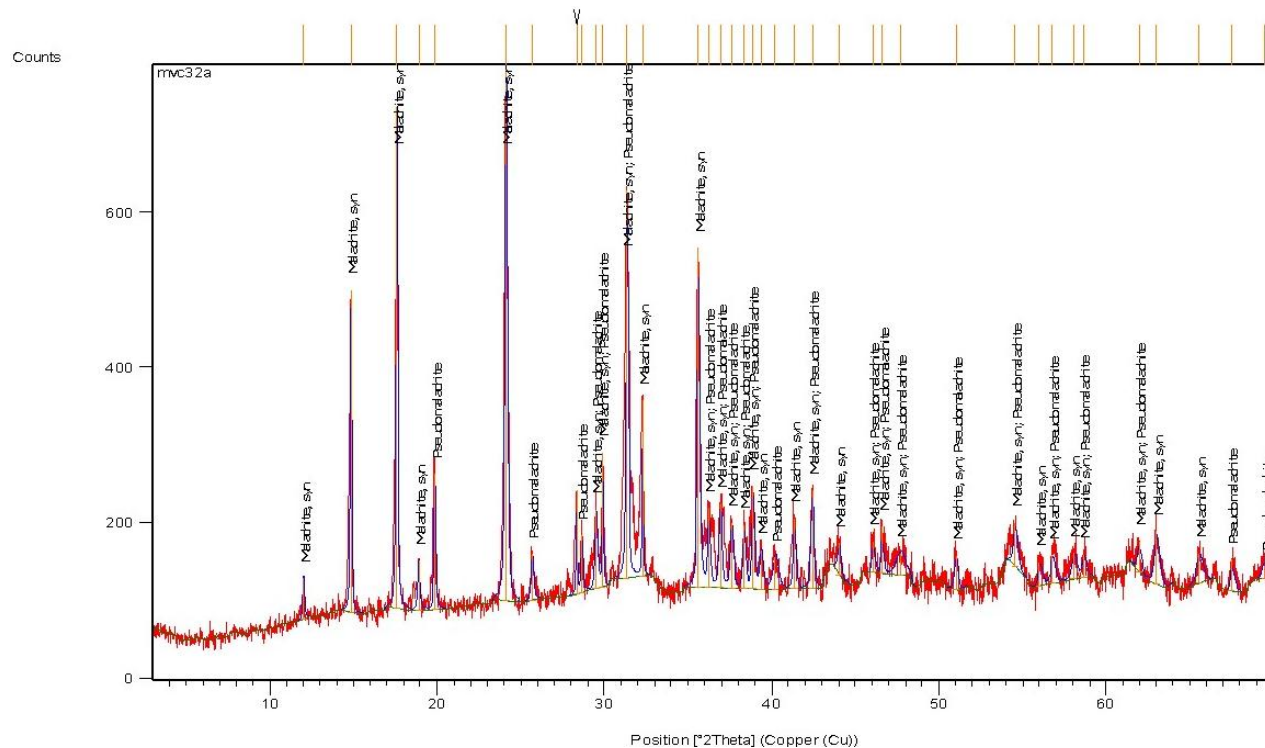
MVC 31



Visible	Ref. Code	Score	Compound Name	Displacement [°2Th.]	Scale Factor	Chemical Formula
	00-046-1045	59	Quartz, syn	0.000	0.876	Si O ₂
	00-027-1402	33	Silicon, syn	0.000	0.288	Si
	00-036-0404	70	Libethenite	0.000	0.214	Cu ₂ (PO ₄) (OH)

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
15.2444	169.53	0.0984	5.81225	12.40
18.4382	411.63	0.0984	4.81203	30.12
18.6862	165.94	0.0984	4.74872	12.14
20.8804	216.13	0.1181	4.25440	15.81
23.8940	181.94	0.0984	3.72421	13.31
24.4956	53.17	0.1181	3.63410	3.89
26.6554	1366.70	0.1378	3.34434	100.00
28.3670	747.45	0.1181	3.14632	54.69
30.7435	217.85	0.0984	2.90831	15.94
33.8726	135.42	0.1181	2.64646	9.91
34.1222	243.67	0.0787	2.62767	17.83
35.0287	98.10	0.0590	2.56172	7.18
35.4916	58.16	0.1574	2.52937	4.26
36.5343	74.83	0.1181	2.45954	5.48
37.2818	148.25	0.1181	2.41193	10.85
37.8244	112.56	0.0984	2.37856	8.24
38.2908	51.96	0.0787	2.35066	3.80
39.0239	80.23	0.1181	2.30817	5.87
39.4770	138.91	0.0590	2.28272	10.16
40.2613	36.94	0.2362	2.24004	2.70
42.4905	80.69	0.1378	2.12754	5.90
43.8004	29.90	0.2362	2.06691	2.19
45.7872	46.45	0.1574	1.98174	3.40
47.2449	293.21	0.0960	1.92234	21.45
47.3769	183.86	0.0720	1.92206	13.45
48.9835	35.21	0.1920	1.85810	2.58
50.1427	148.76	0.1440	1.81783	10.88
53.5836	103.70	0.0720	1.70893	7.59
54.8449	51.33	0.1200	1.67257	3.76
55.2919	37.54	0.2880	1.66010	2.75
56.0743	220.20	0.0960	1.63878	16.11
56.2379	86.17	0.0720	1.63846	6.31
56.8674	48.88	0.2400	1.61779	3.58
58.2197	64.27	0.1440	1.58339	4.70
59.9541	141.53	0.1200	1.54167	10.36
60.1297	86.82	0.0720	1.54140	6.35
63.1306	82.41	0.1200	1.47152	6.03
63.9813	59.27	0.1920	1.45400	4.34
65.3215	13.19	0.5760	1.42737	0.96
67.7176	50.23	0.0960	1.38257	3.68
68.1374	85.59	0.1200	1.37508	6.26
68.3476	111.11	0.0960	1.37136	8.13
69.1606	26.80	0.2880	1.35721	1.96

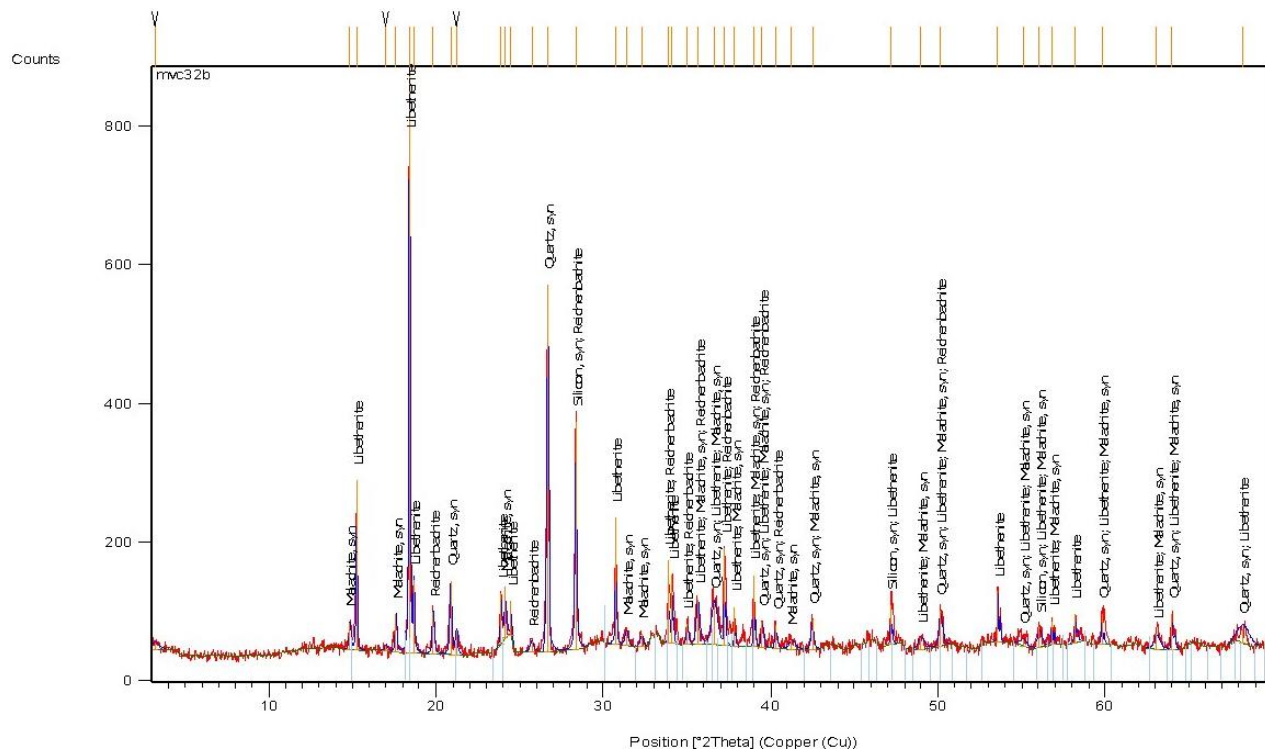
MVC 32a



Visible	Ref. Code	Score	Compound Name	Displacement [°2Th.]	Scale Factor	Chemical Formula
	00-041-1390	56	Malachite, syn	0.000	0.849	<chem>Cu2(CO3)(OH)2</chem>
	00-036-0408	18	Pseudomalachite	0.000	0.335	<chem>Cu5(PO4)2(OH)4</chem>

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
12.0222	51.75	0.1181	7.36182	7.52
14.8269	414.72	0.0984	5.97494	60.24
17.5893	645.19	0.1181	5.04232	93.72
18.8923	63.11	0.1574	4.69737	9.17
19.8588	174.04	0.1181	4.47089	25.28
24.1103	688.40	0.1574	3.69129	100.00
25.6831	60.30	0.1574	3.46870	8.76
28.3248	133.41	0.0787	3.15091	19.38
28.6554	73.96	0.1181	3.11530	10.74
29.4992	102.12	0.1574	3.02809	14.83
29.8813	172.34	0.0984	2.99024	25.03
31.3411	499.74	0.1378	2.85421	72.59
32.2572	225.95	0.0787	2.77521	32.82
35.6176	435.48	0.1574	2.52071	63.26
36.2279	101.78	0.1574	2.47963	14.78
36.9118	107.76	0.1968	2.43524	15.65
37.6056	84.95	0.1968	2.39190	12.34
38.3404	82.36	0.1574	2.34773	11.96
38.8826	132.29	0.1574	2.31623	19.22
39.3616	50.70	0.2362	2.28914	7.36
40.2286	42.58	0.3936	2.24179	6.18
41.3431	90.57	0.1574	2.18389	13.16
42.4162	125.91	0.1968	2.13109	18.29
44.0211	40.39	0.2362	2.05705	5.87
46.0524	39.89	0.1574	1.97094	5.80
46.5921	60.79	0.1181	1.94936	8.83
47.7005	28.04	0.6298	1.90662	4.07
51.0110	44.67	0.2362	1.79039	6.49
54.5696	56.28	0.2362	1.68175	8.17
56.0212	30.80	0.2362	1.64157	4.47
56.7965	35.85	0.2755	1.62099	5.21
58.0682	33.38	0.3149	1.58848	4.85
58.6629	29.22	0.2362	1.57379	4.24
61.9557	38.78	0.2362	1.49782	5.63
62.9962	67.87	0.3149	1.47556	9.86
65.5523	37.42	0.3936	1.42408	5.44
67.5129	41.60	0.1968	1.38742	6.04
69.4710	17.18	0.3360	1.35190	2.50

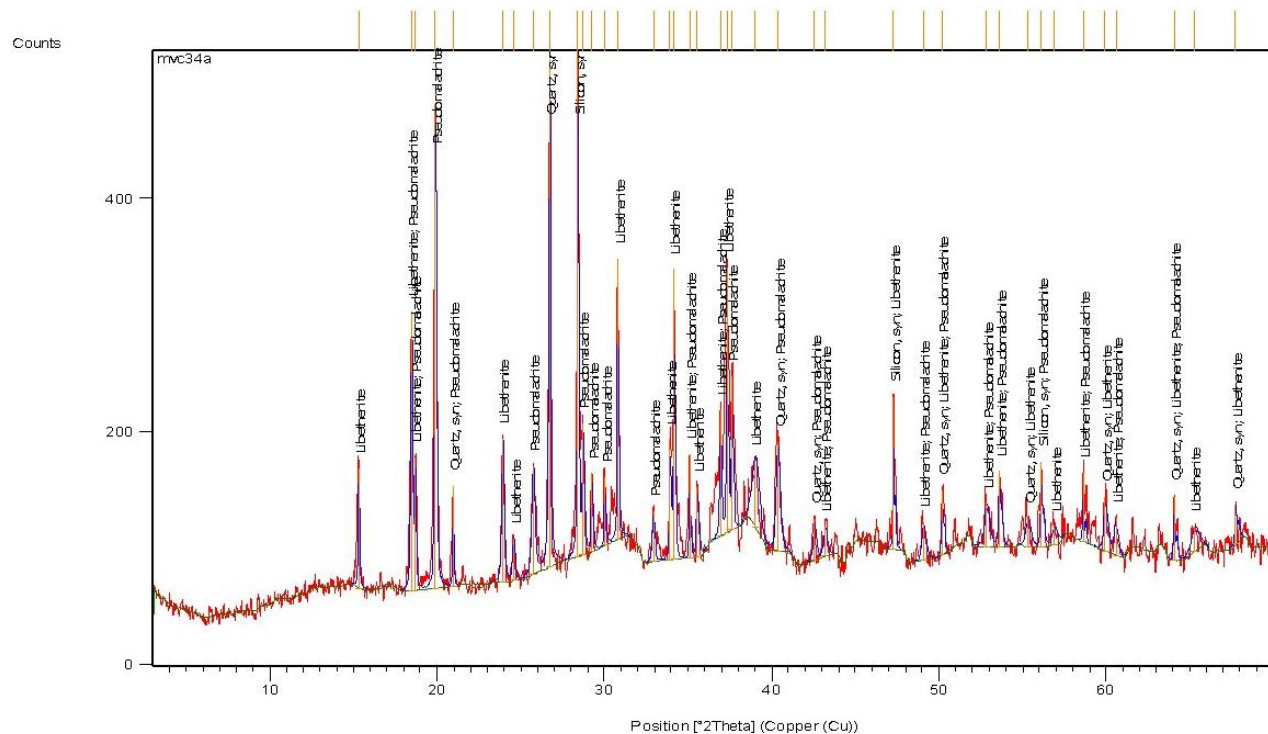
MVC 32b



Visible	Ref. Code	Score	Compound Name	Displacement [°2Th.]	Scale Factor	Chemical Formula
	00-046-1045	33	Quartz, syn	0.000	0.547	SiO ₂
	00-027-1402	20	Silicon, syn	0.000	0.113	Si
	00-036-0404	44	Libethenite	0.000	0.386	Cu ₂ (PO ₄) (OH)
	00-041-1390	8	Malachite, syn	0.000	0.060	Cu ₂ (CO ₃) (OH) ₂
	00-040-0502	7	Reichenbachite	0.000	0.119	Cu ₅ (PO ₄) ₂ (OH) ₄

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
3.2058	9.08	0.4723	27.56066	1.00
14.8250	39.10	0.1181	5.97570	4.29
15.2518	245.76	0.0787	5.80943	26.97
16.9985	8.37	0.2362	5.21622	0.92
17.6020	54.23	0.1181	5.03870	5.95
18.4195	911.28	0.0787	4.81688	100.00
18.6744	106.28	0.0787	4.75171	11.66
19.8340	60.57	0.1574	4.47643	6.65
20.8806	106.32	0.1181	4.25436	11.67
21.2111	35.13	0.1574	4.18881	3.85
23.8898	72.74	0.0787	3.72486	7.98
24.1330	74.97	0.1686	3.68787	8.23
24.4909	50.99	0.0962	3.63479	5.60
25.7182	14.93	0.2362	3.46404	1.64
26.6477	529.27	0.1181	3.34528	58.08
28.3385	329.28	0.1181	3.14942	36.13
30.7277	183.58	0.0787	2.90977	20.15
31.3548	21.19	0.2362	2.85299	2.33
32.2722	17.80	0.2362	2.77395	1.95
33.8823	119.61	0.0590	2.64573	13.13
34.1138	100.00	0.0590	2.62830	10.97
35.0188	28.20	0.1181	2.56242	3.09
35.6430	64.54	0.1968	2.51897	7.08
36.6166	58.79	0.3936	2.45420	6.45
37.2437	141.87	0.0590	2.41430	15.57
37.8239	56.96	0.0590	2.37859	6.25
38.9894	102.96	0.0590	2.31013	11.30
39.4888	37.36	0.1574	2.28206	4.10
40.3116	34.58	0.1181	2.23736	3.79
41.2529	11.72	0.3936	2.18846	1.29
42.4733	43.70	0.1574	2.12836	4.80
47.1797	57.86	0.0787	1.92644	6.35
48.9642	15.25	0.4723	1.86033	1.67
50.1314	52.07	0.1968	1.81972	5.71
53.5868	73.61	0.0720	1.70883	8.08
55.0671	10.34	0.4723	1.66773	1.14
56.0597	28.16	0.2362	1.64053	3.09
56.8401	33.61	0.0720	1.61851	3.69
58.1985	41.80	0.1181	1.58523	4.59
59.7845	42.11	0.0787	1.54692	4.62
63.0535	21.88	0.3149	1.47436	2.40
64.0059	50.82	0.1181	1.45470	5.58
68.2093	18.84	0.7680	1.37380	2.07

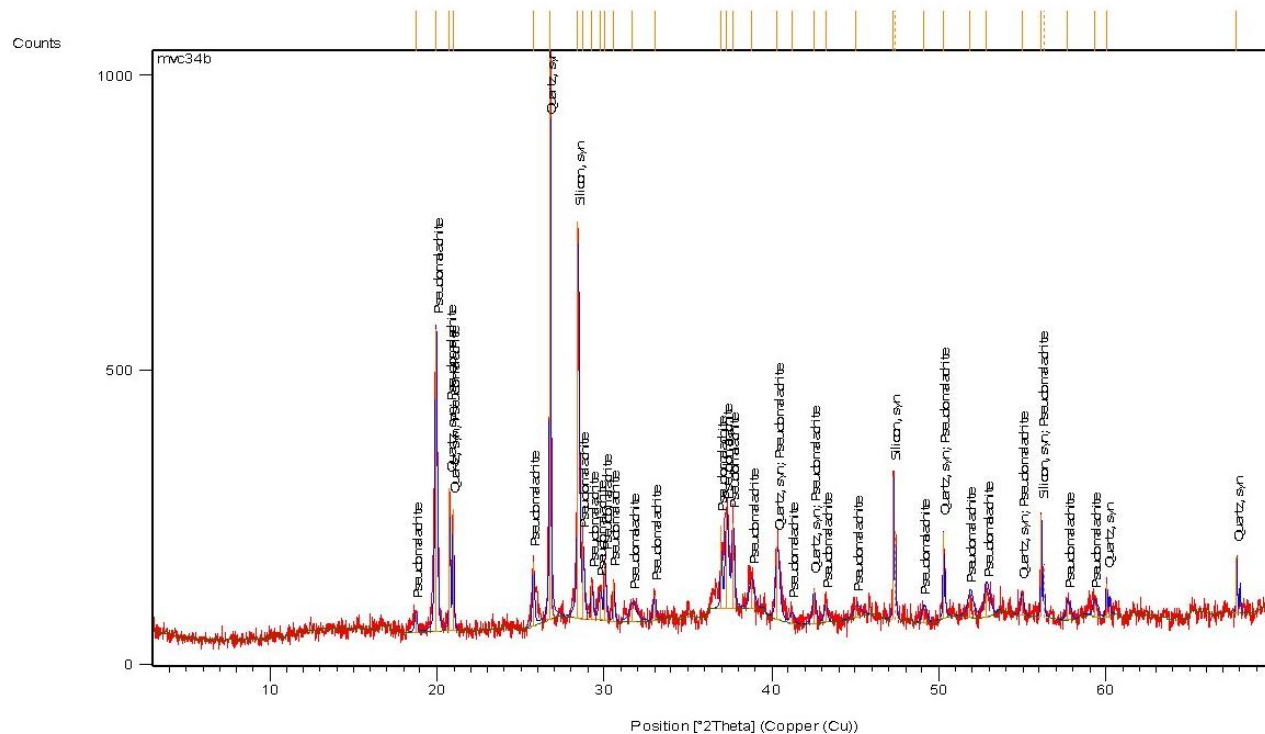
MVC 34a



Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
15.3249	102.56	0.0984	5.78189	21.47
18.4817	240.25	0.1181	4.80080	50.30
18.6880	115.25	0.0787	4.74828	24.13
19.9079	416.12	0.1181	4.45997	87.11
20.9548	86.13	0.0590	4.23948	18.03
23.9329	123.90	0.1574	3.71824	25.94
24.5815	35.74	0.1574	3.62158	7.48
25.7401	92.63	0.1968	3.46114	19.39
26.7191	436.94	0.1378	3.33651	91.47
28.4116	477.67	0.0984	3.14148	100.00
28.7332	112.62	0.1181	3.10705	23.58
29.2542	67.34	0.1181	3.05289	14.10
30.0401	58.63	0.0984	2.97479	12.27
30.8062	240.90	0.0984	2.90254	50.43
32.9193	43.40	0.1574	2.72089	9.09
33.9188	104.25	0.1181	2.64297	21.83
34.1702	249.18	0.0787	2.62409	52.17
35.0966	89.55	0.0590	2.55692	18.75
35.5713	59.98	0.1574	2.52388	12.56
36.9241	108.23	0.1181	2.43446	22.66
37.3460	227.98	0.0787	2.40793	47.73
37.6315	133.01	0.0984	2.39031	27.85
39.0242	57.70	0.4723	2.30816	12.08
40.3784	93.39	0.2362	2.23382	19.55
42.5542	35.85	0.1968	2.12450	7.50
43.1987	24.99	0.2362	2.09429	5.23
47.3030	130.05	0.0787	1.92171	27.23
49.0758	32.81	0.2362	1.85636	6.87
50.2045	55.45	0.1181	1.81724	11.61
52.8457	37.44	0.3149	1.73247	7.84
53.6289	64.74	0.1574	1.70901	13.55
55.3219	24.50	0.3149	1.66065	5.13
56.1332	74.25	0.1181	1.63856	15.54
56.9172	16.52	0.3149	1.61783	3.46
58.6279	59.41	0.0787	1.57464	12.44
59.9512	45.98	0.2362	1.54301	9.63
60.5642	32.29	0.2362	1.52885	6.76
64.0734	54.81	0.1181	1.45333	11.48
65.2701	20.83	0.4723	1.42955	4.36
67.7555	33.27	0.1440	1.38189	6.97

Visible	Ref. Code	Score	Compound Name	Displacement [°2Th.]	Scale Factor	Chemical Formula
	00-027-1402	28	Silicon, syn	0.000	0.788	Si
	00-046-1045	18	Quartz, syn	0.000	0.383	SiO ₂
	00-036-0404	36	Libethenite	0.000	0.301	Cu ₂ (PO ₄)(OH)
	00-036-0408	22	Pseudomalachite	0.000	0.524	Cu ₅ (PO ₄) ₂ (OH) ₄

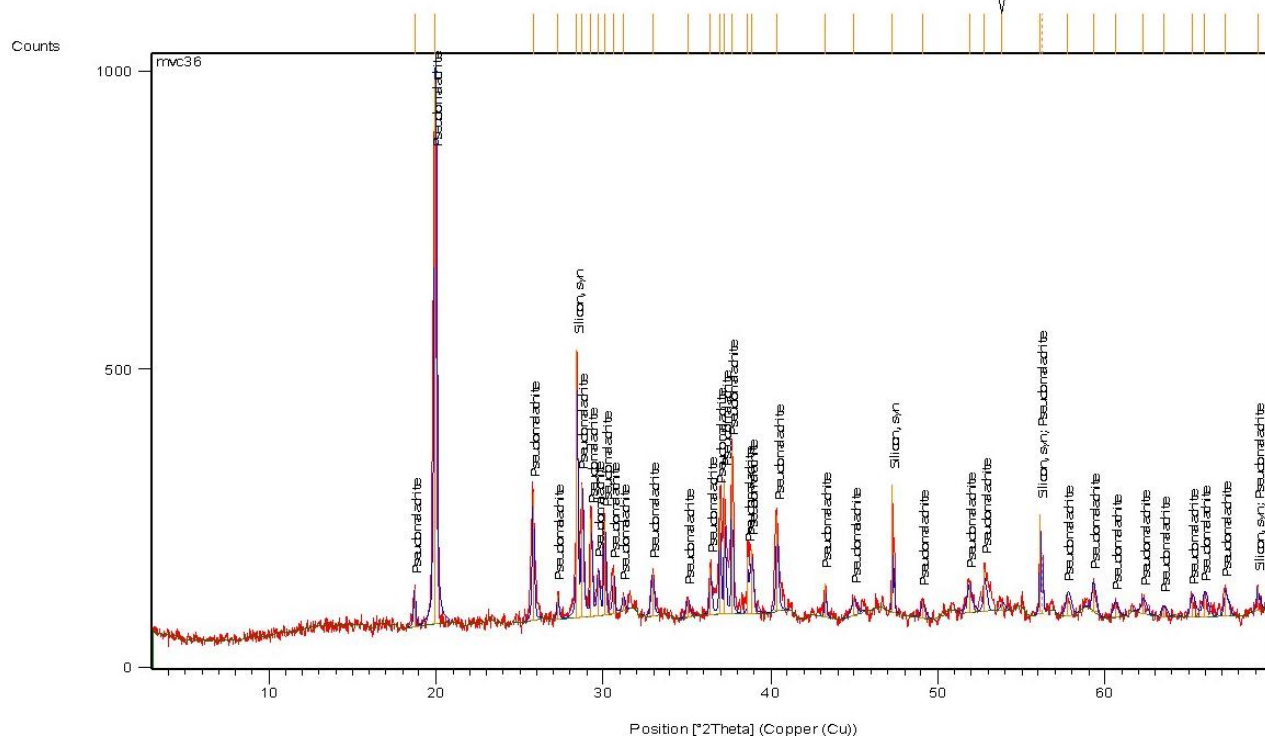
MVC 34b



Visible	Ref. Code	Score	Compound Name	Displacement [°2Th.]	Scale Factor	Chemical Formula
	00-027-1402	31	Silicon, syn	0.000	0.606	Si
	00-046-1045	16	Quartz, syn	0.000	0.188	Si O ₂
	00-036-0408	24	Pseudomalachite	0.000	0.203	Cu ₅ (PO ₄) ₂ (OH) ₄

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
18.7095	32.53	0.1574	4.74287	3.34
19.9269	515.23	0.1378	4.45577	52.97
20.7542	243.45	0.0590	4.27998	25.03
20.9499	206.49	0.0787	4.24045	21.23
25.7397	109.65	0.1181	3.46120	11.27
26.7433	972.66	0.0984	3.33354	100.00
28.4363	673.09	0.1378	3.13881	69.20
28.7376	128.74	0.0787	3.10659	13.24
29.2556	63.38	0.1181	3.05275	6.52
29.7233	49.24	0.1968	3.00577	5.06
30.0569	94.74	0.1181	2.97316	9.74
30.5543	67.37	0.0787	2.92588	6.93
31.6694	30.51	0.4723	2.82536	3.14
32.9787	41.08	0.1968	2.71613	4.22
36.9488	140.19	0.0787	2.43289	14.41
37.3127	161.12	0.1968	2.41000	16.56
37.6834	146.42	0.1574	2.38714	15.05
38.7877	50.26	0.3149	2.32168	5.17
40.3499	124.19	0.2362	2.23533	12.77
41.2184	18.69	0.2755	2.19021	1.92
42.5183	57.66	0.2362	2.12621	5.93
43.2018	32.78	0.1968	2.09415	3.37
45.0690	18.67	0.4723	2.01163	1.92
47.3024	243.66	0.0720	1.92014	25.05
47.4325	151.84	0.0720	1.91994	15.61
49.0966	23.52	0.2880	1.85409	2.42
50.2634	147.35	0.0720	1.81375	15.15
51.8489	34.74	0.3840	1.76195	3.57
52.8305	42.79	0.3840	1.73150	4.40
54.9451	34.34	0.1440	1.66976	3.53
56.1263	174.12	0.0720	1.63739	17.90
56.2712	89.49	0.0720	1.63757	9.20
57.7082	29.18	0.2400	1.59621	3.00
59.3266	24.40	0.2880	1.55647	2.51
60.0400	57.58	0.0960	1.53967	5.92
67.8206	94.79	0.0720	1.38073	9.75

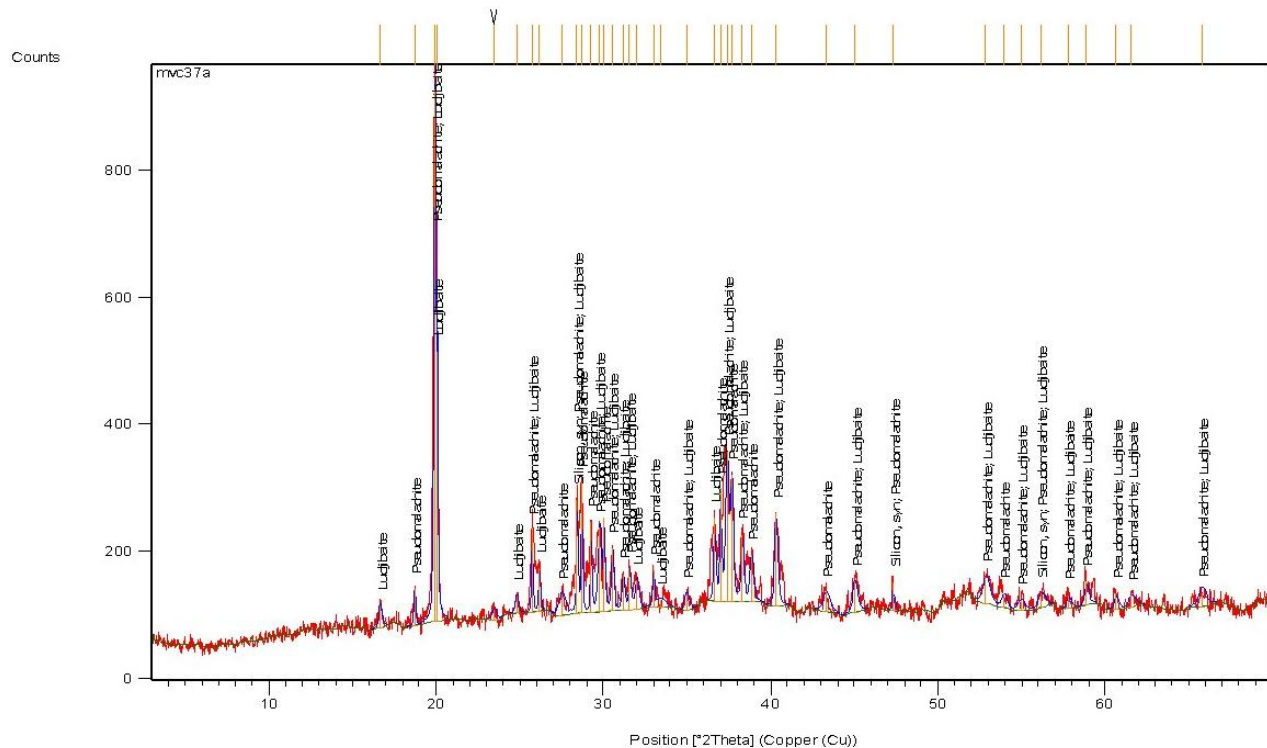
MVC 36



Visible	Ref. Code	Score	Compound Name	Displacement [°2Th.]	Scale Factor	Chemical Formula
	00-027-1402	37	Silicon, syn	0.000	0.443	Si
	00-036-0408	46	Pseudomalachite	0.000	0.515	$\text{Cu}_5(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_4$

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
18.6997	63.49	0.1181	4.74532	6.95
19.9553	913.19	0.1771	4.44949	100.00
25.7822	217.24	0.1181	3.45559	23.79
27.2539	40.76	0.1181	3.27224	4.46
28.4193	449.15	0.0984	3.14065	49.19
28.7403	223.30	0.1378	3.10630	24.45
29.2815	163.96	0.0984	3.05011	17.95
29.6681	73.35	0.1574	3.01124	8.03
30.0973	155.60	0.1378	2.96926	17.04
30.6026	69.23	0.1378	2.92137	7.58
31.1821	26.98	0.1574	2.86840	2.95
32.9213	71.76	0.1968	2.72073	7.86
35.0484	28.70	0.2362	2.56033	3.14
36.4008	78.53	0.1181	2.46825	8.60
36.9404	193.74	0.0984	2.43343	21.22
37.2536	222.70	0.0787	2.41369	24.39
37.6688	275.73	0.0787	2.38803	30.19
38.6568	94.17	0.0787	2.32924	10.31
38.8685	106.70	0.1574	2.31704	11.68
40.3765	161.26	0.1181	2.23391	17.66
43.2521	55.79	0.0984	2.09182	6.11
44.9616	28.32	0.3149	2.01619	3.10
47.2833	214.91	0.0590	1.92246	23.53
49.0866	30.41	0.2362	1.85598	3.33
51.8609	49.74	0.3149	1.76303	5.45
52.7944	72.34	0.1574	1.73404	7.92
53.8308	13.98	0.2755	1.70307	1.53
56.1189	165.78	0.0720	1.63759	18.15
56.2655	100.68	0.0720	1.63772	11.03
57.7642	31.68	0.2880	1.59479	3.47
59.3101	46.70	0.1920	1.55686	5.11
60.5821	22.48	0.2880	1.52718	2.46
62.2751	21.51	0.2880	1.48967	2.36
63.4673	16.01	0.2880	1.46453	1.75
65.2031	29.04	0.2880	1.42967	3.18
65.9405	35.10	0.2880	1.41546	3.84
67.2160	40.15	0.1920	1.39167	4.40
69.1150	39.30	0.1440	1.35799	4.30

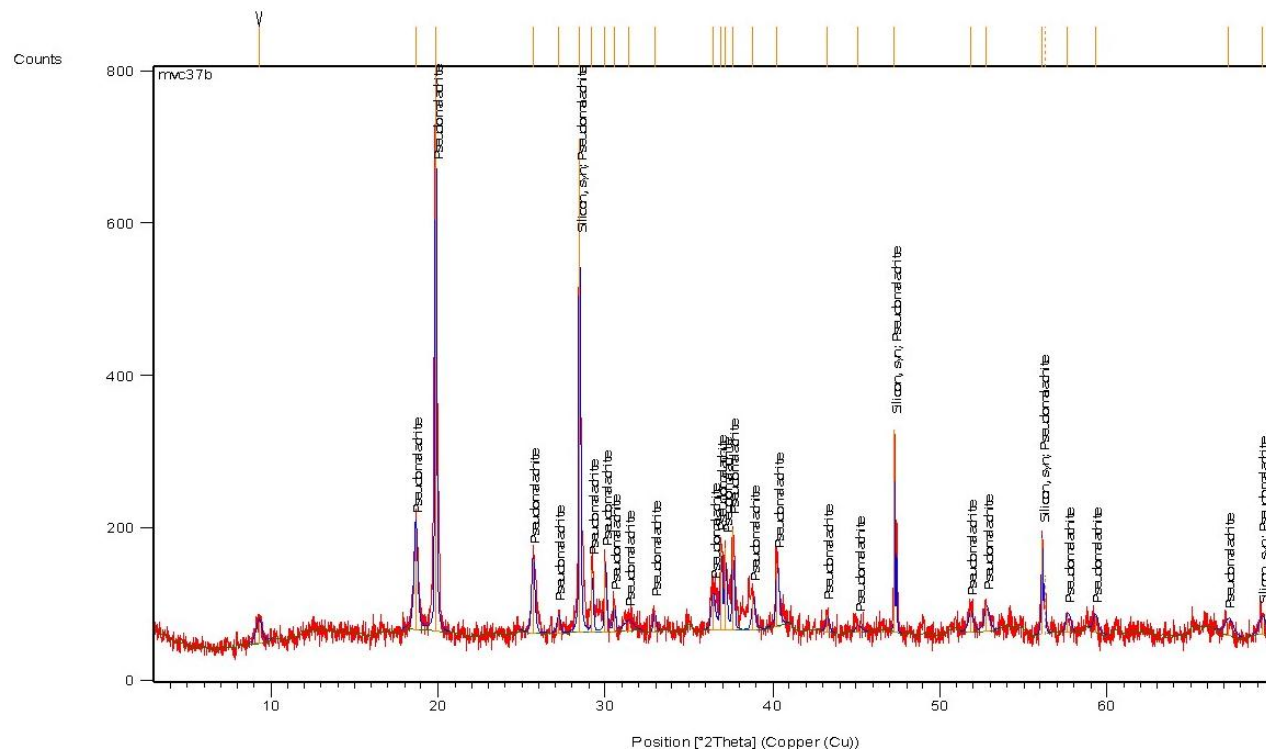
MVC 37a



Visible	Ref. Code	Score	Compound Name	Displacement [°2Th.]	Scale Factor	Chemical Formula
	00-027-1402	15	Silicon, syn	0.000	0.192	Si
	00-036-0408	41	Pseudomalachite	0.000	0.424	Cu ₅ (PO ₄) ₂ (OH) ₄
	00-046-1300	32	Ludjibaite	0.000	0.656	Cu ₅ (PO ₄) ₂ (OH) ₄

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
16.6671	34.60	0.2362	5.31917	4.13
18.7091	59.65	0.1181	4.74297	7.12
19.9255	837.35	0.1378	4.45608	100.00
20.0872	424.36	0.0590	4.42057	50.68
23.4706	17.92	0.3149	3.79042	2.14
24.8109	27.64	0.2362	3.58863	3.30
25.7302	129.98	0.0787	3.46245	15.52
26.1836	68.64	0.1181	3.40351	8.20
27.5264	33.88	0.4723	3.24046	4.05
28.4281	178.30	0.1181	3.13970	21.29
28.7011	205.60	0.0787	3.11046	24.55
29.2606	143.28	0.0787	3.05224	17.11
29.7647	132.91	0.2362	3.00169	15.87
30.0511	147.62	0.0984	2.97372	17.63
30.5390	99.19	0.1574	2.92732	11.85
31.1750	57.25	0.1574	2.86903	6.84
31.5675	65.51	0.1574	2.83425	7.82
31.9931	46.43	0.2362	2.79752	5.54
32.9838	59.60	0.1181	2.71571	7.12
33.4260	11.61	0.6298	2.68079	1.39
34.9754	26.51	0.3149	2.56550	3.17
36.6279	131.01	0.1181	2.45346	15.65
36.9831	178.20	0.1181	2.43071	21.28
37.3965	236.81	0.1968	2.40479	28.28
37.6784	199.70	0.1574	2.38744	23.85
38.2969	106.52	0.1574	2.35029	12.72
38.8542	74.44	0.2362	2.31786	8.89
40.3180	146.75	0.1968	2.23702	17.52
43.3124	30.90	0.4723	2.08906	3.69
45.0349	48.72	0.3149	2.01308	5.82
47.3227	43.05	0.1181	1.92096	5.14
52.8676	42.38	0.4723	1.73181	5.06
53.9201	22.65	0.3149	1.70046	2.70
54.9589	17.29	0.4723	1.67076	2.07
56.1715	22.35	0.4723	1.63753	2.67
57.8113	20.94	0.2362	1.59493	2.50
58.8540	37.36	0.2362	1.56913	4.46
60.6304	24.78	0.2362	1.52734	2.96
61.5554	17.91	0.4723	1.50659	2.14
65.7731	21.75	0.4800	1.41866	2.60

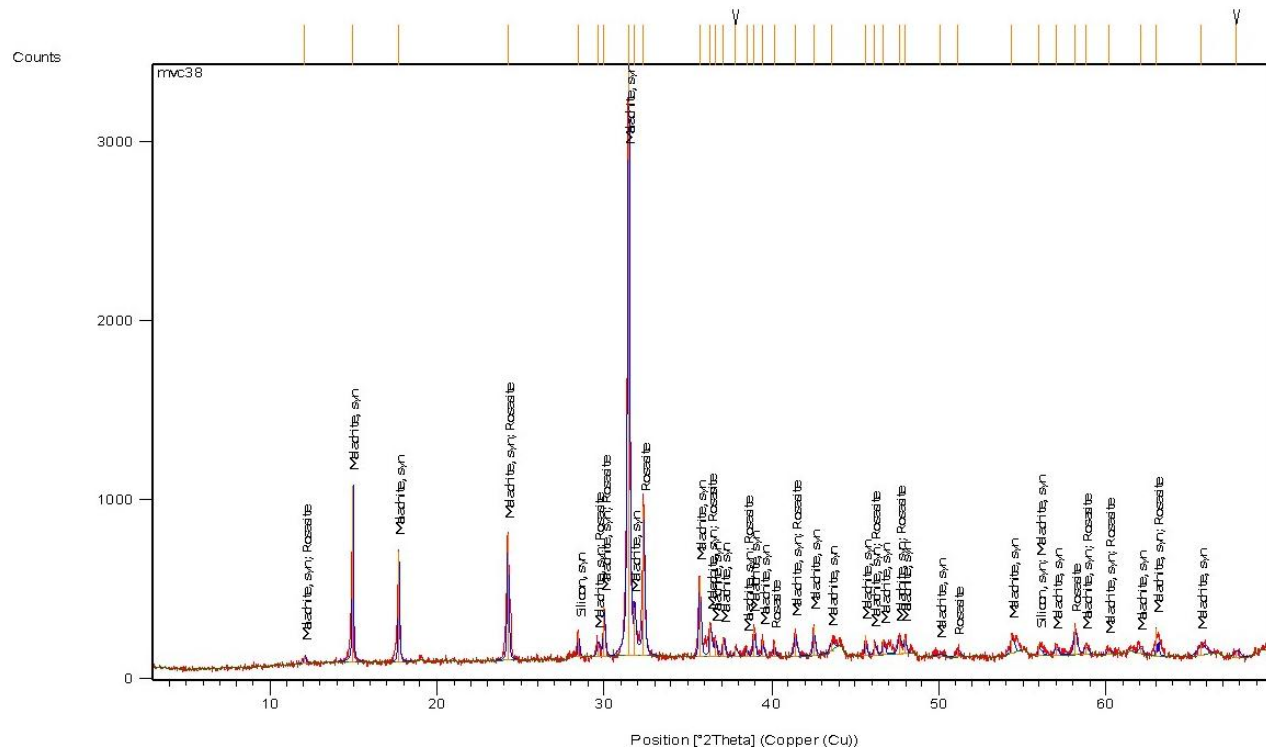
MVC 37b



Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
9.2864	28.18	0.3936	9.52356	3.81
18.6490	132.03	0.2362	4.75811	17.84
19.8541	740.22	0.0984	4.47195	100.00
25.6647	98.56	0.1968	3.47114	13.31
27.1800	23.20	0.2362	3.28097	3.13
28.4529	649.48	0.0984	3.13701	87.74
29.2165	82.19	0.0984	3.05675	11.10
30.0101	92.39	0.1574	2.97769	12.48
30.5189	34.85	0.1181	2.92920	4.71
31.3477	12.50	0.6298	2.85362	1.69
32.9230	25.51	0.1574	2.72060	3.45
36.4304	47.55	0.2362	2.46631	6.42
36.9010	110.83	0.1181	2.43593	14.97
37.1872	106.54	0.1181	2.41784	14.39
37.6144	131.68	0.0984	2.39136	17.79
38.8374	43.37	0.1968	2.31883	5.86
40.2749	82.12	0.1968	2.23932	11.09
43.2581	22.26	0.2362	2.09155	3.01
45.1090	7.40	0.4723	2.00994	1.00
47.3067	265.33	0.0590	1.92157	35.85
51.8213	27.65	0.3149	1.76428	3.74
52.7733	34.04	0.3149	1.73468	4.60
56.1143	126.53	0.0960	1.63771	17.09
56.2928	76.49	0.0720	1.63700	10.33
57.6372	20.08	0.2880	1.59801	2.71
59.2936	19.11	0.2880	1.55726	2.58
67.2281	16.22	0.5760	1.39145	2.19
69.2323	18.69	0.3840	1.35598	2.53

Visible	Ref. Code	Score	Compound Name	Displacement [°2Th.]	Scale Factor	Chemical Formula
	00-027-1402	42	Silicon, syn	0.000	0.787	Si
	00-036-0408	46	Pseudomalachite	0.000	0.692	Cu ₅ (PO ₄) ₂ (OH) ₄

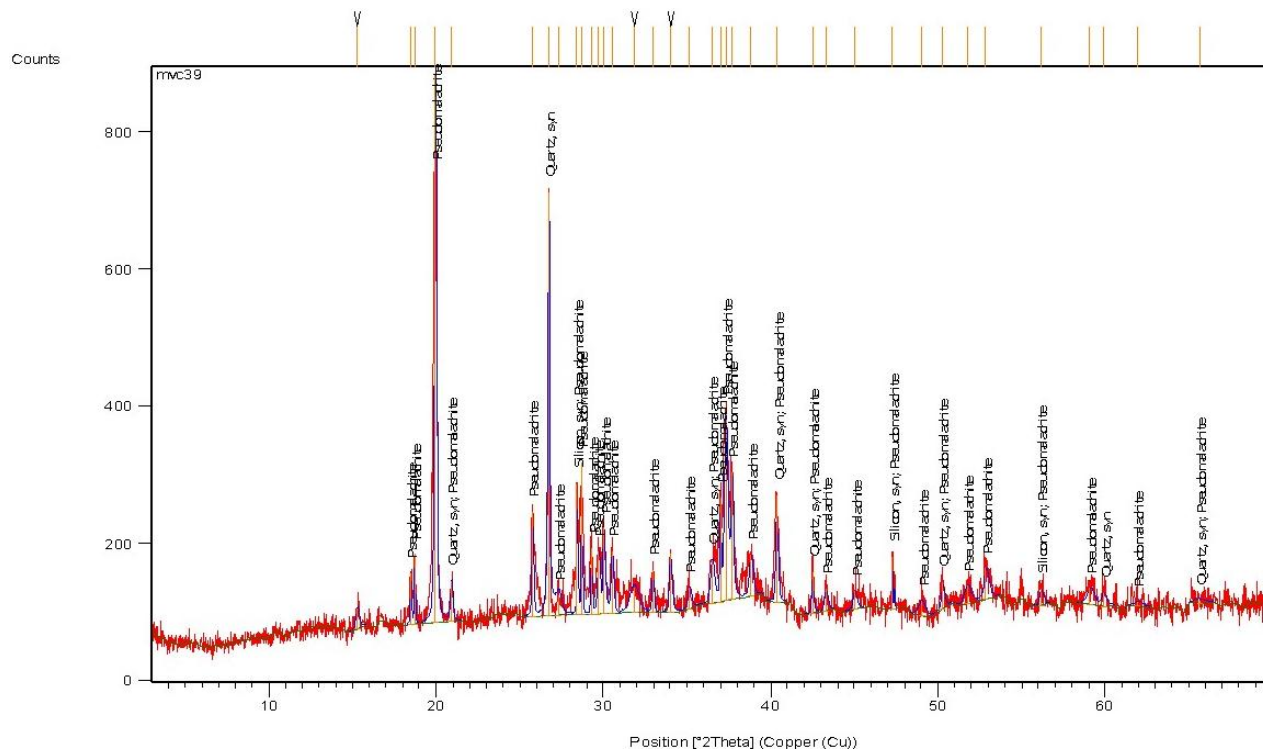
MVC 38



Visible	Ref. Code	Score	Compound Name	Displacement [°2Th.]	Scale Factor	Chemical Formula
	00-027-1402	14	Silicon, syn	0.000	0.046	Si
	00-041-1390	47	Malachite, syn	0.000	0.102	$\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$
	00-036-1475	13	Rosasite	0.000	0.047	$\text{CuZn}(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
12.0953	41.90	0.1574	7.31746	1.27
14.9448	983.40	0.0984	5.92806	29.82
17.7103	620.45	0.0984	5.00812	18.81
24.2070	707.48	0.0984	3.67676	21.45
28.4623	135.01	0.0984	3.13600	4.09
29.6323	76.76	0.1968	3.01479	2.33
29.9883	277.69	0.1378	2.97981	8.42
31.4271	3298.17	0.1574	2.84659	100.00
31.8168	268.13	0.0787	2.81261	8.13
32.3518	832.00	0.1378	2.76731	25.23
35.7024	451.35	0.1181	2.51491	13.68
36.3390	177.06	0.1574	2.47231	5.37
36.6383	105.38	0.1181	2.45279	3.20
37.1464	102.57	0.1968	2.42040	3.11
37.8705	50.30	0.1968	2.37577	1.53
38.4814	54.59	0.1181	2.33945	1.66
38.9300	163.51	0.1181	2.31352	4.96
39.4614	88.63	0.1181	2.28358	2.69
40.1652	71.94	0.1181	2.24518	2.18
41.3982	136.10	0.1574	2.18112	4.13
42.5245	168.03	0.1378	2.12592	5.09
43.5754	46.97	0.2362	2.07706	1.42
45.5919	113.91	0.0787	1.98977	3.45
46.1591	72.05	0.1574	1.96663	2.18
46.6747	85.31	0.1181	1.94610	2.59
47.6367	95.73	0.2362	1.90902	2.90
47.9758	91.24	0.1181	1.89632	2.77
50.0382	12.22	0.6298	1.82289	0.37
51.1240	38.19	0.3149	1.78670	1.16
54.3833	105.40	0.1574	1.68707	3.20
56.0213	64.86	0.1181	1.64156	1.97
56.9935	55.35	0.1574	1.61585	1.68
58.1281	152.60	0.1968	1.58698	4.63
58.7571	52.91	0.1968	1.57149	1.60
60.1495	26.40	0.2362	1.53840	0.80
62.0325	40.57	0.2362	1.49615	1.23
62.9893	156.01	0.0720	1.47449	4.73
65.6512	57.59	0.5510	1.42217	1.75
67.7720	32.55	0.3840	1.38160	0.99

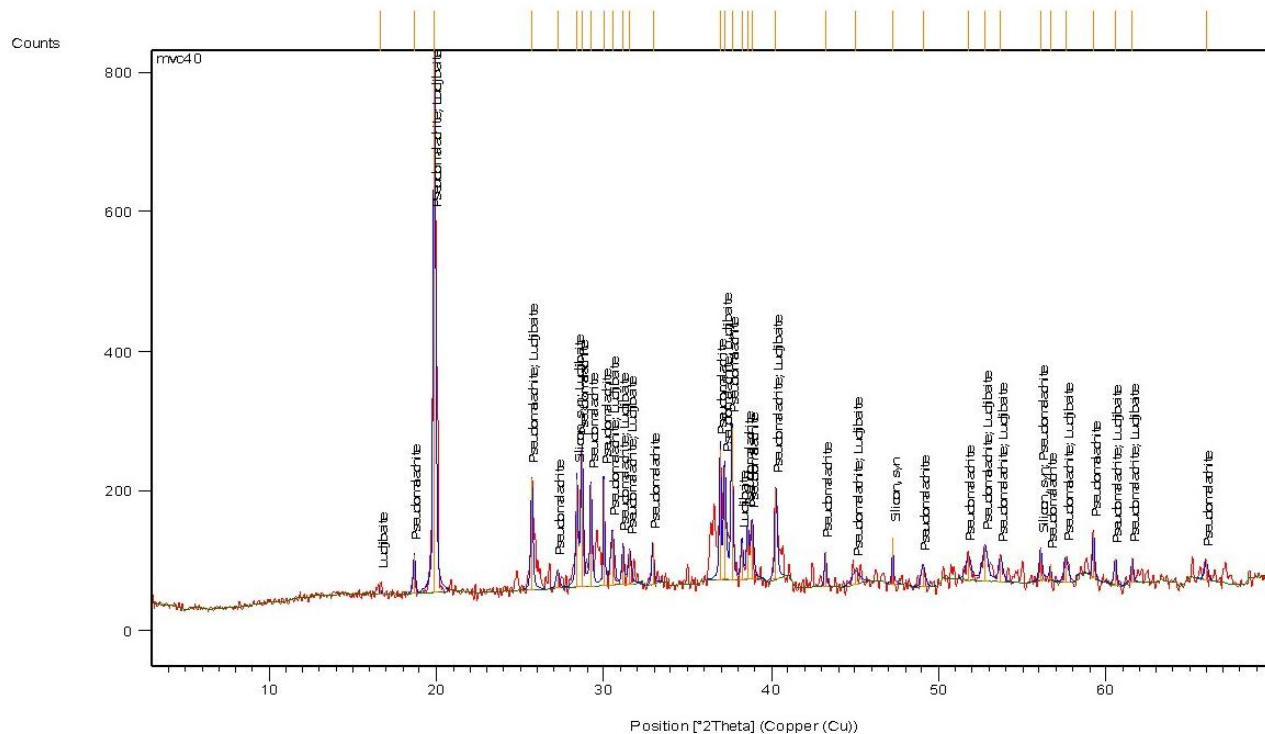
MVC 39



Visible	Ref. Code	Score	Compound Name	Displacement [°2Th.]	Scale Factor	Chemical Formula
	00-027-1402	15	Silicon, syn	0.000	0.206	Si
	00-046-1045	15	Quartz, syn	0.000	0.195	SiO ₂
	00-036-0408	34	Pseudomalachite	0.000	0.439	Cu ₅ (PO ₄) ₂ (OH) ₄

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
15.3089	29.66	0.2362	5.78789	3.70
18.4905	75.96	0.0787	4.79854	9.48
18.7044	103.71	0.0590	4.74414	12.95
19.9647	800.91	0.1378	4.44743	100.00
20.9272	59.33	0.1574	4.24500	7.41
25.7640	153.11	0.0984	3.45799	19.12
26.7162	618.01	0.1378	3.33687	77.16
27.2960	30.45	0.4723	3.26729	3.80
28.4331	192.69	0.0787	3.13916	24.06
28.6988	222.23	0.0590	3.11070	27.75
29.2857	96.93	0.0787	3.04968	12.10
29.7036	93.50	0.1574	3.00771	11.67
30.0472	125.36	0.1574	2.97410	15.65
30.5173	91.71	0.1574	2.92935	11.45
31.8350	37.84	0.6298	2.81104	4.72
32.9449	62.26	0.1181	2.71883	7.77
34.0158	85.51	0.1574	2.63565	10.68
35.1408	32.15	0.2362	2.55381	4.01
36.5022	62.65	0.2362	2.46163	7.82
36.9705	152.88	0.0787	2.43152	19.09
37.3326	278.63	0.1968	2.40876	34.79
37.6872	186.46	0.1574	2.38691	23.28
38.8225	60.61	0.2362	2.31968	7.57
40.3656	155.17	0.1181	2.23449	19.37
42.4901	61.14	0.1181	2.12756	7.63
43.2990	31.80	0.2362	2.08967	3.97
45.0201	28.03	0.2362	2.01370	3.50
47.3024	75.65	0.0590	1.92173	9.45
49.0215	21.73	0.4723	1.85829	2.71
50.2756	38.62	0.1968	1.81484	4.82
51.7494	25.93	0.4723	1.76657	3.24
52.8753	45.81	0.3149	1.73157	5.72
56.1598	24.31	0.2362	1.63784	3.04
59.0981	24.81	0.4723	1.56323	3.10
59.9193	20.24	0.3149	1.54376	2.53
61.9382	7.28	0.6298	1.49820	0.91
65.6758	4.41	0.7680	1.42052	0.55

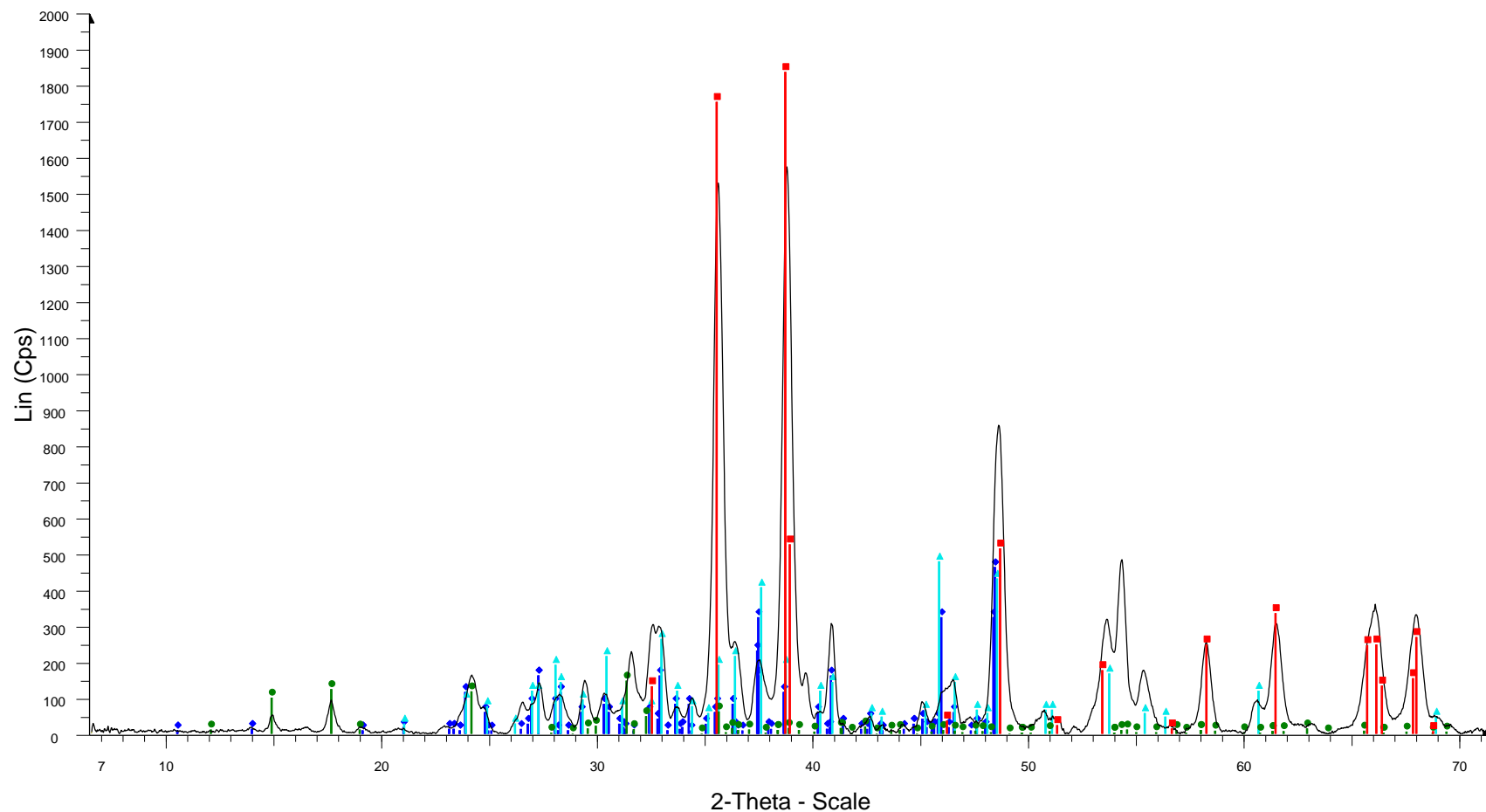
MVC 40



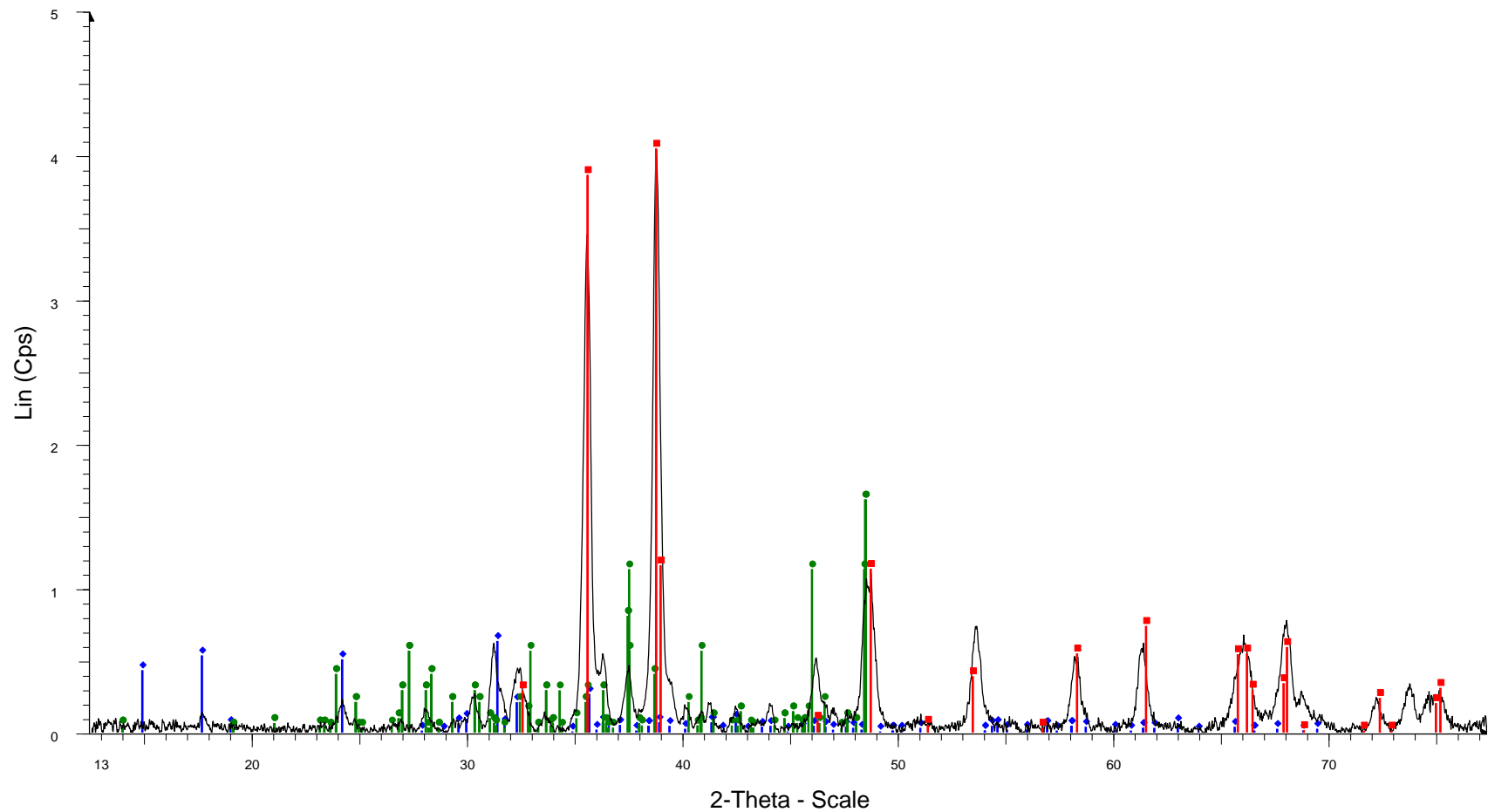
Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
16.6600	15.00	0.0900	5.31702	1.94
18.6708	55.95	0.1440	4.74867	7.24
19.8840	772.64	0.1680	4.46160	100.00
25.6993	159.59	0.1440	3.46367	20.65
27.2394	24.87	0.2160	3.27124	3.22
28.3940	154.34	0.1680	3.14078	19.98
28.6979	195.21	0.1680	3.10821	25.27
29.2294	147.55	0.1680	3.05290	19.10
30.0170	152.86	0.1200	2.97456	19.78
30.5101	78.36	0.2400	2.92760	10.14
31.1443	53.58	0.1440	2.86941	6.93
31.5424	48.18	0.2400	2.83410	6.24
32.9182	58.82	0.1440	2.71873	7.61
36.9293	186.75	0.1200	2.43212	24.17
37.2329	160.72	0.1920	2.41298	20.80
37.6433	218.71	0.1440	2.38761	28.31
38.2423	53.03	0.1440	2.35158	6.86
38.5884	82.17	0.1920	2.33128	10.64
38.8670	80.17	0.1920	2.31521	10.38
40.2894	129.85	0.1920	2.23669	16.81
43.2183	47.84	0.1440	2.09165	6.19
45.0402	18.28	0.5760	2.01119	2.37
47.2614	65.82	0.1200	1.92171	8.52
49.0686	29.73	0.2880	1.85508	3.85
51.7712	34.69	0.3840	1.76441	4.49
52.7698	50.88	0.3840	1.73335	6.58
53.6984	35.87	0.2880	1.70554	4.64
56.0942	45.10	0.1920	1.63825	5.84
56.6748	21.37	0.1680	1.62283	2.77
57.6117	36.28	0.2880	1.59865	4.70
59.2642	66.66	0.1440	1.55796	8.63
60.5485	38.02	0.1920	1.52795	4.92
61.5756	36.02	0.1680	1.50490	4.66
65.9621	26.70	0.2160	1.41505	3.46

Visible	Ref. Code	Score	Compound Name	Displacement [°2Th.]	Scale Factor	Chemical Formula
	00-027-1402	21	Silicon, syn	0.000	0.135	Si
	00-036-0408	55	Pseudomalachite	0.000	0.605	Cu ₅ (PO ₄) ₂ (OH) ₄
	00-046-1300	27	Ludjibaite	0.000	0.687	Cu ₅ (PO ₄) ₂ (OH) ₄

Microdifracção – MDT 13



M MDT13 [001] - File: MDT13_01 [001].raw - Type: 2Th alone - Start: 6.440 ° - End: 71.500 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 600. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 0 s - 2-Theta: 6.440 ° - Theta: 11.975 ° - Chi: 1.96 ° -
 Operations: Bezier Background 1.000,1.000 | Range Op. Merge | Import [001]
■ 01-080-1916 (*) - Copper Oxide - CuO - Y: 103.05 % - d x by: 1. - WL: 1.54184 - Monoclinic - a 4.69270 - b 3.42830 - c 5.13700 - alpha 90.000 - beta 99.546 - gamma 90.000 - Base-centered - Cc (9) - 4 - 81.4996 - I/I
◆ 00-033-0490 (I) - Chalcocite-M - Cu₂S - Y: 25.97 % - d x by: 1. - WL: 1.54184 - Monoclinic - a 15.23500 - b 11.88500 - c 13.49600 - alpha 90.000 - beta 116.260 - gamma 90.000 - Primitive - P21/c (14) - 48 - 2191.49 -
▲ 00-023-0961 (D) - Chalcocite, low, syn - Cu₂S - Y: 26.87 % - d x by: 1. - WL: 1.54184 - Orthorhombic - a 13.50000 - b 27.32300 - c 11.85000 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - 96 - 4371.00 - F30= 3(0.02
● 00-056-0001 (*) - Malachite - (CuOH)₂CO₃ - Y: 8.28 % - d x by: 1. - WL: 1.54184 - Monoclinic - a 3.24320 - b 11.95650 - c 9.49110 - alpha 90.000 - beta 98.650 - gamma 90.000 - Primitive - P21/c (14) - 4 - 363.853 - I



Mestrado [001] - File: Mestrado_01 [001].raw - Type: 2Th alone - Start: 12.440 ° - End: 77.500 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 14400. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 0 s - 2-Theta: 12.440 ° - Theta: 14.950 ° - Ch
 Operations: Background 1.000,1.000 | Range Op. Merge | Import [001]

■ 01-080-1916 (*) - Copper Oxide - CuO - Y: 92.39 % - d x by: 1. - WL: 1.54184 - Monoclinic - a 4.69270 - b 3.42830 - c 5.13700 - alpha 90.000 - beta 99.546 - gamma 90.000 - Base-centered - Cc (9) - 4 - 81.4996 - I/Ic

◆ 00-056-0001 (*) - Malachite - (CuOH)2CO3 - Y: 14.48 % - d x by: 1. - WL: 1.54184 - Monoclinic - a 3.24320 - b 11.95650 - c 9.49110 - alpha 90.000 - beta 98.650 - gamma 90.000 - Primitive - P21/c (14) - 4 - 363.853 -

● 00-033-0490 (I) - Chalcocite-M - Cu2S - Y: 36.89 % - d x by: 1. - WL: 1.54184 - Monoclinic - a 15.23500 - b 11.88500 - c 13.49600 - alpha 90.000 - beta 116.260 - gamma 90.000 - Primitive - P21/c (14) - 48 - 2191.49 -

Anexo VI

Condições de leitura e padronização de microssonda electrónica

Tabela 1 - Condições de leitura/medição para sulfuretos (lâmina)

Element	Standard name	Mass(%)	ZAF Fac.	Z	A	F
1 Sb	stibnite.ast	71.68	0.9419	1.0853	0.8679	1
2 As	galium_ars.ast	51.8	3.4462	9.386	0.3672	1
3 Mn	bustamite.ast	18.8271	0.2625	0.2704	0.9706	1.0001
4 S	pyrite.ast	53.45	2.2814	2.7738	0.822	1.0006
5 In	Cal-STD	100	1.2834	1.4552	0.8819	1
6 Ge	Cal-STD	100	6.8011	10.7887	0.6304	1
7 Sn	cassiterite.ast	78.7643	1.0816	1.2016	0.9001	1
8 Fe	haematite.ast	69.9436	0.214	0.217	0.9864	1
9 Bi	bismuth_sel.ast	63.83	2.2464	3.2213	0.6974	1
10 Se	bismuth_sel.ast	36.17	5.0459	9.2896	0.5432	1
11 Ag	Ag_b_1	100	1.5455	1.7832	0.8667	1
12 Cu	cuprite.ast	88.819	0.0926	0.0935	0.9908	1
13 Ni	pentlandite.ast	36.12	0.1186	0.1228	0.9654	1
14 Pb	galena.ast	86.6	2.7233	3.4515	0.789	1
15 Co	skutterudi.ast	15.45	0.1817	0.186	0.9771	1
16 Zn	sphalerite.ast	67.07	0.0633	0.064	0.9904	1
17 Cd	15kV_Cd_s14_3P	100	1.423	1.6272	0.8745	1
18 Au	15kV_Au_s16_4L	100	0.0223	0.0226	0.9875	1

Tabela 2 - Condições de leitura/medição para carbonatos (lâminas)

Element	Standard name	Mass(%)	ZAF Fac.	Z	A	F
1 CaO	calcite.ast	55.94	0.8973	0.9293	0.9656	1
2 CO ₂	calcite.ast	44.04	19.7512	73.9085	0.2672	1
3 MnO	bustamite.ast	24.31	0.2625	0.2704	0.9706	1.0001
4 FeO	almandine.ast	23.27	0.199	0.2024	0.983	1
5 TiO ₂	kaersutite.ast	5.04	0.5416	0.5714	0.9406	1.0076
6 MgO	almandine.ast	10.7	4.1909	8.0108	0.52	1.006
7 La ₂ O ₃	monazite.ast	15.13	0.4791	0.5161	0.9282	1
8 SrO	celestite	56.2	3.408	4.3528	0.7792	1.0048
9 BaO	barite.ast	65.45	0.5346	0.5744	0.9307	1
10 Na ₂ O	plagioclase.ast	4.35	5.2182	10.7639	0.4827	1.0043
11 Ce ₂ O ₃	monazite.ast	36.08	0.4302	0.4596	0.936	1
12 CuO	cuprite.ast	100	0.0926	0.0935	0.9908	1
13 ZnO	sphalerite.ast	83.4861	0.0633	0.064	0.9904	1
14 CoO	skutterudi.ast	19.6448	0.1856	0.186	0.9771	1.021
15 NiO	15kV_Ni_s05_4L	127.2526	0.1256	0.1271	0.9882	1

Tabela 3 - Condições de leitura/medição para carbonatos (superfícies polidas)

	Element	Standard name	Mass(%)	ZAF Fac.	Z	A	F
1	CaO	calcite.ast	55.94	0.8973	0.9293	0.9656	1
2	F	apatite.ast	3.77	3.3213	21.5322	0.1543	1
3	Cl	tugtupite.ast	7.58	1.6241	1.9952	0.814	1
4	FeO	almandine.ast	23.27	0.199	0.2024	0.983	1
5	TiO ₂	rutile.ast	100	0.5904	0.606	0.9742	1
6	Na ₂ O	jadeite.ast	15.1	5.5606	10.7467	0.5153	1.0041
7	SO ₃	barite.ast	34.45	2.1267	2.9618	0.7168	1.0017
8	CuO	cuprite.ast	111.181	0.0926	0.0935	0.9908	1
9	ZnO	sphalerite.ast	83.4861	0.0633	0.064	0.9904	1
10	MgO	almandine.ast	10.7	4.1909	8.0108	0.52	1.006
11	BaO	barite.ast	65.45	0.5346	0.5744	0.9307	1
12	PbO	galena.ast	93.2876	2.7233	3.4515	0.789	1
13	As ₂ O ₅	galium_ars.ast	79.4562	3.4462	9.386	0.3672	1
14	MnO	bustamite.ast	24.31	0.2625	0.2704	0.9706	1.0001
15	SrO	celestite.ast	56.2	3.408	4.3528	0.7792	1.0048
16	CO ₂	calcite.ast	44.04	19.7512	73.9085	0.2672	1

Tabela 4 - Condições de leitura/medição para fosfatos (lâmina)

	Element	Standard name	Mass(%)	ZAF Fac.	Z	A	F
1	MnO	bustamite.ast	24.31	0.2625	0.2704	0.9706	1.0001
2	Na ₂ O	jadeite.ast	15.1	5.5606	10.7467	0.5153	1.0041
3	P ₂ O ₅	monazite.ast	27.73	2.3638	3.8878	0.6079	1.0001
4	FeO	almandine.ast	23.27	0.199	0.2024	0.983	1
5	CaO	apatite.ast	55.6043	0.889	0.9503	0.9355	1
6	F	apatite.ast	3.77	3.3213	21.5322	0.1543	1
7	Cl	tugtupite.ast	7.58	1.6241	1.9952	0.814	1
8	SrO	celestite	56.2	3.408	4.3528	0.7792	1.0048
9	La ₂ O ₃	monazite.ast	15.13	0.4791	0.5161	0.9282	1
10	MgO	periclase.ast	100	5.4677	7.8316	0.6982	1
11	Ce ₂ O ₃	monazite.ast	36.08	0.4302	0.4596	0.936	1
12	CuO	cuprite.ast	100	0.0926	0.0935	0.9908	1

Tabela 5 - Condições de leitura para fosfatos (superfícies polidas)

	Element	Standard name	Mass(%)	ZAF Fac.	Z	A	F
1	MnO	bustamite.ast	24.31	0.2625	0.2704	0.9706	1.0001
2	Na ₂ O	jadeite.ast	15.1	5.5606	10.7467	0.5153	1.0041
3	Cl	tugtupite.ast	7.58	1.6241	1.9952	0.814	1
4	K ₂ O	sanidine.ast	12.11	1.072	1.2031	0.8908	1.0003
5	CaO	apatite.ast	55.6043	0.889	0.9503	0.9355	1
6	F	apatite.ast	3.77	3.3213	21.5322	0.1543	1
7	SO ₃	barite.ast	34.45	2.1267	2.9618	0.7168	1.0017
8	SrO	celestite.ast	56.2	3.408	4.3528	0.7792	1.0048
9	La ₂ O ₃	monazite.ast	15.13	0.4791	0.5161	0.9282	1
10	MgO	periclase.ast	100	5.4677	7.8316	0.6982	1
11	P ₂ O ₅	apatite.ast	42.2108	2.8358	3.4012	0.8294	1.0053
12	SiO ₂	olivine.ast	41.58	2.8511	4.4023	0.6476	1
13	ZnO	sphalerite.ast	83.4861	0.0633	0.064	0.9904	1
14	As ₂ O ₅	galium_ars.ast	79.4562	3.4462	9.386	0.3672	1
15	PbO	galena.ast	93.2876	2.7233	3.4515	0.789	1
16	FeO	almandine.ast	23.27	0.199	0.2024	0.983	1
17	Nd ₂ O ₃	monazite.ast	10.15	0.3447	0.3637	0.9477	1
18	Al ₂ O ₃	jadeite.ast	24.66	4.0481	5.8437	0.6844	1.0121
19	Ce ₂ O ₃	monazite.ast	36.08	0.4302	0.4596	0.936	1
20	CuO	cuprite.ast	111.181	0.0926	0.0935	0.9908	1

Tabela 6 - Condições de leitura/medição para sulfatos (superfície polida)

	Element	Standard name	Mass(%)	ZAF Fac.	Z	A	F
1	FeO	haematite.ast	89.9812	0.214	0.217	0.9864	1
2	Al ₂ O ₃	plagioclase.ast	28.53	4.2119	5.853	0.7113	1.0116
3	CaO	plagioclase.ast	11.8	0.8594	0.9355	0.9185	1.0001
4	SO ₃	barite.ast	34.45	2.1267	2.9618	0.7168	1.0017
5	TiO ₂	rutile.ast	100	0.5904	0.606	0.9742	1
6	MgO	pyrope.ast	19.33	4.5894	7.9318	0.5749	1.0065
7	SiO ₂	plagioclase.ast	54.21	3.0581	4.4064	0.6937	1.0004
8	BaO	barite.ast	65.45	0.5346	0.5744	0.9307	1
9	CuO	cuprite.ast	111.181	0.0926	0.0935	0.9908	1
10	SrO	celestite.ast	56.2	3.408	4.3528	0.7792	1.0048
11	PbO	galena.ast	93.2876	2.7233	3.4515	0.789	1
12	ThO ₂	monazite.ast	4.32	1.3261	1.6591	0.7993	1

Tabela 7 - Condições de leitura/medição para óxidos e silicatos (lâmina)

	Element	Standard name	Mass(%)	ZAF Fac.	Z	A	F
1	MnO	bustamite.ast	24.31	0.2625	0.2704	0.9706	1.0001
2	Na ₂ O	albite.ast	11.59	5.502	10.7239	0.5109	1.0041
3	Cr ₂ O ₃	chromium_ox.ast	100	0.3636	0.3706	0.9811	1
4	BaO	benitoite.ast	37.08	0.5092	0.5389	0.9448	1
5	TiO ₂	rutile.ast	100	0.5904	0.606	0.9742	1
6	MgO	periclase.ast	100	5.4677	7.8316	0.6982	1
7	CaO	apatite.ast	55.6043	0.889	0.9503	0.9355	1
8	V ₂ O ₃	V_b_1	147.1143	0.5082	0.5216	0.9741	1
9	Ag ₂ O	Ag_b_1	107.4163	1.5455	1.7832	0.8667	1
10	As ₂ O ₅	galium_ars.ast	79.4562	3.4462	9.386	0.3672	1
11	K ₂ O	sanidine.ast	12.11	1.072	1.2031	0.8908	1.0003
12	Fe ₂ O ₃	haematite.ast	100	0.214	0.217	0.9864	1
13	Bi ₂ O ₃	bismuth_sel.ast	71.1605	2.2464	3.2213	0.6974	1
14	Al ₂ O ₃	plagioclase.ast	28.53	4.2119	5.853	0.7113	1.0116
15	PbO	galena.ast	93.2876	2.7233	3.4515	0.789	1
16	NiO	nickel_silicide.ast	102.6928	0.1222	0.1238	0.9874	1
17	ZnO	willemite.ast	66.89	0.0604	0.0609	0.9922	1
18	ZrO ₂	zirconia.ast	79.93	2.8584	3.6086	0.7921	1
19	SO ₃	stibnite.ast	70.7205	2.3647	3.1046	0.7576	1.0054
20	CuO/Cu ₂ O	cuprite.ast	100	0.0926	0.0935	0.9908	1
21	CoO	skutterudi.ast	19.6448	0.1817	0.186	0.9771	1
22	SiO ₂	almandine.ast	39.19	2.8799	4.4824	0.6424	1.0001
23	Au ₂ O	15kV_Au_s16_4L	104.0615	0.0223	0.0226	0.9875	1

Tabela 8 - Condições de leitura/medição para turmalina (lâmina)

Element	Standard name	Mass(%)	ZAF Fac.	Z	A	F
1 MnO	bustamite.ast	24.31	0.2625	0.2704	0.9706	1.0001
2 B ₂ O ₃	boron_nit.ast	140.2705	21.5256	121.8573	0.1766	1
3 SiO ₂	almandine.ast	39.19	2.8799	4.4824	0.6424	1.0001
4 K ₂ O	sanidine.ast	12.11	1.072	1.2031	0.8908	1.0003
5 Cr ₂ O ₃	chromium_ox.ast	100	0.3636	0.3706	0.9811	1
6 Na ₂ O	albite.ast	11.59	5.502	10.7239	0.5109	1.0041
7 CaO	diopside.ast	25.73	0.8657	0.9345	0.9263	1.0001
8 FeO	almandine.ast	23.27	0.199	0.2024	0.983	1
9 TiO ₂	rutile.ast	100	0.5904	0.606	0.9742	1
10 MgO	almandine.ast	10.7	4.1909	8.0108	0.52	1.006
11 ZnO	willemite.ast	66.89	0.0604	0.0609	0.9922	1
12 Al ₂ O ₃	almandine.ast	22.05	3.6182	5.9537	0.6037	1.0066

Anexo VII

Análises mineralógicas por microsonda electrónica (EPMA)

Tabela 2 - Análises de EPMA para grãos de Calcopirite (CuFeS₂) e respectivas distribuições iônicas

	MV 09-08	MV 09-08	MV 09-12	MV 09-12	MV 09-12
Amostra	b5	b5	b1	b1	b1
Análise	13	14	1	2	4
<i>Peso Elementar %</i>					
Sb	0.000	0.000	0.000	0.011	0.001
As	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
S	35.240	35.249	35.117	35.260	34.917
In	0.000	0.023	0.006	0.000	0.000
Ge	0.014	0.015	0.000	0.000	0.000
Sn	0.000	0.058	0.119	0.000	0.046
Fe	31.007	30.789	30.523	30.606	30.572
Bi	0.000	0.000	0.000	0.022	0.000
Se	0.000	0.000	0.022	0.007	0.013
Ag	0.000	0.000	0.017	0.000	0.000
Cu	33.561	33.746	33.337	33.478	33.215
Ni	0.000	0.032	0.000	0.021	0.028
Pb	0.000	0.000	0.030	0.000	0.012
Co	0.041	0.065	0.021	0.048	0.057
Zn	0.110	0.089	0.066	0.000	0.072
Cd	0.000	0.029	0.000	0.000	0.000
Au	0.221	0.614	0.051	0.331	0.000
Total	100.197	100.709	99.309	99.784	98.933
<i>Número de iões calculado com base no total de iões*</i>					
Sb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
As	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
S	2.011	2.009	2.019	2.020	2.014
In	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn	0.000	0.001	0.002	0.000	0.001
Fe	1.016	1.007	1.008	1.007	1.013
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Se	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Ag	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cu	0.966	0.970	0.967	0.968	0.967
Ni	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001
Pb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Co	0.001	0.002	0.001	0.001	0.002
Zn	0.003	0.002	0.002	0.000	0.002
Cd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Au	0.002	0.006	0.000	0.003	0.000
*Total	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000

Tabela 3 - Análises de EPMA para Fases de Cu-S e respectivas distribuições iónicas

Amostra	MV 09-03 b7	MVC 38-1 b4	MVC 38-1 b4	MVC 38-2 10	MDT 34 b2	MV 09-03 b7	MDT 13 b3	MDT 13 b8
Análise	25	9	10	14	7	19	3	1
Mineral	Digenite	Digenite	Digenite	Digenite	Anilite	Anilite	Anilite	Anilite
<i>Peso elementar %</i>								
Sb	0.032	0.015	0.008	0.000	0.012	0.009	0.007	0.000
As	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn	0.026	0.000	0.020	0.012	0.014	0.000	0.000	0.027
S	21.386	22.110	22.490	22.230	22.441	22.964	23.256	22.652
In	0.000	0.000	0.020	0.080	0.051	0.000	0.028	0.009
Ge	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015	0.002
Sn	0.018	0.049	0.037	0.000	0.011	0.000	0.000	0.000
Fe	0.395	0.169	0.609	0.150	0.229	0.927	0.030	0.000
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.000	0.012
Se	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.103	0.027
Ag	0.000	0.084	0.070	0.000	0.011	0.000	0.015	0.001
Cu	77.305	78.687	78.636	77.047	77.607	75.983	76.385	77.021
Ni	0.000	0.021	0.000	0.000	0.000	0.027	0.000	0.000
Pb	0.000	0.000	0.000	0.016	0.004	0.017	0.000	0.000
Co	0.000	0.002	0.000	0.030	0.013	0.012	0.000	0.000
Zn	0.164	0.042	0.035	0.036	0.107	0.093	0.050	0.007
Cd	0.000	0.000	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.054
Au	0.285	0.000	0.042	0.128	0.000	0.199	0.000	0.000
Total	99.616	101.179	101.976	99.729	100.500	100.246	99.889	99.812
<i>Número de iões calculado com base no total de iões*</i>								
Sb	0.002	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
As	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn	0.003	0.000	0.003	0.002	0.001	0.000	0.000	0.003
S	4.926	4.994	5.030	5.079	3.993	4.078	4.132	4.047
In	0.000	0.000	0.001	0.005	0.003	0.000	0.001	0.000
Ge	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Sn	0.001	0.003	0.002	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
Fe	0.052	0.022	0.078	0.020	0.023	0.095	0.003	0.000
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Se	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.002
Ag	0.000	0.006	0.005	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000
Cu	8.985	8.967	8.875	8.882	6.967	6.808	6.849	6.944
Ni	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000
Pb	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Co	0.000	0.000	0.000	0.004	0.001	0.001	0.000	0.000
Zn	0.019	0.005	0.004	0.004	0.009	0.008	0.004	0.001
Cd	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003
Au	0.011	0.000	0.002	0.005	0.000	0.006	0.000	0.000
*Total	14.000	14.000	14.000	14.000	11.000	11.000	11.000	11.000
Mineral	Cu ₉ S ₅	Cu ₉ S ₅	Cu ₉ S ₅	Cu ₉ S ₅	Cu ₇ S ₄	Cu ₇ S ₄	Cu ₇ S ₄	Cu ₇ S ₄

Tabela 3 - Análises de EPMA para Fases de Cu-S e respectivas distribuições iónicas

Amostra	MV 09-03 b8	MV 09-03 b8	MV 09-03 b8	MV 09-03 b8	MVC 37 b3	MVC 38-1 b4	MVC 38-1 b1	MVC 38-1 b1
Análise	2	4	7	9	2	11	2	3
Mineral	Anilite	Anilite	Anilite	Anilite	Anilite	Covelite	Covelite	Covelite
<i>Peso elementar %</i>								
Sb	0.008	0.046	0.035	0.000	0.027	0.000	0.013	0.056
As	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn	0.013	0.000	0.000	0.025	0.218	0.005	0.025	0.000
S	22.250	22.414	22.864	22.055	22.341	32.715	33.180	33.547
In	0.030	0.003	0.000	0.000	0.001	0.024	0.030	0.000
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn	0.033	0.013	0.000	0.000	0.000	0.042	0.000	0.019
Fe	0.591	0.198	1.757	0.635	0.203	0.578	0.609	0.979
Bi	0.000	0.034	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Se	0.013	0.014	0.012	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000
Ag	0.016	0.000	0.000	0.000	0.011	0.014	0.613	0.245
Cu	76.387	76.451	75.095	76.966	76.863	66.868	65.985	63.846
Ni	0.000	0.000	0.067	0.031	0.007	0.000	0.000	0.000
Pb	0.012	0.000	0.000	0.034	0.000	0.000	0.011	0.008
Co	0.000	0.000	0.000	0.000	0.023	0.001	0.015	0.000
Zn	0.008	0.037	0.000	0.079	0.171	0.066	0.008	0.000
Cd	0.002	0.009	0.050	0.000	0.000	0.000	0.000	0.034
Au	0.030	0.049	0.280	0.000	0.009	0.113	0.513	0.404
Total	99.393	99.268	100.160	99.825	99.877	100.426	101.002	99.138
<i>Número de iões calculado com base no total de iões*</i>								
Sb	0.000	0.002	0.002	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
As	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn	0.001	0.000	0.000	0.003	0.023	0.000	0.000	0.000
S	4.000	4.031	4.065	3.956	3.997	0.979	0.989	1.009
In	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe	0.061	0.020	0.179	0.065	0.021	0.010	0.010	0.017
Bi	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Se	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ag	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.005	0.002
Cu	6.930	6.938	6.736	6.965	6.939	1.009	0.992	0.969
Ni	0.000	0.000	0.007	0.003	0.001	0.000	0.000	0.000
Pb	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Co	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000
Zn	0.001	0.003	0.000	0.007	0.015	0.001	0.000	0.000
Cd	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Au	0.001	0.001	0.008	0.000	0.000	0.001	0.002	0.002
*Total	11.000	11.000	11.000	11.000	11.000	2.000	2.000	2.000
Mineral	Cu ₇ S ₄	Cu ₇ S ₄	Cu ₇ S ₄	Cu ₇ S ₄	Cu ₇ S ₄	CuS	CuS	CuS

Tabela 3 - Análises de EPMA para Fases de Cu-S e respectivas distribuições iónicas

Amostra	MVC 38-1 b1	MVC 38-1 b10	MVC 38-1 b5
Análise	8	21	15
Mineral	Covelite	Covelite	Djurleite
<i>Peso elementar %</i>			
Sb	0.000	0.000	0.028
As	0.000	0.000	0.000
Mn	0.000	0.000	0.000
S	33.498	33.510	20.715
In	0.005	0.023	0.000
Ge	0.013	0.000	0.000
Sn	0.001	0.000	0.000
Fe	0.594	0.854	0.846
Bi	0.000	0.000	0.000
Se	0.014	0.000	0.039
Ag	0.509	0.458	0.119
Cu	66.217	66.769	78.317
Ni	0.000	0.000	0.000
Pb	0.052	0.112	0.029
Co	0.006	0.000	0.005
Zn	0.003	0.000	0.070
Cd	0.029	0.000	0.000
Au	0.288	0.047	0.000
Total	101.229	101.773	100.168
<i>Número de iões calculado com base no total de iões*</i>			
Sb	0.000	0.000	0.006
As	0.000	0.000	0.000
Mn	0.000	0.000	0.000
S	0.993	0.988	16.008
In	0.000	0.000	0.000
Ge	0.000	0.000	0.000
Sn	0.000	0.000	0.000
Fe	0.010	0.014	0.375
Bi	0.000	0.000	0.000
Se	0.000	0.000	0.012
Ag	0.004	0.004	0.027
Cu	0.990	0.993	30.539
Ni	0.000	0.000	0.000
Pb	0.000	0.001	0.003
Co	0.000	0.000	0.002
Zn	0.000	0.000	0.027
Cd	0.000	0.000	0.000
Au	0.001	0.000	0.000
*Total	2.000	2.000	47.000
Mineral	CuS	CuS	Cu ₃₁ S ₁₆

Tabela 4 - Análises de EPMA de bornite (Cu₅FeS₄) e respectivas distribuições iónicas

Amostra	MV 09-03 b6	MV 09-03 b6	MV 09-03 b7	MV 09-03 b7
Análise	4	11	20	23
<i>Peso Elementar %</i>				
Sb	0.000	0.060	0.000	0.053
As	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000
S	26.894	25.406	26.569	26.300
In	0.000	0.009	0.000	0.000
Ge	0.000	0.005	0.000	0.000
Sn	0.052	0.037	0.000	0.023
Fe	11.647	11.595	11.939	11.697
Bi	0.000	3.284	0.011	0.000
Se	0.000	0.001	0.021	0.000
Ag	0.000	0.020	0.039	0.000
Cu	61.452	60.041	60.188	62.079
Ni	0.000	0.000	0.000	0.015
Pb	0.078	0.005	0.000	0.118
Co	0.022	0.000	0.045	0.000
Zn	0.076	0.043	0.001	0.091
Cd	0.000	0.030	0.000	0.000
Au	0.305	0.149	0.301	0.294
Total	100.526	100.685	99.114	100.670
<i>Número de iões calculado com base no total de iões*</i>				
Sb	0.000	0.003	0.000	0.002
As	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000
S	4.156	4.036	4.159	4.079
In	0.000	0.000	0.000	0.000
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn	0.002	0.002	0.000	0.001
Fe	1.033	1.058	1.073	1.042
Bi	0.000	0.080	0.000	0.000
Se	0.000	0.000	0.001	0.000
Ag	0.000	0.001	0.002	0.000
Cu	4.792	4.812	4.754	4.858
Ni	0.000	0.000	0.000	0.001
Pb	0.002	0.000	0.000	0.003
Co	0.002	0.000	0.004	0.000
Zn	0.006	0.003	0.000	0.007
Cd	0.000	0.001	0.000	0.000
Au	0.008	0.004	0.008	0.007
*Total	10.000	10.000	10.000	10.000

Tabela 5 - Análises de EPMA de *Wittichenite* (Cu₃BiS₃) e respectivas distribuições iónicas

Amostra	MV 09-03 b7	MV 09-03 b8	MV 09-03 b8	MV 09-03 b8	MV 09-03 b8
Análise	19	1	3	4	9
<i>Peso Elementar %</i>					
Sb	0.113	0.000	0.124	0.091	0.000
As	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn	0.024	0.030	0.000	0.000	0.000
S	19.797	20.166	20.149	19.914	20.099
In	0.008	0.000	0.000	0.000	0.006
Ge	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn	0.000	0.000	0.055	0.000	0.000
Fe	0.049	0.285	0.059	0.287	0.029
Bi	41.133	40.134	39.286	40.795	40.396
Se	0.115	0.011	0.296	0.328	0.054
Ag	0.085	0.059	0.026	0.000	0.086
Cu	39.035	39.548	40.103	39.730	39.617
Ni	0.008	0.001	0.034	0.000	0.029
Pb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Co	0.004	0.000	0.000	0.000	0.010
Zn	0.145	0.057	0.092	0.156	0.000
Cd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Au	0.128	0.000	0.000	0.044	0.306
Total	100.646	100.291	100.224	101.345	100.632
<i>Número de iões calculado com base no total de iões*</i>					
Sb	0.005	0.000	0.005	0.004	0.000
As	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn	0.002	0.003	0.000	0.000	0.000
S	3.009	3.035	3.021	2.990	3.031
In	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000
Fe	0.004	0.025	0.005	0.025	0.003
Bi	0.959	0.927	0.904	0.940	0.935
Se	0.007	0.001	0.018	0.020	0.003
Ag	0.004	0.003	0.001	0.000	0.004
Cu	2.994	3.003	3.034	3.010	3.014
Ni	0.001	0.000	0.003	0.000	0.002
Pb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Co	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Zn	0.011	0.004	0.007	0.011	0.000
Cd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Au	0.003	0.000	0.000	0.001	0.008
*Total	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000

Tabela 6 - Análises de EPMA de Emplectite (CuBiS₂) e respectivas distribuições iónicas

Amostra	MV 09-03 b6	MV 09-03 b6	MV 09-03 b8
Análise	14	82	7
<i>Peso Elementar %</i>			
Sb	0.441	0.329	0.031
As	0.000	0.000	0.000
Mn	0.054	0.000	0.000
S	19.568	19.366	17.776
In	0.000	0.000	0.000
Ge	0.000	0.007	0.000
Sn	0.065	0.000	0.000
Fe	0.902	0.061	0.583
Bi	60.164	66.187	63.764
Se	0.008	0.049	0.088
Ag	0.000	0.000	0.022
Cu	19.273	13.121	15.978
Ni	0.003	0.037	0.000
Pb	0.095	0.000	0.000
Co	0.000	0.000	0.000
Zn	0.116	0.047	0.087
Cd	0.000	0.000	0.000
Au	0.554	0.555	0.477
Total	101.243	99.759	98.806
<i>Número de iões calculado com base no total de iões*</i>			
Sb	0.012	0.010	0.001
As	0.000	0.000	0.000
Mn	0.003	0.000	0.000
S	1.988	2.127	1.968
In	0.000	0.000	0.000
Ge	0.000	0.000	0.000
Sn	0.002	0.000	0.000
Fe	0.053	0.004	0.037
Bi	0.938	1.115	1.083
Se	0.000	0.002	0.004
Ag	0.000	0.000	0.001
Cu	0.988	0.727	0.893
Ni	0.000	0.002	0.000
Pb	0.001	0.000	0.000
Co	0.000	0.000	0.000
Zn	0.006	0.003	0.005
Cd	0.000	0.000	0.000
Au	0.009	0.010	0.009
*Total	4.000	4.000	4.000

Tabela 7 - Análises de EPMA de Cuprobismutite ($\text{Cu}_{10}\text{Bi}_{12}\text{S}_{23}$) e respectivas distribuições iónicas

Amostra	MV 09-03 b5	MV 09-03 b6
Análise	16	83
<i>Peso Elementar %</i>		
Sb	0.462	0.367
As	0.000	0.000
Mn	0.000	0.000
S	19.570	19.051
In	0.000	0.002
Ge	0.000	0.054
Sn	0.000	0.000
Fe	0.292	0.088
Bi	62.570	62.223
Se	0.243	0.225
Ag	0.037	0.000
Cu	16.433	16.655
Ni	0.023	0.011
Pb	0.000	0.117
Co	0.000	0.000
Zn	0.000	0.000
Cd	0.000	0.000
Au	0.000	0.420
Total	99.630	99.213
<i>Número de iões calculado com base no total de iões*</i>		
Sb	0.145	0.116
As	0.000	0.000
Mn	0.000	0.000
S	23.252	22.948
In	0.000	0.001
Ge	0.000	0.029
Sn	0.000	0.000
Fe	0.199	0.061
Bi	11.407	11.500
Se	0.117	0.110
Ag	0.013	0.000
Cu	9.852	10.123
Ni	0.015	0.007
Pb	0.000	0.022
Co	0.000	0.000
Zn	0.000	0.000
Cd	0.000	0.000
Au	0.000	0.082
*Total	45.000	45.000

Tabela 8 - Análises de EPMA de *Bismuthinite* (Bi₂S₃) e respectivas distribuições iónicas

Amostra	MV 09-03 b7	MV 09-03 b7	MV 09-03 b7	MV 09-03 b7	MV 09-03 b7
Análise	7	13	14	15	17
<i>Peso Elementar %</i>					
Sb	0.000	0.000	0.113	0.066	0.119
As	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn	0.000	0.023	0.000	0.000	0.000
S	18.747	19.072	18.871	19.135	19.056
In	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.022
Sn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe	0.059	0.001	0.000	0.000	0.020
Bi	76.719	77.651	75.256	75.988	78.619
Se	0.180	0.081	0.057	0.136	0.010
Ag	0.046	0.026	0.000	0.055	0.000
Cu	1.297	1.196	3.850	2.441	0.315
Ni	0.068	0.000	0.041	0.042	0.052
Pb	0.460	0.000	0.073	0.676	0.000
Co	0.013	0.000	0.000	0.050	0.027
Zn	0.033	0.000	0.000	0.000	0.064
Cd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Au	0.000	0.674	0.128	0.410	0.197
Total	97.622	98.724	98.389	98.999	98.501
<i>Número de iões calculado com base no total de iões*</i>					
Sb	0.000	0.000	0.005	0.003	0.005
As	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000
S	2.983	3.003	2.906	2.959	3.030
In	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
Sn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe	0.005	0.000	0.000	0.000	0.002
Bi	1.873	1.876	1.778	1.803	1.918
Se	0.012	0.005	0.004	0.009	0.001
Ag	0.002	0.001	0.000	0.003	0.000
Cu	0.104	0.095	0.299	0.190	0.025
Ni	0.006	0.000	0.003	0.004	0.005
Pb	0.011	0.000	0.002	0.016	0.000
Co	0.001	0.000	0.000	0.004	0.002
Zn	0.003	0.000	0.000	0.000	0.005
Cd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Au	0.000	0.017	0.003	0.010	0.005
*Total	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000

Tabela 8 - Análises de EPMA de *Bismuthinite* (Bi₂S₃) e respectivas distribuições iónicas

Amostra	MV 09-03 b7	MV 09-03 b8	MV 09-03 b8	MV 09-03 b8
Análise	18	2	5	8
<i>Peso Elementar %</i>				
Sb	0.113	0.000	0.023	0.075
As	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn	0.019	0.000	0.000	0.000
S	18.857	19.247	18.794	18.702
In	0.000	0.000	0.000	0.000
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn	0.000	0.000	0.000	0.002
Fe	0.000	0.030	0.081	0.027
Bi	78.377	77.344	74.927	76.557
Se	0.011	0.000	0.315	0.155
Ag	0.024	0.000	0.000	0.000
Cu	0.924	1.111	1.532	1.502
Ni	0.000	0.000	0.000	0.000
Pb	0.000	0.000	0.208	0.000
Co	0.009	0.004	0.021	0.040
Zn	0.066	0.013	0.044	0.031
Cd	0.000	0.000	0.000	0.000
Au	0.338	0.607	0.451	0.185
Total	98.738	98.356	96.396	97.276
<i>Número de iões calculado com base no total de iões*</i>				
Sb	0.005	0.000	0.001	0.003
As	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn	0.002	0.000	0.000	0.000
S	2.994	3.026	2.994	2.981
In	0.000	0.000	0.000	0.000
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe	0.000	0.003	0.007	0.002
Bi	1.909	1.866	1.832	1.872
Se	0.001	0.000	0.020	0.010
Ag	0.001	0.000	0.000	0.000
Cu	0.074	0.088	0.123	0.121
Ni	0.000	0.000	0.000	0.000
Pb	0.000	0.000	0.005	0.000
Co	0.001	0.000	0.002	0.003
Zn	0.005	0.001	0.003	0.002
Cd	0.000	0.000	0.000	0.000
Au	0.009	0.016	0.012	0.005
*Total	5.000	5.000	5.000	5.000

Tabela 9 - Análises de EPMA de Arsenopirite (FeAsS) e respectivas distribuições iónicas

Amostra	MV 09-12 b4	MV 09-12 b4	MV 09-12 b4	MV 09-12 b4	MV 09-12 b4
Análise	4	5	6	7	8
<i>Peso Elementar %</i>					
Sb	0.657	0.035	0.326	0.099	0.224
As	40.743	41.325	40.170	41.514	39.109
Mn	0.041	0.000	0.040	0.056	0.069
S	22.649	22.996	23.385	22.704	24.313
In	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.026
Fe	35.429	35.651	36.064	35.761	37.142
Bi	0.023	0.000	0.000	0.000	0.000
Se	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ag	0.056	0.000	0.022	0.023	0.000
Cu	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000
Ni	0.479	0.076	0.176	0.415	0.016
Pb	0.038	0.088	0.174	0.000	0.039
Co	0.260	0.059	0.259	0.302	0.082
Zn	0.000	0.038	0.000	0.000	0.077
Cd	0.000	0.000	0.055	0.000	0.000
Au	0.000	0.266	0.000	0.387	0.155
Total	100.384	100.534	100.671	101.261	101.252
<i>Número de iões calculado com base no total de iões*</i>					
Sb	0.009	0.000	0.004	0.001	0.003
As	0.857	0.865	0.836	0.866	0.802
Mn	0.001	0.000	0.001	0.002	0.002
S	1.113	1.125	1.137	1.107	1.165
In	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe	0.999	1.002	1.007	1.001	1.022
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Se	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ag	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Cu	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ni	0.013	0.002	0.005	0.011	0.000
Pb	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000
Co	0.007	0.002	0.007	0.008	0.002
Zn	0.000	0.001	0.000	0.000	0.002
Cd	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Au	0.000	0.002	0.000	0.003	0.001

Tabela 10 - Análises de EPMA de *Gersdorffite* (NiAsS) e respectivas distribuições iónicas

Amostra	MDT 13 b10	MDT 13 b10	MDT 13 b10	MDT 34 b5	MDT 34 b5
Análise	1	2	3	1	2
<i>Peso Elementar %</i>					
Sb	0.184	0.513	0.131	0.359	0.260
As	45.043	44.000	44.496	46.079	41.194
Mn	0.044	0.049	0.000	0.000	0.032
S	18.332	18.943	18.869	18.558	22.202
In	0.000	0.032	0.000	0.000	0.006
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn	0.086	0.000	0.003	0.000	0.000
Fe	3.015	0.431	3.943	4.259	9.444
Bi	0.000	0.000	0.000	0.161	0.009
Se	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ag	0.052	0.000	0.000	0.002	0.014
Cu	2.089	0.526	0.515	0.494	0.207
Ni	29.300	33.133	29.022	28.370	25.029
Pb	0.070	0.033	0.091	0.000	0.000
Co	0.157	0.080	0.094	2.128	2.081
Zn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cd	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000
Au	0.000	0.240	0.190	0.021	0.025
Total	98.372	97.980	97.354	100.433	100.503
<i>Número de iões calculado com base no total de iões*</i>					
Sb	0.003	0.007	0.002	0.005	0.003
As	1.022	0.997	1.013	1.024	0.878
Mn	0.001	0.002	0.000	0.000	0.001
S	0.971	1.003	1.003	0.964	1.105
In	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe	0.092	0.013	0.120	0.127	0.270
Bi	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Se	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ag	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Cu	0.056	0.014	0.014	0.013	0.005
Ni	0.848	0.959	0.843	0.805	0.681
Pb	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000
Co	0.005	0.002	0.003	0.060	0.056
Zn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Au	0.000	0.002	0.002	0.000	0.000
*Total	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000

Tabela 10 - Análises de EPMA de *Gersdorffite* (NiAsS) e respectivas distribuições iónicas

Amostra	MDT 34 b5	MDT 34 b6	MDT 34 b6	MDT 34 b6	MDT 34 b6
Análise	3	1	2	3	6
<i>Peso Elementar %</i>					
Sb	0.273	0.392	0.309	0.385	0.246
As	45.120	45.379	44.952	45.290	40.691
Mn	0.028	0.020	0.014	0.000	0.021
S	18.350	18.613	19.322	18.569	22.684
In	0.038	0.000	0.000	0.000	0.034
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn	0.000	0.000	0.029	0.000	0.000
Fe	4.834	4.447	9.606	6.668	4.683
Bi	0.100	0.258	0.393	0.312	0.172
Se	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ag	0.039	0.040	0.000	0.000	0.000
Cu	0.356	0.395	0.498	0.682	0.310
Ni	28.030	28.658	27.905	27.936	27.284
Pb	0.085	0.017	0.058	0.000	0.052
Co	2.094	2.283	2.070	2.054	2.009
Zn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cd	0.031	0.000	0.000	0.027	0.000
Au	0.012	0.379	0.644	0.476	0.000
Total	99.390	100.881	105.800	102.399	98.186
<i>Número de iões calculado com base no total de iões*</i>					
Sb	0.004	0.005	0.004	0.005	0.003
As	1.012	1.006	0.947	0.990	0.885
Mn	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001
S	0.962	0.964	0.951	0.948	1.152
In	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe	0.146	0.132	0.271	0.196	0.137
Bi	0.001	0.002	0.003	0.002	0.001
Se	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ag	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000
Cu	0.009	0.010	0.012	0.018	0.008
Ni	0.803	0.811	0.750	0.779	0.757
Pb	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Co	0.060	0.064	0.055	0.057	0.056
Zn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Au	0.000	0.003	0.005	0.004	0.000
*Total	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000

Tabela 11 - Análises de EPMA de Bismuto nativo (Bi⁰) e respectivas distribuições iónicas

Amostra	MV 09-03 b5	MV 09-03 b6	MV 09-03 b6	MV 09-03 b6	MV 09-03 b6
Análise	7	11	62	71	81
<i>Peso Elementar %</i>					
Sb	0.053	0.000	0.277	0.026	0.093
As	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.039
S	6.037	6.908	6.889	0.015	0.000
In	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe	0.000	0.172	0.049	0.052	0.032
Bi	84.704	88.791	89.482	92.798	94.174
Se	0.031	0.054	0.178	0.019	0.000
Ag	0.000	0.042	0.030	0.000	0.031
Cu	5.061	5.333	4.129	0.995	0.882
Ni	0.000	0.000	0.000	0.024	0.032
Pb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Co	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.000	0.000	0.005	0.084	0.095
Cd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Au	0.000	0.000	0.291	0.086	0.583
Total	95.886	101.300	101.330	94.099	95.961
<i>Número de iões calculado com base no total de iões*</i>					
Sb	0.001	0.000	0.003	0.000	0.002
As	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
S	0.279	0.296	0.300	0.001	0.000
In	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe	0.000	0.004	0.001	0.002	0.001
Bi	0.601	0.583	0.599	0.958	0.955
Se	0.001	0.001	0.003	0.001	0.000
Ag	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001
Cu	0.118	0.115	0.091	0.034	0.029
Ni	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001
Pb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Co	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.000	0.000	0.000	0.003	0.003
Cd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Au	0.000	0.000	0.002	0.001	0.006
*Total	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabela 11 - Análises de EPMA de Bismuto nativo (Bi⁰) e respectivas distribuições iónicas

Amostra	MV 09-03 b6	MV 09-03 b6	MV 09-03 b6	MV 09-03 b6
Análise	87	88	89	90
<i>Peso Elementar %</i>				
Sb	0.039	0.065	0.012	0.017
As	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000
S	0.000	0.000	0.000	2.214
In	0.000	0.000	0.000	0.000
Ge	0.000	0.003	0.000	0.000
Sn	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe	0.025	0.000	0.000	0.025
Bi	93.986	93.390	93.736	87.153
Se	0.025	0.016	0.012	0.046
Ag	0.031	0.035	0.000	0.029
Cu	0.386	0.447	0.528	1.406
Ni	0.000	0.000	0.000	0.006
Pb	0.000	0.000	0.000	0.000
Co	0.000	0.023	0.049	0.006
Zn	0.000	0.000	0.000	0.000
Cd	0.000	0.000	0.000	0.000
Au	0.425	0.000	0.443	0.000
Total	94.917	93.979	94.780	90.902
<i>Número de iões calculado com base no total de iões*</i>				
Sb	0.001	0.001	0.000	0.000
As	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000
S	0.000	0.000	0.000	0.135
In	0.000	0.000	0.000	0.000
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe	0.001	0.000	0.000	0.001
Bi	0.979	0.981	0.975	0.818
Se	0.001	0.000	0.000	0.001
Ag	0.001	0.001	0.000	0.001
Cu	0.013	0.015	0.018	0.043
Ni	0.000	0.000	0.000	0.000
Pb	0.000	0.000	0.000	0.000
Co	0.000	0.001	0.002	0.000
Zn	0.000	0.000	0.000	0.000
Cd	0.000	0.000	0.000	0.000
Au	0.005	0.000	0.005	0.000
*Total	1.000	1.000	1.000	1.000

Óxidos

Tabela 12 - Análises de EPMA em Óxidos e Hidróxidos de Fe e respectivas distribuições iónicas

Amostra	MDT 34 b14	MDT 34 b14	MVC 38-2 b4	MVC 38-2 b4	MVC 38-2 b5	MDT 34 b14	MDT 34 b14	MDT 34 b14
Análise	3	4	8	9	10	1	2	5
Mineral	Hematite	Hematite	Hematite	Hematite	Hematite	Goethite	Goethite	Goethite
<i>Peso dos óxidos %</i>								
MnO	0.000	0.000	0.094	0.000	0.000	0.053	0.083	0.000
Na₂O	0.000	0.000	0.041	0.011	0.000	0.000	0.000	0.034
Cr₂O₃	0.095	0.128	0.078	0.087	0.069	0.067	0.066	0.095
BaO	0.055	0.000	0.000	0.061	0.069	0.000	0.000	0.024
TiO₂	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013	0.000	0.000	0.000
MgO	0.021	0.000	0.053	0.018	0.000	0.000	0.000	0.000
CaO	0.085	0.068	0.009	0.008	0.000	0.060	0.092	0.128
V₂O₃	0.021	0.000	0.034	0.000	0.000	0.000	0.012	0.000
Ag₂O	0.021	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.000	0.000
As₂O₅	0.034	0.050	0.016	0.036	0.058	0.002	0.176	0.068
K₂O	0.000	0.000	0.006	0.001	0.000	0.023	0.017	0.009
Fe₂O₃	96.203	97.872	97.091	95.196	97.189	83.720	82.577	82.306
Bi₂O₃	0.000	0.000	0.044	0.000	0.057	0.000	0.000	0.000
Al₂O₃	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.150
PbO	0.093	0.000	0.257	0.682	0.485	0.038	0.051	0.112
NiO	0.000	0.000	0.011	0.056	0.000	0.000	0.000	0.000
ZnO	0.012	0.137	0.110	0.229	0.000	0.011	0.058	0.033
ZrO₂	0.011	0.000	0.010	0.045	0.022	0.006	0.043	0.000
SO₃	0.278	0.424	0.219	0.695	0.313	0.278	0.422	0.296
CuO	1.391	1.221	0.318	0.272	0.200	0.670	1.324	1.374
CoO	0.103	0.204	0.078	0.114	0.075	0.112	0.075	0.080
SiO₂	0.976	0.743	0.607	0.548	0.338	3.885	4.202	5.269
Au₂O	0.269	0.000	0.324	0.319	0.112	0.000	0.000	0.000
H₂O	0.332	0.000	0.600	1.622	1.000	11.061	10.802	10.022
Total	100.000	100.847	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
<i>Número de catiões na base de 3 Oxiqénios para a Hematite e 1.5 para a Goethite</i>								
Mn	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000
Na	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001
Cr	0.002	0.003	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001
Ba	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mg	0.001	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Ca	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002
V	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ag	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
As	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe	1.927	1.932	1.954	1.934	1.964	0.911	0.894	0.877
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003
Pb	0.001	0.000	0.002	0.005	0.004	0.000	0.000	0.000
Ni	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.000	0.003	0.002	0.005	0.000	0.000	0.001	0.000
Zr	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
S	0.006	0.008	0.004	0.014	0.006	0.003	0.005	0.003
Cu	0.028	0.024	0.006	0.006	0.004	0.007	0.014	0.015
Co	0.002	0.004	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001
Si	0.026	0.019	0.016	0.015	0.009	0.056	0.060	0.075
Au	0.002	0.000	0.003	0.003	0.001	0.000	0.000	0.000
H	0.059	0.000	0.107	0.292	0.179	1.067	1.037	0.947
Total	2.058	1.996	2.106	2.281	2.173	2.049	2.018	1.925
Mineral	Fe₂O₃	Fe₂O₃	Fe₂O₃	Fe₂O₃	Fe₂O₃	α-FeOOH	α-FeOOH	α-FeOOH

Tabela 13 - Análises de EPMA de Cuprite (Cu₂O) e respectivas distribuições iónicas

Amostra	MDT 13 b1	MDT 13 b6	MDT 13 b6
Análise	1	2	3
<i>Peso dos óxidos %</i>			
MnO	0.001	0.000	0.029
Na₂O	0.000	0.000	0.006
Cr₂O₃	0.196	0.155	0.162
BaO	0.161	0.098	0.149
TiO₂	0.000	0.014	0.004
MgO	0.001	0.000	0.000
CaO	0.009	0.007	0.000
V₂O₃	0.000	0.016	0.039
Ag₂O	0.009	0.032	0.000
As₂O₅	0.000	0.000	0.000
K₂O	0.000	0.009	0.001
Fe₂O₃	0.000	0.000	0.023
Bi₂O₃	0.030	0.100	0.000
Al₂O₃	0.000	0.000	0.000
PbO	0.000	0.000	0.000
NiO	0.020	0.006	0.000
ZnO	0.097	0.062	0.140
ZrO₂	0.000	0.046	0.000
SO₃	0.033	0.013	0.000
CuO	99.282	99.799	99.619
CoO	0.000	0.000	0.030
SiO₂	0.000	0.051	0.073
Au₂O	0.341	0.084	0.194
Total	100.180	100.492	100.469
<i>Número de catiões na base de 1 Oxigénio</i>			
Mn	0.000	0.000	0.001
Na	0.000	0.000	0.000
Cr	0.004	0.003	0.003
Ba	0.001	0.001	0.001
Ti	0.000	0.000	0.000
Mg	0.000	0.000	0.000
Ca	0.000	0.000	0.000
V	0.000	0.000	0.001
Ag	0.000	0.000	0.000
As	0.000	0.000	0.000
K	0.000	0.000	0.000
Fe	0.000	0.000	0.000
Bi	0.000	0.001	0.000
Al	0.000	0.000	0.000
Pb	0.000	0.000	0.000
Ni	0.000	0.000	0.000
Zn	0.002	0.001	0.002
Zr	0.000	0.001	0.000
S	0.001	0.000	0.000
Cu	1.975	1.974	1.969
Co	0.000	0.000	0.001
Si	0.000	0.001	0.002
Au	0.002	0.001	0.001
Total	1.986	1.983	1.981

Tabela 14 - Análises de EPMA de Óxido de Cu (CuO) e respectivas distribuições iónicas

Amostra	MDT 13 b1	MDT 13 b1	MDT 13 b3	MDT 13 b3	MDT 13 b6
Análise	2	3	1	2	1
<i>Peso dos óxidos %</i>					
MnO	0.000	0.017	0.004	0.059	0.000
Na₂O	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cr₂O₃	0.157	0.181	0.113	0.152	0.104
BaO	0.059	0.130	0.006	0.059	0.067
TiO₂	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
MgO	0.022	0.000	0.000	0.006	0.000
CaO	0.023	0.035	0.000	0.018	0.033
V₂O₃	0.000	0.004	0.000	0.017	0.040
Ag₂O	0.054	0.007	0.034	0.000	0.078
As₂O₅	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K₂O	0.012	0.001	0.000	0.000	0.000
Fe₂O₃	0.016	0.069	0.014	0.037	0.016
Bi₂O₃	0.057	0.030	0.000	0.000	0.000
Al₂O₃	0.006	0.000	0.021	0.001	0.008
PbO	0.061	0.006	0.016	0.000	0.000
NiO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ZnO	0.024	0.012	0.100	0.005	0.130
ZrO₂	0.008	0.045	0.000	0.001	0.000
SO₃	0.117	0.161	0.165	0.167	0.064
CuO	96.661	95.886	96.715	96.071	97.294
CoO	0.046	0.008	0.045	0.000	0.061
SiO₂	0.010	0.279	0.249	0.485	0.039
Au₂O	0.542	0.031	0.154	0.000	0.071
Total	97.875	96.902	97.636	97.079	98.005
<i>Número de catiões na base de 1 Oxigénio</i>					
Mn	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cr	0.002	0.002	0.001	0.002	0.001
Ba	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ca	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
V	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ag	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
As	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Pb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ni	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001
Zr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
S	0.001	0.002	0.002	0.002	0.001
Cu	0.989	0.981	0.984	0.977	0.991
Co	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Si	0.000	0.004	0.003	0.007	0.001
Au	0.002	0.000	0.001	0.000	0.000
Total	0.998	0.991	0.993	0.989	0.998

Tabela 14 - Análises de EPMA de Óxido de Cu (CuO) e respectivas distribuições iónicas

Amostra	MDT 13 b6	MDT 13 b8	MDT 13 b8	MDT 13 b8
Análise	4	1	2	3
<i>Peso dos óxidos %</i>				
MnO	0.000	0.010	0.027	0.002
Na₂O	0.000	0.000	0.000	0.037
Cr₂O₃	0.131	0.088	0.113	0.124
BaO	0.086	0.170	0.146	0.063
TiO₂	0.023	0.011	0.000	0.000
MgO	0.017	0.000	0.000	0.021
CaO	0.000	0.007	0.021	0.022
V₂O₃	0.000	0.000	0.000	0.008
Ag₂O	0.029	0.034	0.014	0.000
As₂O₅	0.000	0.000	0.000	0.000
K₂O	0.000	0.001	0.000	0.000
Fe₂O₃	0.000	0.058	0.016	0.038
Bi₂O₃	0.040	0.000	0.000	0.080
Al₂O₃	0.000	0.000	0.000	0.000
PbO	0.000	0.031	0.000	0.018
NiO	0.000	0.000	0.018	0.000
ZnO	0.177	0.037	0.121	0.186
ZrO₂	0.011	0.016	0.019	0.000
SO₃	0.030	0.134	0.139	0.067
CuO	97.771	95.338	95.976	96.967
CoO	0.000	0.000	0.000	0.014
SiO₂	0.670	0.533	0.471	0.155
Au₂O	0.292	0.285	0.000	0.000
Total	99.277	96.753	97.081	97.802
<i>Número de catiões na base de 1 Oxigénio</i>				
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000
Na	0.000	0.000	0.000	0.001
Cr	0.001	0.001	0.001	0.001
Ba	0.000	0.001	0.001	0.000
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000
Mg	0.000	0.000	0.000	0.000
Ca	0.000	0.000	0.000	0.000
V	0.000	0.000	0.000	0.000
Ag	0.000	0.000	0.000	0.000
As	0.000	0.000	0.000	0.000
K	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe	0.000	0.001	0.000	0.000
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000
Al	0.000	0.000	0.000	0.000
Pb	0.000	0.000	0.000	0.000
Ni	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.002	0.000	0.001	0.002
Zr	0.000	0.000	0.000	0.000
S	0.000	0.001	0.001	0.001
Cu	0.975	0.976	0.978	0.987
Co	0.000	0.000	0.000	0.000
Si	0.009	0.007	0.006	0.002
Au	0.001	0.001	0.000	0.000
Total	0.990	0.990	0.990	0.996

Tabela 15 - Análises de EPMA de Rútulo (TiO₂) e respectivas distribuições iónicas

Amostra	MV 09-08 b2	MV 09-08 b5	MV 09-08 b5	MV 09-08 b5	MV 09-08 b5	MV 09-08 b5	MV 09-08 b5
Análise	9	1	2	3	4	5	6
Peso dos óxidos %							
MnO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Na₂O	0.007	0.026	0.009	0.008	0.000	0.007	0.000
Cr₂O₃	0.247	0.249	0.224	0.218	0.254	0.231	0.223
BaO	0.299	0.300	0.427	0.333	0.381	0.260	0.327
TiO₂	100.056	99.211	99.751	99.735	99.233	99.894	99.757
MgO	0.000	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004
CaO	0.013	0.008	0.012	0.015	0.005	0.019	0.006
V₂O₃	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ag₂O	0.000	0.064	0.017	0.003	0.010	0.000	0.000
As₂O₅	0.000	0.005	0.001	0.031	0.000	0.000	0.000
K₂O	0.024	0.078	0.019	0.024	0.013	0.023	0.012
Fe₂O₃	0.019	0.034	0.031	0.000	0.023	0.047	0.002
Bi₂O₃	0.062	0.015	0.000	0.000	0.039	0.000	0.077
Al₂O₃	0.017	0.190	0.000	0.057	0.004	0.017	0.016
PbO	0.027	0.004	0.044	0.000	0.039	0.048	0.041
NiO	0.039	0.006	0.030	0.000	0.000	0.000	0.000
ZnO	0.000	0.014	0.000	0.019	0.000	0.068	0.032
ZrO₂	0.049	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015	0.005
SO₃	0.007	0.039	0.000	0.000	0.021	0.000	0.000
Cu₂O	0.000	0.000	0.000	0.000	0.026	0.006	0.000
CoO	0.000	0.020	0.002	0.000	0.020	0.028	0.043
SiO₂	0.092	0.762	0.051	0.138	0.027	0.015	0.000
Au₂O	0.060	0.000	0.000	0.000	0.029	0.277	0.225
Total	101.018	101.037	100.618	100.581	100.124	100.955	100.770
Número de catiões na base de 2 Oxigénios							
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Na	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cr	0.003	0.003	0.002	0.002	0.003	0.002	0.002
Ba	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.002
Ti	0.995	0.983	0.996	0.994	0.996	0.996	0.996
Mg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ca	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
V	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ag	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
As	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al	0.000	0.003	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
Pb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ni	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Zr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
S	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cu	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Co	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Si	0.001	0.010	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000
Au	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001
Total	1.001	0.994	1.002	1.000	1.002	1.002	1.002

Carbonatos

Tabela 16 - Análises de EPMA em Carbonatos e respectivas distribuições iónicas

Amostra	MV 09-12 b2	MV 09-12 b2	MV 09-12 b2	MV 09-12 b3	MV 09-12 b3	MV 09-12 b3	MV 09-12 b3	MV 09-12 b3
Análise	2	4	6	1	2	3	4	5
Mineral	<i>Ankerite</i>	<i>Ankerite</i>	<i>Ankerite</i>	<i>Ankerite</i>	<i>Ankerite</i>	<i>Ankerite</i>	<i>Ankerite</i>	<i>Ankerite</i>
Peso dos óxidos %								
CaO	27.891	29.513	29.432	30.169	29.456	29.650	28.825	29.093
MgO	10.545	10.611	11.252	11.738	12.093	11.746	15.584	10.477
FeO	15.860	13.608	13.093	12.818	12.911	12.593	8.889	13.651
MnO	1.098	1.374	1.303	0.640	0.900	1.173	0.714	1.112
TiO₂	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Na₂O	0.016	0.000	0.018	0.034	0.019	0.024	0.017	0.009
La₂O₃	0.018	0.059	0.000	0.000	0.033	0.017	0.000	0.000
Nd₂O₃	0.000	0.005	0.013	0.038	0.000	0.090	0.011	0.013
BaO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ce₂O₃	0.037	0.006	0.022	0.056	0.023	0.010	0.040	0.000
SrO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CO₂	44.535	44.824	44.867	44.506	44.566	44.695	45.920	45.645
Total	100.000	100.000	100.000	99.999	100.001	99.998	100.000	100.000
Ca	0.999	1.054	1.045	1.058	1.032	1.045	0.994	1.054
Mg	0.526	0.527	0.556	0.573	0.590	0.576	0.748	0.528
Fe	0.444	0.379	0.363	0.351	0.353	0.346	0.239	0.386
Mn	0.031	0.039	0.037	0.018	0.025	0.033	0.019	0.032
Total Cat	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
%Magnesite	22.239	22.412	23.706	24.529	25.260	24.646	32.752	22.443
%Rodocrosite	1.794	2.248	2.126	1.036	1.456	1.906	1.162	1.845
%Siderite	25.783	22.156	21.264	20.648	20.789	20.368	14.401	22.541
%Calcite	50.184	53.184	52.904	53.787	52.495	53.079	51.685	53.171

Tabela 16 - Análises de EPMA em Carbonatos e respectivas distribuições iónicas

Amostra	MV 09-12 b3	MV 09-12 b3	MV 09-12 b6	MV 09-12 b6	MV 09-12 b6	MV 09-12 b6	MV 09-12 b6	MV 09-12 b6
Análise	6	7	2	4	5	7	9	12
Mineral	<i>Ankerite</i>	<i>Ankerite</i>	<i>Ankerite</i>	<i>Ankerite</i>	<i>Ankerite</i>	<i>Ankerite</i>	<i>Ankerite</i>	<i>Ankerite</i>
Peso dos óxidos %								
CaO	30.359	29.291	22.218	22.413	21.841	22.413	21.669	22.548
MgO	13.809	11.616	13.841	14.536	14.899	14.731	14.215	12.669
FeO	10.065	14.116	10.847	9.830	9.419	9.558	10.313	11.972
MnO	1.062	0.952	1.180	1.186	1.034	1.184	1.168	1.415
TiO₂	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Na₂O	0.000	0.000	0.000	0.015	0.008	0.004	0.002	0.000
La₂O₃	0.017	0.043	0.000	0.000	0.000	0.000	0.090	0.000
Nd₂O₃	0.000	0.005	0.000	0.020	0.012	0.000	0.000	0.000
BaO	0.026	0.000	0.045	0.034	0.000	0.000	0.000	0.000
Ce₂O₃	0.037	0.000	0.000	0.031	0.019	0.034	0.000	0.020
SrO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CO₂	44.624	43.976	51.870	51.933	52.767	52.077	52.543	51.376
Total	99.999	100.000	100.001	99.998	99.999	100.001	100.000	100.000
Ca	1.042	1.024	0.873	0.875	0.861	0.874	0.860	0.891
Mg	0.659	0.565	0.757	0.789	0.817	0.799	0.785	0.696
Fe	0.270	0.385	0.333	0.299	0.290	0.291	0.319	0.369
Mn	0.029	0.026	0.037	0.037	0.032	0.036	0.037	0.044
Total Cat	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
%Magnesite	28.595	24.087	32.898	34.483	35.820	34.959	34.206	29.999
%Rodocrosite	1.703	1.529	2.173	2.179	1.926	2.176	2.177	2.595
%Siderite	16.066	22.564	19.874	17.975	17.456	17.485	19.130	21.853
%Calcite	53.635	51.820	45.055	45.362	44.799	45.380	44.487	45.553

Tabela 16 - Análises de EPMA em Carbonatos e respectivas distribuições iónicas

Amostra	MV 09-21 b6	MV 09-21 b6	MV 09-21 b6	MV 09-12 b2	MV 09-12 b2	MV 09-12 b2	MV 09-12 b2	MV 09-12 b6
Análise	1	2	3	1	3	5	7	1
Mineral	<i>Ankerite</i>	<i>Ankerite</i>	<i>Ankerite</i>	Siderite	Siderite	Siderite	Siderite	Siderite
Peso dos óxidos %								
CaO	28.900	28.851	28.658	0.888	0.297	0.716	0.653	0.192
MgO	13.817	13.840	12.719	2.796	2.985	3.081	6.003	2.668
FeO	11.891	11.987	13.522	52.676	52.862	51.853	50.066	53.952
MnO	1.001	1.003	1.282	3.126	3.354	3.480	2.406	2.673
TiO₂	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Na₂O	0.000	0.001	0.004	0.005	0.002	0.021	0.000	0.005
La₂O₃	0.014	0.010	0.000	0.021	0.056	0.093	0.006	0.021
Nd₂O₃	0.000	0.000	0.000	0.000	0.027	0.032	0.000	0.000
BaO	0.000	0.022	0.021	0.000	0.041	0.000	0.026	0.004
Ce₂O₃	0.025	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.026	0.024
SrO	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.001
CO₂	44.345	44.286	43.790	40.488	40.376	40.723	40.809	40.461
Total	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	99.999	100.001	100.001
Ca	0.993	0.990	0.990	0.037	0.012	0.030	0.026	0.008
Mg	0.661	0.661	0.611	0.161	0.172	0.178	0.334	0.154
Fe	0.319	0.321	0.364	1.700	1.706	1.678	1.564	1.750
Mn	0.027	0.027	0.035	0.102	0.110	0.114	0.076	0.088
Total Cat	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
%Magnesite	28.539	28.553	26.179	6.003	6.408	6.646	12.768	5.739
%Rodocrosite	1.602	1.603	2.044	5.198	5.577	5.815	3.964	4.454
%Siderite	18.932	19.063	21.454	87.173	87.471	86.221	82.083	89.455
%Calcite	50.928	50.782	50.324	1.626	0.544	1.318	1.185	0.352

Tabela 16 - Análises de EPMA em Carbonatos e respectivas distribuições iônicas

Amostra	MV 09-12 b6	MV 09-12 b6	MV 09-12 b6	MV 09-12 b6	MV 09-12 b6
Análise	3	6	8	10	11
Mineral	Siderite	Siderite	Siderite	Siderite	Siderite
Peso dos óxidos %					
CaO	0.182	0.213	0.184	0.399	0.227
MgO	2.618	2.659	2.658	2.423	2.175
FeO	54.062	54.131	53.922	54.143	54.466
MnO	2.618	2.556	2.495	3.037	2.776
TiO₂	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000
Na₂O	0.000	0.000	0.015	0.010	0.006
La₂O₃	0.022	0.000	0.026	0.015	0.004
Nd₂O₃	0.000	0.017	0.000	0.000	0.000
BaO	0.073	0.000	0.000	0.000	0.028
Ce₂O₃	0.039	0.000	0.000	0.000	0.000
SrO	0.000	0.002	0.000	0.000	0.002
CO₂	40.374	40.423	40.702	39.974	40.316
Total	100.000	100.001	100.002	100.001	100.000
Ca	0.008	0.009	0.008	0.016	0.009
Mg	0.151	0.154	0.154	0.139	0.126
Fe	1.755	1.754	1.756	1.745	1.773
Mn	0.086	0.084	0.082	0.099	0.092
Total Cat	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
%Magnesite	5.633	5.712	5.739	5.172	4.677
%Rodocrosite	4.363	4.253	4.173	5.021	4.624
%Siderite	89.669	89.644	89.749	89.081	90.283
%Calcite	0.334	0.390	0.339	0.727	0.416

Tabela 17 - Análises de EPMA de Malaquite [Cu₂CO₃(OH)₂] e respectivas distribuições iónicas

Amostra	MVC 12	MVC 12	MVC 12	MVC 12	MVC 12	MVC 23	MVC 23
Análise	1	2	3	4	5	1	2
<i>Peso dos óxidos %</i>							
CaO	0.022	0.019	0.004	0.005	0.009	0.013	0.007
F	0.000	0.097	0.028	0.000	0.000	0.019	0.013
Cl	0.000	0.002	0.000	0.004	0.000	0.003	0.007
FeO	0.020	0.014	0.037	0.027	0.022	0.000	0.008
TiO ₂	0.004	0.000	0.000	0.015	0.009	0.000	0.000
Na ₂ O	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
SO ₃	0.006	0.000	0.000	0.000	0.040	0.000	0.000
CuO	72.149	71.820	71.527	71.475	71.560	71.752	72.230
ZnO	0.041	0.135	0.118	0.208	0.139	0.077	0.000
MgO	0.130	0.205	0.138	0.325	0.233	0.000	0.000
BaO	0.255	0.375	0.221	0.248	0.232	0.308	0.328
PbO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.046	0.000	0.000
As ₂ O ₅	0.000	0.060	0.004	0.066	0.107	0.156	0.117
MnO	0.010	0.023	0.047	0.011	0.046	0.016	0.019
SrO	0.000	0.001	0.031	0.000	0.030	0.000	0.000
La ₂ O ₃	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ce ₂ O ₃	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
CoO	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
NiO	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
CO ₂	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000
H ₂ O	7.363	7.249	7.845	7.616	7.527	7.656	7.271
Total	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
<i>Número de catiões na base de 4 Oxigénios</i>							
Ca	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
F	0.000	0.006	0.002	0.000	0.000	0.001	0.001
Cl	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
S	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Cu	1.991	1.978	1.980	1.972	1.974	1.984	1.993
Zn	0.001	0.004	0.003	0.006	0.004	0.002	0.000
Mg	0.007	0.011	0.008	0.018	0.013	0.000	0.000
Ba	0.004	0.005	0.003	0.004	0.003	0.004	0.005
Pb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
As	0.000	0.001	0.000	0.001	0.002	0.003	0.002
Mn	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001
Sr	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000
La	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ce	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Co	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ni	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
C	0.997	0.996	1.001	0.998	0.997	1.000	0.997
H	1.794	1.763	1.917	1.856	1.833	1.870	1.772
Total	4.796	4.766	4.917	4.856	4.831	4.866	4.771

n.a. - não analisado

Tabela 17 - Análises de EPMA de Malaquite [Cu₂CO₃(OH)₂] e respectivas distribuições iónicas

Amostra	MVC 23	MVC 23	MVC 23	MVC 23	MVC 23	MVC 23	MVC 23
Análise	3	4	5	6	7	8	9
<i>Peso dos óxidos %</i>							
CaO	0.018	0.025	0.013	0.025	0.000	0.002	0.011
F	0.027	0.000	0.000	0.031	0.000	0.041	0.004
Cl	0.000	0.003	0.010	0.017	0.002	0.014	0.004
FeO	0.000	0.007	0.000	0.007	0.014	0.000	0.000
TiO₂	0.000	0.000	0.000	0.000	0.019	0.000	0.000
Na₂O	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
SO₃	0.005	0.000	0.000	0.018	0.000	0.000	0.000
CuO	71.306	71.567	71.826	71.821	71.731	71.697	71.716
ZnO	0.107	0.016	0.128	0.067	0.130	0.000	0.000
MgO	0.000	0.015	0.001	0.015	0.007	0.000	0.003
BaO	0.233	0.252	0.233	0.213	0.204	0.221	0.231
PbO	0.005	0.000	0.023	0.009	0.019	0.020	0.010
As₂O₅	0.092	0.082	0.120	0.050	0.149	0.117	0.040
MnO	0.036	0.030	0.026	0.013	0.013	0.000	0.000
SrO	0.004	0.014	0.013	0.000	0.000	0.026	0.000
La₂O₃	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ce₂O₃	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
CoO	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
NiO	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
CO₂	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000
H₂O	8.167	7.989	7.607	7.714	7.712	7.862	7.981
Total	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
<i>Número de catiões na base de 4 Oxigénios</i>							
Ca	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000
F	0.002	0.000	0.000	0.002	0.000	0.003	0.000
Cl	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000
Fe	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
S	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cu	1.979	1.984	1.986	1.986	1.984	1.985	1.989
Zn	0.003	0.000	0.003	0.002	0.004	0.000	0.000
Mg	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
Ba	0.003	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
Pb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
As	0.002	0.002	0.002	0.001	0.003	0.002	0.001
Mn	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Sr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
La	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ce	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Co	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ni	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
C	1.003	1.002	1.000	1.000	1.000	1.001	1.002
H	2.001	1.956	1.857	1.884	1.884	1.922	1.954
Total	4.995	4.951	4.854	4.882	4.879	4.918	4.951

n.a. - não analisado

Tabela 17 - Análises de EPMA de Malaquite [Cu₂CO₃(OH)₂] e respectivas distribuições iónicas

Amostra	MVC 23	MVC 23	MVC 23	MVC 23	MVC 23	MVC 32	MVC 32
Análise	10	11	12	13	14	1	2
<i>Peso dos óxidos %</i>							
CaO	0.022	0.005	0.002	0.017	0.007	0.000	0.004
F	0.000	0.000	0.000	0.000	0.106	0.015	0.006
Cl	0.000	0.013	0.000	0.000	0.007	0.011	0.013
FeO	0.004	0.000	0.004	0.012	0.011	0.000	0.018
TiO ₂	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Na ₂ O	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.002
SO ₃	0.011	0.008	0.003	0.000	0.013	0.000	0.053
CuO	71.581	71.797	71.508	71.786	71.957	71.266	71.583
ZnO	0.037	0.000	0.152	0.000	0.071	0.076	0.072
MgO	0.005	0.009	0.000	0.000	0.004	0.021	0.000
BaO	0.315	0.243	0.309	0.222	0.240	0.279	0.308
PbO	0.008	0.000	0.000	0.052	0.000	0.038	0.037
As ₂ O ₅	0.122	0.058	0.095	0.116	0.130	0.000	0.033
MnO	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000
SrO	0.005	0.000	0.014	0.006	0.000	0.032	0.007
La ₂ O ₃	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ce ₂ O ₃	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
CoO	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
NiO	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
CO ₂	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000
H ₂ O	7.885	7.867	7.909	7.789	7.454	8.259	7.864
Total	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
<i>Número de catiões na base de 4 Oxiqénios</i>							
Ca	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
F	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.001	0.000
Cl	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Fe	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
S	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Cu	1.983	1.989	1.982	1.988	1.985	1.981	1.983
Zn	0.001	0.000	0.004	0.000	0.002	0.002	0.002
Mg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Ba	0.005	0.003	0.004	0.003	0.003	0.004	0.004
Pb	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
As	0.002	0.001	0.002	0.002	0.002	0.000	0.001
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
La	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ce	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Co	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ni	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
C	1.001	1.001	1.002	1.001	0.997	1.005	1.001
H	1.929	1.925	1.936	1.905	1.816	2.027	1.924
Total	4.923	4.921	4.931	4.900	4.814	5.022	4.919
n.a. - não analisado							

Tabela 17 - Análises de EPMA de Malaquite [Cu₂CO₃(OH)₂] e respectivas distribuições iónicas

Amostra	MVC 32	MVC 32	MVC 32	MVC 32	MVC 32	MVC 32	MVC 32
Análise	3	4	5	6	7	8	9
<i>Peso dos óxidos %</i>							
CaO	0.000	0.014	0.036	0.007	0.028	0.000	0.020
F	0.025	0.000	0.082	0.000	0.225	0.087	0.061
Cl	0.024	0.015	0.025	0.029	0.013	0.026	0.001
FeO	0.001	0.000	0.000	0.016	0.004	0.015	0.001
TiO₂	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Na₂O	0.000	0.000	0.000	0.000	0.016	0.000	0.002
SO₃	0.000	0.021	0.014	0.000	0.000	0.019	0.001
CuO	70.701	70.596	70.653	71.123	70.439	71.131	71.335
ZnO	0.035	0.069	0.120	0.064	0.091	0.036	0.140
MgO	0.004	0.000	0.013	0.005	0.022	0.010	0.000
BaO	0.285	0.204	0.251	0.232	0.269	0.203	0.218
PbO	0.000	0.000	0.000	0.028	0.000	0.032	0.026
As₂O₅	0.000	0.000	0.000	0.000	0.457	0.402	0.275
MnO	0.016	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000
SrO	0.000	0.000	0.005	0.000	0.061	0.008	0.000
La₂O₃	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ce₂O₃	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
CoO	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
NiO	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
CO₂	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000
H₂O	8.906	9.081	8.801	8.493	8.375	8.031	7.920
Total	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
<i>Número de catiões na base de 4 Oxigénios</i>							
Ca	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001
F	0.002	0.000	0.005	0.000	0.014	0.005	0.004
Cl	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000
Fe	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
S	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Cu	1.973	1.972	1.969	1.980	1.951	1.967	1.974
Zn	0.001	0.002	0.003	0.002	0.002	0.001	0.004
Mg	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000
Ba	0.004	0.003	0.004	0.003	0.004	0.003	0.003
Pb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
As	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.008	0.005
Mn	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
La	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ce	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Co	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ni	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
C	1.009	1.010	1.007	1.006	1.001	1.000	1.000
H	2.195	2.240	2.166	2.088	2.048	1.962	1.935
Total	5.186	5.229	5.158	5.081	5.034	4.949	4.927

n.a. - não analisado

Tabela 17 - Análises de EPMA de Malaquite [Cu₂CO₃(OH)₂] e respectivas distribuições iónicas

Amostra	MVC 32	MVC 32	MVC 32	MVC 32	MDT 13	MDT 13	MDT 13
	10	11	12	13	b6	b6	b11
Análise	10	11	12	13	1	2	1
<i>Peso dos óxidos %</i>							
CaO	0.018	0.000	0.014	0.050	0.000	0.000	0.012
F	0.211	0.072	0.000	0.330	n.a.	n.a.	n.a.
Cl	0.025	0.009	0.000	0.024	n.a.	n.a.	n.a.
FeO	0.010	0.000	0.003	0.036	0.016	0.018	0.000
TiO ₂	0.000	0.001	0.000	0.000	0.013	0.000	0.014
Na ₂ O	0.003	0.031	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
SO ₃	0.071	0.019	0.010	0.000	n.a.	n.a.	n.a.
CuO	69.701	69.992	71.572	70.351	71.469	71.362	70.732
ZnO	0.125	0.000	0.122	0.096	0.047	0.000	0.081
MgO	0.010	0.000	0.005	0.023	0.004	0.025	0.000
BaO	0.176	0.292	0.264	0.265	0.283	0.253	0.228
PbO	0.000	0.026	0.000	0.008	n.a.	n.a.	n.a.
As ₂ O ₅	0.654	0.617	0.000	0.519	n.a.	n.a.	n.a.
MnO	0.005	0.000	0.000	0.020	0.040	0.000	0.008
SrO	0.031	0.000	0.025	0.000	0.011	0.000	0.000
La ₂ O ₃	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0.039	0.000	0.000
Ce ₂ O ₃	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0.015	0.000	0.019
CoO	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0.000	0.000	0.000
NiO	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0.000	0.020	0.000
CO ₂	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000
H ₂ O	8.960	8.941	7.985	8.278	8.063	8.322	8.906
Total	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
<i>Número de catiões na base de 4 Oxigénios</i>							
Ca	0.001	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000
F	0.013	0.005	0.000	0.021	n.a.	n.a.	n.a.
Cl	0.001	0.000	0.000	0.001	n.a.	n.a.	n.a.
Fe	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Na	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
S	0.002	0.001	0.000	0.000	n.a.	n.a.	n.a.
Cu	1.934	1.947	1.985	1.944	1.984	1.984	1.974
Zn	0.003	0.000	0.003	0.003	0.001	0.000	0.002
Mg	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000
Ba	0.003	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.003
Pb	0.000	0.000	0.000	0.000	n.a.	n.a.	n.a.
As	0.013	0.012	0.000	0.010	n.a.	n.a.	n.a.
Mn	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000
Sr	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
La	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0.001	0.000	0.000
Ce	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0.000	0.000	0.000
Co	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0.000	0.000	0.000
Ni	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0.000	0.001	0.000
C	1.003	1.006	1.003	0.999	1.003	1.005	1.009
H	2.195	2.196	1.956	2.020	1.976	2.043	2.195
Total	5.170	5.173	4.953	5.006	4.972	5.038	5.186

n.a. - não analisado

Tabela 17 - Análises de EPMA de Malaquite [Cu₂CO₃(OH)₂] e respectivas distribuições iónicas

Amostra	MDT 13 b11	MDT 13 b11	MDT 13 b11	MDT 13 b11	MVC 38-1 b11	MVC 38-1 b11	MVC 38-1 b11
Análise	2	3	4	5	1	2	3
<i>Peso dos óxidos %</i>							
CaO	0.020	0.018	0.000	0.014	0.006	0.006	0.021
F	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Cl	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
FeO	0.032	0.015	0.013	0.032	2.279	0.014	0.011
TiO₂	0.002	0.000	0.000	0.016	0.018	0.000	0.002
Na₂O	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
SO₃	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
CuO	70.685	70.498	70.146	70.526	69.712	71.353	71.391
ZnO	0.000	0.064	0.072	0.000	0.321	0.219	0.172
MgO	0.082	0.043	0.292	0.081	0.166	0.121	0.078
BaO	0.300	0.184	0.298	0.192	0.316	0.252	0.255
PbO	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
As₂O₅	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
MnO	0.004	0.018	0.077	0.000	0.041	0.073	0.099
SrO	0.000	0.032	0.022	0.008	0.000	0.000	0.000
La₂O₃	0.066	0.000	0.009	0.000	0.002	0.035	0.010
Ce₂O₃	0.051	0.082	0.000	0.000	0.002	0.033	0.000
CoO	0.000	0.024	0.041	0.003	0.008	0.024	0.000
NiO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CO₂	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000
H₂O	8.758	9.022	9.030	9.128	7.129	7.870	7.961
Total	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
<i>Número de catiões na base de 4 Oxigénios</i>							
Ca	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001
F	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Cl	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Fe	0.001	0.000	0.000	0.001	0.069	0.000	0.000
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
S	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Cu	1.971	1.969	1.957	1.970	1.917	1.976	1.979
Zn	0.000	0.002	0.002	0.000	0.009	0.006	0.005
Mg	0.005	0.002	0.016	0.004	0.009	0.007	0.004
Ba	0.004	0.003	0.004	0.003	0.005	0.004	0.004
Pb	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
As	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Mn	0.000	0.001	0.002	0.000	0.001	0.002	0.003
Sr	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
La	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ce	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Co	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000
Ni	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C	1.008	1.010	1.008	1.010	0.994	1.001	1.002
H	2.156	2.225	2.224	2.252	1.731	1.925	1.949
Total	5.148	5.215	5.216	5.242	4.737	4.923	4.947

n.a. - não analisado

Tabela 17 - Análises de EPMA de Malaquite [Cu₂CO₃(OH)₂] e respectivas distribuições iónicas

Amostra	MVC 38-1 b11	MVC 38-1 b11	MVC 38-1 b11	MVC 38-2 b9
Análise	4	5	6	1
<i>Peso dos óxidos %</i>				
CaO	0.000	0.000	0.027	0.021
F	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Cl	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
FeO	0.018	0.001	0.189	0.508
TiO₂	0.007	0.000	0.000	0.000
Na₂O	0.000	0.000	0.000	0.000
SO₃	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
CuO	71.333	70.665	70.829	70.729
ZnO	0.062	0.205	0.082	0.073
MgO	0.070	0.513	0.111	0.342
BaO	0.288	0.341	0.322	0.341
PbO	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
As₂O₅	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
MnO	0.000	0.000	0.010	0.027
SrO	0.000	0.000	0.011	0.021
La₂O₃	0.002	0.000	0.068	0.000
Ce₂O₃	0.000	0.063	0.067	0.000
CoO	0.000	0.016	0.071	0.013
NiO	0.007	0.046	0.016	0.021
CO₂	20.000	20.000	20.000	20.000
H₂O	8.213	8.150	8.197	7.904
Total	100.000	100.000	100.000	100.000
<i>Número de catiões na base de 4 Oxiqénios</i>				
Ca	0.000	0.000	0.001	0.001
F	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Cl	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Fe	0.001	0.000	0.006	0.016
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000
Na	0.000	0.000	0.000	0.000
S	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Cu	1.981	1.957	1.967	1.956
Zn	0.002	0.006	0.002	0.002
Mg	0.004	0.028	0.006	0.019
Ba	0.004	0.005	0.005	0.005
Pb	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
As	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Mn	0.000	0.000	0.000	0.001
Sr	0.000	0.000	0.000	0.000
La	0.000	0.000	0.001	0.000
Ce	0.000	0.001	0.001	0.000
Co	0.000	0.000	0.002	0.000
Ni	0.000	0.001	0.000	0.001
C	1.004	1.001	1.004	1.000
H	2.014	1.993	2.010	1.931
Total	5.010	4.991	5.005	4.931

n.a. - não analisado

Tabela 17 - Análises de EPMA de Malaquite [Cu₂CO₃(OH)₂] e respectivas distribuições iónicas

Amostra	MVC 38-2 b9	MVC 38-2 b9	MVC 38-2 b1	MVC 38-2 b1
Análise	2	3	4	5
<i>Peso dos óxidos %</i>				
CaO	0.000	0.000	0.013	0.019
F	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Cl	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
FeO	0.497	0.282	0.330	0.644
TiO₂	0.000	0.021	0.000	0.000
Na₂O	0.000	0.000	0.000	0.000
SO₃	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
CuO	70.956	70.669	71.119	70.901
ZnO	0.183	0.133	0.083	0.034
MgO	0.174	0.134	0.066	0.112
BaO	0.211	0.239	0.274	0.329
PbO	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
As₂O₅	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
MnO	0.061	0.051	0.000	0.044
SrO	0.000	0.000	0.000	0.016
La₂O₃	0.000	0.000	0.000	0.000
Ce₂O₃	0.036	0.032	0.030	0.000
CoO	0.000	0.000	0.000	0.021
NiO	0.000	0.009	0.000	0.000
CO₂	20.000	20.000	20.000	20.000
H₂O	7.882	8.430	8.085	7.880
Total	100.000	100.000	100.000	100.000
<i>Número de catiões na base de 4 Oxiqénios</i>				
Ca	0.000	0.000	0.001	0.001
F	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Cl	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Fe	0.015	0.009	0.010	0.020
Ti	0.000	0.001	0.000	0.000
Na	0.000	0.000	0.000	0.000
S	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Cu	1.964	1.964	1.973	1.963
Zn	0.005	0.004	0.002	0.001
Mg	0.010	0.007	0.004	0.006
Ba	0.003	0.003	0.004	0.005
Pb	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
As	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Mn	0.002	0.001	0.000	0.001
Sr	0.000	0.000	0.000	0.000
La	0.000	0.000	0.000	0.000
Ce	0.000	0.000	0.000	0.000
Co	0.000	0.000	0.000	0.001
Ni	0.000	0.000	0.000	0.000
C	1.000	1.005	1.003	1.001
H	1.926	2.069	1.981	1.927
Total	4.926	5.064	4.978	4.926

n.a. - não analisado

Tabela 18 - Análises de EPMA de Azurite [Cu₃(CO₃)₂(OH)₂] e respectivas distribuições iónicas

Amostra	MVC 28	MVC 28	MVC 28	MVC 28	MVC 28	MVC 28	MVC 28
Análise	1	2	3	4	5	6	7
<i>Peso dos óxidos %</i>							
CaO	0.027	0.037	0.020	0.034	0.000	0.003	0.031
F	0.014	0.044	0.000	0.048	0.004	0.014	0.000
Cl	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
FeO	0.010	0.061	0.029	0.004	0.020	0.029	0.117
TiO₂	0.010	0.000	0.013	0.020	0.012	0.000	0.000
Na₂O	0.000	0.000	0.000	0.000	0.045	0.000	0.000
SO₃	0.000	0.000	0.000	0.003	0.029	0.000	0.000
CuO	68.895	69.137	68.804	69.061	68.792	68.943	68.891
ZnO	0.030	0.013	0.021	0.046	0.000	0.065	0.083
MgO	0.000	0.008	0.000	0.025	0.000	0.006	0.000
BaO	0.298	0.239	0.232	0.278	0.258	0.262	0.233
PbO	0.029	0.000	0.006	0.000	0.051	0.000	0.009
As₂O₅	0.005	0.000	0.000	0.023	0.000	0.048	0.000
MnO	0.024	0.000	0.007	0.000	0.000	0.020	0.022
SrO	0.007	0.001	0.011	0.001	0.000	0.021	0.000
CO₂	25.500	25.500	25.500	25.500	25.500	25.500	25.500
H₂O	5.151	4.960	5.357	4.957	5.288	5.089	5.114
Total	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
<i>Número de catiões na base de 7 Oxigénios</i>							
Ca	0.002	0.002	0.001	0.002	0.000	0.000	0.002
F	0.001	0.004	0.000	0.005	0.000	0.001	0.000
Cl	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe	0.000	0.003	0.001	0.000	0.001	0.001	0.006
Ti	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000
S	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Cu	2.988	2.993	2.987	2.989	2.985	2.988	2.986
Zn	0.001	0.001	0.001	0.002	0.000	0.003	0.004
Mg	0.000	0.001	0.000	0.002	0.000	0.001	0.000
Ba	0.007	0.005	0.005	0.006	0.006	0.006	0.005
Pb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
As	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000
Mn	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001
Sr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
C	1.999	1.995	2.001	1.995	2.000	1.997	1.998
H	1.973	1.896	2.054	1.895	2.026	1.948	1.958
Total	6.973	6.901	7.052	6.898	7.026	6.948	6.960

Tabela 18 - Análises de EPMA de Azurite [Cu₃(CO₃)₂(OH)₂] e respectivas distribuições iónicas

Amostra	MVC 28	MVC 28	MVC 28	MVC 28	MVC 28	MVC 28
Análise	8	9	10	11	12	13
<i>Peso dos óxidos %</i>						
CaO	0.017	0.007	0.013	0.001	0.023	0.004
F	0.000	0.000	0.037	0.004	0.000	0.034
Cl	0.000	0.000	0.000	0.003	0.005	0.004
FeO	0.047	0.037	0.131	0.063	0.022	0.012
TiO₂	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000
Na₂O	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000
SO₃	0.009	0.000	0.000	0.008	0.000	0.000
CuO	69.122	68.286	68.733	69.030	68.843	68.886
ZnO	0.000	0.048	0.063	0.053	0.034	0.017
MgO	0.019	0.007	0.007	0.000	0.000	0.000
BaO	0.273	0.215	0.356	0.263	0.234	0.285
PbO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.031
As₂O₅	0.000	0.000	0.000	0.025	0.000	0.000
MnO	0.000	0.052	0.009	0.017	0.000	0.025
SrO	0.024	0.000	0.037	0.000	0.001	0.010
CO₂	25.500	25.500	25.500	25.500	25.500	25.500
H₂O	4.989	5.848	5.105	5.033	5.334	5.192
Total	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
<i>Número de catiões na base de 7 Oxigénios</i>						
Ca	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000
F	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.003
Cl	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe	0.002	0.002	0.006	0.003	0.001	0.001
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
S	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cu	2.994	2.974	2.980	2.991	2.989	2.988
Zn	0.000	0.002	0.003	0.002	0.001	0.001
Mg	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000
Ba	0.006	0.005	0.008	0.006	0.005	0.006
Pb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
As	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Mn	0.000	0.003	0.000	0.001	0.000	0.001
Sr	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
C	1.996	2.007	1.998	1.997	2.001	1.999
H	1.908	2.249	1.954	1.926	2.045	1.989
Total	6.911	7.242	6.956	6.927	7.044	6.990

Tabela 18 - Análises de EPMA de Azurite [Cu₃(CO₃)₂(OH)₂] e respectivas distribuições iónicas

Amostra	MVC 28	MVC 28	MVC 28	MVC 28	MVC 28	MVC 28
Análise	14	15	16	17	18	19
<i>Peso dos óxidos %</i>						
CaO	0.000	0.000	0.003	0.022	0.025	0.015
F	0.116	0.000	0.053	0.023	0.000	0.000
Cl	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000
FeO	0.026	0.034	0.013	0.027	0.018	0.000
TiO₂	0.000	0.019	0.000	0.000	0.000	0.020
Na₂O	0.008	0.000	0.032	0.000	0.000	0.000
SO₃	0.000	0.000	0.034	0.007	0.000	0.000
CuO	68.876	68.981	68.955	68.871	69.301	69.070
ZnO	0.056	0.100	0.100	0.007	0.136	0.094
MgO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
BaO	0.208	0.177	0.304	0.250	0.143	0.239
PbO	0.000	0.000	0.021	0.009	0.000	0.000
As₂O₅	0.000	0.000	0.025	0.007	0.000	0.000
MnO	0.000	0.024	0.000	0.057	0.004	0.012
SrO	0.000	0.036	0.000	0.000	0.000	0.000
CO₂	25.500	25.500	25.500	25.500	25.500	25.500
H₂O	5.210	5.129	4.960	5.220	4.871	5.050
Total	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
<i>Número de catiões na base de 7 Oxigénios</i>						
Ca	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.001
F	0.011	0.000	0.005	0.002	0.000	0.000
Cl	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.000
Ti	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001
Na	0.001	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000
S	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
Cu	2.985	2.990	2.985	2.987	2.999	2.993
Zn	0.002	0.004	0.004	0.000	0.006	0.004
Mg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ba	0.005	0.004	0.007	0.006	0.003	0.005
Pb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
As	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
Mn	0.000	0.001	0.000	0.003	0.000	0.001
Sr	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
C	1.997	1.998	1.995	1.999	1.995	1.997
H	1.994	1.963	1.896	1.999	1.862	1.932
Total	6.997	6.965	6.899	6.999	6.867	6.934

Tabela 18 - Análises de EPMA de Azurite [$\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$] e respectivas distribuições iónicas

Amostra	MVC 28	MVC 28	MVC 28	MVC 28	MVC 28	MVC 28
Análise	20	21	22	23	24	25
<i>Peso dos óxidos %</i>						
CaO	0.005	0.015	0.038	0.016	0.003	0.000
F	0.013	0.020	0.054	0.024	0.106	0.000
Cl	0.012	0.000	0.000	0.000	0.011	0.000
FeO	0.026	0.334	0.099	0.135	0.528	0.050
TiO₂	0.000	0.005	0.000	0.020	0.000	0.000
Na₂O	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
SO₃	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.000
CuO	69.224	68.613	68.728	68.645	68.608	68.516
ZnO	0.084	0.000	0.086	0.072	0.149	0.030
MgO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
BaO	0.212	0.254	0.196	0.224	0.242	0.306
PbO	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000
As₂O₅	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
MnO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017	0.022
SrO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.058
CO₂	25.500	25.500	25.500	25.500	25.500	25.500
H₂O	4.924	5.259	5.293	5.364	4.828	5.518
Total	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
<i>Número de catiões na base de 7 Oxigénios</i>						
Ca	0.000	0.001	0.002	0.001	0.000	0.000
F	0.001	0.002	0.005	0.002	0.010	0.000
Cl	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Fe	0.001	0.016	0.005	0.006	0.025	0.002
Ti	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
S	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cu	2.997	2.976	2.981	2.979	2.965	2.979
Zn	0.004	0.000	0.004	0.003	0.006	0.001
Mg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ba	0.005	0.006	0.004	0.005	0.005	0.007
Pb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
As	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001
Sr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
C	1.995	1.999	1.999	2.000	1.992	2.004
H	1.883	2.015	2.027	2.056	1.843	2.119
Total	6.887	7.015	7.028	7.055	6.850	7.115

Fosfatos

Tabela 19 - Análises de EPMA de Pseudomalaquite $[\text{Cu}_5(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_4]$ e respectivas distribuições iónicas

Amostra	MVC 17	MVC 17	MVC 17	MVC 17	MVC 17	MVC 17	MVC 17
Análise	1	2	3	4	5	6	7
<i>Peso dos óxidos %</i>							
MnO	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.068
Na ₂ O	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.018	0.000
Cl	0.015	0.000	0.018	0.019	0.004	0.012	0.019
K ₂ O	0.003	0.004	0.006	0.001	0.003	0.000	0.000
CaO	0.037	0.048	0.034	0.046	0.033	0.070	0.051
F	0.163	0.147	0.154	0.131	0.260	0.128	0.218
SO ₃	0.009	0.019	0.021	0.055	0.000	0.009	0.000
SrO	0.001	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000
La ₂ O ₃	0.000	0.000	0.000	0.055	0.007	0.000	0.073
MgO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.027	0.022	0.042
P ₂ O ₅	22.748	22.359	22.974	22.468	23.756	22.548	22.296
SiO ₂	0.063	0.044	0.086	0.180	0.160	0.064	0.175
ZnO	0.064	0.000	0.000	0.120	0.071	0.081	0.146
As ₂ O ₅	1.169	1.012	1.058	1.708	0.790	1.115	1.503
PbO	0.000	0.014	0.012	0.003	0.000	0.061	0.000
FeO	0.000	0.027	0.012	0.007	0.024	0.000	0.000
Nd ₂ O ₃	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.006	0.005
Al ₂ O ₃	0.036	0.018	0.005	0.013	0.199	0.000	0.010
Ce ₂ O ₃	0.123	0.000	0.000	0.035	0.114	0.000	0.000
CuO	70.661	68.854	67.618	68.962	68.654	68.558	68.590
H ₂ O	4.908	7.454	7.996	6.192	5.896	7.308	6.804
Total	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
<i>Número de catiões na base de 10 Oxiqénios</i>							
Mn	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.006
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000
Cl	0.002	0.000	0.003	0.003	0.001	0.002	0.003
K	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Ca	0.004	0.005	0.004	0.005	0.003	0.007	0.005
F	0.050	0.046	0.048	0.040	0.079	0.040	0.068
S	0.001	0.001	0.002	0.004	0.000	0.001	0.000
Sr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
La	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.003
Mg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.003	0.006
P	1.857	1.872	1.914	1.850	1.925	1.880	1.850
Si	0.006	0.004	0.008	0.018	0.015	0.006	0.017
Zn	0.005	0.000	0.000	0.009	0.005	0.006	0.011
As	0.059	0.052	0.054	0.087	0.040	0.057	0.077
Pb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000
Fe	0.000	0.002	0.001	0.001	0.002	0.000	0.000
Nd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al	0.004	0.002	0.001	0.001	0.022	0.000	0.001
Ce	0.004	0.000	0.000	0.001	0.004	0.000	0.000
Cu	5.148	5.143	5.026	5.067	4.964	5.100	5.078
H	3.157	4.917	5.248	4.018	3.764	4.801	4.449
Total	10.298	12.045	12.310	11.106	10.829	11.910	11.574

Tabela 19 - Análises de EPMA de Pseudomalaquite $[Cu_5(PO_4)_2(OH)_4]$ e respectivas distribuições iônicas

Amostra	MVC 17	MVC 17	MVC 17	MVC 17	MVC 17	MVC 17	MVC 17
Análise	8	9	10	11	12	13	14
<i>Peso dos óxidos %</i>							
MnO	0.046	0.041	0.007	0.000	0.012	0.010	0.000
Na₂O	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cl	0.014	0.007	0.018	0.013	0.002	0.015	0.000
K₂O	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CaO	0.036	0.044	0.043	0.072	0.042	0.029	0.028
F	0.035	0.130	0.228	0.011	0.226	0.268	0.218
SO₃	0.000	0.000	0.000	0.000	0.021	0.024	0.009
SrO	0.000	0.000	0.028	0.032	0.000	0.001	0.004
La₂O₃	0.020	0.000	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000
MgO	0.000	0.000	0.000	0.027	0.035	0.015	0.000
P₂O₅	22.856	22.678	22.457	21.617	23.131	23.133	23.365
SiO₂	0.120	0.039	0.050	0.064	0.105	0.118	0.127
ZnO	0.026	0.000	0.068	0.040	0.095	0.185	0.035
As₂O₅	0.902	1.196	1.397	1.695	1.260	0.232	0.397
PbO	0.000	0.010	0.000	0.018	0.000	0.000	0.000
FeO	0.018	0.000	0.000	0.000	0.030	0.033	0.000
Nd₂O₃	0.000	0.034	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003
Al₂O₃	0.001	0.004	0.007	0.000	0.090	0.018	0.000
Ce₂O₃	0.034	0.204	0.087	0.000	0.013	0.000	0.069
CuO	68.936	69.062	68.416	68.761	68.767	68.722	69.280
H₂O	6.949	6.551	7.186	7.650	6.171	7.197	6.465
Total	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
<i>Número de catiões na base de 10 Oxigênios</i>							
Mn	0.004	0.003	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cl	0.002	0.001	0.003	0.002	0.000	0.002	0.000
K	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ca	0.004	0.005	0.005	0.008	0.004	0.003	0.003
F	0.011	0.040	0.071	0.003	0.069	0.083	0.067
S	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002	0.001
Sr	0.000	0.000	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000
La	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mg	0.000	0.000	0.000	0.004	0.005	0.002	0.000
P	1.896	1.878	1.870	1.826	1.891	1.917	1.920
Si	0.012	0.004	0.005	0.006	0.010	0.012	0.012
Zn	0.002	0.000	0.005	0.003	0.007	0.013	0.003
As	0.046	0.061	0.072	0.088	0.064	0.012	0.020
Pb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe	0.001	0.000	0.000	0.000	0.002	0.003	0.000
Nd	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al	0.000	0.000	0.001	0.000	0.010	0.002	0.000
Ce	0.001	0.007	0.003	0.000	0.000	0.000	0.002
Cu	5.101	5.102	5.082	5.182	5.017	5.081	5.080
H	4.541	4.274	4.714	5.091	3.976	4.699	4.186
Total	11.622	11.378	11.831	12.216	11.059	11.833	11.294

Tabela 19 - Análises de EPMA de Pseudomalaquite $[Cu_5(PO_4)_2(OH)_4]$ e respectivas distribuições iónicas

Amostra	MVC 20	MVC 20	MVC 20	MVC 20	MVC 20	MVC 20	MVC 20
Análise	2	3	4	5	6	9	10
<i>Peso dos óxidos %</i>							
MnO	0.050	0.019	0.000	0.019	0.016	0.008	0.000
Na ₂ O	0.000	0.000	0.000	0.007	0.000	0.000	0.034
Cl	0.000	0.000	0.008	0.018	0.009	0.000	0.005
K ₂ O	0.004	0.009	0.013	0.004	0.000	0.008	0.009
CaO	0.000	0.000	0.013	0.013	0.028	0.016	0.032
F	0.139	0.233	0.054	0.147	0.173	0.105	0.124
SO ₃	0.071	0.110	0.029	0.028	0.057	0.137	0.065
SrO	0.000	0.022	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011
La ₂ O ₃	0.000	0.000	0.000	0.068	0.010	0.000	0.068
MgO	0.000	0.000	0.010	0.000	0.000	0.016	0.000
P ₂ O ₅	22.545	23.100	22.482	22.642	22.664	22.393	22.399
SiO ₂	0.113	0.079	0.094	0.128	0.095	0.098	0.095
ZnO	0.047	0.107	0.000	0.103	0.088	0.001	0.091
As ₂ O ₅	1.632	1.630	1.787	1.489	1.866	1.528	2.152
PbO	0.000	0.000	0.000	0.072	0.000	0.070	0.082
FeO	0.000	0.000	0.045	0.011	0.000	0.009	0.003
Nd ₂ O ₃	0.000	0.000	0.002	0.031	0.000	0.000	0.000
Al ₂ O ₃	0.324	0.362	0.464	0.642	0.479	0.070	0.306
Ce ₂ O ₃	0.000	0.084	0.062	0.165	0.000	0.000	0.087
CuO	68.338	68.050	67.796	67.940	67.841	68.760	68.176
H ₂ O	6.737	6.195	7.141	6.473	6.674	6.781	6.261
Total	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
<i>Número de catiões na base de 10 Oxiqénios</i>							
Mn	0.004	0.002	0.000	0.002	0.001	0.001	0.000
Na	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.006
Cl	0.000	0.000	0.001	0.003	0.001	0.000	0.001
K	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000	0.001	0.001
Ca	0.000	0.000	0.001	0.001	0.003	0.002	0.003
F	0.043	0.071	0.017	0.045	0.053	0.032	0.038
S	0.005	0.008	0.002	0.002	0.004	0.010	0.005
Sr	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
La	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.002
Mg	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.002	0.000
P	1.858	1.880	1.859	1.858	1.859	1.855	1.840
Si	0.011	0.008	0.009	0.012	0.009	0.010	0.009
Zn	0.003	0.008	0.000	0.007	0.006	0.000	0.007
As	0.083	0.082	0.091	0.075	0.095	0.078	0.109
Pb	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.002	0.002
Fe	0.000	0.000	0.004	0.001	0.000	0.001	0.000
Nd	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
Al	0.037	0.041	0.053	0.073	0.055	0.008	0.035
Ce	0.000	0.003	0.002	0.006	0.000	0.000	0.003
Cu	5.025	4.943	5.001	4.974	4.965	5.082	4.997
H	4.375	3.974	4.652	4.185	4.313	4.426	4.053
Total	11.445	11.020	11.695	11.252	11.365	11.509	11.113

Tabela 19 - Análises de EPMA de Pseudomalaquite $[Cu_5(PO_4)_2(OH)_4]$ e respectivas distribuições iónicas

Amostra	MVC 20	MVC 20	MVC 20	MVC 34	MVC 34	MVC 34	MVC 34
Análise	11	12	13	1	2	3	4
<i>Peso dos óxidos %</i>							
MnO	0.039	0.004	0.038	0.024	0.000	0.000	0.000
Na ₂ O	0.000	0.000	0.000	0.025	0.000	0.000	0.000
Cl	0.003	0.000	0.000	0.008	0.017	0.019	0.000
K ₂ O	0.016	0.000	0.002	0.026	0.005	0.000	0.007
CaO	0.015	0.024	0.004	0.065	0.033	0.029	0.052
F	0.213	0.158	0.112	0.184	0.110	0.276	0.146
SO ₃	0.041	0.035	0.055	0.006	0.008	0.003	0.031
SrO	0.000	0.055	0.015	0.000	0.000	0.024	0.000
La ₂ O ₃	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.039	0.016
MgO	0.016	0.031	0.000	0.021	0.000	0.000	0.000
P ₂ O ₅	22.730	22.817	22.357	22.197	22.845	23.199	22.979
SiO ₂	0.174	0.076	0.073	0.125	0.067	0.137	0.054
ZnO	0.003	0.050	0.003	0.061	0.069	0.085	0.038
As ₂ O ₅	1.282	1.632	1.629	1.247	1.504	0.791	1.290
PbO	0.000	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.062
FeO	0.000	0.000	0.006	0.049	0.000	0.046	0.000
Nd ₂ O ₃	0.000	0.000	0.003	0.000	0.014	0.002	0.000
Al ₂ O ₃	0.137	0.280	0.435	0.320	0.119	0.156	0.118
Ce ₂ O ₃	0.162	0.098	0.060	0.150	0.000	0.000	0.000
CuO	68.754	68.120	67.897	68.998	68.710	68.517	69.141
H ₂ O	6.415	6.613	7.311	6.491	6.499	6.677	6.066
Total	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
<i>Número de catiões na base de 10 Oxiqénios</i>							
Mn	0.003	0.000	0.003	0.002	0.000	0.000	0.000
Na	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000
Cl	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003	0.003	0.000
K	0.002	0.000	0.000	0.003	0.001	0.000	0.001
Ca	0.002	0.002	0.000	0.007	0.003	0.003	0.005
F	0.065	0.048	0.035	0.057	0.034	0.085	0.045
S	0.003	0.003	0.004	0.000	0.001	0.000	0.002
Sr	0.000	0.003	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000
La	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001
Mg	0.002	0.004	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000
P	1.870	1.874	1.855	1.839	1.880	1.906	1.884
Si	0.017	0.007	0.007	0.012	0.007	0.013	0.005
Zn	0.000	0.004	0.000	0.004	0.005	0.006	0.003
As	0.065	0.083	0.083	0.064	0.076	0.040	0.065
Pb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
Fe	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.004	0.000
Nd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al	0.016	0.032	0.050	0.037	0.014	0.018	0.013
Ce	0.006	0.003	0.002	0.005	0.000	0.000	0.000
Cu	5.046	4.993	5.026	5.100	5.045	5.021	5.057
H	4.158	4.280	4.779	4.237	4.214	4.321	3.918
Total	11.256	11.339	11.848	11.382	11.283	11.423	11.000

Tabela 19 - Análises de EPMA de Pseudomalaquite $[Cu_5(PO_4)_2(OH)_4]$ e respectivas distribuições iónicas

Amostra	MVC 34	MVC 34	MVC 34	MVC 34	MVC 34	MVC 34	MVC 34
Análise	5	6	7	8	9	11	12
<i>Peso dos óxidos %</i>							
MnO	0.006	0.006	0.000	0.050	0.000	0.004	0.006
Na ₂ O	0.000	0.005	0.034	0.000	0.000	0.000	0.000
Cl	0.004	0.005	0.006	0.000	0.012	0.027	0.006
K ₂ O	0.000	0.006	0.004	0.017	0.006	0.002	0.009
CaO	0.013	0.040	0.021	0.021	0.009	0.045	0.019
F	0.217	0.241	0.127	0.000	0.215	0.166	0.200
SO ₃	0.056	0.043	0.000	0.001	0.034	0.014	0.006
SrO	0.000	0.005	0.000	0.000	0.004	0.004	0.000
La ₂ O ₃	0.035	0.000	0.000	0.000	0.031	0.000	0.018
MgO	0.000	0.020	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000
P ₂ O ₅	22.677	22.708	23.036	23.241	22.669	22.864	23.029
SiO ₂	0.106	0.105	0.083	0.096	0.092	0.067	0.162
ZnO	0.081	0.099	0.103	0.061	0.076	0.101	0.000
As ₂ O ₅	1.159	0.847	0.652	0.766	1.141	0.758	0.867
PbO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.006	0.000
FeO	0.011	0.000	0.026	0.000	0.000	0.035	0.000
Nd ₂ O ₃	0.000	0.001	0.000	0.006	0.018	0.013	0.000
Al ₂ O ₃	0.135	0.046	0.039	0.047	0.206	0.011	0.073
Ce ₂ O ₃	0.165	0.092	0.038	0.000	0.000	0.000	0.132
CuO	68.724	69.148	68.488	68.681	68.269	68.325	68.606
H ₂ O	6.611	6.583	7.343	7.013	7.210	7.552	6.867
Total	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
<i>Número de catiões na base de 10 Oxiqénios</i>							
Mn	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000
Na	0.000	0.001	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000
Cl	0.001	0.001	0.001	0.000	0.002	0.005	0.001
K	0.000	0.001	0.001	0.002	0.001	0.000	0.001
Ca	0.001	0.004	0.002	0.002	0.001	0.005	0.002
F	0.067	0.074	0.039	0.000	0.067	0.052	0.062
S	0.004	0.003	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000
Sr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
La	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001
Mg	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
P	1.872	1.878	1.913	1.920	1.879	1.904	1.900
Si	0.010	0.010	0.008	0.009	0.009	0.007	0.016
Zn	0.006	0.007	0.007	0.004	0.005	0.007	0.000
As	0.059	0.043	0.033	0.039	0.058	0.039	0.044
Pb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe	0.001	0.000	0.002	0.000	0.000	0.003	0.000
Nd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Al	0.016	0.005	0.005	0.005	0.024	0.001	0.008
Ce	0.006	0.003	0.001	0.000	0.000	0.000	0.005
Cu	5.062	5.101	5.074	5.063	5.050	5.078	5.051
H	4.300	4.289	4.804	4.565	4.710	4.956	4.465
Total	11.407	11.425	11.897	11.615	11.811	12.060	11.556

Tabela 19 - Análises de EPMA de Pseudomalaquite $[Cu_5(PO_4)_2(OH)_4]$ e respectivas distribuições iónicas

Amostra	MVC 34	MVC 34	MVC 34	MVC 34	MVC 34	MVC 34	MVC 34
Análise	13	14	15	16	17	18	19
<i>Peso dos óxidos %</i>							
MnO	0.030	0.000	0.000	0.010	0.000	0.007	0.061
Na ₂ O	0.024	0.000	0.000	0.000	0.008	0.013	0.011
Cl	0.012	0.000	0.000	0.003	0.018	0.013	0.009
K ₂ O	0.000	0.000	0.010	0.003	0.009	0.017	0.008
CaO	0.095	0.023	0.053	0.034	0.042	0.029	0.032
F	0.148	0.096	0.210	0.210	0.047	0.182	0.174
SO ₃	0.000	0.039	0.025	0.056	0.016	0.063	0.024
SrO	0.016	0.000	0.000	0.010	0.003	0.000	0.000
La ₂ O ₃	0.000	0.000	0.024	0.055	0.000	0.060	0.000
MgO	0.023	0.001	0.000	0.006	0.013	0.014	0.005
P ₂ O ₅	22.923	22.087	22.361	22.672	22.360	22.685	22.930
SiO ₂	0.120	0.193	0.060	0.106	0.094	0.084	0.080
ZnO	0.015	0.093	0.000	0.027	0.000	0.113	0.022
As ₂ O ₅	1.029	1.847	0.818	0.955	1.017	1.105	0.934
PbO	0.000	0.000	0.052	0.000	0.044	0.000	0.000
FeO	0.000	0.000	0.000	0.005	0.015	0.023	0.012
Nd ₂ O ₃	0.042	0.000	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000
Al ₂ O ₃	0.140	0.009	0.010	0.180	0.017	0.000	0.003
Ce ₂ O ₃	0.002	0.053	0.000	0.028	0.084	0.000	0.000
CuO	68.278	68.803	68.645	68.375	68.960	68.439	68.405
H ₂ O	7.103	6.756	7.717	7.265	7.253	7.153	7.290
Total	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
<i>Número de catiões na base de 10 Oxiqénios</i>							
Mn	0.002	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.005
Na	0.005	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002	0.002
Cl	0.002	0.000	0.000	0.000	0.003	0.002	0.001
K	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.002	0.001
Ca	0.010	0.002	0.006	0.004	0.004	0.003	0.003
F	0.046	0.030	0.066	0.065	0.015	0.056	0.054
S	0.000	0.003	0.002	0.004	0.001	0.005	0.002
Sr	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
La	0.000	0.000	0.001	0.002	0.000	0.002	0.000
Mg	0.003	0.000	0.000	0.001	0.002	0.002	0.001
P	1.895	1.835	1.877	1.882	1.870	1.883	1.902
Si	0.012	0.019	0.006	0.010	0.009	0.008	0.008
Zn	0.001	0.007	0.000	0.002	0.000	0.008	0.002
As	0.053	0.095	0.042	0.049	0.053	0.057	0.048
Pb	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000
Fe	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.001
Nd	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Al	0.016	0.001	0.001	0.021	0.002	0.000	0.000
Ce	0.000	0.002	0.000	0.001	0.003	0.000	0.000
Cu	5.037	5.100	5.140	5.063	5.145	5.069	5.063
H	4.627	4.423	5.103	4.751	4.779	4.679	4.765
Total	11.711	11.517	12.247	11.857	11.891	11.782	11.857

Tabela 19 - Análises de EPMA de Pseudomalaquite $[\text{Cu}_5(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_4]$ e respectivas distribuições iónicas

Amostra	MVC 34	MVC 36	MVC 36	MVC 36	MVC 36	MVC 36	MVC 36
Análise	20	1	2	4	5	6	7
<i>Peso dos óxidos %</i>							
MnO	0.021	0.025	0.000	0.000	0.016	0.007	0.035
Na ₂ O	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cl	0.016	0.000	0.013	0.015	0.000	0.000	0.005
K ₂ O	0.000	0.000	0.005	0.001	0.000	0.000	0.002
CaO	0.031	0.023	0.094	0.045	0.033	0.044	0.015
F	0.224	0.211	0.114	0.285	0.072	0.183	0.115
SO ₃	0.036	0.004	0.000	0.043	0.015	0.015	0.020
SrO	0.007	0.000	0.032	0.011	0.000	0.010	0.000
La ₂ O ₃	0.060	0.000	0.020	0.000	0.050	0.000	0.013
MgO	0.000	0.000	0.006	0.000	0.019	0.000	0.000
P ₂ O ₅	22.791	23.085	23.605	22.998	22.546	23.301	22.868
SiO ₂	0.046	0.134	0.057	0.084	0.144	0.062	0.145
ZnO	0.058	0.000	0.000	0.054	0.074	0.156	0.054
As ₂ O ₅	1.216	0.597	0.527	0.576	1.869	0.714	0.391
PbO	0.000	0.012	0.000	0.000	0.023	0.000	0.000
FeO	0.000	0.000	0.016	0.012	0.026	0.000	0.005
Nd ₂ O ₃	0.000	0.037	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000
Al ₂ O ₃	0.006	0.128	0.122	0.041	0.067	0.183	0.061
Ce ₂ O ₃	0.048	0.000	0.000	0.000	0.000	0.069	0.059
CuO	68.449	68.762	68.609	69.152	68.541	68.576	68.998
H ₂ O	6.991	6.982	6.780	6.683	6.501	6.680	7.214
Total	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
<i>Número de catiões na base de 10 Oxiqénios</i>							
Mn	0.002	0.002	0.000	0.000	0.001	0.001	0.003
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cl	0.003	0.000	0.002	0.002	0.000	0.000	0.001
K	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Ca	0.003	0.002	0.010	0.005	0.003	0.005	0.002
F	0.069	0.065	0.035	0.088	0.022	0.056	0.036
S	0.003	0.000	0.000	0.003	0.001	0.001	0.001
Sr	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000	0.001	0.000
La	0.002	0.000	0.001	0.000	0.002	0.000	0.000
Mg	0.000	0.000	0.001	0.000	0.003	0.000	0.000
P	1.887	1.907	1.937	1.898	1.859	1.915	1.902
Si	0.004	0.013	0.006	0.008	0.014	0.006	0.014
Zn	0.004	0.000	0.000	0.004	0.005	0.011	0.004
As	0.062	0.030	0.027	0.029	0.095	0.036	0.020
Pb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Fe	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.000	0.000
Nd	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al	0.001	0.015	0.014	0.005	0.008	0.021	0.007
Ce	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002
Cu	5.057	5.068	5.024	5.093	5.042	5.028	5.120
H	4.561	4.544	4.384	4.346	4.223	4.325	4.728
Total	11.661	11.649	11.444	11.483	11.282	11.407	11.841

Tabela 19 - Análises de EPMA de Pseudomalaquite $[Cu_5(PO_4)_2(OH)_4]$ e respectivas distribuições iónicas

Amostra	MVC 36	MVC 36	MVC 36	MVC 36	MVC 37	MVC 37	MVC 37
Análise	8	9	10	12	2	3	4
<i>Peso dos óxidos %</i>							
MnO	0.000	0.000	0.040	0.004	0.028	0.024	0.062
Na ₂ O	0.000	0.000	0.000	0.000	0.034	0.000	0.000
Cl	0.003	0.010	0.010	0.018	0.012	0.012	0.000
K ₂ O	0.006	0.003	0.006	0.000	0.013	0.001	0.004
CaO	0.072	0.040	0.045	0.030	0.039	0.040	0.025
F	0.201	0.163	0.127	0.091	0.268	0.186	0.191
SO ₃	0.019	0.032	0.042	0.033	0.026	0.000	0.033
SrO	0.019	0.011	0.000	0.007	0.000	0.021	0.000
La ₂ O ₃	0.023	0.018	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000
MgO	0.000	0.001	0.000	0.003	0.004	0.000	0.000
P ₂ O ₅	23.008	23.715	23.547	23.304	22.552	22.536	23.085
SiO ₂	0.056	0.084	0.050	0.040	0.099	0.066	0.034
ZnO	0.117	0.038	0.069	0.007	0.132	0.000	0.107
As ₂ O ₅	0.811	0.413	0.635	0.933	1.922	1.121	1.336
PbO	0.089	0.000	0.000	0.076	0.000	0.000	0.015
FeO	0.006	0.000	0.000	0.008	0.007	0.000	0.008
Nd ₂ O ₃	0.039	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Al ₂ O ₃	0.031	0.000	0.039	0.006	0.000	0.012	0.039
Ce ₂ O ₃	0.000	0.000	0.043	0.000	0.067	0.045	0.020
CuO	68.593	68.828	69.401	68.615	68.921	69.030	68.620
H ₂ O	6.907	6.644	5.946	6.819	5.876	6.905	6.421
Total	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
<i>Número de catiões na base de 10 Oxiqénios</i>							
Mn	0.000	0.000	0.003	0.000	0.002	0.002	0.005
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000
Cl	0.000	0.002	0.002	0.003	0.002	0.002	0.000
K	0.001	0.000	0.001	0.000	0.002	0.000	0.000
Ca	0.008	0.004	0.005	0.003	0.004	0.004	0.003
F	0.062	0.050	0.039	0.028	0.082	0.058	0.059
S	0.001	0.002	0.003	0.002	0.002	0.000	0.002
Sr	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
La	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
P	1.903	1.943	1.922	1.920	1.849	1.873	1.895
Si	0.005	0.008	0.005	0.004	0.010	0.006	0.003
Zn	0.008	0.003	0.005	0.001	0.009	0.000	0.008
As	0.041	0.021	0.032	0.047	0.097	0.058	0.068
Pb	0.002	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000
Fe	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001
Nd	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al	0.004	0.000	0.004	0.001	0.000	0.001	0.004
Ce	0.000	0.000	0.002	0.000	0.002	0.002	0.001
Cu	5.063	5.032	5.054	5.043	5.042	5.119	5.026
H	4.502	4.289	3.824	4.426	3.796	4.522	4.153
Total	11.605	11.356	10.900	11.481	10.908	11.648	11.228

Tabela 19 - Análises de EPMA de Pseudomalaquite $[Cu_5(PO_4)_2(OH)_4]$ e respectivas distribuições iónicas

Amostra	MVC 37	MVC 37	MVC 37	MVC 37	MVC 37	MVC 37	MVC 37
Análise	5	6	7	8	9	10	12
<i>Peso dos óxidos %</i>							
MnO	0.000	0.014	0.000	0.000	0.023	0.011	0.019
Na ₂ O	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cl	0.000	0.024	0.000	0.003	0.000	0.002	0.000
K ₂ O	0.000	0.000	0.000	0.003	0.006	0.001	0.000
CaO	0.033	0.025	0.007	0.014	0.015	0.020	0.024
F	0.223	0.125	0.103	0.136	0.228	0.183	0.120
SO ₃	0.031	0.000	0.006	0.029	0.033	0.020	0.000
SrO	0.051	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.022
La ₂ O ₃	0.000	0.000	0.000	0.008	0.025	0.000	0.000
MgO	0.004	0.021	0.000	0.000	0.006	0.005	0.000
P ₂ O ₅	23.075	22.257	23.014	22.069	23.292	23.299	22.388
SiO ₂	0.133	0.044	0.094	0.137	0.055	0.078	0.048
ZnO	0.115	0.139	0.081	0.066	0.019	0.114	0.000
As ₂ O ₅	0.670	2.288	1.308	3.137	0.934	1.456	1.399
PbO	0.000	0.000	0.025	0.045	0.000	0.000	0.027
FeO	0.000	0.000	0.006	0.009	0.000	0.000	0.010
Nd ₂ O ₃	0.000	0.011	0.000	0.031	0.000	0.000	0.000
Al ₂ O ₃	0.041	0.000	0.159	0.005	0.030	0.139	0.008
Ce ₂ O ₃	0.000	0.000	0.201	0.000	0.003	0.009	0.027
CuO	69.099	68.610	66.840	68.664	68.636	68.166	68.443
H ₂ O	6.525	6.442	8.150	5.644	6.695	6.497	7.465
Total	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
<i>Número de catiões na base de 10 Oxiqénios</i>							
Mn	0.000	0.001	0.000	0.000	0.002	0.001	0.002
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cl	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Ca	0.003	0.003	0.001	0.001	0.002	0.002	0.003
F	0.069	0.039	0.032	0.042	0.070	0.056	0.037
S	0.002	0.000	0.000	0.002	0.002	0.001	0.000
Sr	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
La	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Mg	0.001	0.003	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000
P	1.900	1.840	1.915	1.808	1.914	1.904	1.871
Si	0.013	0.004	0.009	0.013	0.005	0.008	0.005
Zn	0.008	0.010	0.006	0.005	0.001	0.008	0.000
As	0.034	0.117	0.067	0.159	0.047	0.074	0.072
Pb	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001
Fe	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001
Nd	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
Al	0.005	0.000	0.018	0.001	0.003	0.016	0.001
Ce	0.000	0.000	0.007	0.000	0.000	0.000	0.001
Cu	5.076	5.061	4.962	5.019	5.032	4.971	5.104
H	4.233	4.196	5.343	3.643	4.334	4.184	4.916
Total	11.346	11.278	12.363	10.696	11.415	11.227	12.014

Tabela 19 - Análises de EPMA de Pseudomalaquite $[Cu_5(PO_4)_2(OH)_4]$ e respectivas distribuições iónicas

Amostra	MVC 37	MVC 40	MVC 40	MVC 40	MVC 40	MVC 40	MVC 40
Análise	13	1	2	3	4	5	6
<i>Peso dos óxidos %</i>							
MnO	0.041	0.000	0.028	0.030	0.000	0.008	0.000
Na ₂ O	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011
Cl	0.007	0.000	0.003	0.011	0.007	0.004	0.027
K ₂ O	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.008
CaO	0.021	0.099	0.032	0.004	0.023	0.010	0.000
F	0.199	0.098	0.077	0.122	0.147	0.194	0.169
SO ₃	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.000	0.032
SrO	0.024	0.000	0.008	0.000	0.000	0.000	0.016
La ₂ O ₃	0.025	0.000	0.023	0.012	0.000	0.010	0.000
MgO	0.000	0.019	0.031	0.000	0.000	0.000	0.000
P ₂ O ₅	23.213	22.653	22.029	23.797	23.800	23.788	23.140
SiO ₂	0.066	0.110	0.111	0.012	0.046	0.032	0.056
ZnO	0.000	0.026	0.004	0.088	0.000	0.033	0.036
As ₂ O ₅	1.266	2.204	3.753	1.113	1.018	0.962	1.566
PbO	0.029	0.044	0.034	0.082	0.000	0.000	0.000
FeO	0.000	0.013	0.000	0.000	0.020	0.000	0.033
Nd ₂ O ₃	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al ₂ O ₃	0.003	0.030	0.034	0.013	0.001	0.047	0.000
Ce ₂ O ₃	0.167	0.123	0.000	0.000	0.000	0.076	0.007
CuO	68.599	68.816	68.605	69.102	69.077	68.433	69.025
H ₂ O	6.327	5.765	5.228	5.614	5.853	6.396	5.874
Total	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
<i>Número de catiões na base de 10 Oxiqénios</i>							
Mn	0.003	0.000	0.002	0.002	0.000	0.001	0.000
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
Cl	0.001	0.000	0.000	0.002	0.001	0.001	0.004
K	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001
Ca	0.002	0.010	0.003	0.000	0.002	0.001	0.000
F	0.061	0.030	0.023	0.037	0.045	0.059	0.052
S	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.002
Sr	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
La	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Mg	0.000	0.003	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000
P	1.903	1.853	1.795	1.930	1.932	1.939	1.889
Si	0.006	0.011	0.011	0.001	0.004	0.003	0.005
Zn	0.000	0.002	0.000	0.006	0.000	0.002	0.003
As	0.064	0.111	0.189	0.056	0.051	0.048	0.079
Pb	0.001	0.001	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000
Fe	0.000	0.001	0.000	0.000	0.002	0.000	0.003
Nd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al	0.000	0.003	0.004	0.001	0.000	0.005	0.000
Ce	0.006	0.004	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000
Cu	5.018	5.023	4.988	5.000	5.004	4.978	5.027
H	4.087	3.716	3.357	3.587	3.744	4.108	3.778
Total	11.158	10.770	10.380	10.626	10.786	11.150	10.845

Tabela 19 - Análises de EPMA de Pseudomalaquite $[Cu_5(PO_4)_2(OH)_4]$ e respectivas distribuições iônicas

Amostra	MVC 40	MVC 40	MVC 40	MVC 40	MVC 40	MVC 40	MVC 40
Análise	7	8	9	10	12	13	14
<i>Peso dos óxidos %</i>							
MnO	0.041	0.005	0.000	0.047	0.000	0.000	0.000
Na₂O	0.000	0.000	0.000	0.015	0.000	0.000	0.021
Cl	0.000	0.015	0.006	0.003	0.000	0.001	0.003
K₂O	0.000	0.000	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000
CaO	0.029	0.014	0.021	0.019	0.036	0.048	0.100
F	0.170	0.218	0.172	0.189	0.179	0.118	0.208
SO₃	0.025	0.038	0.060	0.038	0.000	0.007	0.000
SrO	0.000	0.000	0.000	0.016	0.036	0.000	0.000
La₂O₃	0.000	0.059	0.023	0.054	0.021	0.000	0.001
MgO	0.000	0.000	0.000	0.014	0.000	0.002	0.043
P₂O₅	23.422	23.473	23.754	23.482	23.353	23.348	22.702
SiO₂	0.182	0.065	0.057	0.039	0.134	0.185	0.083
ZnO	0.108	0.039	0.050	0.077	0.034	0.116	0.066
As₂O₅	0.815	0.923	1.020	1.061	1.422	0.821	1.682
PbO	0.014	0.015	0.000	0.018	0.000	0.000	0.044
FeO	0.003	0.000	0.019	0.005	0.010	0.001	0.015
Nd₂O₃	0.014	0.000	0.000	0.020	0.000	0.000	0.047
Al₂O₃	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.018	0.000
Ce₂O₃	0.000	0.108	0.000	0.244	0.035	0.002	0.109
CuO	69.138	69.046	68.737	68.680	68.629	69.128	68.816
H₂O	6.039	5.982	6.081	5.969	6.102	6.205	6.060
Total	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
<i>Número de catiões na base de 10 Oxigénios</i>							
Mn	0.003	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000
Na	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.004
Cl	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
K	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
Ca	0.003	0.001	0.002	0.002	0.004	0.005	0.010
F	0.052	0.066	0.052	0.058	0.055	0.036	0.064
S	0.002	0.003	0.004	0.003	0.000	0.001	0.000
Sr	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000
La	0.000	0.002	0.001	0.002	0.001	0.000	0.000
Mg	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.006
P	1.912	1.915	1.931	1.916	1.904	1.911	1.865
Si	0.018	0.006	0.005	0.004	0.013	0.018	0.008
Zn	0.008	0.003	0.004	0.005	0.002	0.008	0.005
As	0.041	0.047	0.051	0.053	0.072	0.041	0.085
Pb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Fe	0.000	0.000	0.002	0.000	0.001	0.000	0.001
Nd	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.002
Al	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.000
Ce	0.000	0.004	0.000	0.009	0.001	0.000	0.004
Cu	5.036	5.027	4.986	4.999	4.993	5.047	5.043
H	3.884	3.846	3.895	3.837	3.921	4.001	3.922
Total	10.959	10.923	10.934	10.899	10.970	11.071	11.020

Tabela 19 - Análises de EPMA de Pseudomalaquite $[Cu_5(PO_4)_2(OH)_4]$ e respectivas distribuições iónicas

Amostra	MVC 40	MVC 32	MVC 32	MVC 32	MVC 32	MVC 37 b1
Análise	15	7	10	11	13	2
<i>Peso dos óxidos %</i>						
MnO	0.021	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Na₂O	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cl	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K₂O	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	n.a.
CaO	0.103	0.000	0.000	0.000	0.000	0.108
F	0.297	0.000	0.000	0.000	0.000	0.160
SO₃	0.031	0.000	0.000	0.000	0.000	n.a.
SrO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
La₂O₃	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004
MgO	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
P₂O₅	23.035	22.238	22.571	22.403	22.098	21.184
SiO₂	0.161	0.000	0.000	0.000	0.000	n.a.
ZnO	0.030	0.034	0.148	0.048	0.000	n.a.
As₂O₅	1.734	0.593	0.702	0.556	0.441	n.a.
PbO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	n.a.
FeO	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.041
Nd₂O₃	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	n.a.
Al₂O₃	0.070	0.000	0.000	0.000	0.000	n.a.
Ce₂O₃	0.027	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CuO	68.574	69.311	68.840	69.359	68.993	69.395
H₂O	5.897	7.824	7.739	7.634	8.468	9.108
Total	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
<i>Número de catiões na base de 10 Oxiqénios</i>						
Mn	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cl	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	n.a.
Ca	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012
F	0.090	0.000	0.000	0.000	0.000	0.028
S	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	n.a.
Sr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
La	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mg	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
P	1.875	1.879	1.896	1.886	1.881	1.839
Si	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000	n.a.
Zn	0.002	0.003	0.011	0.004	0.000	n.a.
As	0.087	0.031	0.036	0.029	0.023	n.a.
Pb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	n.a.
Fe	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004
Nd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	n.a.
Al	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	n.a.
Ce	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cu	4.981	5.224	5.159	5.209	5.240	5.374
H	3.783	5.207	5.121	5.063	5.679	6.228
Total	10.860	12.343	12.223	12.191	12.823	13.485
n.a. - não analisado						

Tabela 19 - Análises de EPMA de Pseudomalaquite $[Cu_5(PO_4)_2(OH)_4]$ e respectivas distribuições iónicas

Amostra	MVC 37 b2	MVC 37 b2	MVC 37 b3	MVC 37 b4	MVC 37 b4
Análise	3	4	6	7	8
<i>Peso dos óxidos %</i>					
MnO	0.001	0.000	0.055	0.000	0.000
Na₂O	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013
Cl	0.000	0.003	0.000	0.000	0.009
K₂O	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
CaO	0.127	0.099	0.007	0.016	0.018
F	0.172	0.000	0.111	0.163	0.086
SO₃	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
SrO	0.012	0.001	0.006	0.015	0.024
La₂O₃	0.008	0.000	0.000	0.002	0.000
MgO	0.043	0.044	0.015	0.000	0.000
P₂O₅	21.137	21.539	22.762	23.485	23.462
SiO₂	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
ZnO	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
As₂O₅	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
PbO	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
FeO	0.036	0.015	0.009	0.004	0.000
Nd₂O₃	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Al₂O₃	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ce₂O₃	0.000	0.000	0.293	0.251	0.000
CuO	69.214	69.165	68.831	69.272	69.636
H₂O	9.250	9.134	7.911	6.792	6.752
Total	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
<i>Número de catiões na base de 10 Oxigénios</i>					
Mn	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
Cl	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
K	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ca	0.014	0.011	0.001	0.002	0.002
F	0.030	0.000	0.019	0.027	0.014
S	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Sr	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001
La	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mg	0.007	0.007	0.002	0.000	0.000
P	1.837	1.860	1.917	1.943	1.940
Si	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Zn	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
As	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Pb	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Fe	0.003	0.001	0.001	0.000	0.000
Nd	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Al	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ce	0.000	0.000	0.011	0.009	0.000
Cu	5.367	5.330	5.173	5.113	5.138
H	6.334	6.216	5.250	4.427	4.399
Total	13.594	13.426	12.378	11.522	11.498
n.a. - não analisado					

Tabela 20 - Análises de EPMA de *Libethenite* [Cu₂(PO₄)(OH)] e respectivas distribuições iónicas

Amostra	MVC 15	MVC 15	MVC 15	MVC 15	MVC 15	MVC 15	MVC 15
Análise	1	2	3	4	5	6	7
<i>Peso dos óxidos %</i>							
MnO	0.000	0.000	0.008	0.024	0.019	0.056	0.000
Na₂O	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cl	0.000	0.010	0.000	0.013	0.000	0.002	0.016
K₂O	0.004	0.010	0.004	0.010	0.001	0.003	0.009
CaO	0.030	0.000	0.036	0.016	0.033	0.022	0.018
F	0.153	0.318	0.225	0.272	0.176	0.237	0.280
SO₃	0.000	0.016	0.006	0.000	0.009	0.000	0.000
SrO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.033	0.000
La₂O₃	0.042	0.036	0.000	0.005	0.015	0.000	0.032
MgO	0.027	0.000	0.000	0.011	0.021	0.018	0.008
P₂O₅	29.665	29.635	29.578	29.573	29.643	29.237	29.361
SiO₂	0.000	0.022	0.006	0.008	0.020	0.012	0.026
ZnO	0.061	0.126	0.089	0.054	0.028	0.086	0.014
As₂O₅	0.067	0.000	0.022	0.025	0.088	0.140	0.070
PbO	0.090	0.001	0.007	0.004	0.000	0.000	0.000
FeO	0.014	0.003	0.032	0.000	0.000	0.062	0.000
Nd₂O₃	0.000	0.033	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al₂O₃	0.191	0.209	0.245	0.059	0.228	0.132	0.211
Ce₂O₃	0.112	0.032	0.282	0.041	0.165	0.058	0.025
CuO	65.278	65.204	65.351	66.095	65.108	65.138	65.686
H₂O	4.266	4.345	4.109	3.790	4.436	4.764	4.244
Total	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
<i>Número de catiões na base de 4.5 Oxigénios</i>							
Mn	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.000
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cl	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001
K	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
Ca	0.001	0.000	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001
F	0.019	0.040	0.028	0.034	0.022	0.030	0.035
S	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
La	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mg	0.002	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000
P	1.000	0.998	0.996	0.995	1.000	0.993	0.992
Si	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001
Zn	0.002	0.004	0.003	0.002	0.001	0.003	0.000
As	0.001	0.000	0.000	0.001	0.002	0.003	0.001
Pb	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.002	0.000
Nd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al	0.009	0.010	0.011	0.003	0.011	0.006	0.010
Ce	0.002	0.000	0.004	0.001	0.002	0.001	0.000
Cu	1.964	1.960	1.964	1.984	1.959	1.974	1.979
H	1.133	1.153	1.090	1.005	1.179	1.275	1.129
Total	4.135	4.169	4.101	4.027	4.180	4.292	4.152

Tabela 20 - Análises de EPMA de *Libethenite* [Cu₂(PO₄)(OH)] e respectivas distribuições iónicas

Amostra	MVC 15	MVC 15	MVC 15	MVC 15	MVC 18	MVC 18	MVC 18
Análise	8	9	10	11	1	2	3
<i>Peso dos óxidos %</i>							
MnO	0.010	0.025	0.025	0.000	0.000	0.000	0.020
Na₂O	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cl	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K₂O	0.004	0.000	0.000	0.004	0.001	0.000	0.001
CaO	0.001	0.027	0.002	0.006	0.023	0.021	0.000
F	0.256	0.192	0.204	0.220	0.258	0.232	0.222
SO₃	0.000	0.012	0.023	0.000	0.009	0.000	0.000
SrO	0.020	0.013	0.017	0.023	0.028	0.000	0.024
La₂O₃	0.035	0.000	0.000	0.000	0.012	0.008	0.000
MgO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
P₂O₅	29.516	29.107	29.287	29.287	30.909	30.626	26.361
SiO₂	0.030	0.010	0.011	0.010	0.076	0.033	0.075
ZnO	0.000	0.062	0.000	0.000	0.064	0.015	0.110
As₂O₅	0.007	0.155	0.067	0.018	0.110	0.000	0.071
PbO	0.000	0.004	0.000	0.000	0.046	0.027	0.000
FeO	0.223	0.023	0.092	0.002	0.025	0.002	0.319
Nd₂O₃	0.000	0.029	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008
Al₂O₃	0.229	0.095	0.139	0.198	0.060	0.057	0.197
Ce₂O₃	0.000	0.167	0.093	0.002	0.118	0.131	0.069
CuO	66.007	63.817	63.103	63.755	60.595	60.815	66.172
H₂O	3.659	6.262	6.937	6.475	7.666	8.033	6.351
Total	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
<i>Número de catiões na base de 4.5 Oxiqénios</i>							
Mn	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cl	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ca	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000
F	0.032	0.025	0.026	0.028	0.033	0.030	0.029
S	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Sr	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001
La	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
P	0.991	1.001	1.009	1.006	1.049	1.047	0.937
Si	0.001	0.000	0.000	0.000	0.003	0.001	0.003
Zn	0.000	0.002	0.000	0.000	0.002	0.000	0.003
As	0.000	0.003	0.001	0.000	0.002	0.000	0.002
Pb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe	0.007	0.001	0.003	0.000	0.001	0.000	0.011
Nd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al	0.011	0.005	0.007	0.009	0.003	0.003	0.010
Ce	0.000	0.002	0.001	0.000	0.002	0.002	0.001
Cu	1.978	1.958	1.940	1.954	1.836	1.855	2.099
H	0.968	1.697	1.884	1.752	2.051	2.164	1.779
Total	3.991	4.698	4.875	4.752	4.984	5.105	4.877

Tabela 20 - Análises de EPMA de *Libethenite* [Cu₂(PO₄)(OH)] e respectivas distribuições iónicas

Amostra	MVC 18	MVC 18	MVC 18	MVC 18	MVC 18	MVC 18	MVC 18
Análise	5	6	7	8	9	10	11
<i>Peso dos óxidos %</i>							
MnO	0.000	0.021	0.000	0.048	0.000	0.000	0.000
Na₂O	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Cl	0.000	0.009	0.003	0.015	0.000	0.000	0.000
K₂O	0.000	0.021	0.006	0.000	0.000	0.000	0.001
CaO	0.032	0.008	0.023	0.021	0.010	0.005	0.037
F	0.159	0.328	0.274	0.258	0.349	0.241	0.225
SO₃	0.008	0.057	0.026	0.013	0.011	0.054	0.000
SrO	0.011	0.000	0.015	0.005	0.000	0.002	0.000
La₂O₃	0.029	0.011	0.081	0.000	0.000	0.000	0.004
MgO	0.029	0.017	0.007	0.013	0.000	0.000	0.000
P₂O₅	29.216	29.543	28.773	28.997	29.294	28.738	28.636
SiO₂	0.018	0.009	0.051	0.006	0.027	0.028	0.038
ZnO	0.000	0.139	0.009	0.069	0.001	0.049	0.073
As₂O₅	0.037	0.051	0.000	0.022	0.073	0.030	0.069
PbO	0.011	0.024	0.000	0.049	0.000	0.026	0.000
FeO	0.022	0.015	0.010	0.017	0.000	0.070	0.000
Nd₂O₃	0.000	0.002	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000
Al₂O₃	0.052	0.076	0.394	0.045	0.291	0.184	0.044
Ce₂O₃	0.126	0.017	0.117	0.000	0.000	0.000	0.000
CuO	65.287	66.082	65.697	65.957	65.793	65.816	66.270
H₂O	4.963	3.570	4.514	4.460	4.151	4.756	4.603
Total	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
<i>Número de catiões na base de 4.5 Oxiqénios</i>							
Mn	0.000	0.001	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cl	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
K	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ca	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.002
F	0.020	0.041	0.035	0.033	0.044	0.031	0.029
S	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.002	0.000
Sr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
La	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Mg	0.002	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
P	0.996	0.991	0.979	0.987	0.988	0.981	0.980
Si	0.001	0.000	0.002	0.000	0.001	0.001	0.002
Zn	0.000	0.004	0.000	0.002	0.000	0.001	0.002
As	0.001	0.001	0.000	0.000	0.002	0.001	0.001
Pb	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
Fe	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.002	0.000
Nd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al	0.002	0.004	0.019	0.002	0.014	0.009	0.002
Ce	0.002	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
Cu	1.985	1.979	1.994	2.003	1.980	2.005	2.023
H	1.333	0.944	1.210	1.196	1.103	1.280	1.241
Total	4.345	3.971	4.245	4.230	4.132	4.313	4.281

Tabela 20 - Análises de EPMA de *Libethenite* [Cu₂(PO₄)(OH)] e respectivas distribuições iónicas

Amostra Análise	MVC 19 1	MVC 19 2	MVC 19 3	MVC 19 4	MVC 19 5	MVC 19 6	MVC 19 7
<i>Peso dos óxidos %</i>							
MnO	0.042	0.009	0.012	0.000	0.000	0.000	0.008
Na₂O	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cl	0.000	0.000	0.000	0.001	0.010	0.000	0.000
K₂O	0.000	0.007	0.006	0.000	0.001	0.000	0.000
CaO	0.018	0.008	0.014	0.029	0.000	0.016	0.042
F	0.147	0.201	0.219	0.276	0.263	0.236	0.176
SO₃	0.003	0.007	0.004	0.000	0.000	0.000	0.034
SrO	0.004	0.021	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000
La₂O₃	0.000	0.000	0.084	0.000	0.000	0.000	0.000
MgO	0.012	0.000	0.000	0.006	0.005	0.000	0.000
P₂O₅	29.187	29.145	29.390	28.674	29.117	28.835	28.520
SiO₂	0.025	0.007	0.051	0.005	0.029	0.032	0.025
ZnO	0.150	0.022	0.028	0.109	0.065	0.092	0.098
As₂O₅	0.210	0.308	0.164	0.276	0.175	0.259	0.282
PbO	0.000	0.061	0.055	0.122	0.000	0.000	0.000
FeO	0.000	0.000	0.011	0.006	0.000	0.055	0.000
Nd₂O₃	0.019	0.000	0.031	0.000	0.000	0.000	0.000
Al₂O₃	0.290	0.064	0.232	0.066	0.261	0.034	0.333
Ce₂O₃	0.000	0.000	0.000	0.060	0.169	0.051	0.000
CuO	66.008	66.454	65.715	66.391	65.782	65.754	65.104
H₂O	3.885	3.686	3.984	3.979	4.120	4.636	5.378
Total	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
<i>Número de catiões na base de 4.5 Oxigénios</i>							
Mn	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cl	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ca	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.002
F	0.019	0.025	0.028	0.035	0.033	0.030	0.023
S	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Sr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
La	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Mg	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
P	0.985	0.984	0.990	0.976	0.985	0.984	0.979
Si	0.001	0.000	0.002	0.000	0.001	0.001	0.001
Zn	0.004	0.001	0.001	0.003	0.002	0.003	0.003
As	0.004	0.006	0.003	0.006	0.004	0.005	0.006
Pb	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000
Fe	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000
Nd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al	0.014	0.003	0.011	0.003	0.012	0.002	0.016
Ce	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.001	0.000
Cu	1.987	2.002	1.976	2.016	1.985	2.001	1.993
H	1.033	0.981	1.058	1.067	1.098	1.246	1.454
Total	4.050	4.005	4.073	4.110	4.124	4.275	4.477

Tabela 20 - Análises de EPMA de *Libethenite* [Cu₂(PO₄)(OH)] e respectivas distribuições iónicas

Amostra	MVC 19	MVC 19	MVC 19	MVC 19	MVC 19	MVC 19	MVC 19
Análise	8	9	10	11	12	13	14
<i>Peso dos óxidos %</i>							
MnO	0.010	0.000	0.016	0.023	0.009	0.036	0.016
Na₂O	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cl	0.007	0.000	0.007	0.000	0.000	0.006	0.000
K₂O	0.000	0.005	0.000	0.000	0.013	0.000	0.009
CaO	0.039	0.018	0.000	0.000	0.014	0.029	0.030
F	0.327	0.359	0.166	0.332	0.290	0.216	0.206
SO₃	0.000	0.001	0.003	0.005	0.042	0.000	0.000
SrO	0.008	0.011	0.000	0.000	0.028	0.000	0.000
La₂O₃	0.053	0.029	0.001	0.012	0.053	0.000	0.000
MgO	0.000	0.000	0.000	0.011	0.000	0.003	0.000
P₂O₅	28.744	28.973	28.612	28.909	28.614	28.101	28.508
SiO₂	0.014	0.031	0.013	0.021	0.010	0.013	0.004
ZnO	0.026	0.092	0.062	0.008	0.135	0.000	0.034
As₂O₅	0.228	0.215	0.215	0.273	0.330	0.426	0.195
PbO	0.000	0.054	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
FeO	0.000	0.004	0.011	0.000	0.026	0.015	0.010
Nd₂O₃	0.017	0.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al₂O₃	0.045	0.282	0.293	0.070	0.034	0.085	0.057
Ce₂O₃	0.000	0.206	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CuO	65.916	65.531	66.021	66.517	66.320	66.139	66.291
H₂O	4.566	4.169	4.580	3.819	4.082	4.931	4.640
Total	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
<i>Número de catiões na base de 4.5 Oxiqénios</i>							
Mn	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cl	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Ca	0.002	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001
F	0.042	0.045	0.021	0.042	0.037	0.028	0.026
S	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Sr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
La	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Mg	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
P	0.981	0.981	0.977	0.979	0.974	0.968	0.977
Si	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000
Zn	0.001	0.003	0.002	0.000	0.004	0.000	0.001
As	0.005	0.004	0.005	0.006	0.007	0.009	0.004
Pb	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000
Nd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al	0.002	0.013	0.014	0.003	0.002	0.004	0.003
Ce	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cu	2.006	1.980	2.011	2.009	2.014	2.033	2.027
H	1.227	1.112	1.232	1.019	1.095	1.338	1.253
Total	4.268	4.147	4.263	4.060	4.138	4.384	4.293

Tabela 20 - Análises de EPMA de *Libethenite* [Cu₂(PO₄)(OH)] e respectivas distribuições iónicas

Amostra Análise	MVC 19 15	MVC 19 16	MVC 19 17	MVC 19 18	MVC 19 19	MVC 19 20	MVC 19 21
<i>Peso dos óxidos %</i>							
MnO	0.001	0.000	0.000	0.020	0.000	0.012	0.023
Na₂O	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cl	0.002	0.007	0.002	0.002	0.000	0.001	0.012
K₂O	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.047	0.000
CaO	0.004	0.049	0.008	0.024	0.006	0.047	0.032
F	0.232	0.201	0.237	0.210	0.305	0.295	0.248
SO₃	0.039	0.005	0.040	0.030	0.040	0.017	0.011
SrO	0.000	0.000	0.021	0.000	0.020	0.000	0.000
La₂O₃	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.064
MgO	0.000	0.000	0.000	0.019	0.018	0.038	0.000
P₂O₅	28.826	28.270	28.783	29.123	28.648	27.814	28.744
SiO₂	0.018	0.008	0.028	0.022	0.015	0.780	0.028
ZnO	0.065	0.000	0.176	0.147	0.165	0.121	0.097
As₂O₅	0.356	0.292	0.267	0.286	0.354	0.237	0.203
PbO	0.000	0.048	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005
FeO	0.000	0.014	0.000	0.020	0.011	0.006	0.023
Nd₂O₃	0.000	0.022	0.013	0.006	0.000	0.000	0.004
Al₂O₃	0.063	0.066	0.073	0.042	0.081	1.103	0.248
Ce₂O₃	0.108	0.000	0.121	0.060	0.060	0.000	0.000
CuO	65.671	66.385	66.581	66.253	66.180	64.814	66.110
H₂O	4.615	4.623	3.650	3.733	4.097	4.668	4.148
Total	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
<i>Número de catiões na base de 4.5 Oxiqénios</i>							
Mn	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cl	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000
Ca	0.000	0.002	0.000	0.001	0.000	0.002	0.001
F	0.030	0.026	0.030	0.026	0.039	0.037	0.031
S	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000
Sr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
La	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Mg	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.000
P	0.982	0.971	0.975	0.984	0.974	0.943	0.976
Si	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.031	0.001
Zn	0.002	0.000	0.005	0.004	0.005	0.004	0.003
As	0.007	0.006	0.006	0.006	0.007	0.005	0.004
Pb	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001
Nd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al	0.003	0.003	0.003	0.002	0.004	0.052	0.012
Ce	0.002	0.000	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000
Cu	1.997	2.034	2.013	1.996	2.008	1.960	2.004
H	1.239	1.251	0.974	0.993	1.098	1.247	1.110
Total	4.264	4.296	4.012	4.018	4.139	4.287	4.147

Tabela 20 - Análises de EPMA de *Libethenite* [Cu₂(PO₄)(OH)] e respectivas distribuições iónicas

Amostra Análise	MVC 25 1	MVC 25 2	MVC 25 3	MVC 25 4	MVC 25 5	MVC 25 6	MVC 25 7
<i>Peso dos óxidos %</i>							
MnO	0.008	0.021	0.000	0.020	0.029	0.015	0.052
Na₂O	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000
Cl	0.000	0.010	0.002	0.000	0.009	0.010	0.006
K₂O	0.004	0.011	0.000	0.013	0.013	0.006	0.092
CaO	0.028	0.011	0.041	0.080	0.045	0.031	0.025
F	0.174	0.260	0.231	0.207	0.218	0.214	0.140
SO₃	0.000	0.024	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
SrO	0.000	0.000	0.025	0.017	0.019	0.000	0.000
La₂O₃	0.000	0.031	0.030	0.000	0.000	0.000	0.012
MgO	0.034	0.000	0.007	0.013	0.000	0.000	0.000
P₂O₅	29.040	29.243	28.541	28.924	29.050	29.040	28.445
SiO₂	0.010	0.035	0.025	0.059	0.025	0.040	0.233
ZnO	0.090	0.175	0.000	0.172	0.075	0.076	0.023
As₂O₅	0.328	0.473	0.882	0.531	0.441	0.594	0.968
PbO	0.007	0.052	0.000	0.030	0.000	0.022	0.053
FeO	0.024	0.385	0.307	0.066	0.117	0.034	0.200
Nd₂O₃	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000
Al₂O₃	0.182	0.179	0.040	0.288	0.232	0.051	0.381
Ce₂O₃	0.027	0.000	0.000	0.000	0.034	0.017	0.000
CuO	66.273	65.951	66.135	66.041	66.264	66.373	65.108
H₂O	3.771	3.139	3.734	3.539	3.429	3.468	4.262
Total	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
<i>Número de catiões na base de 4.5 Oxiqénios</i>							
Mn	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.002
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cl	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000
K	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.005
Ca	0.001	0.000	0.002	0.003	0.002	0.001	0.001
F	0.022	0.033	0.029	0.026	0.027	0.027	0.018
S	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sr	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
La	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mg	0.002	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
P	0.981	0.980	0.968	0.974	0.978	0.979	0.965
Si	0.000	0.001	0.001	0.002	0.001	0.002	0.009
Zn	0.003	0.005	0.000	0.005	0.002	0.002	0.001
As	0.007	0.010	0.018	0.011	0.009	0.012	0.020
Pb	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Fe	0.001	0.013	0.010	0.002	0.004	0.001	0.007
Nd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al	0.009	0.008	0.002	0.014	0.011	0.002	0.018
Ce	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cu	1.998	1.972	2.001	1.985	1.990	1.996	1.970
H	1.004	0.829	0.998	0.939	0.909	0.921	1.139
Total	4.028	3.854	4.031	3.965	3.937	3.946	4.154

Tabela 20 - Análises de EPMA de *Libethenite* [Cu₂(PO₄)(OH)] e respectivas distribuições iónicas

Amostra	MVC 25	MVC 25	MVC 25	MVC 25	MVC 31	MVC 31	MVC 31
Análise	8	9	10	11	1	2	3
<i>Peso dos óxidos %</i>							
MnO	0.000	0.000	0.015	0.000	0.000	0.020	0.000
Na₂O	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cl	0.000	0.022	0.004	0.012	0.008	0.009	0.003
K₂O	0.000	0.000	0.005	0.044	0.002	0.004	0.000
CaO	0.027	0.026	0.030	0.002	0.027	0.056	0.035
F	0.200	0.210	0.240	0.222	0.140	0.265	0.148
SO₃	0.000	0.028	0.026	0.008	0.000	0.001	0.016
SrO	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	0.019	0.000
La₂O₃	0.013	0.000	0.017	0.026	0.093	0.034	0.014
MgO	0.000	0.000	0.003	0.000	0.023	0.000	0.000
P₂O₅	28.728	28.718	28.814	28.756	29.233	30.384	28.023
SiO₂	0.010	0.014	0.018	0.052	0.040	0.030	2.176
ZnO	0.069	0.095	0.000	0.100	0.027	0.065	0.108
As₂O₅	0.921	0.496	0.500	0.629	0.373	0.320	0.526
PbO	0.000	0.005	0.000	0.000	0.028	0.000	0.067
FeO	0.101	0.270	0.186	1.137	0.026	0.025	0.094
Nd₂O₃	0.000	0.000	0.000	0.014	0.013	0.000	0.018
Al₂O₃	0.081	0.308	0.285	0.667	0.166	0.168	0.271
Ce₂O₃	0.025	0.000	0.084	0.000	0.013	0.000	0.158
CuO	65.806	65.830	65.806	64.910	65.371	65.222	64.979
H₂O	4.019	3.973	3.967	3.421	4.417	3.378	3.364
Total	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
<i>Número de catiões na base de 4.5 Oxiqénios</i>							
Mn	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cl	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000
K	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000
Ca	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.002	0.001
F	0.025	0.027	0.030	0.028	0.018	0.033	0.018
S	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Sr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
La	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Mg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
P	0.974	0.973	0.975	0.966	0.990	1.007	0.932
Si	0.000	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001	0.086
Zn	0.002	0.003	0.000	0.003	0.001	0.002	0.003
As	0.019	0.010	0.010	0.013	0.008	0.007	0.011
Pb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Fe	0.003	0.009	0.006	0.038	0.001	0.001	0.003
Nd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al	0.004	0.015	0.013	0.031	0.008	0.008	0.013
Ce	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.002
Cu	1.990	1.990	1.987	1.945	1.975	1.929	1.929
H	1.074	1.060	1.058	0.905	1.178	0.882	0.882
Total	4.094	4.090	4.085	3.934	4.185	3.873	3.882

Tabela 20 - Análises de EPMA de *Libethenite* [Cu₂(PO₄)(OH)] e respectivas distribuições iónicas

Amostra Análise	MVC 31 4	MVC 31 5	MVC 31 6	MVC 31 7	MVC 31 8	MVC 31 9	MVC 31 10
<i>Peso dos óxidos %</i>							
MnO	0.022	0.037	0.000	0.004	0.000	0.000	0.042
Na₂O	0.000	0.000	0.000	0.008	0.000	0.000	0.010
Cl	0.001	0.000	0.000	0.016	0.007	0.000	0.009
K₂O	0.001	0.000	0.000	0.002	0.007	0.000	0.000
CaO	0.031	0.073	0.041	0.046	0.053	0.076	0.046
F	0.176	0.216	0.172	0.290	0.181	0.337	0.222
SO₃	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
SrO	0.000	0.009	0.003	0.014	0.027	0.000	0.000
La₂O₃	0.000	0.000	0.003	0.004	0.029	0.002	0.000
MgO	0.000	0.000	0.014	0.000	0.000	0.005	0.006
P₂O₅	29.985	30.022	29.718	29.613	29.655	29.925	29.524
SiO₂	0.012	0.037	0.013	0.000	0.023	0.034	0.022
ZnO	0.040	0.012	0.069	0.000	0.000	0.014	0.100
As₂O₅	0.605	0.417	0.730	0.482	0.540	0.446	0.489
PbO	0.000	0.000	0.000	0.002	0.019	0.000	0.000
FeO	0.031	0.078	0.029	0.004	0.009	0.023	0.063
Nd₂O₃	0.033	0.000	0.000	0.014	0.029	0.000	0.000
Al₂O₃	0.059	0.144	0.064	0.278	0.199	0.220	0.285
Ce₂O₃	0.104	0.000	0.103	0.076	0.000	0.000	0.000
CuO	65.527	65.788	65.685	65.538	65.329	65.641	65.810
H₂O	3.373	3.167	3.356	3.609	3.893	3.277	3.372
Total	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
<i>Número de catiões na base de 4.5 Oxiqénios</i>							
Mn	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Na	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001
Cl	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ca	0.001	0.003	0.002	0.002	0.002	0.003	0.002
F	0.022	0.027	0.021	0.036	0.023	0.042	0.028
S	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
La	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mg	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
P	0.999	0.998	0.992	0.990	0.994	0.995	0.987
Si	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001
Zn	0.001	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.003
As	0.012	0.009	0.015	0.010	0.011	0.009	0.010
Pb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe	0.001	0.003	0.001	0.000	0.000	0.001	0.002
Nd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al	0.003	0.007	0.003	0.013	0.009	0.010	0.013
Ce	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000
Cu	1.948	1.951	1.957	1.956	1.954	1.947	1.963
H	0.885	0.829	0.883	0.951	1.028	0.858	0.888
Total	3.876	3.828	3.880	3.962	4.026	3.867	3.900

Tabela 20 - Análises de EPMA de *Libethenite* [Cu₂(PO₄)(OH)] e respectivas distribuições iónicas

Amostra	MVC 31	MVC 34	MVC 34	MVC 34	MVC 34	MVC 34	MVC 34
Análise	11	1	2	3	4	5	6
<i>Peso dos óxidos %</i>							
MnO	0.027	0.005	0.007	0.045	0.033	0.023	0.028
Na₂O	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cl	0.000	0.008	0.000	0.000	0.008	0.002	0.000
K₂O	0.000	0.008	0.003	0.005	0.007	0.006	0.013
CaO	0.044	0.027	0.034	0.023	0.027	0.046	0.000
F	0.325	0.256	0.204	0.300	0.201	0.238	0.190
SO₃	0.007	0.000	0.040	0.000	0.023	0.020	0.013
SrO	0.000	0.026	0.008	0.055	0.002	0.010	0.070
La₂O₃	0.014	0.046	0.029	0.003	0.000	0.012	0.014
MgO	0.000	0.000	0.000	0.009	0.000	0.005	0.002
P₂O₅	29.741	28.344	28.274	28.455	28.843	28.307	28.386
SiO₂	0.017	0.016	0.024	0.026	0.010	0.036	0.022
ZnO	0.139	0.018	0.097	0.000	0.059	0.000	0.017
As₂O₅	1.002	0.628	0.381	0.450	0.439	0.615	0.396
PbO	0.002	0.012	0.065	0.037	0.000	0.083	0.000
FeO	0.035	0.030	0.034	0.000	0.006	0.009	0.026
Nd₂O₃	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.000
Al₂O₃	0.033	0.055	0.421	0.130	0.092	0.311	0.414
Ce₂O₃	0.029	0.092	0.141	0.000	0.000	0.008	0.272
CuO	65.913	65.213	65.730	66.163	66.193	66.015	65.774
H₂O	2.672	5.216	4.508	4.299	4.057	4.247	4.363
Total	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
<i>Número de catiões na base de 4.5 Oxiqénios</i>							
Mn	0.001	0.000	0.000	0.002	0.001	0.001	0.001
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cl	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Ca	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.000
F	0.040	0.033	0.026	0.038	0.025	0.030	0.024
S	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000
Sr	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.002
La	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mg	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
P	0.986	0.975	0.966	0.971	0.979	0.965	0.969
Si	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001
Zn	0.004	0.001	0.003	0.000	0.002	0.000	0.001
As	0.021	0.013	0.008	0.009	0.009	0.013	0.008
Pb	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000
Fe	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001
Nd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al	0.002	0.003	0.020	0.006	0.004	0.015	0.020
Ce	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.004
Cu	1.950	2.001	2.005	2.014	2.004	2.008	2.002
H	0.698	1.413	1.214	1.156	1.085	1.141	1.173
Total	3.706	4.445	4.251	4.200	4.112	4.179	4.206

Sulfatos

Tabela 21 - Análises de EPMA de *Brochantite* [Cu₄(SO₄)(OH)₆] e respectivas distribuições iônicas

Amostra	MVC 10	MVC 10	MVC 10	MVC 10	MVC 10	MVC 10
Análise	1	2	3	4	5	6
<i>Peso dos óxidos %</i>						
FeO	0.151	0.133	0.186	0.168	0.181	0.162
Al₂O₃	0.000	0.000	0.032	0.005	0.000	0.000
CaO	0.000	0.007	0.022	0.017	0.000	0.013
SO₃	18.715	18.384	18.325	18.377	18.326	18.494
TiO₂	0.000	0.008	0.017	0.000	0.000	0.011
MgO	0.016	0.000	0.000	0.000	0.000	0.022
SiO₂	0.106	0.096	0.106	0.056	0.008	0.046
BaO	0.151	0.094	0.121	0.107	0.156	0.098
CuO	79.495	73.837	74.393	73.260	74.186	74.083
SrO	0.021	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
PbO	0.077	0.000	0.000	0.013	0.033	0.000
ThO₂	0.031	0.000	0.000	0.023	0.000	0.000
H₂O	1.237	7.441	6.798	7.974	7.110	7.071
Total	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
<i>Número de catiões na base de 7 Oxigénios</i>						
Fe	0.009	0.008	0.011	0.010	0.011	0.010
Al	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000
Ca	0.000	0.001	0.002	0.001	0.000	0.001
S	0.958	0.990	0.983	0.995	0.987	0.992
Ti	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001
Mg	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
Si	0.007	0.007	0.008	0.004	0.001	0.003
Ba	0.004	0.003	0.003	0.003	0.004	0.003
Cu	4.095	4.003	4.015	3.991	4.022	4.000
Sr	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Pb	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Th	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
H	0.563	3.563	3.240	3.837	3.404	3.372
Total	5.639	8.575	8.265	8.842	8.429	8.383

Tabela 21 - Análises de EPMA de *Brochantite* [Cu₄(SO₄)(OH)₆] e respectivas distribuições iônicas

Amostra	MVC 10	MVC 10	MVC 10	MVC 10	MVC 10
Análise	7	8	9	10	11
<i>Peso dos óxidos %</i>					
FeO	0.155	0.215	0.190	0.119	0.154
Al₂O₃	0.000	0.028	0.038	0.032	0.000
CaO	0.000	0.034	0.032	0.016	0.007
SO₃	18.096	18.284	18.411	18.177	18.307
TiO₂	0.000	0.026	0.000	0.000	0.000
MgO	0.000	0.000	0.010	0.021	0.000
SiO₂	0.022	0.015	0.122	0.184	0.009
BaO	0.125	0.175	0.136	0.125	0.085
CuO	75.685	73.334	71.905	73.341	72.044
SrO	0.000	0.000	0.029	0.013	0.000
PbO	0.109	0.000	0.000	0.007	0.000
ThO₂	0.016	0.039	0.032	0.000	0.014
H₂O	5.792	7.850	9.095	7.965	9.380
Total	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
<i>Número de catiões na base de 7 Oxigénios</i>					
Fe	0.009	0.013	0.012	0.007	0.009
Al	0.000	0.002	0.003	0.003	0.000
Ca	0.000	0.003	0.002	0.001	0.001
S	0.968	0.990	1.004	0.985	1.004
Ti	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
Mg	0.000	0.000	0.001	0.002	0.000
Si	0.002	0.001	0.009	0.013	0.001
Ba	0.003	0.005	0.004	0.004	0.002
Cu	4.076	3.998	3.945	4.000	3.975
Sr	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000
Pb	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
Th	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000
H	2.755	3.780	4.407	3.836	4.570
Total	7.816	8.794	9.388	8.852	9.562