



Mineralizações auríferas de Jales, Gralheira e Raiz do Monte: estudo mineralógico e paragenético

Sara Alexandra Barbosa Martins

Mestrado em Geologia

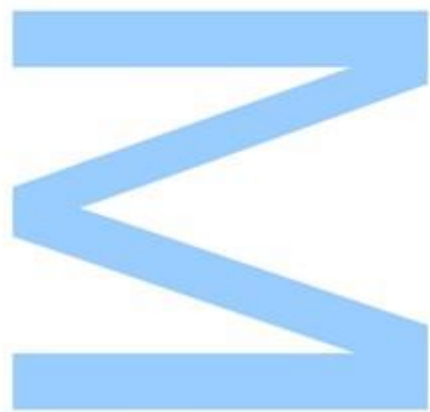
Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento de Território
2018

Orientador

Doutora Maria Helena Macedo Couto, Professora Associada, Faculdade
de Ciências da Universidade do Porto

Coorientador

Doutor Paulo José de Vitor Ferraz, Geólogo Consultor, em Empresas
Mineiras, atualmente no Grupo Almonty e no Grupo ALMINA

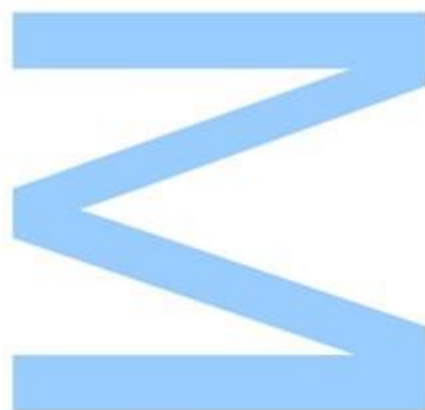




Todas as correções determinadas
pelo júri, e só essas, foram efetuadas.

O Presidente do Júri,

Porto, ____/____/____



Agradecimentos

Agradeço à Doutora Helena Couto pela orientação, acompanhamento e apoio em todas as fases do trabalho; pela disponibilidade sempre manifestada para esclarecimento de dúvidas, bem como por todo o tempo disponibilizado para a realização deste trabalho.

Ao Doutor Paulo Ferraz pela sua coorientação, esclarecimento de dúvidas e das informações fornecidas acerca das amostras em estudo e pelo esclarecimento de dúvidas no campo.

Ao Senhor Adérito Carocha pelo acompanhamento no campo e pela disponibilidade demonstrada para visitas futuras.

À Dona Irene Lopes do laboratório de preparação de amostras do Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território, pela sua ajuda na elaboração de material para o estudo.

Ao Professor Doutor Frederico Sodré-Borges pela ajuda na identificação e classificação de minerais.

A todos os meus amigos e companheiros de curso um muito obrigado por todo o apoio, em especial ao meu ano, à Marta Soares, Joana Fernandes, Carolina Delgado e ao Pedro Azevedo por toda a ajuda e companheirismo ao longo do meu percurso académico.

E finalmente aos meus irmãos, Diana e José Carlos, à minha avó, Maria Teresa, e tia avó, Maria Filomena, um muito obrigado por estarem sempre presentes e pelo acompanhamento ao longo desta jornada, e um agradecimento especial ao Celso Costa, que sem o qual não teria chegado até aqui.

Resumo

Este trabalho teve como principal objetivo o estudo das mineralizações auríferas de Jales, Gralheira e Raiz do Monte assim como a caracterização das sequências paragenéticas e a caracterização dos diferentes litótipos que controlam as mineralizações auríferas e ainda o estudo comparativo das mineralizações dos diferentes setores, tendo em conta as sequências paragenéticas e os controlos das mineralizações. Desta forma, serão estudadas as minas de Au de Jales e Gralheira, integradas no Distrito Mineiro de Jales e ainda o setor Raiz do Monte. Os trabalhos efetuados assentaram na análise de amostras provenientes de testemunhos de sondagens e de amostras colhidas no campo dos três setores, baseando-se na caracterização e descrição macroscópica das amostras, no estudo petrográfico e metalográfico, complementado com o estudo ao Microscópio Eletrónico de Varrimento (MEV) e o estudo em Catodoluminescência (CL).

O estudo ao MEV e em CL foram fundamentais para a visualização de aspetos não observáveis ao microscópio ótico, nomeadamente na identificação de alguns minerais e de determinadas características destes, como minerais que apresentem um comportamento discreto e não sejam facilmente observados/identificados ao microscópio ótico, e ainda informações para compreensão da sua génese. Através destas duas técnicas foi possível identificar novas espécies minerais como pentlandite, xenótima-Y, monazite-Ce. O estudo em catodoluminescência apoia a hipótese de existência da circulação de fluidos hidrotermais em granitos e aplito-pegmatitos, uma vez que foram observados filões de quartzo hidrotermal a cortar o granito e aplito-pegmatitos.

Este trabalho, contribuiu para a compreensão acerca deste tipo de jazigos, nomeadamente no que respeita à sua génese e paragéneses mineral, sendo proposto um quadro paragenético atualizado para o jazigo da Gralheira. Neste jazigo pode observar-se pelo menos quatro estádios de mineralização principais e um outro estágio de remobilização, onde se faz referência a minerais encontrados pela primeira vez neste trabalho e ainda minerais, identificados anteriormente, foram integrados noutras paragéneses.

Foi também observada mineralização na rocha encaixante, que pode ter resultado do metamorfismo que ocorreu na região e fez com que os metais dos filões tenham migrado para os metassedimentos e aplito-pegmatitos, a mineralização aparenta estar condicionada principalmente por controlos estruturais, relacionados com a proximidade de uma zona de intenso cisalhamento, que terá sido resultado da deformação Varisca

que atuou na região. Nos três setores parece existir um importante controlo estrutural, estando as mineralizações de Au-Ag associadas sobretudo a filões e filonetes que se terão instalado em zonas de cisalhamento. A mineralização observada na rocha encaixante, em metassedimentos (setor da Gralheira) e em aplito- pegmatitos (setor Jales e Raiz do Monte), junto ao contacto com os filões de quartzo mineralizado instalados em zonas de cisalhamento, resultou provavelmente de alteração hidrotermal.

Palavras Chave: Mineralizações Au-Ag, Controlos, Paragénese, Jales, Gralheira, Raiz do Monte.

Abstract

The main objective of this dissertation was the study of auriferous mineralizations from Jales, Gralheira and Raiz do Monte as well as the characterization of the paragenetic sequences and the characterization of the different lithotypes that control the auriferous mineralizations, and yet the comparative study of the mineralization of the different sectors taking into account the paragenetic sequences and the mineralization controls. In this way, the Au mines of Jales and Gralheira, integrated in the Mining District of Jales and also the Raiz do Monte sector will be studied. The work carried out was based on the analysis of samples from drill cores and samples collected in the field of the three sectors, based on the characterization and macroscopic description of the samples, in the petrographic and metallographic study, complemented with the Scanning Electron Microscope (SEM) and the study in Cathodoluminescence (CL).

The SEM and CL studies were fundamental for the visualization of unobservable aspects of the optical microscope, namely the identification of some minerals and certain characteristics of these, such as minerals that exhibit a discrete behavior and are not easily observed / identified under the optical microscope, and also information to understand its genesis. Through these two techniques it was possible to identify new mineral species such as pentlandite, xenótima-Y, monazite-Ce. The study on cathodoluminescence supports the hypothesis of the existence of hydrothermal fluid circulation in granites and aplito- pegmatites, since hydrothermal quartz veins were observed cutting the granite and aplito-pegmatites.

This dissertation contributed to the understanding of this type of deposits, namely with regard to its genesis and mineral paragenesis, and an updated paragenetic sequence was proposed for the Gralheira deposit. In this deposit can be observed at least four stages of main mineralization and another stage of remobilization, where reference is made to minerals found for the first time in this work and also minerals, previously identified, were integrated in other paragéneses.

It was also observed mineralization in the embedding rock, which may have resulted from the metamorphism that occurred in the region and caused that the metals of the veins have migrated to the metasediments, granites and aplito-pegmatites, the mineralization appears to be conditioned mainly by structural controls, related to the proximity of an intense shear zone, that would have been the result of the Varisca deformation that acted in the region. In the three sectors, there seems to be an important structural control, with Au-Ag mineralizations being associated, in particular, with veins

installed in shear zones. The mineralization observed in the country rocks, namely in metasediments (Gralheira sector) and in aplite-pegmatites (Jales and Raiz do Monte sector), along the contact of mineralized quartz veins installed in shear zones, probably resulted from hydrothermal alteration.

Key-words: Au-Ag mineralizations, Controls, Paragenesis, Jales, Gralheira, Raiz do Monte.

Índice

Agradecimentos.....	v
Resumo	vii
Abstract	ix
Índice	xi
Índice de figuras	xii
Índice de tabelas.....	xvii
Índice de abreviaturas.....	xviii
 Capítulo I – Introdução.....	 1
1. Introdução	3
2. Objetivos do estudo.....	4
3. Mineralizações auríferas no norte de Portugal	4
4. Trabalhos anteriores	6
5. Métodos e técnicas de trabalho.....	7
5.1. Estudo petrográfico e metalográfico	10
5.2. Estudo em Catodoluminescência	11
5.3. Estudo em Microscopia Eletrónica de Varrimento	13
Capítulo II - Enquadramento Geral	15
1. Enquadramento Geográfico	17
2. Enquadramento geomorfológico.....	18
3. Enquadramento geológico estrutural.....	21
3.1. Deformação varisca	22
3.2. Litoestratigrafia.....	24
3.2.1. Autóctone ZCI	24
3.2.2. Parautóctone ZGTM.....	27
3.3. Metamorfismo	29
Capítulo III – Trabalho de campo	31
1. Setor da Gralheira.....	33
2. Setor de Raiz do Monte.....	35
Capítulo IV - Estudo petrográfico e metalográfico	39
1. O setor de Jales	41
1.1. Estudo de amostras de sondagens (superfície)	43
1.1.1. Descrição macroscópica das amostras	43
1.1.2. Estudo petrográfico e metalográfico	44
1.1.3. Conclusão do estudo petrográfico e metalográfico	47

2. O setor da Gralheira.....	49
2.1. Estudo de amostras de sondagens (galeria e superfície)	51
2.1.1. Descrição macroscópica das amostras	51
2.1.2. Estudo petrográfico e metalográfico	55
2.1.3. Conclusão do estudo petrográfico e metalográfico	69
3. O setor de Raiz do Monte.....	71
3.1. Estudo de amostras de sondagens (superfície)	72
3.1.1. Descrição macroscópica das amostras	72
3.1.2. Estudo petrográfico e metalográfico	73
3.1.3. Conclusão do estudo petrográfico e metalográfico	75
Capítulo V - Estudo ao Microscópio Eletrónico de Varrimento (MEV)	77
1.1. Conclusão do estudo ao MEV	97
Capítulo VI - Estudo em catodoluminescência (CL).....	99
1. Setor de Jales	101
2. Setor da Gralheira.....	103
3. Setor de Raiz do Monte.....	105
4. Conclusões do estudo em catodoluminescência	107
Capítulo VII – Discussão e Conclusão	109
Referências Bibliográficas.....	119
ANEXOS.....	133

Índice de figuras

Figura 1 - Distribuição de ocorrências de Sn, W e Au no norte de Portugal. 1: Pós-paleozoico; 2: granitos biotíticos pós- tectónicos; 3: granitos biotíticos tarditectónicos; 4: granitos de duas micas sintectónicos; 5: granitos biotíticos sintectónicos (Retirada de Noronha et al., 2013)	5
Figura 2 - Esquema com a explicação do nome dado a uma sondagem proveniente da Gralheira e respetiva amostra.	8
Figura 3 - Esquema com a explicação do nome dado a uma amostra proveniente da superfície do setor da Gralheira.	9
Figura 4 - Localização das Folhas 6-D (Vila Pouca de Aguiar) e 10-B (Vila Real) da Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000 (Teixeira et. al.,2014, modificado).....	17
Figura 5 - Unidades geológicas do Maciço Ibérico (Segundo: Ribeiro et al., 1979)	18
Figura 6 - Superfícies da Padrela e do Alvão (segundo Feio, 1951)	19
Figura 7 - Portela de divisão de águas na região de Vila Pouca de Aguiar (Feio, 1951)	20
Figura 8 - Localização dos três setores. Adaptado de: a) Carta Geológica de Portugal, à escala 1:200 000, folha 2; b) Folha 6D (Vila Pouca de Aguiar) e folha 10B (Vila Real) da Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000.	21
Figura 9 - Representação esquemática das características e cronologia das principais fases de deformação hercínicas, no setor setentrional da Península Ibérica (segundo Dias & Ribeiro, 1995).....	23

Figura 10 - Distribuição do Complexo Xisto-Grauváquico: Grupo do Douro e Grupo das Beiras (segundo Dias et al., 2006 in Cerejo, 2013)	24
Figura 11 - Sequência estratigráfica do Grupo do Douro. (segundo Dias et al., 2013)	26
Figura 12 - Sequência litoestratigráfica da região de as unidades parautoctones em Trás-os-Montes Ocidental: a) Domínio Estrutural de Três Minas – DETM; b) Domínio Estrutural de Carrazedo – DEC; c) Esboço cartográfico (Ribeiro, 1998; Noronha et al., 2011)	28
Figura 13 - Percurso PT do metamorfismo no setor oriental da falha Régua-Verin (segundo Ribeiro, 2000 in Ribeiro, et al., 2000)	30
Figura 14 - Trabalhos Romanos mineiros	33
Figura 15 - Vértice geodésico da Gralheira.....	34
Figura 16 - Nível silicioso no micaxisto	34
Figura 17 - a) Xisto com laminação, de cor amarelo esverdeado; b) Xistos com intercalações de quartzito em bancadas de aproximadamente 1cm; c) Massa de quartzo no xisto com cavidades de dissolução de sulfuretos	35
Figura 18 - Filão de quartzo com óxidos de ferro	36
Figura 19 - Micaxisto com níveis quartzosos boudinados	36
Figura 20 - a) Contacto do granito com o xisto; b) Sondagem RMS1303A; c) Afloramento de xisto muito silicioso com inúmeros filonetes de quartzo dobrados.....	37
Figura 21 - Amostra JSU01 - Filão de quartzo mineralizado	43
Figura 22 - Amostra JSU02 - Filão de quartzo mineralizado	43
Figura 23 - Lâmina JSU01 – Filão de quartzo mineralizado	44
Figura 24 - Microfotografias obtidas no microscópio ótico. Minerais em luz transmitida: a), b) Clorite vermicular (Chl) no filonete de quartzo, N// e Nx respetivamente; Minerais em luz refletida: c) Pirite (Py), esfalerite (Sp) e galena (Gn); d) Galena (Gn) a preencher fraturas da pirite (Py).....	44
Figura 25 - Microfotografias obtidas no microscópio ótico. Minerais em luz transmitida em N//: a) Clorite vermicular (Chl) dispersa no quartzo; b) Inclusões fluídas (IF) no filão de quartzo.....	45
Figura 26 - Lâmina JSU02A e JSU02B – Filão de quartzo mineralizado	45
Figura 27 - Microfotografias obtidas no microscópio ótico. Minerais em luz refletida em N//: a) Galena (Gn) e esfalerite (Sp) a preencher fraturas e cavidades da pirite (Py); b) Esfalerite (Sp) com exsoluções de calcopirite	45
Figura 28 - Microfotografias obtidas no microscópio ótico. a), b) Clorite (Chl) tardia a envolver a galena (Gn) numa fratura em luz natural N// e luz refletida respetivamente	46
Figura 29 - Filonete de quartzo (Qtz) euédrico com clorite vermicular (Chl) mineralizado com pirite (Py) e arsenopirite.	46
Figura 30 - Amostra GGU01 – Zona filoniana com vários preenchimentos de quartzo e sulfuretos	51
Figura 31 - Amostra GSU02 - Micaxisto.....	52
Figura 32 - Amostra GSU04 - Micaxisto.....	52
Figura 33 - Amostra GSU06 – Alternâncias micaxisto e quartzito	52
Figura 34 - Amostra GSU08 - Micaxisto com intercalações quartzíticas	52
Figura 35 - A mostra GSU12 – Massa de adulária.....	53
Figura 36 - Amostra GSU14 – Massa de quartzo no micaxisto	53
Figura 37 - Amostra GSU15 – Zona aplito-pegmatítica com filão de quartzo	53
Figura 38 - Amostra GSU16 – Filão de quartzo mineralizado	53
Figura 39 - Amostra GSU17 – Filão de quartzo mineralizado	54
Figura 40 - Amostra GG694 - Zona filoniana com vários preenchimentos de quartzo e sulfuretos	54

Figura 41 - Amostra GS695a – Nível silicioso no micaxisto	54
Figura 42 - Amostra GS695b – Micaxisto com níveis siliciosos.....	54
Figura 43 - Lâminas GGU01A e GGU01B – Zona filoniana com vários preenchimentos de quartzo e sulfuretos	55
Figura 44 - Microfotografias obtidas no microscópio ótico. Minerais em luz transmitida: a), b)Matriz do micaxisto com quartzo, turmalinas e moscovite, N// e Nx respetivamente	55
Figura 45 - Microfotografias obtidas no microscópio ótico. Minerais em luz refletida: a)Ouro argentífero em fratura da pirite (Py) e cristal de arsenopirite (Apy) euédrica a ser envolvido por pirite anédrica; b)Prata aurífera associado à galena (Gn) numa fratura da arsenopirite; c) Galena e arsenopirite; d) Prata aurífera associada a galena em fraturas da arsenopirite.	56
Figura 46 - Lâmina GSU02 – Micaxisto.....	57
Figura 47 - Microfotografias obtidas no microscópio ótico. a), b)Marcassite (Mrc) na matriz do micaxisto em Luz transmitida (N//) e luz refletida (N//) respetivamente; c), d)Andaluzite (And), biotite (Bt) e sericite (Ser)na matriz do micaxisto, luz transmitida em N// e Nx respetivamente.....	57
Figura 48 - Lâmina GSU04 – Micaxisto.....	58
Figura 49 - Microfotografias obtidas no microscópio ótico. Minerais em luz transmitida: a), b)Turmalinas (Tur), clorite (Chl), moscovite e marcassite em matriz do micaxisto em N// e Nx respetivamente; Minerais em luz refletida: c) marcassite (Mrc), pirite (Py) e óxidos de titânio na matriz do micaxisto, d)Pirrotite (Po) com cristal de arsenopirite (Apy) euédrico e com exsoluções de pentlandite (Pn).	58
Figura 50 - Lâmina GSU06 - Alternâncias micaxisto e quartzito.....	59
Figura 51 - Microfotografias obtidas no microscópio ótico. Luz transmitida: a), b)Contacto entre micaxisto e nível quartzítico N// e Nx respetivamente; c), d)Sericite (Ser) na matriz do micaxisto; e), d)Sombras de pressão na moscovite (Ms) em torno de um cristal de esfalerite (Sp) em N//, luz transmitida e luz refletida respetivamente	59
Figura 52 - Lâmina GSU08 – Micaxisto com intercalações quartzíticas	60
Figura 53 - Microfotografias obtidas no microscópio ótico. Minerais em luz transmitida: a), b)Granada (Grt) em N// e Nx respetivamente. Minerais em luz refletida: c), d)Pirrotite (Po) com calcopirite (Ccp) associada e com exsoluções de pentlandite (Pn) na matriz do micaxisto.	60
Figura 54 - Lâmina GSU12 – Massa de adulária	61
Figura 55- Microfotografias obtidas no microscópio ótico. a), b) Cristais de dolomite (Dol) em ponta de lança na massa de adulária (Ad) e calcite (Cal) posterior à dolomite em luz transmitida (N//) e luz refletida respetivamente onde nesta última se observa pirite (Py) associada à dolomite; c), d)Clorite vermicular (Chl) dispersa na massa de adulária, em luz transmitida, N// e Nx respetivamente	61
Figura 56 - Lâmina GSU14 - Massa de quartzo no micaxisto	62
Figura 57- Microfotografias obtidas no microscópio ótico. Minerais em luz transmitida: a), b)Clorite vermicular (Chl) e adulária em N// e NX respetivamente. Minerais em luz refletida: c) Pirite framboidal na matriz do micaxisto; d)Pirite (Py) no contacto com a adulária.....	62
Figura 58 - Lâmina GSU15 - Zona aplito- pegmatítica com filão de quartzo.....	63
Figura 59 - Microfotografias obtidas no microscópio ótico. Minerais em luz refletida: a)Galena (Gn) a remobilizar mineral Au-Ag em cavidade da pirite (Py); b)Cristal de arsenopirite (Apy) com galena a preencher fraturas deste; c)Pirite, galena, arsenopirite e calcopirite (Ccp) a rodear a esfalerite (Sp); d)Mineral Au-Ag em fratura da arsenopirite	63
Figura 60 - Lâmina GSU16A e GSU16B – Filão de quartzo mineralizado.....	64

Figura 61 - Microfotografias obtidas no microscópio ótico. Minerais em luz refletida: a)Galena (Gn) com arrancamentos triangulares em contacto com esfalerite (Sp) e arsenopirite (Apy); b)Esfalerite no quartzo e galena tardia a corroer cristais euédricos de arsenopirite; c)Freibergite (Frb) a ser rodeada por calcopirite (Ccp) na galena; d)Esfalerite e pirite (Py).	64
Figura 62 - Lâmina GSU17 – Filão de quartzo mineralizado	65
Figura 63 - Microfotografias obtidas no microscópio ótico. Minerais em luz refletida: a)Galena (Gn) com arrancamentos triangulares e pirrotite (Po); b)Esfalerite (Sp) com exsoluções de pirrotite orientadas pelas clivagens; c)Esfalerite e cristais de arsenopirite (Apy) euédrica a ser substituídos por galena, esfalerite e calcopirite (Ccp); d)Marcassite (Mrc) em crista de galo a penetrar a galena e esfalerite	65
Figura 64 - Lâmina GG694 - Zona filoniana com vários preenchimentos de quartzo e sulfuretos	66
Figura 65 - Microfotografias obtidas no microscópio ótico. Minerais em luz refletida: a)Galena (Gn) com arrancamentos triangulares a preencher fraturas da pirite (Py); b), c)Mineral Au-Ag disperso na rocha encaixante; Minerais em luz transmitida: d)Micaxisto com minerais de Au-Ag disperso na matriz	66
Figura 66 - Lâmina GS695A – Nível silicioso no micaxisto.....	67
Figura 67 - Microfotografia obtida no microscópio ótico: a), b) Biotite entre os grãos de quartzo, em luz transmitida N// e Nx respetivamente	67
Figura 68 - Lâmina GS695B – Micaxisto com níveis siliciosos	67
Figura 69 - Microfotografia obtida no microscópio ótico: a), b)Alternâncias de micas, quartzo e andaluzite, em luz transmitida N// e Nx respetivamente	67
Figura 70 - Microfotografia obtida no microscópio ótico: a), b)Andaluzite (And) e biotite (Bt) em luz transmitida N// e Nx respetivamente	68
Figura 71 - Mapa da cartografia realizada em Raiz do Monte (Retirado de: Albuquerque, 2014)	71
Figura 72 - Amostra RSU01 – Zona filoniana no granito	72
Figura 73 - Lâmina RMSU01A e RMSU01B - Zona filoniana no granito.....	73
Figura 74 - Microfotografias obtidas no microscópio ótico. Minerais em luz transmitida: a), b)Turmalina (Tur) no aplito-pegmatito em N// e Nx respetivamente, c), d)Microclina (Mc) em N// e Nx respetivamente.....	73
Figura 75 - Microfotografias obtidas no microscópio ótico. Minerais em luz refletida: a)Esfalerite (Sp) com exsoluções de calcopirite (Ccp) e calcopirite dispersas na matriz do aplito-pegmatítico, b)Óxidos de Titânio (Ti) inclusos na clorite; Minerais em luz transmitida: c), d)Turmalina e apatite (Ap) no aplito-pegmatito em N// e Nx respetivamente, e), f)Apatites na matriz do aplito-pegmatito em N// e Nx respetivamente	74
Figura 76 - Microfotografia, espectro e análise semiquantitativas da análise ao MEV. O espectro corresponde a electrum ou prata aurífera a ser remobilizado pela galena (Gn) em fratura da arsenopirite (Apy).....	79
Figura 77 - Microfotografia, espectro e análise semiquantitativas, da análise ao MEV, da galena. A galena encontra-se a remobilizar a prata aurífera presente na arsenopirite (Apy).	80
Figura 78 - Microfotografia, espectro e análise semiquantitativas, da análise ao MEV, da prata aurífera. Prata aurífera na arsenopirite (Apy) e na pirite (Py), a esfalerite (Sp) encontra-se inclusa na arsenopirite e a galena (Gn) em cavidades da pirite.....	80
Figura 79 - Microfotografia, espectro e análise semiquantitativas, da análise ao MEV, do ouro argéntífero. O ouro argéntífero encontra-se na pirite (Py).	81

Figura 80 - Microfotografia, espectro e análise semiquantitativas, da análise ao MEV, da freibergite. A freibergite encontra-se na galena (Gn) e a galena mais tardia a corroer a pirite (Py).	81
Figura 81 - Microfotografia, espectro e análise semiquantitativas, da análise ao MEV, da freibergite.	82
Figura 82 - Microfotografia, espectro e análise semiquantitativas, da análise ao MEV, da prata aurífera. Prata aurífera a ser remobilizada da arsenopirite (Apy) pela galena (Gn).	82
Figura 83 - Microfotografia, espectro e análise semiquantitativas, da análise ao MEV, da calcopirite. Calcopirite na pirrotite (Po).	83
Figura 84 - Microfotografia e espectro, da análise ao MEV, da monazite- Ce. A monazite-Ce encontra-se na pirrotite (Po).	83
Figura 85 - Microfotografia, espectro e análise semiquantitativas, da análise ao MEV, da pentlandite.	84
Figura 86 - Microfotografia, espectro e análise semiquantitativas, da análise ao MEV, da xenótima- Y. Xenótima na pirrotite (Po).	84
Figura 87 - Microfotografia, espectro e análise semiquantitativas, da análise ao MEV, da calcopirite. A calcopirite a envolver a pirrotite (Po).	85
Figura 88 - Microfotografia, espectro e análise semiquantitativas, da análise ao MEV, da pentlandite.	85
Figura 89 - Microfotografias obtida no MEV, Z1) Calcite tardia, Z2, Z3 e Z4) Zonamentos da dolomite em ponta de lança, Z5) Adulária	86
Figura 90 - Espetro Z1, da análise ao MEV, que representa a calcite com algum Mn.	87
Figura 91 - Espetro Z2 da análise ao MEV, que representa a dolomite com mais Fe e pouco Mg e Mn relativamente ao Z3 e Z4	87
Figura 92 - Espetro Z4, obtido no MEV, da dolomite com menor teor em Fe e maior teor em Mn em relação a Z2 e Z3	87
Figura 93 - Espetro Z3, da análise ao MEV, da dolomite com menor teor em Fe e um aumento do Mg e do Mn relativamente a Z2	87
Figura 94 - Espetro e análise semiquantitativa, da análise ao MEV, da adulária	88
Figura 95 - Microfotografia de Z1 e Z2, espectro e análise semiquantitativas de Z1, da análise ao MEV, Z1 corresponde a um óxido de titânio e Z2 a xenotima- Y	89
Figura 96 - Espetro e análise semiquantitativas de Z2, da análise ao MEV, Z2 corresponde à xenotima- Y	90
Figura 97 - Microfotografia de Z1, Z2, Z3, Z4 e espectro e análise semiquantitativas de Z3, da análise ao MEV, Z1 corresponde a um óxido de titânio e Z2 a xenotima- Y, Z3 a uma monazite- Ce e Z4 a uma xenotima- Y	91
Figura 98 - Espetro e análise semiquantitativas de Z4, da análise ao MEV, corresponde a uma xenotima- Y	91
Figura 99 - Microfotografia e espectro de Z6 e Z7, da análise ao MEV, Z6 corresponde a uma xenotima- Y com Th e U e Z7 a xenotima- Y	92
Figura 100 - Microfotografia e respetivo espectro de Z8, da análise ao MEV, Z8 corresponde à cassiterite	92
Figura 101 - Microfotografia, espectro e análise semiquantitativas, da análise ao MEV, da prata aurífera a ser remobilizada pela galena (Gn) em fraturas da arsenopirite (Apy)	93
Figura 102 - Microfotografia, espectro e análise semiquantitativas, da análise ao MEV, da prata aurífera a ser remobilizada pela galena (Gn) em fraturas da arsenopirite (Apy)	94

Figura 103 - Microfotografia de Z3 e Z4, espectro e análise semiquantitativas de Z3, da análise ao MEV, da prata aurífera na pirite (Py) no contacto com a arsenopirite (Apy).	94
Figura 104 - Espectro e análise semiquantitativas de Z4, da análise ao MEV, da prata aurífera na pirite.	95
Figura 105 - Microfotografia, espectro e análise semiquantitativas de Z5, da análise ao MEV, da prata aurífera na pirite (Py).	95
Figura 106 - Microfotografia, espectro e análise semiquantitativas de Z6, da análise ao MEV, da prata aurífera na pirite (Py) no contacto com a arsenopirite (Apy).	96
Figura 107 - Microfotografia em catodoluminescência de um veio de quartzo pegmatítico (Qtz) com apatites (Ap) a cortar o feldspato (Fsp) caulinizado não luminescente: a) Em catodoluminescência (N//); b) Em luz natural (N//). Tempo de exposição de 8,02s para ambas as imagens	101
Figura 108 - Microfotografias em catodoluminescência: a) Apatites (Ap) dispersas no filão de quartzo e apatite zonada. Tempo de exposição de 6,41s 10x; b) Apatites de assinatura magmática dispersas no feldspato (Fsp) de cor de luminescência azul . Tempo de exposição 5,51s	101
Figura 109 - Microfotografias: Minerais em catodoluminescência: a) Calcite (Cal) com zonamento; Minerais em luz transmitida N//: b) Calcite. Tempo de exposição: 10s	103
Figura 110 - Microfotografias. a), b) Calcite (Cal) e dolomite (Dol) com zonamento, imagem em CL e luz transmitida N// respetivamente. Tempo de exposição: 1,67s	104
Figura 111 - Microfotografias. a), b) Calcite (Cal) com recristalização, dolomite (Dol) em ponta de sela e adulária (Ad) sem luminescência, imagem em CL e luz transmitida N// respetivamente. Tempo de exposição: 3,03s	104
Figura 112 - Microfotografias: a), b) Feldspato (Fsp) caulinizado de cor de luminescência azul e apatites (Ap) de assinatura magmática de cor amarela associadas às micas (moscovite) (Ms) em CL e Luz transmitida N// respetivamente. Tempo de exposição: 37,2s	105
Figura 113 - Microfotografia: a), b) Alteração da apatite amarela (assinatura magmática) para apatite com luminescência rosa (terras raras) em CL e luz transmitida N// respetivamente. Tempo de exposição: 1,86s	105
Figura 114 - Microfotografia: a), b) Duas gerações de quartzo, o azul (Qz1) de assinatura pegmatítica e um quartzo vermelho acastanhado (Qz2) de assinatura hidrotermal em CL e luz transmitida N// respetivamente. Tempo de exposição: 4,93s	106
Figura 115 - Microfotografia em CL: a) Apatite de assinatura magmática. Tempo de exposição: 0,82s 5x , b) Apatites de assinatura magmática com zonamento. Tempo de exposição: 0,36s	106

Índice de tabelas

Tabela 1 - Representação das amostras de cada setor	11
Tabela 2 - Representação das amostras colhidas no trabalho de campo	11
Tabela 3 - Quadro da sequência paragenética dos filões de Jales. Retirado de: Neiva & Neiva, 1990	41
Tabela 4 - Nome da sondagem, respetiva amostra e lâmina e a que profundidade corresponde a amostra. Amostras provenientes de sondagens do setor de Jales	43
Tabela 5 - Quadro da sequência paragenética dos filões da Gralheira. Retirado de: Neiva, 1994	49
Tabela 6 - Quadro paragenético de Campo e Gralheira. Retirado de: Rosa & Romberger, 2003	50

Tabela 7 - Nome da sondagem, respetiva amostra e lâmina e a que profundidade corresponde a amostra. Amostras provenientes de sondagens do setor da Gralheira	51
Tabela 8 - Nome da amostra e respetiva lâmina. Amostras colhidas no trabalho de campo provenientes do setor da Gralheira	51
Tabela 9 - Nome da sondagem, respetiva amostra e lâmina e a que profundidade corresponde a amostra. Amostras provenientes de sondagens do setor Raiz do Monte	72
Tabela 10 - Análise semiquantitativas da calcite e dos vários zonamentos da dolomite em ponta de lança onde mostra as variações dos teores de Fe, Mn e Mg dos diferentes pontos	86
Tabela 11 - Valores de % atómica (at) e % peso (wt) de Au e Ag, à classificação do mineral, minerais associados e ainda ao grau de fineza do ouro	98
Tabela 12 - Proposta de quadro paragenético para o setor da Gralheira. Adaptado de: Neiva (1994) e Rosa & Romberger (2003)	115

Índice de abreviaturas

CL - Catodoluminescência

CMP – Complexos de Mantos Parautóctones

CPTM – Carreamento Principal Superior de Trás- os- Montes

CVF - Carreamento de Palheiros – Vila Flor

CXG - Complexo Xisto – Grauváquico

DEC – Domínio Estrutural Carrazedo

DETM – Domínio Estrutural Três Minas

DPI – Domínio Parautóctone Inferior

DPS - Domínio Parautóctone Superior

Fm - Formação

FPRV – Falha Penacova- Régua- Verín

IF – Inclusões fluídas

MEV - Microscópio Eletrónico de Varrimento

RVPA – Região de Vila Pouca de Aguiar

VPA – Vila Pouca de Aguiar

ZCI – Zona Centro Ibérica

ZFPRV – Zona de Falha Penacova- Régua- Verín

ZGTM – Zona Galiza Trás- os- Montes

As abreviaturas dos minerais são de acordo com o trabalho de Jaakko Siivola & Rolf Schmid, 2007.

Capítulo I – Introdução

1. Introdução

A presente Dissertação de título “Mineralizações auríferas de Jales, Gralheira e Raiz do Monte: estudo mineralógico e paragenético” enquadra-se no segundo ano do Mestrado em Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, incluída no plano curricular 2017/2018, sendo orientada pela Doutora Maria Helena Macedo Couto com a coorientação do Doutor Paulo José de Vítor Ferraz.

O aproveitamento dos recursos minerais terá começado com os nossos antepassados mais antigos no Paleolítico ou Idade da Pedra. O início da utilização destes recursos pelo Homem proporcionou um grande salto na sua evolução e diferenciação em relação aos restantes seres vivos. Tudo o que nos rodeia resultou da exploração dos recursos disponibilizados pelo nosso planeta estando o nosso nível de desenvolvimento tecnológico, ao longo do tempo e da evolução da Humanidade, diretamente relacionado com a capacidade de explorar estes mesmos recursos.

A atividade mineira na zona dos três setores, e em Portugal Continental, remonta à época Romana onde foi realizada extração mineira de ouro e de prata, marcando assim uma das etapas mais importantes na história da exploração de recursos minerais do nosso país.

O presente trabalho debruça-se principalmente sobre o estudo das mineralizações auríferas e respetivas paragéneses de três setores, Jales, Gralheira e Raiz do Monte, localizados no concelho de Vila Pouca de Aguiar, Distrito de Vila Real. Neste trabalho serão estudadas com pormenor amostras dos três setores, provenientes de testemunhos de sondagens e de amostras colhidas no campo. Os testemunhos foram cedidos pela empresa A.M. Almada Mining - SA, a qual realizou várias sondagens nesta área. Esta campanha de sondagens, realizada em 2014, foi acompanhada por Hélder Albuquerque no âmbito do seu estágio curricular do Mestrado em Geologia. Neste trabalho será feito um estudo mais pormenorizado da mineralogia e paragéneses dos três setores.

2. Objetivos do estudo

Existem vestígios de explorações antigas para minérios metálicos na região de Vila Pouca de Aguiar. Revela-se importante estudar as mineralizações auríferas e as sequências paragenéticas de Jales, Gralheira e Raiz do Monte.

Para o presente estudo definiram-se como objetivos principais:

- ✓ Fazer um estudo das mineralizações auríferas caracterizando as sequências paragenéticas de Jales, Gralheira e Raiz do Monte;
- ✓ Caracterizar do ponto de vista petrográfico os diferentes litótipos que controlam as mineralizações auríferas;
- ✓ Estudo comparativo das mineralizações dos diferentes setores, tendo em conta as sequências paragenéticas e os controlos das mineralizações.

3. Mineralizações auríferas no norte de Portugal

As explorações de ouro, em Portugal, remontam aos Romanos que realizaram extração mineira de ouro e de prata na Península Ibérica, marcando assim uma das etapas mais importantes na história da exploração de recursos minerais do nosso território.

Apesar de se concentrarem mais no Norte e Centro de Portugal, existem inúmeras ocorrências de ouro espalhadas pelo país. No Norte predominam os jazigos primários, do tipo filoniano e no Centro, a norte do Tejo, os secundários, do tipo aluvionares (Carvalho, 1978).

As mineralizações auríferas primárias são essencialmente do tipo filoniano, onde a ganga pode ser quartzosa ou mais complexa, isto é, o quartzo associa-se a rochas preexistentes, de natureza aplito- pegmatítica, originando filões de aspeto zonados. No entanto, é de referir o caso particular de Três- Minas, onde a estrutura mineralizada ocorre nos níveis de rochas metassedimentares com forte silicificação (Noronha & Ramos, 1993).

As mineralizações no norte de Portugal são alvo de estudos por parte de vários autores ao longo de vários anos, embora a associação espacial com as rochas graníticas seja reconhecida em diversos trabalhos, (Thadeu, 1977; Almeida & Noronha, 1988; Couto, 1993; Noronha & Ramos, 1993, Couto *et al.*, 2007) que consideram que as mineralizações são de idade varisca e estão relacionadas com a instalação de granitos variscos, é considerada também a intervenção de fluidos hidrotermais. Neiva & Neiva (1990) e Neiva (1992) sugerem uma relação genética das mineralizações auríferas de Jales com fluidos hidrotermais que resultaram do processo de diferenciação fracionada de granitos de duas micas.

A distribuição das mineralizações não é aleatória encontrando-se distribuída, na maior parte dos casos, segundo alinhamentos paralelos aos da estruturação varisca e aos maciços de rochas granitoides e associadas a zonas de cisalhamento apresentando evidências de terem sido afetadas por vários períodos de deformação. Nalguns casos o regime de deformação variou de dúctil- frágil a frágil e o essencial do seu preenchimento é posterior a D3 (Noronha & Ramos, 1993; Noronha *et al.*, 2013).

Como podemos observar na figura 1, grande parte das mineralizações encontram-se segundo as zonas de cisalhamento do Sulco Carbonífero Dúrico-Beirão, de Vigo-Régua-Penedono, da Peneda-Borralha-Gralheira e a zona de Vivero- Ifanes e não deixando de parte a existência de outros alinhamentos importantes como a falha Penacova- Régua- Verín e a falha da Vilariça. Estas mineralizações ocorrem em diferentes contextos geológicos, em granitos biotíticos tardi a pós-tectónicos, granitos de duas micas sin- tectónicos e determinadas rochas metassedimentares do Paleozóico inferior. (Noronha & Ramos, 1993; Couto, 1993; Noronha *et al.*, 2013).

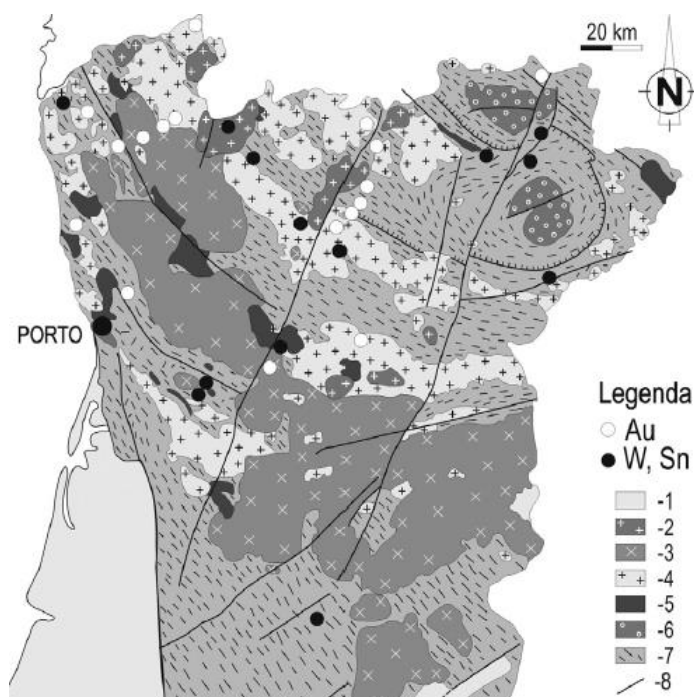


Figura 1 - Distribuição de ocorrências de Sn, W e Au no norte de Portugal. 1: Pós-paleozoico; 2: granitos biotíticos pós- tectónicos; 3: granitos biotíticos tarditectónicos; 4: granitos de duas micas sintectónicos; 5: granitos biotíticos sintectónicos (Retirada de Noronha *et al.*, 2013)

A mina de Jales situada na região de Vila Pouca de Aguiar (Trás- os -Montes) foi explorada desde o tempo dos romanos até fins de 1992. Foram explorados dois filões o Campo e Desvio que correspondem a filões hidrotermais de quartzo. Este jazigo aurífero corresponde ao jazigo mais produtivo em Portugal, encerrou em 1992, e cuja produção foi de 25t de ouro desde 1933 (Neiva & Neiva, 1990). Em segundo lugar surge o distrito

Dúrico-Beirão, tendo produzido cerca de 12000t de antimónio e 5,6t de ouro (Couto *et al.*, 1990, Couto, 2002).

4. Trabalhos anteriores

A região de Vila Pouca de Aguiar tem sido alvo de vários estudos geológicos em diferentes âmbitos, nomeadamente na tectónica, metamorfismo, geomorfologia, recursos geológicos, essencialmente estudos de testemunhos de sondagens, geoquímica, geofísica, petrologia, hidrogeologia.

A importância mineira desta região é conhecida desde o tempo dos Fenícios e dos Romanos que realizaram extração mineira de ouro e de prata na Península Ibérica durante cerca de 450 anos (Harrison, 1931 *in* Ribeiro, 1998).

Salienta-se um trabalho sobre mineralizações realizado por Brink, 1960 na região de Vila Pouca de Aguiar.

A caracterização da sequência litoestratigráfica realizada por Ribeiro em 1974, contribuiu sobretudo para a estruturação dos vários domínios de Trás-os-Montes oriental, distinguindo os terrenos autóctones, parautoctones e alóctones.

Estudos no domínio da litogeoquímica das unidades metassedimentares foram realizados por (Ribeiro *et al.* 1993, 1995, 1996, 1997, 2000; Ribeiro, 1998).

No maciço granítico de Vila Pouca de Aguiar foram desenvolvidos diversos trabalhos sobre, geologia, caracterização petrográfica, evolução geoquímica por Martins, 1989; Martins & Noronha, 1991; Martins *et al.*, 1997; Martins, 1998 e Martins *et al.*, 2012 e características do "fabric" magnético e mineralógico também no granito de Vila Pouca de Aguiar realizadas por Sant'Ovaia, 1993; Sant'Ovaia *et al.*, 1995; Sant'Ovaia *et al.* 1997 e Sant'Ovaia & Noronha, 1998.

Têm sido publicados vários trabalhos relacionados com a área das minas de Jales e Gralheira, (Cotelo Neiva & Neiva 1990; Neiva & Gomes, 1991; Neiva, 1992; Neiva *et al.*, 1995; Rosa & Romberger 2003; Neiva *et al.*, 2007; Neiva & Cotelo Neiva, 2010; Farinha Ramos, 1983; Noronha *et al.*, 1993, Noronha *et al.* 1995), nomeadamente sobre os filões de quartzo auríferos de Jales e Gralheira e rochas graníticas associadas (Neiva *et al.*, 1990; Neiva, 1994, Neiva, 2002). E ainda o trabalho de Lancaster em 1966 sobre as minas de Jales.

Diversos trabalhos de síntese sobre mineralizações auríferas portuguesas e/ou do Maciço Ibérico foram realizados por (Carvalho, 1978; Cerveira 1952; Thadeu 1977; Noronha & Ramos 1993).

A publicação de Lang & Backer 2001 sobre de jazigos de ouro relacionados com a intrusão e a génese destes jazigos, onde apresentam um mapa com a localização dos maiores sistemas auríferos mundiais relacionados com a intrusão e províncias plutónicas, onde Jales está incluído.

Os trabalhos acerca da neotectónica e geomorfologia, associados à falha Régua-Verin, na região Vila Pouca de Aguiar – Pedras Salgadas – Vidago foram realizados por Feio, 1951, Cabral J. 1995, Baptista, 1998, Ribeiro 2004; Ferreira, 2004; Cabral & Ribeiro, 1989 *in* Sant’Ovaia *et al.*, 2011.

5. Métodos e técnicas de trabalho

Para a caracterização das mineralizações dos três setores, foram seguidos os métodos padrão de laboratório de Geologia para produção das lâminas polidas a partir das amostras colhidas. Treze destas amostras, provenientes de 6 sondagens, foram cedidas pelo Consórcio AM. – Almada Mining, S.A. e EDM – Empresa de Desenvolvimento Mineiro, S.A. no âmbito do estágio curricular do Mestrado em Geologia de Hélder Albuquerque realizado em 2013/ 2014, enquanto que as três restantes resultaram do trabalho de campo realizado nos setores de Gralheira e Raiz do Monte.

Hélder Albuquerque durante o seu estágio curricular, acompanhou a campanha de sondagens realizada pelas empresas Almada Mining e EDM nos três setores, onde foram realizados diversos trabalhos de prospeção e pesquisa. Numa primeira fase foi realizada uma amostragem pontual, executada em afloramentos, tendo sido colhidas amostras de rocha, em zonas potencialmente mineralizadas. De seguida recorreu-se a uma análise química, num laboratório certificado, dos elementos presentes nas amostras. Tendo obtido resultados favoráveis recorreram à amostragem em canal que corresponde a uma técnica mais rigorosa. Após reconhecimento de uma estrutura à superfície, foi necessário verificar a continuidade da mesma em profundidade.

Uma vez que os resultados da amostragem em canal foram positivos, realizaram sondagens à rotação com recolha de testemunho, que permitiu visualizar e confirmar, em profundidade o tipo de rocha presente, a existência das estruturas previstas, de novas estruturas não visíveis à superfície e ainda colheita de amostras para futuras análises. De seguida as caixas com os testemunhos foram alvo de uma análise técnica. Esta análise constou de duas fases, a primeira permitiu verificar se as metragens da sondagem estavam corretas e a segunda calcular a percentagem de recuperação (Albuquerque, 2014).

O método de escolha das amostras passou pela observação em campo no decorrer dos meses de estágio, pelas observações dos registos anteriores dos tipos de mineralização que ocorrem na zona e principalmente foi feita a tentativa de correlacionar as mineralizações com um determinado litótipo, tentando também fazer uma seleção de amostras representativas das diferentes litologias abrangidas pela zona de trabalhos (Albuquerque, 2014).

Os testemunhos utilizados neste estudo correspondem a sondagens efetuadas nos três setores em estudo, sendo elas: JS1309A, para o setor de Jales, GG1323A, GS1302A, GS1304B e GS1308A, para o setor da Gralheira e RMS1303A, para o setor de Raiz do Monte.

No setor da Gralheira, durante o trabalho de campo, foram colhidas 3 amostras para a elaboração de lâminas polidas para estudo, sendo elas: GG694, GS695A, GS695B.

A nomenclatura usada pela empresa para designar as sondagens é constituída por uma sigla composta duas letras, em que a primeira diz respeito à identificação do local e a segunda à localização da sondagem, se esta foi feita a partir da superfície ou da galeria. No caso de Raiz do Monte a primeira sigla é composta por três letras. Depois da sigla seguem-se dois números que dizem respeito ao ano de elaboração do furo e dois outros números e uma letra que dizem respeito ao número da sondagem seguindo uma sequência temporal de execução. Quanto à nomenclatura das amostras e respetivas lâminas polidas, provenientes das sondagens, foi utilizada a seguinte nomenclatura, a primeira sigla da sondagem seguida da letra “U”, que corresponde a universidade, e no final seguem dois últimos dígitos que correspondem ao número da amostra. Por vezes é necessário fazer mais que uma lâmina polida da mesma amostra, neste caso acrescenta-se uma letra no final por ordem alfabética.

Na figura seguinte apresenta-se um exemplo de nomenclatura de uma sondagem feita a partir da superfície no ano 2013 no setor da Gralheira e a respetiva amostra.

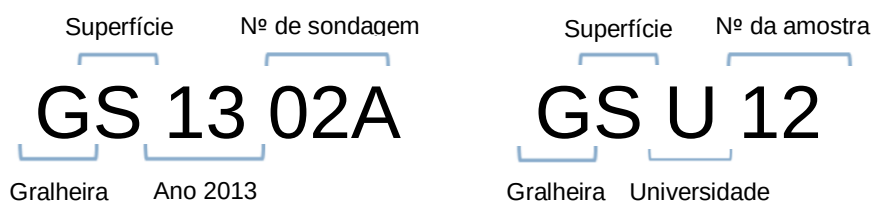
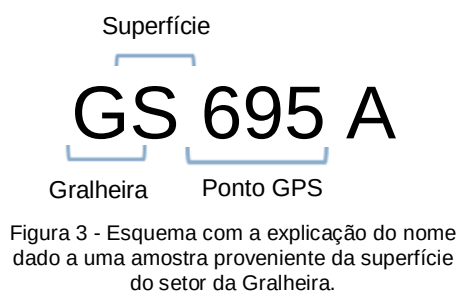


Figura 2 - Esquema com a explicação do nome dado a uma sondagem proveniente da Gralheira e respetiva amostra.

Quanto à nomenclatura utilizada para designar as amostras colhidas durante o trabalho de campo no setor da Gralheira, é constituída por uma sigla composta duas letras, em que a primeira diz respeito à identificação do local e a segunda à localização da amostra, se esta foi colhida à superfície ou na galeria, seguido à sigla colocou-se o ponto GPS tirado no local da colheita. Por vezes para amostras colhidas no mesmo ponto GPS colocou-se uma letra no final por ordem alfabética.

Na figura 3 apresenta-se um exemplo da primeira amostra colhida à superfície no setor da Gralheira no ponto GPS 695, e no final a letra A corresponde à primeira amostra colhida neste ponto GPS.



A primeira fase de trabalho consistiu na pesquisa bibliográfica, com consulta de artigos científicos, cartas geológicas e respetivas notícias explicativas, livros, Dissertações de Mestrado, Teses de Doutoramento entre outros.

Numa segunda fase recorreu-se à análise das amostras de mão, na visualização destas a olho nu e à lupa na tentativa de identificar as espécies minerais presentes, essencialmente sulfuretos, e seleção do material para elaboração de lâminas polidas para posterior estudo petrográfico, metalográfico, microscopia eletrónica de varrimento (MEV) e catodoluminescência (CL).

As lâminas polidas foram elaboradas no laboratório de realização de lâminas e superfícies polidas do Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território (DGAOT), pela assistente Maria Irene Lopes. Foram produzidas vinte lâminas polidas para este estudo, sendo que três delas pertencem ao setor de Jales, quinze ao setor da Gralheira e duas ao setor de Raiz do Monte.

O estudo petrográfico em luz transmitida e o estudo metalográfico em luz refletida correspondem a uma das etapas mais importantes e de modo a complementar este estudo recorreu-se a outras técnicas de microscopia, como o Microscópio Eletrónico de Varrimento (MEV) e a Catodoluminescência (CL).

O trabalho de campo, foi muito importante na medida em que permitiu contactar com o contexto geológico da área de estudo e consistiu, essencialmente, no reconhecimento

geológico, medições das diferentes estruturas recorrendo à bússola, obtenção de dados litológicos e estruturais relevantes e colheita de novas amostras para o estudo.

5.1. Estudo petrográfico e metalográfico

Foi realizado um estudo petrográfico em luz transmitida e o estudo metalográfico em luz refletida, das vinte lâminas polidas, utilizando para o efeito o Microscópio Petrográfico Nikon Eclipse E400 Pol, acoplado a uma máquina fotográfica permitindo deste modo obter fotografias devidamente identificadas e com inserção de escala, a partir de *software* especializado para o efeito (*AxioVision 3.1*).

Este método serviu para a observação microscópica das amostras em estudo que permitiu identificar os principais minerais constituintes da rocha. Além da identificação dos diferentes litótipos este método permitiu a possível reconstituição da sequência paragenética que é fundamental para entender os diferentes episódios que terão sido responsáveis pela ocorrência de mineralizações nos três setores em estudo.

Para a observação e identificação de minerais não metálicos foi utilizada a luz transmitida enquanto que para os minerais metálicos foi utilizada a luz refletida, contando com o auxílio dos livros “Atlas des Minéraux Métalliques” (Picot & Johan 1977) e “Optical Mineralogy” (Rogers & Kerr 1942).

Como já mencionado anteriormente foram selecionadas amostras provenientes de seis sondagens e de 3 amostras colhidas durante o trabalho de campo. No total foram realizadas vinte lâminas polidas em que três destas correspondem às sondagens ao setor de Jales, quinze correspondem do setor da Gralheira e duas correspondentes ao setor de Raiz do Monte. A partir da análise das tabelas 1 e 2 é possível observar as sondagens, amostras e o nome da respetiva lâmina.

Tabela 1 - Representação das amostras de cada setor

Setor	Sondagem	Amostra/Lâmina
Gralheira	GG1323A	GGU01A GGU01B
	GS1302A	GSU02 GSU04 GSU06 GSU08 GSU12 GSU14
	GS1308A	GSU15
	GS1304B	GSU16A GSU16B GSU17
Jales	JS1309A	JSU01 JSU02A JSU02B
Raiz do Monte	RMS1303A	RMSU01A RMSU01B

Tabela 2 - Representação das amostras colhidas no trabalho de campo

Setor	Amostra colhida no campo	Lâmina
Gralheira	GG694	GG694
	GS695A	GS695A
	GS695B	GS695B

5.2. Estudo em Catodoluminescência

A luminescência é um fenômeno comum em substâncias orgânicas e inorgânicas resultante do bombardeamento por um feixe de elétrons acelerados no vazio, em que esse feixe é produzido por um cátodo. Esta técnica consiste na excitação de elétrons para níveis mais elevados de energia, obtida por transferências de energia dentro da amostra, resultando na emissão de fótons nas zonas de luz visível, UV e IV do espectro eletromagnético quando os elétrons regressam aos seus níveis de energia mínima (Marfunin 1979; Machel *et al.* 1991 *in* Pagel *et al.*, 2000) e pode ser produzida por uma variedade de processos como: radioluminescência, eletroluminescência, termoluminescência, fotoluminescência e catodoluminescência (CL). Os três últimos fenômenos de luminescência são os mais usados no estudo dos minerais (Pagel *et al.*, 2000).

Uma pré-condição para haver luminescência, é a existência de ativadores. Estes ativadores podem ser intrínsecos se os centros de luminescência resultarem de defeitos na estrutura cristalina ou extrínsecos se se deverem a impurezas (Götze, 2002). Os ativadores extrínsecos podem ser classificados segundo a estrutura eletrónica como: iões metálicos de transição (Mn^{2+} , Cr^{3+} , Fe^{3+}); terras raras (REE); actínídeos; metais pesados (como Pb^{2+}) (Marfunin, 1979 *in* Götze *et al.*, 2013).

É possível registar luminescências com intensidades muito variáveis. Estas não são diretamente proporcionais ao teor do ativador. A aptidão para a luminescência depende da configuração eletrónica e de possíveis defeitos na estrutura cristalina (Monod-Herzen, 1966 *in* Couto, 2008; Marfunin, 1979 *in* Götze *et al.*, 2013).

A cor de luminescência emitida por um mineral está frequentemente associada à presença de elementos menores ou traço. O mesmo elemento pode apresentar espectros de CL diferentes consoante o mineral (Couto, 2008). É então necessário saber quais os elementos responsáveis pela luminescência. Para isso, recorre-se ao estudo de cristais sintéticos (ou dopados), nos quais esses elementos são conhecidos (Cesbron *et al.* 1993 *in* Couto, 2008). Faz-se então a comparação dos espectros obtidos com os espectros de cristais dopados. Nestes, os picos estão associados aos elementos ativadores (Mariano, 1989 *in* Couto, 2008) e procede-se à identificação dos elementos ativadores de luminescência (Blanc *et al.*, 2000).

Com esta técnica podemos obter informação sobre a estrutura real dos minerais e reconstrução dos processos envolvidos na formação e alteração subsequente destes. Pode-se ainda observar texturas internas, texturas de crescimento e de alteração que não são perceptíveis no microscópio ótico (Götze *et al.* 2012).

Deste modo, recorreu-se a esta técnica para uma possível identificação de carbonatos, fosfatos, silicatos e identificação de diferentes gerações de quartzo que poderiam estar presentes nas amostras.

A análise em CL foi realizada no Departamento de Geociências Ambiente e Ornamento do Território da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto utilizando o equipamento Lumic HC3-LM (CL a quente) com imagem e com um metalizador de amostras que no caso a metalização é feito com ouro.

5.3. Estudo em Microscopia Eletrónica de Varrimento

O estudo ao MEV foi aplicado às amostras cujas lâminas delgadas foram polidas, com o objetivo de identificar minerais acessórios e opacos, e esclarecer dúvidas que surgiram na análise petrográfica e metalográfica e em catodoluminescência. Foram selecionadas seis lâminas para este estudo, sendo todas elas do setor da Gralheira.

Esta análise foi realizada no Centro de Materiais da Universidade do Porto (CEMUP), onde as primeiras três lâminas foram observadas no Microscópio Eletrónico de Varrimento de alta resolução, com Microanálise por Raios X: JEOL JSM 6301F/ Oxford INCA Energy 350 enquanto que as restantes foram observadas no Microscópio Eletrónico de Varrimento ambiental, de alta resolução (Schottky), com Microanálise por Raios X e Análise de Padrões de Difração de Electrões Retrodondidos: Quanta 400FEG ESEM / EDAX Genesis X4M. As amostras foram revestidas com filme fino de Carbono, por atomização, utilizando o equipamento JEOL JEE – 4X Vacuum Evaporator.

Deste modo, utilizando um MEV/EDS, foi possível realizar uma análise semiquantitativa dos elementos presentes na amostra no ponto de incidência do feixe de eletrões. Esta análise fornece os resultados sobre a forma de espectros, permitindo assim a identificação dos diferentes minerais presentes nas amostras. As condições em que foram obtidas as imagens e os espectros encontram-se nas respetivas legendas.

Capítulo II - Enquadramento Geral

1. Enquadramento Geográfico

A área em estudo localiza-se no norte de Portugal Continental na freguesia de Vreia de Jales concelho de Vila Pouca de Aguiar e distrito de Vila Real (Fig. 4). A área da Gralheira faz parte da área abrangente pela Folha 6-D (Vila Pouca de Aguiar) da Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000 e respetiva Folha Topográfica nº 74 (Vila Pouca de Aguiar) da Carta Militar de Portugal, do Serviço Cartográfico do Exército à escala 1:25 000, enquanto que as áreas de Jales e Raiz do Monte encontram-se representadas na zona norte da área compreendida pela Folha 10-B (Vila Real) da Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000 e na Folha Topográfica nº 88 (Telões – Vila Pouca de Aguiar) da Carta Militar de Portugal, do Serviço Cartográfico do Exército à escala 1:25 000.

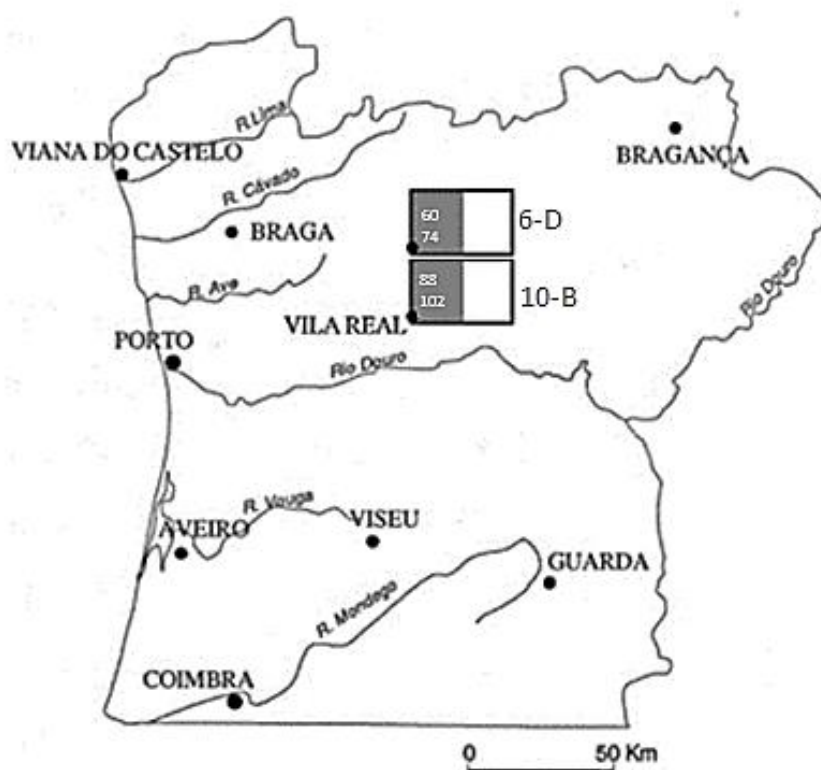


Figura 4 - Localização das Folhas 6-D (Vila Pouca de Aguiar) e 10-B (Vila Real) da Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000 (Teixeira et. al.,2014, modificado)

2. Enquadramento geomorfológico

A região em estudo integra-se no Maciço Ibérico caracterizado como sendo uma unidade morfoestrutural constituída por um extenso afloramento de rochas de idade Paleozóica que formam a estrutura central e ocidental da Península Ibérica. Esta unidade está dividida em seis zonas (Fig. 5), sendo elas de nordeste para sudoeste, a Zona Cantábrica, a Zona Astúrico-Occidental Leonesa, a Zona Galiza-Trás-os-Montes, a Zona Centro Ibérica, a Zona Ossa Morena e a Zona Sul Portuguesa segundo a zonografia estabelecida (Lotze 1945; Julivert *et al.* 1974; Ribeiro *et al.*, 1979).

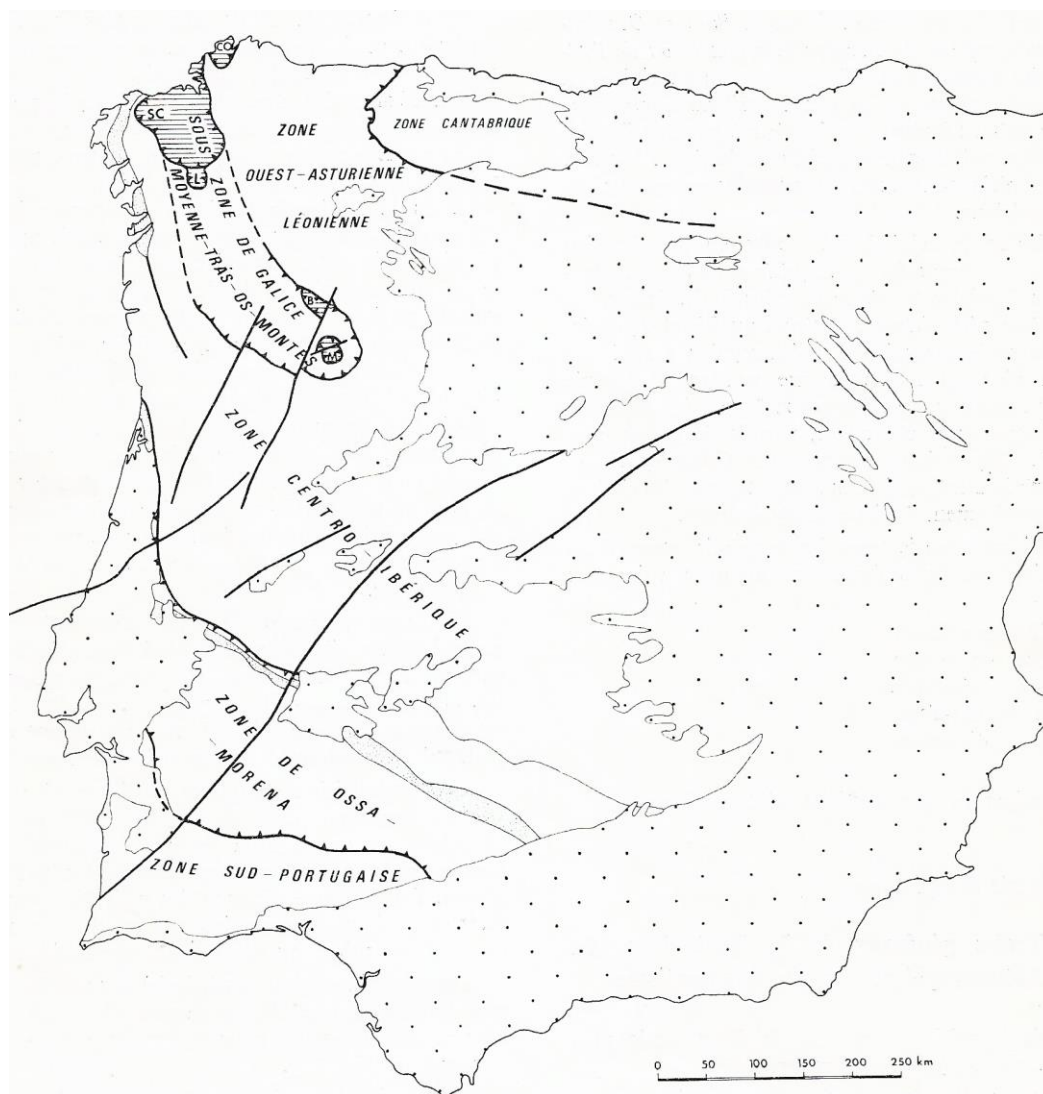


Figura 5 - Unidades geológicas do Maciço Ibérico (Segundo: Ribeiro *et al.*, 1979)

As diferentes litologias constituintes do Maciço Hespérico apresentam características distintas relativamente à dureza, promovendo diferentes reações do maciço à erosão e meteorização levando a que materiais mais resistentes, comparativamente aos encaixantes, formem relevos residuais. A Norte do rio Douro observa-se a Superfície Culminante da Meseta, que corresponde a uma série de regiões aplanadas, resultantes

de fenómenos erosivos que prevaleceram sobre a movimentação tectónica. (Ferreira, 2004; Cabral & Ribeiro, 1989 *in* Sant’Ovaia *et al.*, 2011; Cabral, 1995). Salientam-se os desligamentos esquerdos ao longo de falhas NNE-SSW que constituem os acidentes tectónicos de Penacova-Régua-Verín e de Bragança-Vilariça-Manteigas que tiveram um papel fundamental nas características geomorfológicas da região (Ribeiro, 2004).

A Zona de Falha Penacova-Régua- Verín representa uma grande influência no controlo das características do relevo, bacias hidrográficas e geomorfologia em geral. Este acidente tectónico, com direção NNE-SSW, levou a uma interrupção no planalto transmontano que por sua vez originou um vale de fratura de grandes dimensões, constituído por grabens onde se observam inúmeras bacias (Feio, 1951; Ferreira, 2004). São conservados sedimentos do Plistocénico, em depósitos de cobertura, na zona de falha e em falhas secundárias (Sant’Ovaia *et al.*, 2011).

Relativamente à Zona de falha Penacova-Régua- Verín, observa-se a E a superfície da Padrela e a O a superfície do Alvão, estas superfícies rondam os 900 e 1000 metros de altitude (Cabral, 1995; Feio, 1951).

A Bacia das Pedras Salgadas varia entre os 550 e os 600 metros e a Bacia de Telões varia entre os 660 e os 730 metros de altitude (Fig. 6), integrando a região de Vila Pouca de Aguiar (Feio, 1951).

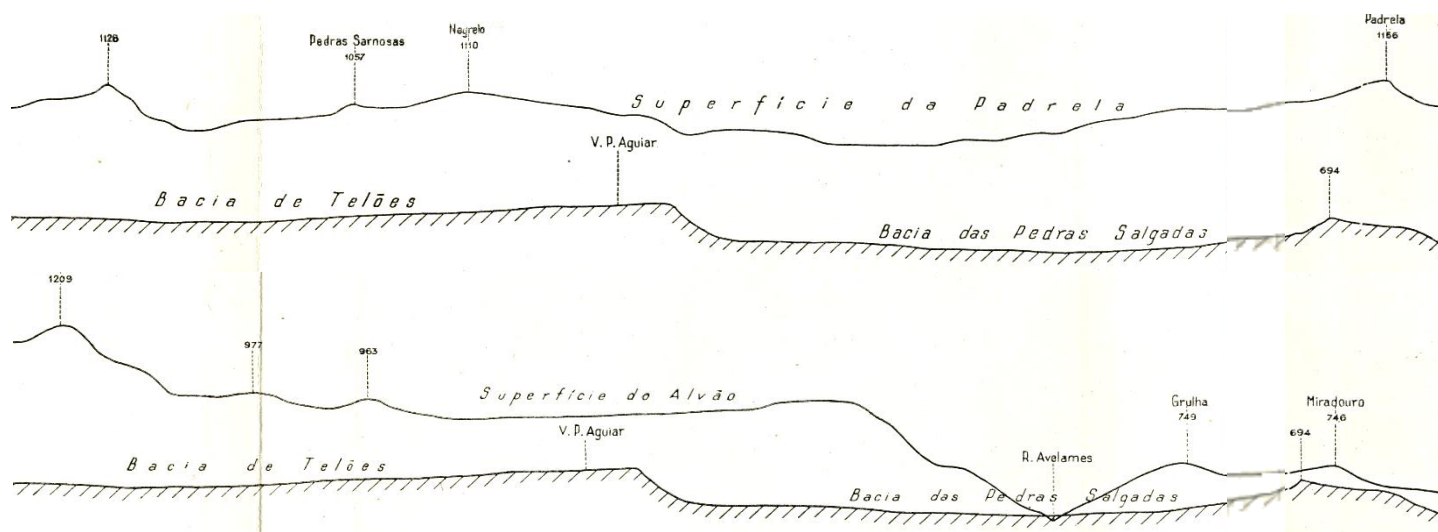


Figura 6 - Superfícies da Padrela e do Alvão (segundo Feio, 1951)

Quanto á organização do relevo relativamente á ZFPRV observam-se sucessivamente as seguintes bacias de Norte para Sul – Bacia de Chaves (Veiga de Chaves), Bacia de Pedras Salgadas, Bacia de Telões e Bacia de Vila Real (Sant’Ovaia *et al.*, 2011).

Devido à geomorfologia da região, a Bacia de Telões drena para Sul enquanto que a Bacia das Pedras Salgadas drena para Norte. Ocorre assim a formação de uma portela de divisão de águas (Fig. 7) na região de Vila Pouca de Aguiar influenciando o curso regional da rede hidrográfica (Feio, 1951).

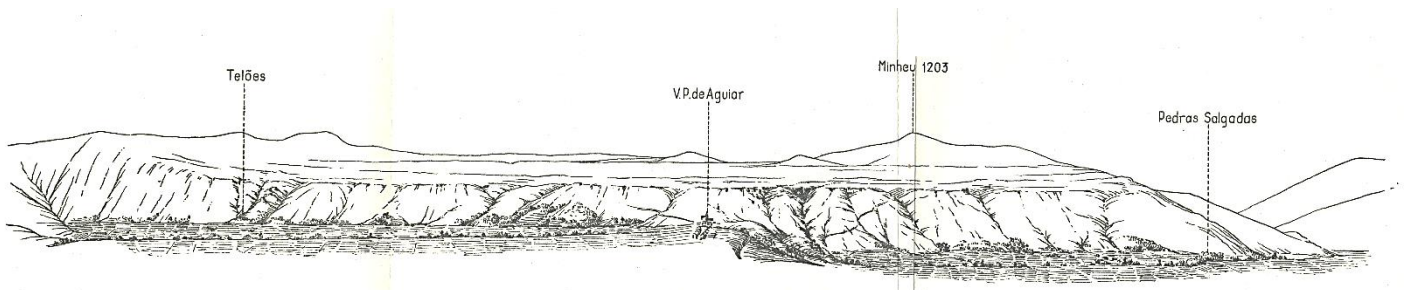


Figura 7 - Portela de divisão de águas na região de Vila Pouca de Aguiar (Feio, 1951)

3. Enquadramento geológico estrutural

Em termos cartográficos esta área está representada globalmente na Folha 2 da Carta Geológica de Portugal à escala 1:200 000, e cartografadas parcelarmente nas Folhas 6D e 10B da Carta Geológica de Portugal à escala 1: 50 000 (Fig. 8).

A área em estudo situa-se no norte de Portugal Continental no limite entre a Zona Galiza Trás-os-Montes (ZGTM) e a Zona Centro-Ibérica (ZCI) (Julivert *et al.*, 1974; Farias *et al.*, 1987; Arenas *et al.*, 1988), caracterizado por um carreamento da fase D₂ da orogenia Varisca, também designado por “Trás-os-Montes Main Thrust” (MTMT) (Ribeiro *et al.*, 1990; Rodrigues *et al.*, 2005). O MTMT representa o contacto entre o parautoctone e o autóctone (Ribeiro *et al.*, 1990). Regionalmente é um acidente vertical de orientação geral N120°, paralelo à estrutura regional (Ribeiro, 1998).

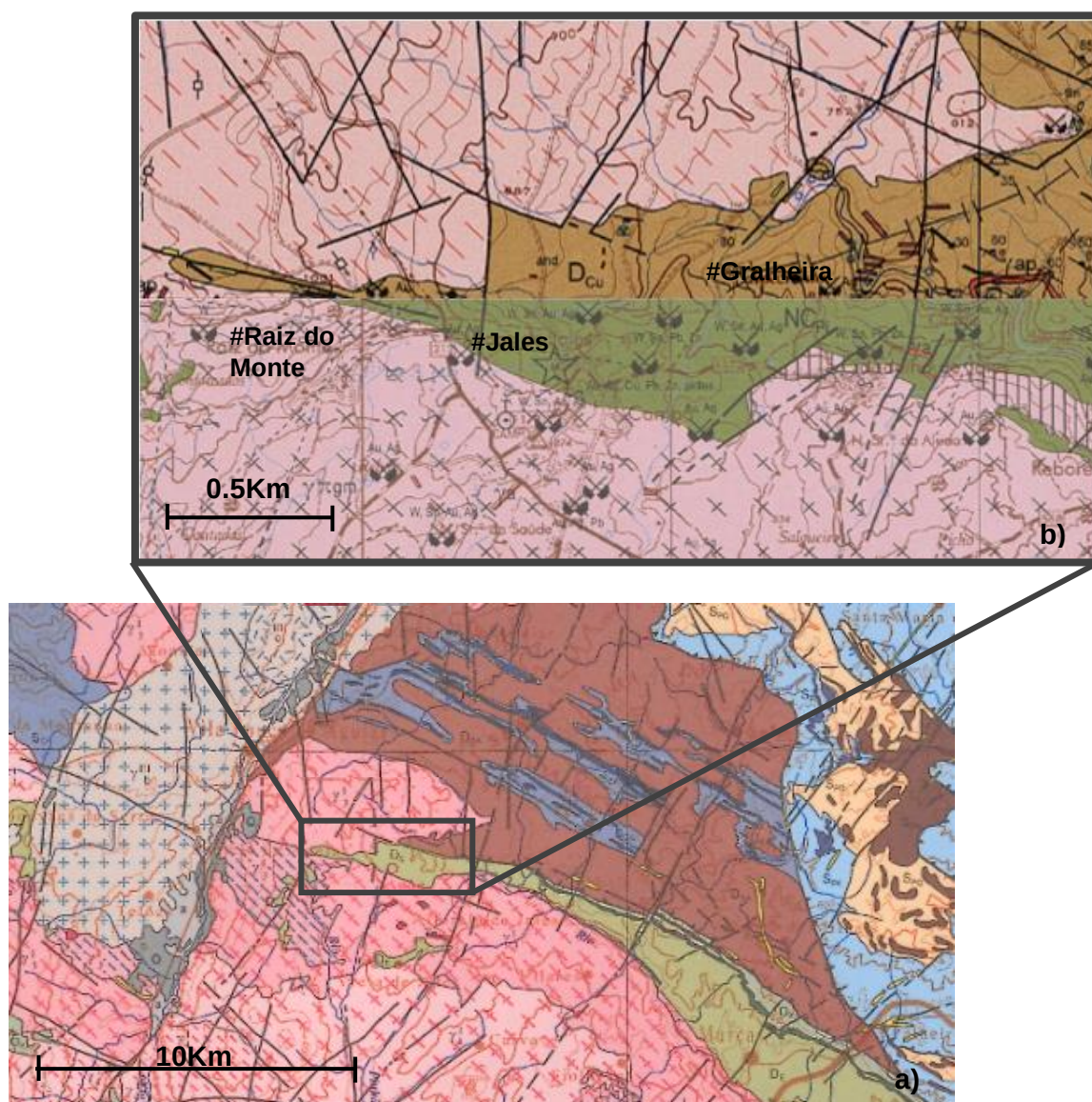


Figura 8 - Localização dos três setores. Adaptado de: a) Carta Geológica de Portugal, à escala 1:200 000, folha 2; b) Folha 6D (Vila Pouca de Aguiar) e folha 10B (Vila Real) da Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000.

O parautoctone está representado pela Unidade de Curros -Tinhela, englobada na escama inferior do parautoctone, designada por Domínio Estrutural de Três Minas (Ribeiro, 1998), ou Parautoctone Inferior (Rodrigues *et al.*, 2005) ou Sub- Autoctone (Carta Geológica de Portugal, à escala 1:200 000, Folha 2). Trata-se de uma unidade essencialmente pelítica, com algumas intercalações mais ou menos gresosas (gresofilitos e grauvaques) (Ribeiro, 1998).

O autóctone está representado pelo Ediacárico e Câmbrio (Complexo Xisto-Grauváquico) e pelas Formações Xistentas do topo do Ordovícico, nomeadamente a Unidade de Pardelhas (Pereira, 1987) ou Formação Xistenta (Ribeiro, 1974).

A geologia desta região é constituída essencialmente por rochas metassedimentares do Paleozóico inferior, enquadradas por granitos variscos. Mais concretamente, Gralheira localizam-se no bordo sul do Domínio Peritransmontano (Ribeiro, 1974) da ZGTM e Jales e Raiz do Monte no bordo norte do Domínio do Douro Inferior da ZCI.

3.1. Deformação varisca

A Orogenia Hercínica ou Varisca teve início com a colisão continental entre o Gondwana e a Laurussia durante o Devónico (Ribeiro *et al.*, 2007). Constitui o maior evento na evolução tectónica da Europa ocidental, sendo caracterizada por mecanismos de subducção e obducção da crosta oceânica (Dias & Ribeiro 1994).

As zonas geotectónicas ZGTM e a ZCI, como as restantes zonas do Maciço Hespérico, devem a sua estruturação à Orogenia Varisca que se divide em três fases tectónicas - D₁, D₂ e D₃ (Fig. 9) (Ribeiro 1974, Noronha *et al.*, 1979, Dias & Ribeiro, 1995). A primeira fase de deformação, D₁, gera dobras com uma orientação predominante NW-SE, mas consoante se trate de terrenos alóctones, parautoctones ou autóctones, gera dobras com orientações e vergências diferentes, com plano axial vertical no autóctone e ligeiramente vergentes no parautoctone. A segunda fase, D₂, decorre muito próxima da fase D₁ com formação de dobras deitadas de flanco inverso muito curto, acentuando-se a vergência para SE. Esta fase encontra-se representada principalmente no alóctone e no parautoctone (Dias & Ribeiro, 1995), verificando-se o desenvolvimento de uma foliação subhorizontal (S₂) bem marcada no Domínio Peritransmontano e pouco marcada ou limitada às proximidades do carregamento, no Domínio do Douro Inferior (Ribeiro, 1974; Noronha *et al.*, 1979). A terceira fase de deformação, D₃, ao contrário da D₁ e D₂, abrangeu todos os terrenos autóctones, parautoctones e alóctones, dando origem a corredores de cisalhamento dúctil verticais e um dobramento largo e de pequena amplitude, com o plano axial vertical e direção N120°, tendo associada uma

clivagem de crenulação subvertical. A tipologia e orientação das anisotropias e foliações originadas anteriormente influenciaram a penetratividade da foliação associada ao dobramento D₃ (Dias & Ribeiro, 1995). Simultaneamente com o dobramento da fase D₃ desenvolveram-se zonas de cisalhamento dúctil, subverticais (WNW-ESE a NW-SE esquerdas e NNW-SSE direitas) (Iglésias & Ribeiro, 1981 *in* Dias & Ribeiro, 1995; Iglésias & Ribeiro, 1981, Ribeiro *et al.*, 1979 *in* Dias *et al.*, 2013).

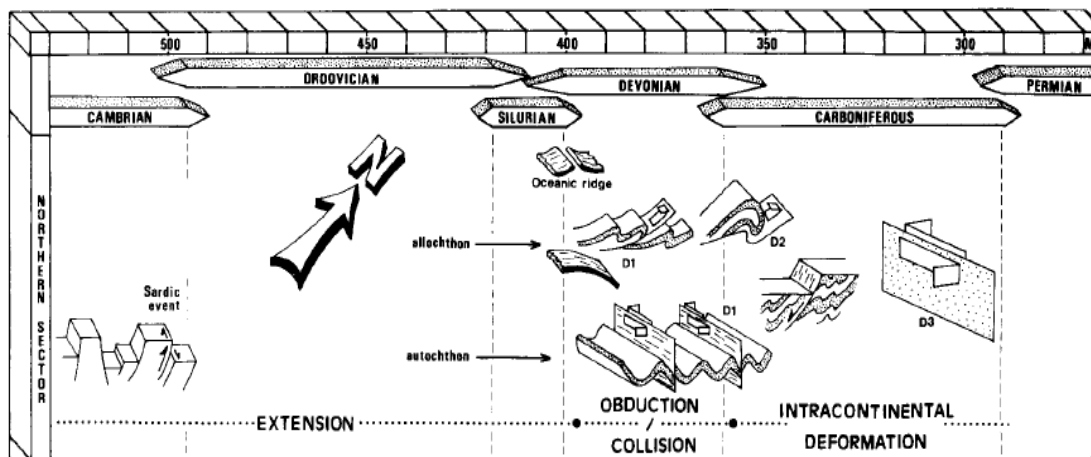


Figura 9 - Representação esquemática das características e cronologia das principais fases de deformação hercínica, no setor setentrional da Península Ibérica (segundo Dias & Ribeiro, 1995)

Posteriormente ao desenvolvimento das três fases principais de deformação dúctil, ocorre um período tardi- e pós-D₃ que corresponde a uma deformação dúctil-frágil e frágil. Esta deformação frágil gerou famílias de falhas subverticais com orientações NNE-SSW, NNW-SSE, ENE-WSW e ESSE-WNW (Ribeiro, 1974, Arthaud & Matte, 1975, 1977, Pereira *et al.*, 1993, Marques *et al.*, 2002, Mateus & Noronha, 2010 *in* Dias *et al.*, 2013). Apesar das diversas orientações, a orientação NNE-SSW é predominante a todas as escalas, nomeadamente à escala cartográfica onde se observam as falhas Penacova-Régua-Verín e de Manteigas-Vilariça-Bragança (Pereira *et al.* 2006). Esta fracturação controla a instalação dos maciços graníticos pós-tectónicos, nomeadamente o maciço granítico de Vila Pouca de Aguiar (Sant'Ovaia, 2000; Sant'Ovaia *et al.*, 2000; 2010).

3.2. Litoestratigrafia

A região é caracterizada pela predominância de unidades de metassedimentos do Neoproterozoico e Paleozóico, constituídas por formações cuja idade vai do Ediacário-Câmbrico Médio ao Devónico.

Esta unidade metassedimentar encontra-se distribuída por diferentes sequências estratigráficas. O designado Complexo Xisto-Grauváquico (Ediacário- Câmbrico Médio) e as sequências do Ordovício Médio-Inferior a Silúrico representadas no Autóctone da ZCI, sequências do Silúrico inferior – Devónico inferior representadas pelo DETM e ainda as sequências do Silúrico inferior – Silúrico superior - Devónico inferior(?) do DEC (ver carta folha 6D – Vila Pouca de Aguiar e 10B – Vila Real, da carta geológica de Portugal 1:50 000).

3.2.1. Autóctone ZCI

Supergrupo Dúrico- Beirão, Ediacário (Neoproterozóico) - Câmbrico

Esta espessa sucessão metassedimentar do “Complexo Xisto-Grauváquico ante-Ordovício” (CXG), assim designado por Carrington da Costa (1950) e atualmente, intitulado de Supergrupo Dúrico-Beirão por Silva *et al.* (1987-89 *in* Medina *et al.*, 1998) e Sousa e Sequeira (1989), é predominantemente constituído por xistos pelíticos, com intercalações de metagrauvasques e conglomerados (Carrington da Costa, 1950; Rodriguez Alonso *et al.*, 2004).

Em Portugal a grande bacia metassedimentar do Supergrupo Dúrico-Beirão, por vezes interrompida nalguns locais pelos granitos variscos e por pequenas manchas de metassedimentos paleozóicos, encontra-se representada exclusivamente no autóctone da ZCI (Fig. 10) e divide-se em três sub-bacias, as sequências do Grupo do Douro, com expressão cartográfica a Norte, em particular nos terrenos que afloram ao longo

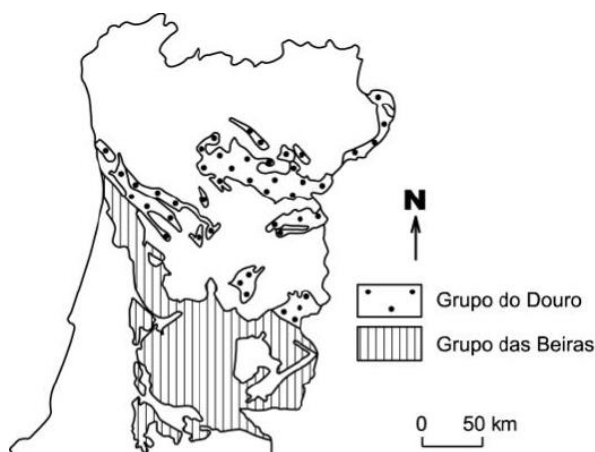


Figura 10 - Distribuição do Complexo Xisto-Grauváquico: Grupo do Douro e Grupo das Beiras (segundo Dias *et al.*, 2006 *in* Cerejo, 2013)

do rio Douro (Sousa, 1982), Grupo das Beiras a Sul de uma linha limítrofe que passa por S. João da Madeira, Viseu e Serra da Malcata (Silva *et al.*, 1988 *in* Medina *et al.*, 1998; Oliveira *et al.*, 1992) este limite fica marcado pelo desaparecimento dos

calciturbiditos que ocorrem no Grupo do Douro (Sousa, 1982) e Grupo de Arda-Marofa (Silva *et al.*, 1995).

Para o Grupo do Douro, que no geral apresenta características turbidíticas e são constituídas por alternâncias relativamente espessas de filitos e metagrauvaques (Sousa, 1982), Sousa (1979) referiu cinco unidades litoestratigráficas, sendo elas da base para o topo, calcários cristalinos e xistos negros de Bateiras-Covas do Douro, grauvaques de Rio Pinhão-Ervedosa do Douro, xistos ardosíferos de Desejosa; xistos cloríticos do Pinhão (inclui um membro de xistos cloríticos com magnetite) grauvaques e, por fim, conglomerados de Castanheiro do Sul. Mais tarde Sousa (1981a) redefiniu estas unidades, merecendo principal destaque a renomeação dos xistos ardosíferos de Desejosa para xistos listrados da Desejosa, e a introdução de uma nova unidade, os xistos cloríticos inferiores (Formação de Ervedosa do Douro). Foram então definidas as seis formações litoestratigráficas, da base para o topo, Formação de Bateiras, Ervedosa do Douro, Rio Pinhão, Pinhão, Desejosa e S. Domingos (Sousa, 1981b; 1982).

Contudo, trabalhos posteriores de Silva & Ribeiro (1985 *in* Sousa & Sequeira, 1989) evidenciaram a existência de um carreamento sin-sedimentar, de idade sarda, o carreamento da Senhora do Viso que teria levado à duplicação tectónica no Grupo do Douro, isto é, equivalência entre a Formação de Ervedosa (autóctone) e a Formação do Pinhão (alóctone), e, equivalência (com passagem lateral de fácies) entre a Formação de Bateiras (autóctone) e Formação de Rio Pinhão (alóctone). Foi então proposto uma nova organização da sequência inicial em dois conjuntos de unidades: autóctone, constituída pelas Formações de Bateiras e Ervedosa do Douro e alóctone que integra as Formações de Rio Pinhão, Pinhão, Desejosa e S. Domingos. Todavia, trabalhos posteriores sugerem, que a Formação de S. Domingos poderá corresponder a um depósito contemporâneo da atuação do carreamento da Senhora do Viso (Romão *et al.*, 2005). Mais recentemente surge ainda uma nova formação a topo da Fm. da Desejosa descrita por Dias da Silva (2013), a Formação de Montes Ermos, integrando-se como uma sétima unidade, ainda que a sua relação com a Fm. de São Domingos não esteja bem definida (Fig. 11).

O Grupo das Beiras assemelha-se ao Grupo do Douro e é constituído pelas formações de Malpica, Perais e Rosmaninhal (Romão, 1994 *in*: Dias *et al.*, 2006). Em geral, a sequência que constitui este grupo corresponde a alternâncias de metagrauvaques e xistos e apresenta uma espessura quilométrica (Romão *et al.*, 2013).

Sobre o CXG assenta, localmente em discordância angular, a sequência do Paleozoico inferior que se inicia, em geral, por quartzitos puros designados por quartzito Armoricano (Sousa, 1984).

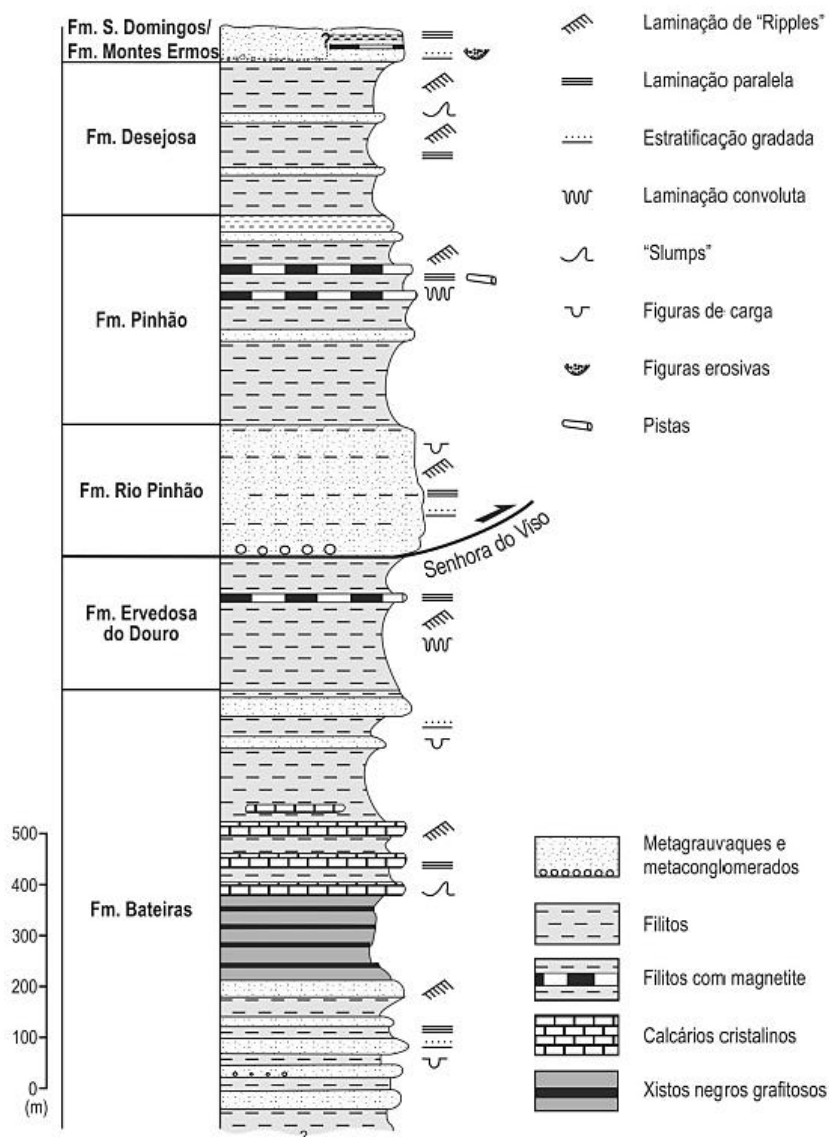


Figura 11 - Sequência estratigráfica do Grupo do Douro. (segundo Dias *et al.*, 2013)

3.2.2. Parautóctone ZGTM

Do ponto de vista litoestratigráfico, as unidades parautóctones da ZGTM consistem, essencialmente de rochas metassedimentares e vulcano-sedimentares do Paleozóico-inferior (Ordovícico-superior a Devónico), apesar de exibirem características litoestratigráficas semelhantes às unidades autóctones, estas apresentam maior espessura (Farias *et al.*, 1987, Ribeiro, 1974, Pereira, 1987, Sant'Ovaia *et al.*, 2011).

Devido às suas características litoestratigráficas, litogeoquímicas e estruturais foi possível individualizar dois domínios estruturais (Ribeiro, 1998), separados entre si pelo Carreamento Palheiros – Vila Flor (PVFT) (Ribeiro, 1998; Ribeiro *et al.*, 2003, Rodrigues *et al.*, 2005), na base o Domínio Estrutural de Três Minas (DETM) e a topo o Domínio Estrutural de Carrazedo (DEC). O DETM (Fig. 12a) corresponde à escama tectónica inferior, também designada por Parautóctone-inferior (Rodrigues *et al.*, 2005) ou Sub-Autóctone (Carta Geológica de Portugal, à escala 1:200 000, Folha 2), e apresenta grandes afinidades litoestratigráficas com o autóctone do Domínio do Douro Inferior da ZCI (Ribeiro & Noronha, 1997; Ribeiro, 1998; Ribeiro, *et al.*, 2003), enquanto as unidades do DEC têm uma correlação litoestratigráfica e estilo de deformação semelhantes ao parautóctone da ZGTM (Ribeiro, 1998).

O DETM representa uma sequência de bacia na margem continental Gonduânica, mais ou menos profunda e confinada, mais próximo do autóctone (Ribeiro, *et al.*, 2003) e engloba duas unidades litoestratigráficas, na base a Unidade de Fragas Negras (FN) e no topo a Unidade de Curros (Cu) (Ribeiro, 1998).

A Unidade FN é constituída essencialmente por liditos intercalados com algumas bancadas de quartzitos, rochas calcossilicatadas, quartzofilitos cinzentos a negros e algumas rochas carbonatadas negras. Esta unidade sobrepõe-se, por acidente tectónico, à Unidade Cu-T e no topo é sobreposta pela Unidade Cu (Ribeiro, 1998).

A Unidade de Cu é litologicamente muito homogénea apresentando finas alternâncias de filitos esverdeados e gresofilitos esbranquiçados de aspeto "*flyschoid*". Observam-se, apenas na base da unidade, próximo ao contacto com a Unidade FN, bancadas de quartzofilitos que localmente apresentam clastos dispersos confirmando um aspeto conglomerático (Ribeiro, 1998).

Na proximidade da serra da Gralheira o afloramento ao longo do Vale do Rio Tinhela, foi individualizada a Unidade Curros-Tinhela (Cu-T), é litologicamente semelhante à Unidade Cu, apesar de ser exclusivamente pelítica, sem intercalações de carácter gresoso, incluindo essencialmente xistos luzentes de cor esverdeada. No campo estas

unidades são muito difíceis de distinguir entre si, contudo, dados petrográficos e litogeoquímicos permitiram individualizá-las (Ribeiro, 1998, Ribeiro & Noronha, 2001).

As características geoquímicas e o contexto tectono-estratigráfico da região permitem uma correlação da unidade Cu-T com as Formações Xistentas do topo do Ordovícico, nomeadamente a Unidade de Pardelhas (Pereira, 1987) ou Formação Xistenta (Ribeiro, 1974). Atualmente estas unidades foram integradas na Formação de Moncorvo (Sá *et al.*, 2005 *in* Pereira *et al.*, 2006).

O DEC (Fig. 12b) é uma escama cujo enraizamento estaria próximo do arco vulcânico associado ao fecho do oceano marginal («Rheic-Paleotethys») (Ribeiro, *et al.*, 2003) e é constituído, da base para o topo, pelas unidades litoestratigráficas de Vale de Égua (VE), de Cubo (Cb) e de Santa Maria de Émeres (SE) (Ribeiro, 1998).

A Unidade Vale de Égua (VE), unidade inferior de DEC, está dividida em duas sub-unidades: na base, sub-unidade Alto da Cheira (AC) constituída por rochas quartzo-feldspáticas intercaladas em filitos cinzentos a negros e rochas calcossilicatadas; no topo, sub-unidade de Rancho (Ra), representada por filitos cinzentos, xistos negros e liditos, quartzitos e rochas calcossilicatadas. A Unidade de Cubo (Cb) constituída essencialmente por quartzitos e quartzofilitos com alguns filitos intercalados. A Unidade de Sta Maria de Émeres (SE), litologicamente muito semelhante à Unidade VE, é a unidade superior de DEC e é constituída por listrados quartzo-feldspáticos, xistos negros, filitos, rochas calcossilicatadas, quartzitos (Ribeiro, 1998).

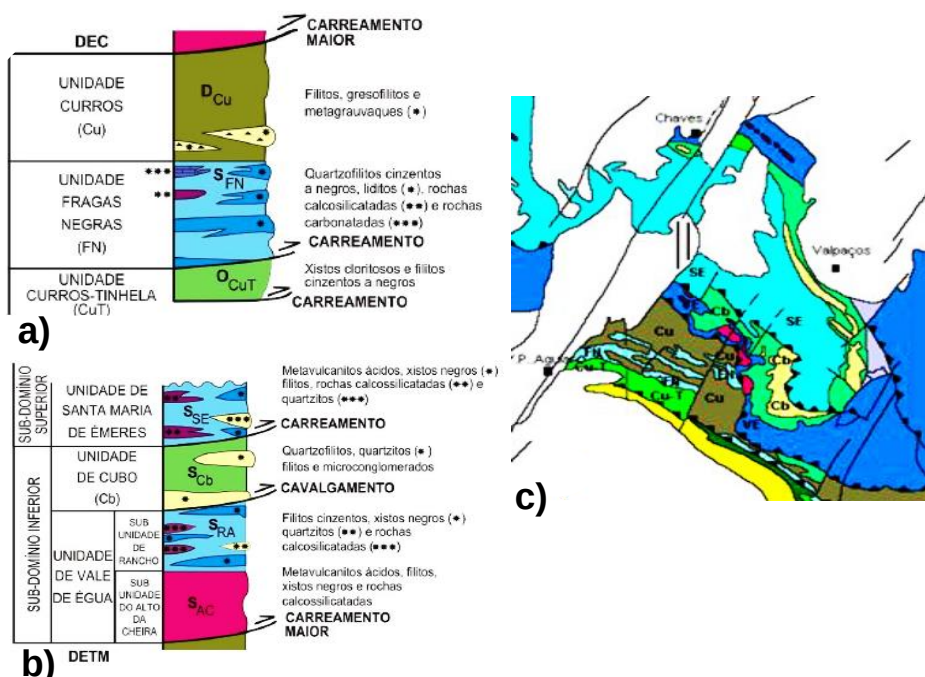


Figura 12 - Sequência litoestratigráfica da região de as unidades para autóctones em Trás-os-Montes Ocidental: a) Domínio Estrutural de Três Minas – DETM; b) Domínio Estrutural de Carrazedo – DEC; c) Esboço cartográfico (Ribeiro, 1998; Noronha *et al.*, 2011)

3.3. Metamorfismo

Tanto na ZCI como na ZGTM ocorreu um magmatismo sinorogénico, paralelamente a um metamorfismo com zonas de médio a alto grau (Martinez *et al.*, 1988, Ugidos, 1990). A ocorrência quase simultânea dos dois processos indica que os magmas graníticos tiveram uma grande influência na evolução térmica do Orógeno em ambas as zonas (Ribeiro, 1998).

A falha Penacova- Régua- Verin corresponde ao grande acidente Varisco presente na região, esta falha foi nucleada na fase de deformação D_3 e posteriormente reativada, durante a orogenia Alpina, funcionando como uma falha de desligamento (Ribeiro, 1974; Baptista, 1998). Com a ocorrência deste acidente regional é possível observar a geologia de dois níveis crustais distintos, um nível mais profundo que corresponde ao bloco ocidental e um nível menos profundo o bloco oriental (Noronha *et al.*, 2013). No caso, a área em estudo enquadra-se no bloco oriental, mais precisamente na região de Vila Pouca de Aguiar. Sendo assim, o metamorfismo orogénico na região de Vila Pouca de Aguiar, no bloco oriental da falha Penacova- Régua-Verin, foi um metamorfismo monocíclico com um percurso PT prógrado no sentido dos ponteiros do relógio, com o pico barométrico sin- D_2 , apenas com um único pico térmico, já em condições de «*uplift*» e descompressão e condicionado pela subida e instalação dos granitos de duas micas sintectónicas (Dallmeyer *et al.*, 1997; Ribeiro, 2000; Ábalos *et al.*, 2002; Arenas & Catalán, 2003, Noronha *et al.*, 2013).

O metamorfismo foi de baixo grau, zona da clorite na grande maioria da extensão do DETM, com estreitas faixas na zona da biotite e da andaluzite restritas às proximidades do granito sintectónico da Gralheira, enquanto que nos restantes setores do DETM as condições metamórficas não ultrapassam a zona da clorite. No DEC, em toda a sua extensão, as condições metamórficas não ultrapassam a zona da biotite, embora localmente se observem paragéneses de biotite + andaluzite+ estauroлите (Ribeiro, 1998).

O metamorfismo orogénico durante as fases D_1 e D_2 ocorreu em condições prógradas atingindo um pico barométrico a temperaturas de 350 a 450°C e pressões de 350 a 400 MPa (Ribeiro, 1998; Ribeiro *et al.*, 2000). No DEC a fase tangencial D_2 , responsável pelo forte espessamento crustal e uma intensa deformação tectónica, foi mais marcante, implicando uma forte diferenciação metamórfica, dando origem a uma foliação regional subhorizontal S_2 . No DETM não se verificando a fase D_2 e a estratificação encontra-se preservada, sendo a foliação principal S_1 (Fig. 13) (Ribeiro *et al.*, 2000).

Pelas relações cronológicas entre a blastese e a deformação confirma-se que, em ambos os domínios, ocorreu um pico térmico regional ante- a sin-D₃ que ocorreu em condições de T = 500° a 550°C e P = 300 a 350 MPa (Ribeiro, 2000).

Próximo do maciço biotítico pós- tectónico de Vila Pouca de Aguiar (Martins, 1998) desenvolveu-se uma auréola de contacto em condições temperaturas entre os 500°C e os 550°C e pressões inferiores a 200 MPa que corresponde à fácies das corneanas hornblêndicas (Ribeiro, 2000).

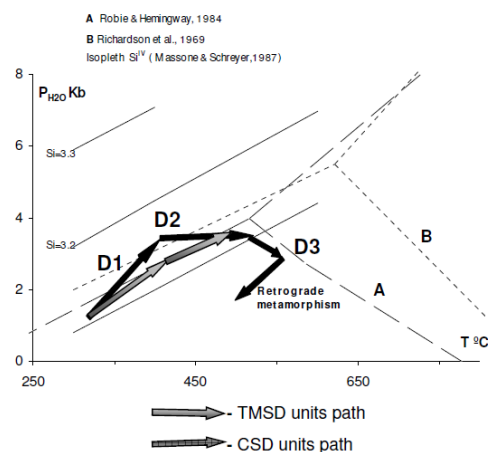


Figura 13 - Percurso PT do metamorfismo no setor oriental da falha Régua-Verin (segundo Ribeiro, 2000 in Ribeiro, *et al.*, 2000)

Capítulo III – Trabalho de campo

1. Setor da Gralheira

Foi realizado trabalho de campo para o reconhecimento da área em estudo como o local onde foram realizadas algumas das sondagens em estudo e análise do enquadramento das mesmas.

Neste setor foram realizadas três paragens onde foi possível observar a geologia local e vários trabalhos mineiros como fojos que resultaram de desmonte de estruturas filonianas realizados pelos Romanos, onde foram colhidas três amostras para posterior estudo.

#1º Paragem

Coordenadas UTM: 0619080

4591763

Trabalhos romanos mineiros, onde se observaram vários fojos (Fig. 14) que correspondem ao desmonte de filões de quartzo mineralizado à superfície. Estes filões intruíram micaxistos do Ordovícico inseridos numa zona que terá sofrido intenso cisalhamento.

Direção do fojo: N100º; Sub-v



Figura 14 - Trabalhos Romanos mineiros

#2º Paragem

Coordenadas UTM: 0618896
4591816

A segunda paragem, elaborada no vértice geodésico da Gralheira (Fig. 15), foi colhida a amostra GG694 proveniente da galeria. O vértice encontra-se sobre uma galeria da mina da Gralheira que apresenta aproximadamente 350m de comprimento e seis pequenas travessas.



Figura 15 - Vértice geodésico da Gralheira

#3º Paragem

Coordenadas UTM: 0618895
4591800

Trabalhos romanos mineiros, foram colhidas 2 amostras, GS695A e GS695B, da rocha encaixante, que corresponde a micaxisto com níveis siliciosos (Fig. 16).



Figura 16 - Nível silicioso no micaxisto

2. Setor de Raiz do Monte

Foi realizado trabalho de campo para o reconhecimento da área em estudo como o local onde foram realizadas algumas das sondagens em estudo e análise do enquadramento das mesmas.

Neste setor foram realizadas quatro paragens onde foi possível observar a geologia da região, medição de atitudes de estruturas geológicas, e por fim e o local onde foi feita a sondagem RMS1303A, de onde é proveniente a amostra RMSU01.

#1º Paragem

Coordenadas UTM: 0616424

4591726

Nesta primeira paragem observou-se um afloramento de xisto com laminação visível, de cor amarelo esverdeado (Fig. 17a). Segundo a folha 10B da carta geológica de Portugal 1:50 000 poderá corresponder a afloramentos do CXG. Ocorrem também xistos com intercalações de quartzito em bancadas de aproximadamente 1cm de possança (Fig. 17b) e ainda uma massa de quartzo com cavidades de dissolução de sulfuretos (Fig. 17c). Foram medidas as seguintes estruturas:

Xistosidade: N98°; 85°NE

Direção da bancada de quartzito: N112°; Sub-v



Figura 17 - a) Xisto com laminação, de cor amarelo esverdeado; b) Xistos com intercalações de quartzito em bancadas de aproximadamente 1cm; c) Massa de quartzo no xisto com cavidades de dissolução de sulfuretos

#2º Paragem

Coordenadas UTM: 0616377

4591728

Na segunda paragem identificou-se um filão de quartzo com óxidos de ferro (Fig. 18) que poderá ter resultado da alteração de sulfuretos.

Direção do filão: N68º; Sub-v



Figura 18 - Filão de quartzo com óxidos de ferro

#3º Paragem

Coordenadas UTM: 0616364

4591729

Na terceira paragem, mais à frente no caminho, observou-se micaxisto com níveis quartzosos e boudinados como é possível observar na figura 19.



Figura 19 - Micaxisto com níveis quartzosos boudinados

#4º Paragem

Coordenadas UTM: 0616292

4591657

Na quarta e última paragem, foi possível identificar o contacto do granito com o xisto (Fig. 20a), este granito poderá corresponder ao granito da Torre do Pinhão e o xisto aos afloramentos do CXG que afloram nesta região identificados na folha 10B da carta geológica de Portugal 1:50 000, o local onde foi efetuada a sondagem RMS1303A (Fig. 20b) com inclinação de 45° e ainda um afloramento de xisto muito silicioso com inúmeros filonetes de quartzo dobrados (Fig. 20c).



Figura 20 - a) Contacto do granito com o xisto; b) Sondagem RMS1303A; c) Afloramento de xisto muito silicioso com inúmeros filonetes de quartzo dobrados

Não foram colhidas amostras neste setor, pois não foi observada estruturas mineralizadas à superfície, o que não significa a ausência de mineralização nesta área. Sendo assim, foi apenas estudada a amostra RMSU01 cedida pela empresa Almada Mining para o estágio curricular de Albuquerque em 2014.

Capítulo IV - Estudo petrográfico e metalográfico

O estudo petrográfico e metalográfico recaiu sobre os 3 setores, onde foram estudadas um total de vinte lâminas polidas, três do setor de Jales, quinze do setor da Gralheira e duas do setor de Raiz do Monte.

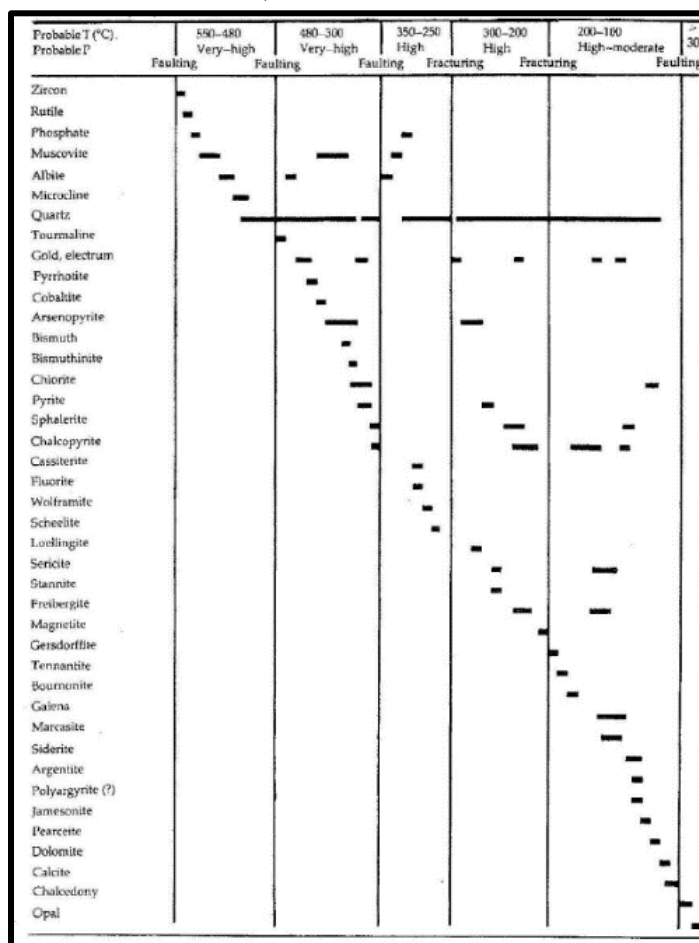
Quanto à nomenclatura utilizada para a classificação de minerais de Au-Ag, será utilizada a designação de ouro argentífero, se um mineral contiver mais ouro que prata, se, pelo contrário, contiver mais prata que ouro, designar-se-á por prata aurífera (comunicação oral do Prof. Doutor Frederico Sodré-Borges).

1. O setor de Jales

Os filões mineralizados de Jales, são subverticais de atitude predominante NNE-SSW, alguns NE-SW e perto do contacto com os micaxistos câmbricos apresentam orientações de ESE-WNW (Neiva *et al.*, 1990), têm estrutura lenticular, alongada e contêm principalmente quartzo, sulfuretos, sulfossais, ouro, electrum e alguns carbonatos e fosfatos. Estes filões, que preenchem sobretudo fraturas resultantes da última fase varisca e cortam essencialmente o granito médio a grosseiro, porfiróide de duas micas (G2) e cortam também outros granitos variscos e micaxistos câmbricos com intercalações de metagrauvaque. Estes filões têm 400-3800m de comprimento e a espessura varia de 0.01-0,2m e mais frequentemente de 0,2-0,3m (Neiva & Neiva, 1990).

Na sequência paragenética dos filões auríferos de Jales descrita por Neiva & Neiva, (1990) (Tab. 3) foram identificados seis estádios hipogénicos, separados por falhas e fraturas variscas. No primeiro estágio ocorre quartzo acompanhado de outros

Tabela 3 - Quadro da sequência paragenética dos filões de Jales. Retirado de: Neiva & Neiva, 1990



silicatos, no segundo estágio: quartzo, outros silicatos, ouro, electrum e sulfuretos, no

terceiro estágio: quartzo, outros silicatos, óxidos e tungstatos, no quarto estágio: quartzo, ouro, electrum, sulfuretos e sulfossais, no quinto estágio ocorre o quartzo, ouro, electrum sulfuretos e sulfossais havendo também alguns carbonatos posteriores ao quartzo. O sexto e último estágio caracteriza-se pela ausência do quartzo e pela presença dos minerais opala e calcedónia.

O terceiro estágio terá resultado da remobilização dos minerais dos filões aplito-pegmatito e pegmatitos pelos fluidos dos filões de quartzo (Neiva & Neiva, 1990).

Um dos filões explorados em Jales foi o filão de quartzo aurífero de Campo que tem 0,02-2m de espessura e mais de 1 km de comprimento. A teto e a muro deste filão encontram-se os micaxistos câmbrios e o granito G2 que se encontram intensamente metassomatizados numa zona de 0,1-0,5 m de largura que pode atingir localmente os 1,2m e estão enriquecidos em sulfuretos, principalmente arsenopirite e pirite contendo pontualmente inclusões de ouro e electrum. Tanto os sulfuretos presentes nos granitos como os presentes no micaxisto, alterados hidrotermalmente, têm composições idênticas às do filão de Campo (Neiva *et al.*, 1990).

O granito G2 alterou-se hidrotermalmente para um granito moscovítico>biotítico de grão médio a grosseiro, porfiróide numa zona mais externa ao filão e para uma zona mais interna alterou-se para um granito moscovítico de grão médio a grosseiro. Ocorreram assim várias modificações mineralógicas: o decréscimo do teor de anortite da plagioclase e a formação de moscovite secundária, microclinização da plagioclase, alteração da microclina para moscovite secundária, recristalização da moscovite magmática, transformação da biotite em clorite, transformação da biotite em moscovite, aparecimento da moscovite tardia a substituir os feldspatos, substituição de alguns minerais por quartzo, ouro, electrum, sulfuretos e sulfossais e por fim a caulinização da microclina (Neiva *et al.*, 1990).

O xisto biotítico-moscovítico-andaluzítico com silimanite foi sofrendo progressivamente alteração hidrotermal pelos fluidos do filão de Campo. A 3m do filão transformou-se em xisto biotítico-moscovítico-andaluzítico, a 2m em xisto biotítico- moscovítico- clorítico e na zona mais interna entre os 0,1-0,5m até 1m verifica-se um micaxisto enriquecido em moscovite e sulfuretos. Ocorrem assim várias alterações mineralógicas: a 2m do filão ocorreu a cloritização da biotite predominante e a moscovitização da biotite na zona interna, decréscimo de anortite da plagioclase e formação da moscovite secundária, recristalização da moscovite, moscovitização progressiva de andaluzite e silimanite, no contacto direto com o filão observa-se cristalização de pouca microclina parcialmente

moscovitizada, decréscimo do quartzo e por fim um aumento das quantidades de turmalina e de sulfuretos (Neiva *et al.*, 1990).

Sendo assim, próximo do filão de Campo, o granito e o micaxisto são enriquecidos em sulfuretos, principalmente arsenopirite e pirite e localmente contendo inclusões finas de ouro e electrum (Neiva *et al.*, 1990).

1.1. Estudo de amostras de sondagens (superfície)

Da sondagem JS1309A foram colhidas duas amostras, JSU01 e JSU02, que correspondem a uma zona granítica cortada por filões de quartzo mineralizado (Albuquerque, 2014). Na tabela seguinte está representado o nome da sondagem a respetiva amostra e lâmina e a que profundidade na sondagem corresponde a amostra.

Tabela 4 - Nome da sondagem, respetiva amostra e lâmina e a que profundidade corresponde a amostra. Amostras provenientes de sondagens do setor de Jales

Sondagem	Amostra	Lâmina	Profundidade (m)
JS1309A	JSU01	JSU01	442,3-442,43
	JSU02	JSU02A	442,75-442,97
		JSU02B	

1.1.1. Descrição macroscópica das amostras

- **Amostra JSU01 – Filão de quartzo mineralizado**

A amostra JSU01 (Fig. 21) corresponde a um filão de quartzo mineralizado com pirite, arsenopirite e galena numa zona aplito-pegmatítica, a cor esverdeada está associada à presença da clorite. Segundo a descrição feita no log de amostragem trata-se de um filão com cerca de 10cm (Albuquerque, 2014).



Figura 21 - Amostra JSU01 - Filão de quartzo mineralizado

- **Amostra JSU02 – Filão de quartzo mineralizado**

A amostra JSU02 (Fig. 22) corresponde a um filonete de quartzo com pirite numa zona aplito-pegmatítica. À semelhança da amostra anterior a cor esverdeada está associada à presença da clorite.

Segundo a descrição feita no log da amostragem, trata-se de um filão com cerca de 4cm (Albuquerque, 2014).



Figura 22 - Amostra JSU02 - Filão de quartzo mineralizado

1.1.2. Estudo petrográfico e metalográfico

Foram realizadas três lâminas polidas das duas amostras, uma da amostra JSU01 e duas da JSU02, com o principal objetivo de identificar os diferentes minerais presentes nas amostras.

- **Lâmina JSU01 – Filão de quartzo mineralizado**

Na lâmina JSU01 (Fig. 23) foi possível confirmar a presença do filão de quartzo mineralizado com pirite, arsenopirite, calcopirite, esfalerite e galena no aplito-pegmatito. O encaixante é constituído por quartzo, feldspato, clorite vermicular (Fig. 24a), moscovite e alguma sericite e por minerais metálicos como pirite (Fig. 24c).



Figura 23 - Lâmina JSU01 – Filão de quartzo mineralizado

A esfalerite apresenta exsoluções de calcopirite e a galena apresenta arrancamentos triangulares. Tanto a esfalerite como a galena são tardias.

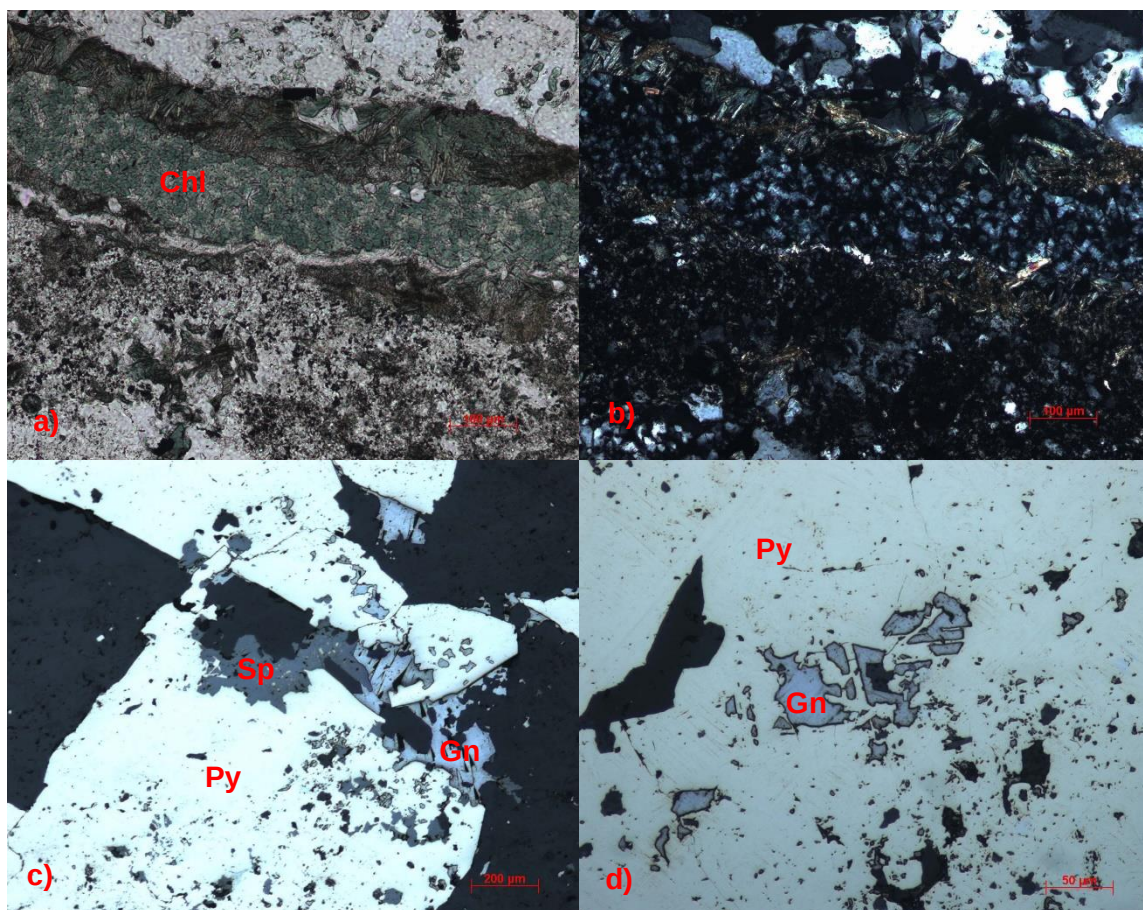


Figura 24 - Microfotografias obtidas no microscópio ótico. Minerais em luz transmitida: a), b) Clorite vermicular (Chl) no filonete de quartzo, N// e Nx respetivamente; Minerais em luz refletida: c) Pirite (Py), esfalerite (Sp) e galena (Gn); d) Galena (Gn) a preencher fraturas da pirite (Py).

Foram também observadas algumas inclusões fluídas no filão de quartzo (Fig. 25).

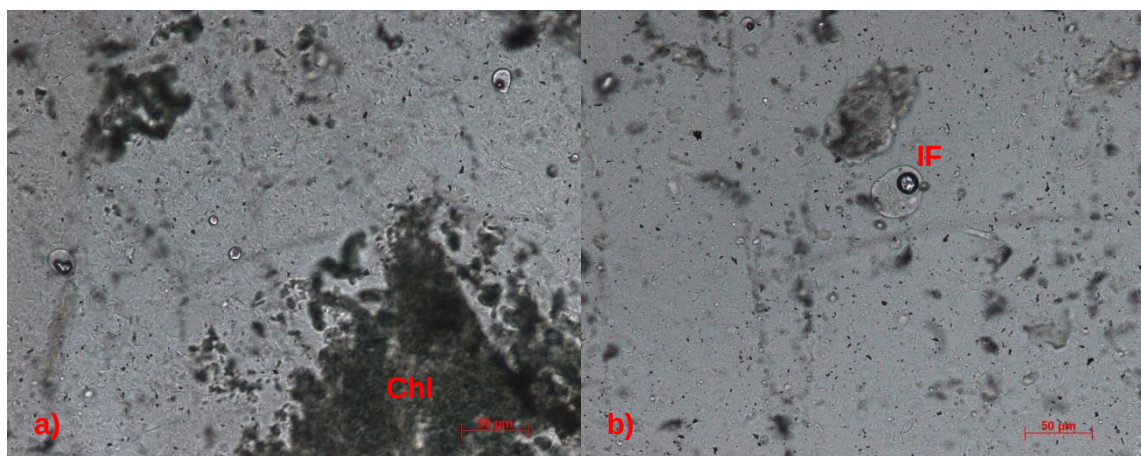


Figura 25 - Microfotografias obtidas no microscópio ótico. Mineral em luz transmitida em N//: a) Clorite vermicular (Chl) dispersa no quartzo; b) Inclusões fluídas (IF) no filão de quartzo

- **Lâmina JSU02A e JSU02B – Filão de quartzo mineralizado**

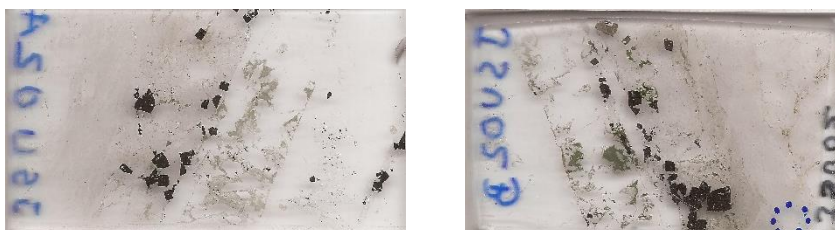


Figura 26 - Lâmina JSU02A e JSU02B – Filão de quartzo mineralizado

Nas lâminas JSU02A e JSU02B (Fig. 26) observou-se a presença de um filão de quartzo mineralizado com pirite, arsenopirite, calcopirite, esfalerite, galena e pirrotite no aplito-pegmatito. O encaixante é constituído por quartzo, feldspato, microclina, clorite vermicular, sericite e moscovite.

Foi identificada esfalerite com exsoluções de calcopirite (Fig. 27b), galena com arrancamentos triangulares a preenche fraturas e cavidades da pirite (Fig. 27a) e da arsenopirite.

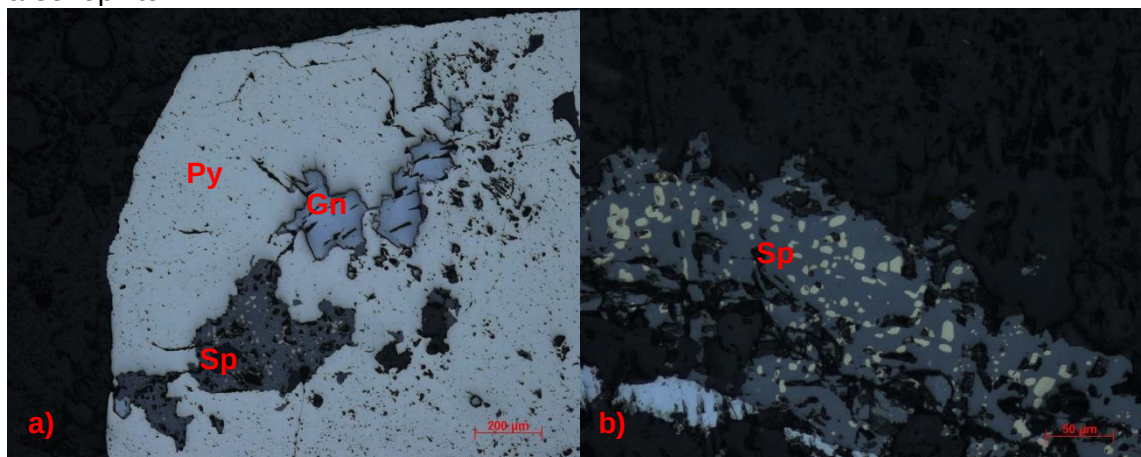


Figura 27 - Microfotografias obtidas no microscópio ótico. Mineral em luz refletida em N//: a) Galena (Gn) e esfalerite (Sp) a preencher fraturas e cavidades da pirite (Py); b) Esfalerite (Sp) com exsoluções de calcopirite

Observou-se ainda clorite em filonetes a penetrar a galena (Fig. 28). Esta clorite poderá corresponder à clorite tardia representada por Neiva & Neiva (1990) no quinto estágio paragenético.

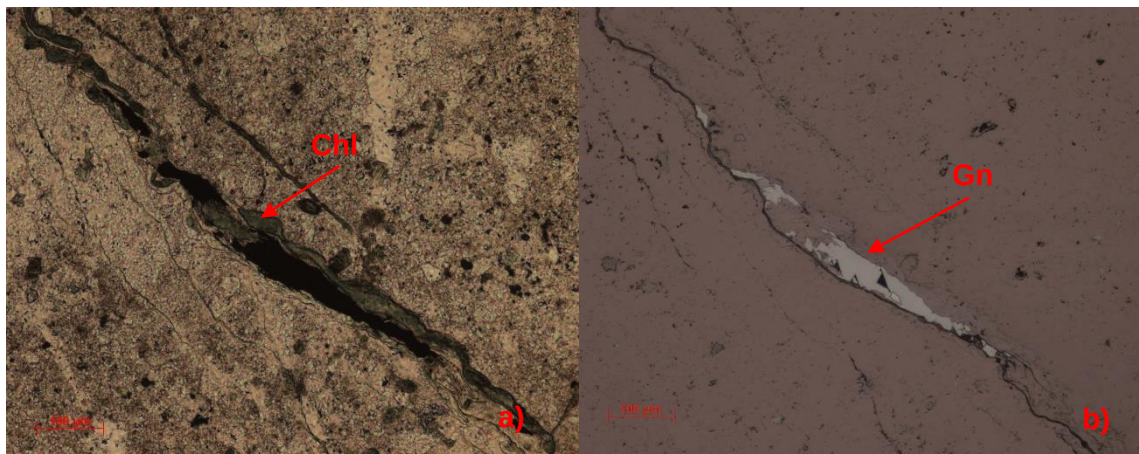


Figura 28 - Microfotografias obtidas no microscópio ótico. a), b) Clorite (Chl) tardia a envolver a galena (Gn) numa fratura em luz natural N// e luz refletida respetivamente

Na figura seguinte é possível observar um filonete de quartzo euédrico (Fig. 29) com clorite vermicular mineralizado com pirite e arsenopirite.

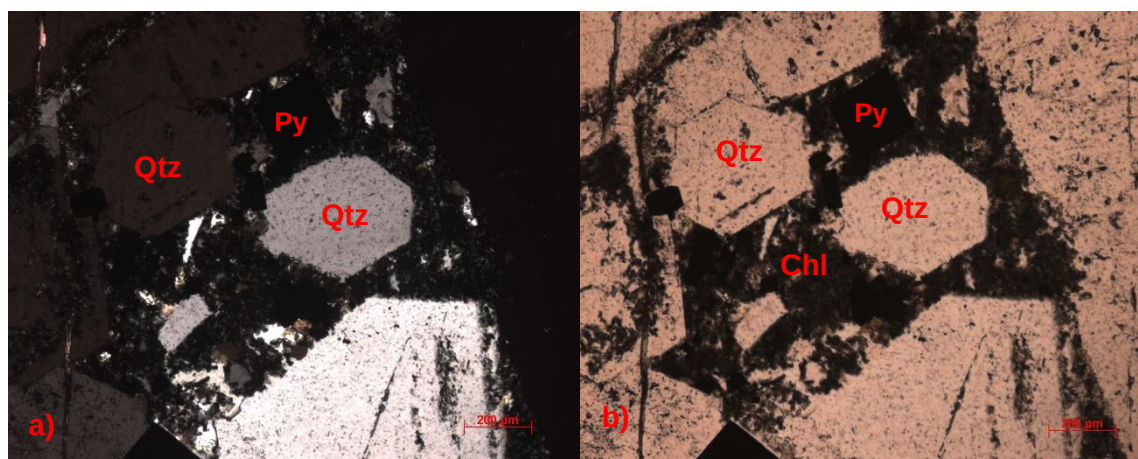


Figura 29 - Filonete de quartzo (Qtz) euédrico com clorite vermicular (Chl) mineralizado com pirite (Py) e arsenopirite.

1.1.3. Conclusão do estudo petrográfico e metalográfico

Com base neste estudo podemos verificar a existência de processos mineralizantes que tiveram lugar em momentos diferentes, confirmando assim a existência de diferentes estádios de mineralização propostos por Neiva e Neiva em 1990.

Com as observações efetuadas neste estudo e a comparação do quadro paragenético proposto por Neiva e Neiva em 1990 (ver quadro paragenético) confirmou-se os seguintes aspetos (ver ANEXO 1):

- A arsenopirite é comum e ocorre por vezes inclusa na pirite.
- A pirite é frequente e por vezes encontra-se muito fraturada, estando essas fraturas preenchidas por galena e esfalerite.
- A esfalerite é frequente e por vezes apresenta exsoluções de calcopirite.
- A galena ocorre, mais frequentemente, a preencher fraturas e cavidades da pirite e da arsenopirite e por vezes apresenta arrancamentos triangulares. A presença da galena representa o quinto estágio paragenético descrito por Neiva e Neiva em 1990, pois apenas neste estágio se observa este mineral.
- Apesar de descrito por Neiva e Neiva (1990), não foi encontrado ouro, electrum, e tantos outros minerais (ver quadro paragenético).
- Foi ainda observado quartzo euédrico num filonete com clorite vermicular e sulfuretos associados.

2. O setor da Gralheira

No setor da Gralheira observam-se inúmeros filões de quartzo mineralizados, de orientação WNW-ESSE subverticais têm estrutura lenticular, alongada e contem principalmente quartzo sulfuretos, sulfossais, ouro, electrum e alguns carbonatos e fosfatos. Estes filões, que preenchem sobretudo fraturas resultantes da última fase da orogenia varisca, têm 0,01-0,2m de espessura e encaixam nos micaxistos do Ordovício que alternam com quartzitos. Todos estes filões mineralizados são cortados por filões de quartzo estéreis (Neiva & Neiva, 1990).

Apesar de a sequência paragenética dos filões de quartzo aurífero da Gralheira ser semelhante à de Jales, Neiva (1994) identificou apenas cinco estádios hipogénicos, também eles separados por falhas e fraturas hercínicas (Tab. 5), neste setor. O primeiro estádio ocorre o quartzo acompanhado de outros silicatos, no segundo estádio: quartzo, outros silicatos, ouro, electrum e sulfuretos, no terceiro

Tabela 5 - Quadro da sequência paragenética dos filões da Gralheira. Retirado de: Neiva, 1994

Stage	Faulting 1	Faulting 2	Faulting 3	Fracturing 4	Fracturing 5
Zircon					
Rutile					
Phosphate					
Muscovite					
Albite					
Microcline					
Quartz					
Tourmaline					
Gold, electrum					
Pyrrhotite					
Arsenopyrite					
Bismuth					
Chlorite					
Pyrite					
Sphalerite					
Chalcopyrite					
Cassiterite					
Wolframite					
Sericite					
Tetrahedrite					
Freibergite					
Magnetite					
Galena					
Marcasite					
Boulangerite					
Owyheeite					
Dolomite					
Calcite					

estádio: quartzo, outros silicatos, óxidos e tungstatos, no quarto estádio: quartzo, ouro, electrum, sulfuretos e sulfossais e por fim no quinto e último estádio ocorre o quartzo, ouro, electrum sulfuretos e sulfossais havendo também alguns carbonatos posteriores ao quartzo. Observam-se também algumas fases mais raras de tetraedrite, owyheeite e boulangerite (Neiva & Neiva, 2010).

Rosa & Romberger (2003) mais recentemente, propuseram um novo quadro paragenético (Tab. 6) para os distritos de Campo e Gralheira, onde foram reconhecidos cinco estádios de mineralização e/ou alteração, contudo apenas no distrito de Campo são representadas todas as etapas.

O primeiro estágio, apenas identificado no campo, é representado por quartzo fumado estéril resultado da deformação dúctil sofrida. Esta etapa foi acompanhada pela alteração de biotite e clorite para moscovite e de plagioclase para moscovite e microclina.

O segundo estágio corresponde ao estágio dos sulfuretos (Fe- As) representado pela pirrotite e lollingite precoce e arsenopirite e pirite tardias. A lollingite é um mineral muito raro e encontra-se incluso na arsenopirite. Os sulfuretos ocorrem no quartzo cinzento e localmente na adulária. Em menor quantidade também ocorre neste

estádio scheelite e marcassite. Durante este estágio formou-se mais moscovite e microclina à semelhança do primeiro estágio.

No terceiro estágio, representado pelos metais base (Pb- Zn- Ag), caracterizado pela brechificação do estágio anterior e recristalização do quartzo ao longo de fraturas. Os sulfuretos de metais base e a clorite depositam ao longo de fraturas e na matriz das brechas.

O quarto estágio representado pela deposição de quartzo em pente ao longo de fraturas.

O quinto e último estágio é caracterizado pela precipitação de pequenas quantidades de calcite, siderite e ilite ao longo de fraturas.

O ouro ocorre no segundo (?) e terceiro estágio sob a forma de electrum.

Tabela 6 - Quadro paragenético de Campo e Gralheira.
Retirado de: Rosa & Romberger, 2003

	STAGE I	STAGE II	STAGE III	STAGE IV	STAGE V
ALTERATION					
Muscovite			-----		
Microcline					
Chlorite					
Calcite					
Siderite					
Illite					
GANGUE					
Quartz	Black	Grey	Recrystallized	Comb	
Adularia					
Apatite		---			
Tourmaline		---			
ORE					
Pyrrhotite		-----			
Loellingite		---			
Arsenopyrite		-----			
Pyrite		-----			
Scheelite		---			
Marcasite		-----			
Sphalerite			-----		
Chalcopyrite			-----		
Galena			-----		
Tetrahedrite			-----		
Freibergite			-----		
Electrum		- ? -	-----		
Bismuth			-----		

2.1. Estudo de amostras de sondagens (galeria e superfície) e afloramento

Para o setor da Gralheira foram selecionadas dez amostras provenientes de quatro sondagens e três amostras colhidas no campo. Nas tabelas 7 e 8 está representado o nome da sondagem a respetiva amostra e lâmina e a que profundidade corresponde a amostra.

Tabela 7 - Nome da sondagem, respetiva amostra e lâmina e a que profundidade corresponde a amostra. Amostras provenientes de sondagens do setor da Gralheira

Amostra	Lâmina	Sondagem	Profundidade
GGU01	GGU01A	GG1323A	14,25m – 14,38m
	GGU01B		
GSU02	GSU02	GS1302A	54,81m – 55,02m
GSU04	GSU04		64,51m – 64,76m
GSU06	GSU06		71,96m – 72,36m
GSU08	GSU08		109,36m – 109,76m
GSU12	GSU12		178,77m – 178,95m
GSU14	GSU14		180,86m – 181,14m
GSU15	GSU15	GS1308A	336,33m – 336,56m
GSU16	GSU16A	GS1304B	191,70m – 191,78m
	GSU16B		
GSU17	GSU17		302,05m – 302,24m

Tabela 8 - Nome da amostra e respetiva lâmina. Amostras colhidas no trabalho de campo provenientes do setor da Gralheira

Setor	Amostra	Lâmina
Gralheira	GG694	GG694
	GS695A	GS695A
	GS695B	GS695B

2.1.1. Descrição macroscópica das amostras

- **Amostra GGU01 – Zona filoniana com vários preenchimentos de quartzo e sulfuretos**

A amostra GGU01 (Fig. 30), proveniente da sondagem GG1323A, com cerca de 12cm, corresponde a uma zona com vários preenchimentos de quartzo e sulfuretos, como arsenopirite, esfalerite e galena visíveis a olho nu. Estes filonetes estão encaixados no micaxisto.



Figura 30 - Amostra GGU01 – Zona filoniana com vários preenchimentos de quartzo e sulfuretos

- **Amostra GSU02 - Micaxisto**

A amostra GSU02 (Fig. 31), proveniente da sondagem GS1302A, corresponde a um micaxisto de cor esverdeada onde se observam alguns sulfuretos dispersos pela amostra.



Figura 31 - Amostra GSU02 - Micaxisto

- **Amostra GSU04 - Micaxisto**

A amostra GSU04 (Fig. 32), proveniente da sondagem GS1302A embora a profundidades diferente da anterior, corresponde a um micaxisto de cor esverdeada onde se observam níveis siliciosos.



Figura 32 - Amostra GSU04 - Micaxisto

- **Amostra GSU06 – Alternâncias micaxisto e quartzito**

A amostra GSU06 (Fig. 33), proveniente da sondagem GS1302A, corresponde a alternância de micaxisto de cor esverdeada com níveis quartzíticos definindo a estratificação.



Figura 33 - Amostra GSU06 – Alternâncias micaxisto e quartzito

- **Amostra GSU08 - Micaxisto com intercalações quartzíticas**

A amostra GSU08 (Fig. 34), proveniente da sondagem GS1302A, corresponde a um micaxisto de cor cinza escura muito silicioso.

Pela descrição feita no log da amostragem, trata-se de uma zona de micaxisto cinzento com zonas quartzíticas com granadas zonadas (Albuquerque, 2014).



Figura 34 - Amostra GSU08 - Micaxisto com intercalações quartzíticas

- **Amostra GSU12 – Massa de adulária**

Amostra proveniente da sondagem GS1302A, corresponde a uma massa de adulária (Fig. 35) com pequenas cavidades preenchidas por cristais de carbonatos.

Segundo a descrição feita no log da amostragem, trata-se de uma zona com uma massa de adulária no micaxisto (Albuquerque, 2014).



Figura 35 - A mostra GSU12 – Massa de adulária

- **Amostra GSU14 – Massa de quartzo no micaxisto**

A amostra GSU14 (Fig. 36), proveniente da sondagem GS1302A, corresponde a uma massa de quartzo no micaxisto clorítico com adulária e pirite disseminada na matriz do micaxisto.



Figura 36 - Amostra GSU14 – Massa de quartzo no micaxisto

- **Amostra GSU15 – Zona aplito-pegmatítica com filão de quartzo**

Zona mineralizada da sondagem GS1308A, trata-se de um filão de quartzo a cortar o aplito-pegmatito onde é visível quartzo, feldspato e pirite dispersa na matriz (Fig. 37).



Figura 37 - Amostra GSU15 – Zona aplito-pegmatítica com filão de quartzo

- **Amostra GSU16 – Filão de quartzo mineralizado**

A amostra GSU16 (Fig. 38), correspondente à sondagem GS1304B, trata-se de filonetes de quartzo, com esfalerite e galena visíveis, em contacto com uma massa aplito-pegmatítica.

A descrição do log da amostragem diz tratar-se um filão e filonetes de quartzo (0,5 a 3cm), com pirite, arsenopirite, calcopirite, esfalerite e galena em uma matriz aplito-pegmatítica instruída no micaxisto (Albuquerque, 2014).



Figura 38 - Amostra GSU16 – Filão de quartzo mineralizado

- **Amostra GSU17 – Filão de quartzo mineralizado**

Filão de quartzo mineralizado, proveniente da sondagem GS1304B, com esfalerite e galena visíveis no micaxisto (Fig. 39).

Segundo Albuquerque 2014, trata-se um filão de quartzo com cerca de 10cm, com arsenopirite, calcopirite, esfalerite e galena em micaxisto.



Figura 39 - Amostra GSU17 – Filão de quartzo mineralizado

- **Amostra GG694 - Zona filoniana com vários preenchimentos de quartzo e sulfuretos**

A amostra GG694 (Fig. 40), colhida no trabalho de campo proveniente da galeria, com cerca de 5cm, corresponde a uma zona com vários preenchimentos de quartzo e sulfuretos, como pirite e galena visíveis a olho nu. Estes filonetes estão encaixados no micaxisto.



Figura 40 - Amostra GG694 - Zona filoniana com vários preenchimentos de quartzo e sulfuretos

- **Amostra GS695a – Nível silicioso no micaxisto**

Amostra colhida no campo (Fig. 41), proveniente dos fojos, trabalhos romanos, com cerca de 7cm e corresponde a um nível silicioso no micaxisto



Figura 41 - Amostra GS695a – Nível silicioso no micaxisto

- **Amostra GS695b – Micaxisto com níveis siliciosos**

Amostra colhida no campo proveniente dos fojos, trabalhos romanos (Fig. 42), com cerca de 7cm e corresponde a um micaxisto com níveis siliciosos.



Figura 42 - Amostra GS695b – Micaxisto com níveis siliciosos

2.1.2. Estudo petrográfico e metalográfico

Para este setor foram realizadas quinze lâminas polidas das amostras em estudo, tanto das amostras provenientes das sondagens como de amostras colhidas no trabalho de campo realizado neste setor, com o principal objetivo de identificar os diferentes minerais presentes nas amostras, assim como tentar entender as relações entre as mineralizações e o encaixante.

- **Lâminas GGU01A e GGU01B – Zona filoniana com vários preenchimentos de quartzo e sulfuretos**

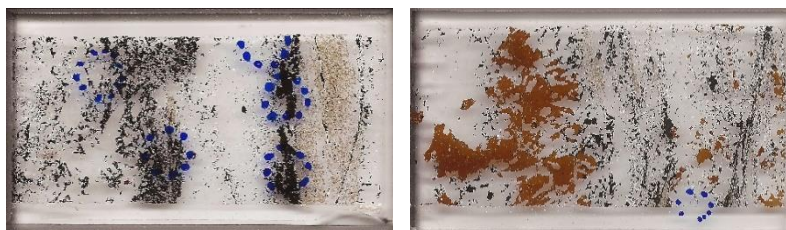


Figura 43 - Lâminas GGU01A e GGU01B – Zona filoniana com vários preenchimentos de quartzo e sulfuretos

Da amostra GGU01 foram produzidas duas lâminas polidas a GGU01A e a GGU01B (Fig. 43). Nestas lâminas observam-se zonas filonianas com vários preenchimentos de quartzo mineralizados com pirite, calcopirite, arsenopirite, esfalerite, galena, ouro argenteo, prata aurífera e freibergite tendo sido estes três últimos confirmados no MEV (ver Capítulo V). Estes preenchimentos cortam o micaxisto (Fig. 44) constituído por quartzo, turmalina, moscovite e biotite.

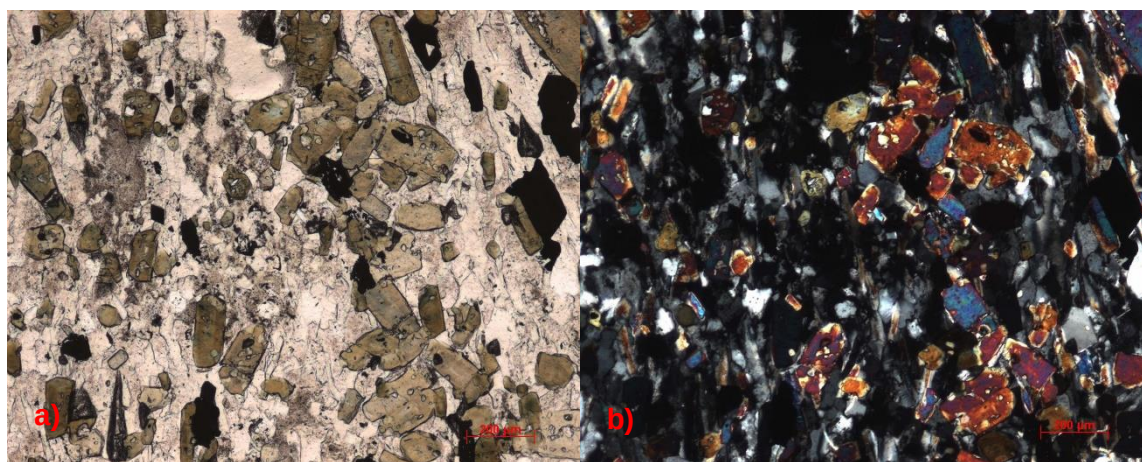


Figura 44 - Microfotografias obtidas no microscópio ótico. Minerais em luz transmitida: a), b) Matriz do micaxisto com quartzo, turmalinas e moscovite, N// e Nx respetivamente

A arsenopirite é o sulfureto dominante nestas duas lâminas, apresenta-se geralmente euédrica e por vezes anédrica, sendo esta última mais tardia (Neiva, 1994) em alguns casos rodeada e substituída por pirite (Fig.45a). Por vezes apresenta maclas em estrela (Fig. 45d) (Picot & Johan, 1977).

Os minerais de Au-Ag ocorre tanto associado à pirite (Fig45a) como a ser remobilizado pela galena em fraturas da arsenopirite (Fig. 45b, d).

A galena é tardia e veio remobilizar os minerais de Au-Ag presente na pirite e na arsenopirite. É frequente nestas lâminas, normalmente anédrica, maciça e por vezes preenche fraturas da arsenopirite e da pirite e geralmente apresenta arrancamentos triangulares.

Quanto à esfalerite que é um sulfureto muito comum nestas amostras e apresenta-se anédrica, maciça e ocorre principalmente em massas e por vezes apresenta exsoluções de calcopirite.

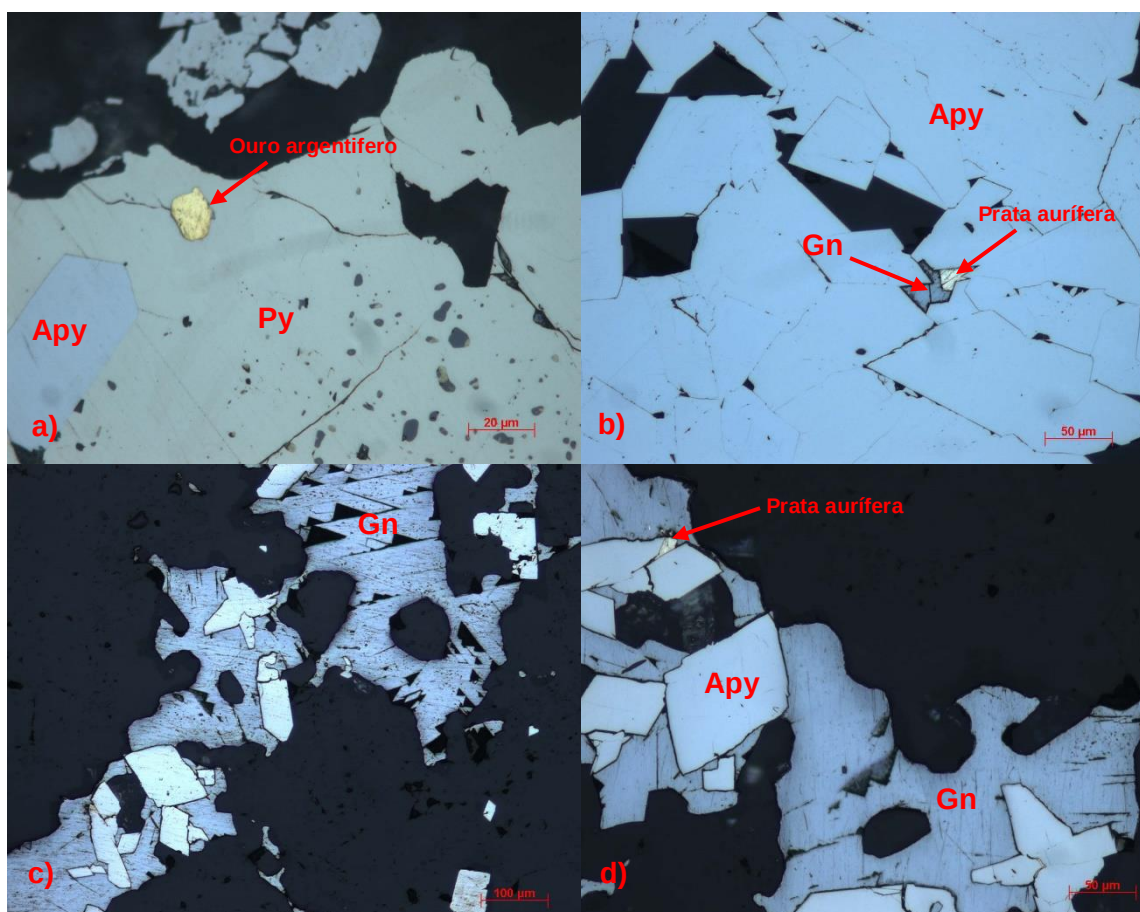


Figura 45 - Microfotografias obtidas no microscópio ótico. Minerais em luz refletida: a)Ouro argentífero em fratura da pirite (Py) e cristal de arsenopirite (Apy) euédrica a ser envolvido por pirite anédrica; b)Prata aurífera associado à galena (Gn) numa fratura da arsenopirite; c) Galena e arsenopirite; d) Prata aurífera associada a galena em fraturas da arsenopirite.

- **Lâmina GSU02 – Micaxisto**

Desta amostra, foi feita apenas uma lâmina polida (Fig. 46) e corresponde a um micaxisto constituído por quartzo, moscovite, biotite, andaluzite, plagioclase, turmalina, sericite (Fig. 47c,d) e clorite. Quanto aos minerais metálicos destacam-se a marcassite (Fig.47a,b), calcopirite, arsenopirite, esfalerite, pirite e um mineral cinza que poderá corresponder a óxidos de titânio.



Figura 46 - Lâmina GSU02 – Micaxisto

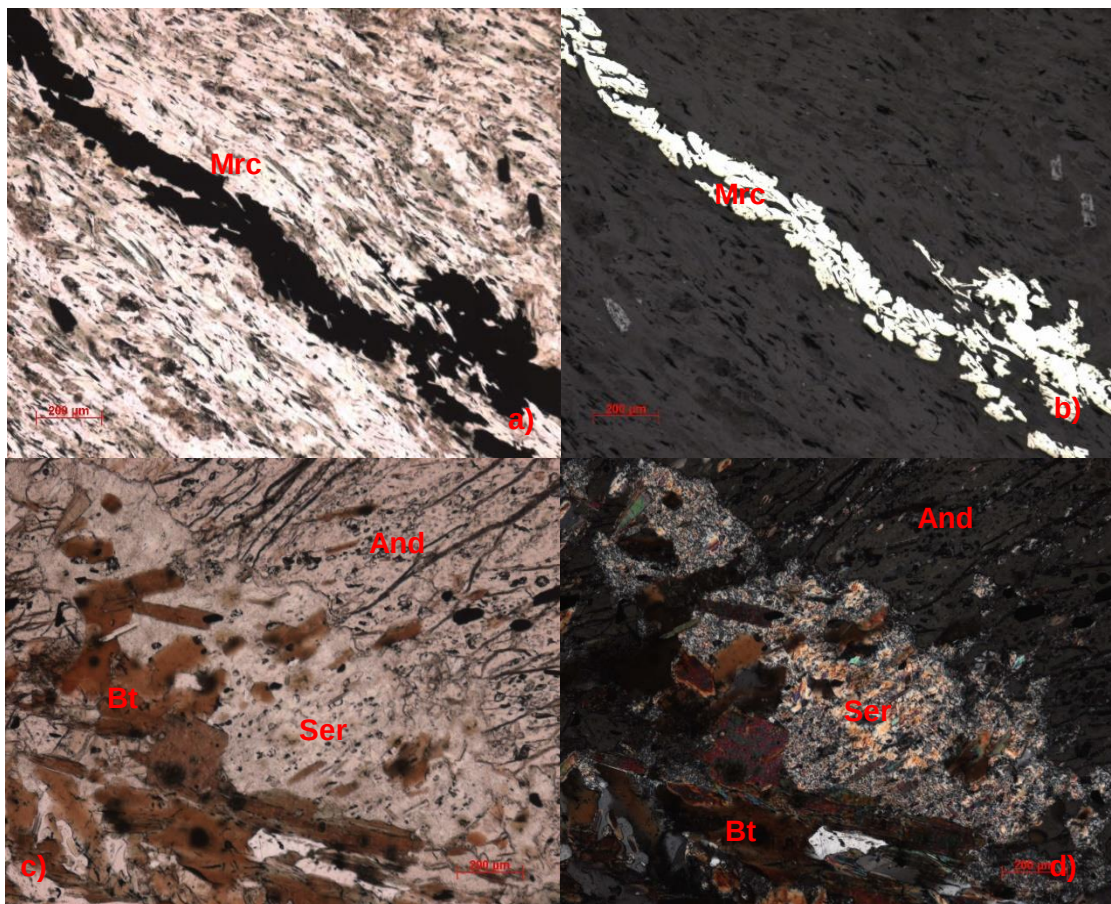


Figura 47 - Microfotografias obtidas no microscópio ótico. a), b) Marcassite (Mrc) na matriz do micaxisto em Luz transmitida (N//) e luz refletida (N//) respetivamente; c), d) Andalusite (And), biotite (Bt) e sericite (Ser) na matriz do micaxisto, luz transmitida em N// e Nx respetivamente

- **Lâmina GSU04 – Micaxisto**

Da amostra GSU04 (Fig. 48), foi feita apenas uma lâmina polida e corresponde a um micaxisto constituído por quartzo, moscovite, biotite, sericite, adulária(?), turmalina, sericite e clorite. Quanto aos minerais metálicos destacam-se a marcassite (Fig. 49a,b,c), calcopirite, arsenopirite, esfalerite, pirite (Fig. 49c), um mineral cinza que poderá corresponder a óxidos de titânio e a pirrotite com exsoluções (Picot & Johan 1977) de pentlandite (Fig. 49d) (ver Capítulo V).



Figura 48 - Lâmina GSU04 – Micaxisto

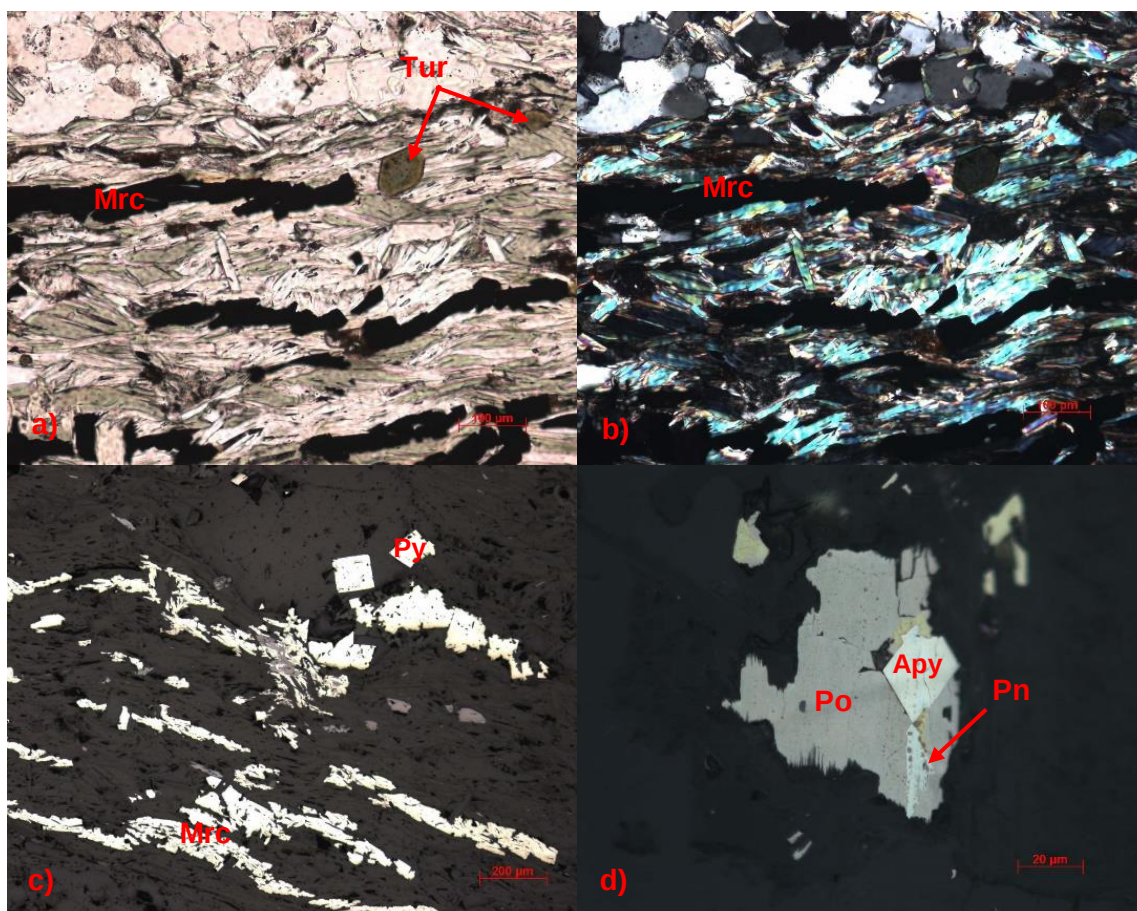


Figura 49 - Microfotografias obtidas no microscópio ótico. Minerais em luz transmitida: a), b) Turmalinas (Tur), clorite (Chl), moscovite e marcassite em matriz do micaxisto em N// e Nx respetivamente; Minerais em luz refletida: c) marcassite (Mrc), pirite (Py) e óxidos de titânio na matriz do micaxisto, d) Pirrotite (Po) com cristal de arsenopirite (Apy) euédrico e com exsoluções de pentlandite (Pn).

- **Lâmina GSU06 - Alternâncias micaxisto e quartzito**

Esta amostra corresponde a um micaxisto com níveis quartzítico definindo a estratificação (Fig. 50). O micaxisto é constituído por quartzo, turmalina, moscovite, biotite, clorite, sericite, feldspato (Fig. 51a, b).

Disperso pela lâmina encontram-se pirite, arsenopirite, pirrotite com exsoluções de pentlandite e esfalerite (Fig. 51e, f).



Figura 50 - Lâmina GSU06 - Alternâncias micaxisto e quartzito

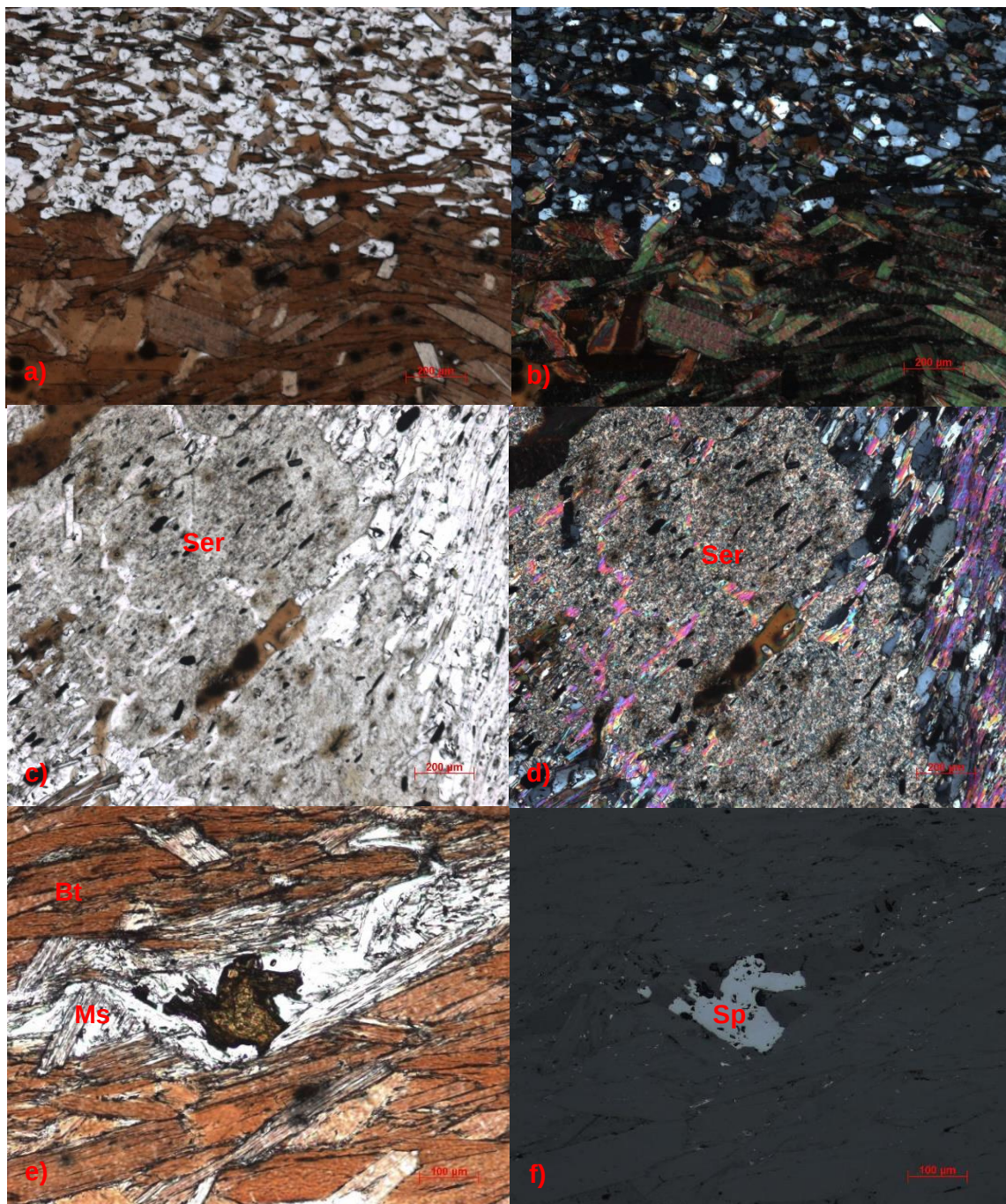


Figura 51 - Microfotografias obtidas no microscópio ótico. Luz transmitida: a), b) Contacto entre micaxisto e nível quartzítico N// e Nx respetivamente; c), d) Sericite (Ser) na matriz do micaxisto; e), d) Sombras de pressão na moscovite (Ms) em torno de um cristal de esfalerite (Sp) em N//, luz transmitida e luz refletida respetivamente

- **Lâmina GSU08 – Micaxisto com intercalações quartzíticas**

Esta amostra corresponde a um micaxisto com níveis quartzíticos (Fig. 52). O micaxisto é constituído por quartzo, moscovite, biotite e granada (Fig. 53a). Disperso pela matriz encontram-se pirite, arsenopirite, esfalerite, calcopirite e pirrotite com exsoluções de pentlandite pirrotite (Fig. 53d) (ver Capítulo V).



Figura 52 - Lâmina GSU08 – Micaxisto com intercalações quartzíticas

A calcopirite, anédrica, apresenta-se principalmente a rodear e penetra a pirrotite (Fig. 53c,d).

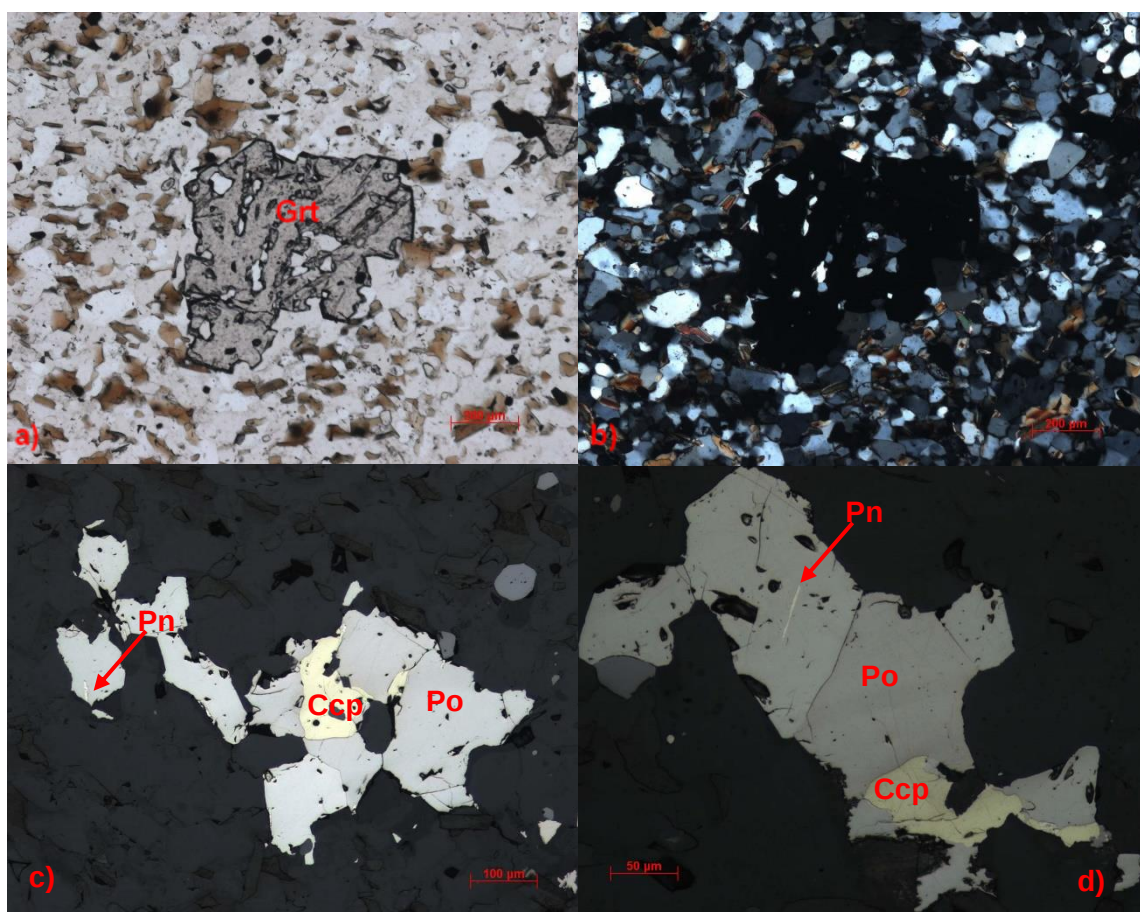


Figura 53 - Microfotografias obtidas no microscópio ótico. Minerais em luz transmitida: a), b) Granada (Grt) em N// e Nx respetivamente. Minerais em luz refletida: c), d) Pirrotite (Po) com calcopirite (Ccp) associada e com exsoluções de pentlandite (Pn) na matriz do micaxisto.

- **Lâmina GSU12 – Massa de adulária**

A lâmina corresponde a uma amostra de massa de adulária (Fig. 54), onde se observou disperso na matriz da adulária: quartzo, clorite vermicular (Fig. 55c,d), sericite e por fim calcite e dolomite nos bordos da lâmina onde a dolomite apresenta cristais (ver Capítulo V). A dolomite em sela corresponde a uma variedade de dolomite que exibe cristais em ponta de lança (Fig. 55a, b) (Radke & Mathis 1980).

Quanto aos minerais metálicos observou-se pirite e arsenopirite associados à dolomite (Fig. 55b).



Figura 54 - Lâmina GSU12 – Massa de adulária

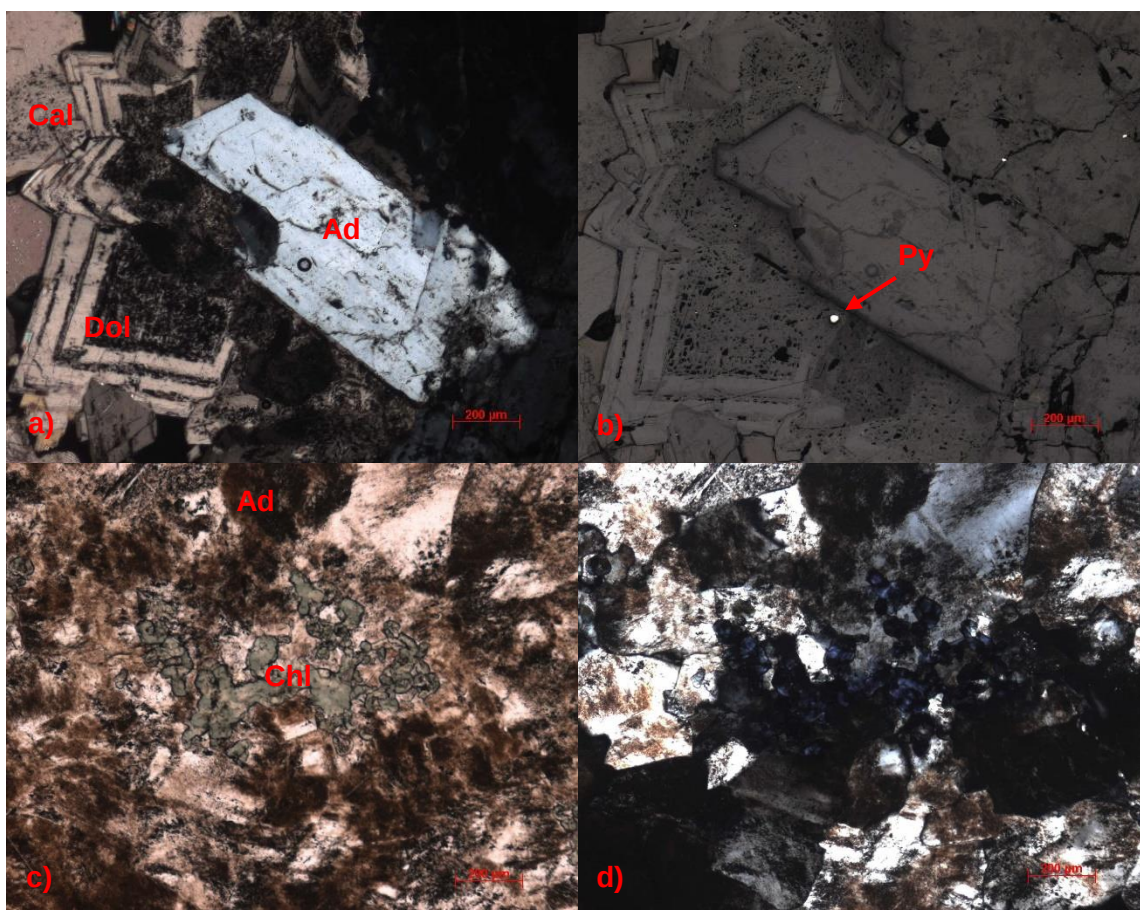


Figura 55- Microfotografias obtidas no microscópio ótico. a), b) Cristais de dolomite (Dol) em ponta de lança na massa de adulária (Ad) e calcite (Cal) posterior à dolomite em luz transmitida (N//) e luz refletida, respectivamente onde nesta última se observa pirite (Py) associada à dolomite; c), d) Clorite vermicular (Chl) dispersa na massa de adulária, em luz transmitida, N// e Nx, respectivamente

- **Lâmina GSU14 - Massa de quartzo no micaxisto**

Na lâmina GSU14 (Fig. 56), é possível observar uma massa de quartzo com adulária e clorite vermicular (Fig. 57a,b) no micaxisto. Quanto aos minerais metálicos estão presentes a calcopirite, arsenopirite, galena, pirite e pirite framboidal (Fig. 57c) e ainda um mineral cinza que possivelmente corresponde a óxidos de titânio disperso pela matriz do micaxisto.



Figura 56 - Lâmina GSU14 - Massa de quartzo no micaxisto

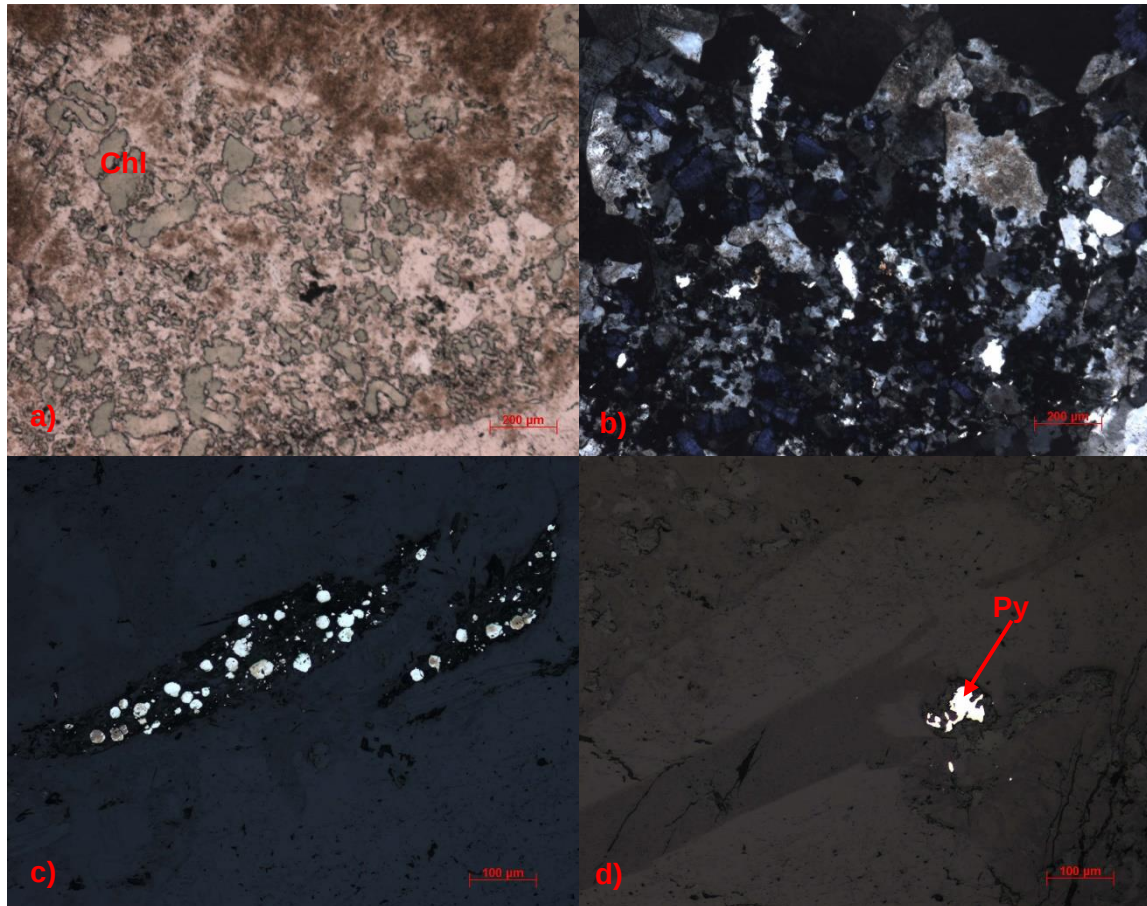


Figura 57- Microfotografias obtidas no microscópio ótico. Minerais em luz transmitida: a), b) Clorite vermicular (Chl) e adulária em N// e NX respetivamente. Minerais em luz refletida: c) Pirite framboidal na matriz do micaxisto; d) Pirite (Py) no contacto com a adulária

- **Lâmina GSU15 - Zona aplito- pegmatítica com filão de quartzo**

Nesta lâmina (Fig. 58), foi possível observar aplito-pegmatito com quartzo, feldspato, moscovite, plagioclase sericite e clorite vermicular, zircão e adulária cortada por filonetes de quartzo mineralizados



Figura 58 - Lâmina GSU15 - Zona aplito-pegmatítica com filão de quartzo

com pirite, arsenopirite, calcopirite, esfalerite, pirrotite (Fig. 59a), galena a preencher fraturas na pirite e arsenopirite, com arrancamentos triangulares e mineral de Au-Ag associado à galena (Fig. 59a, d).

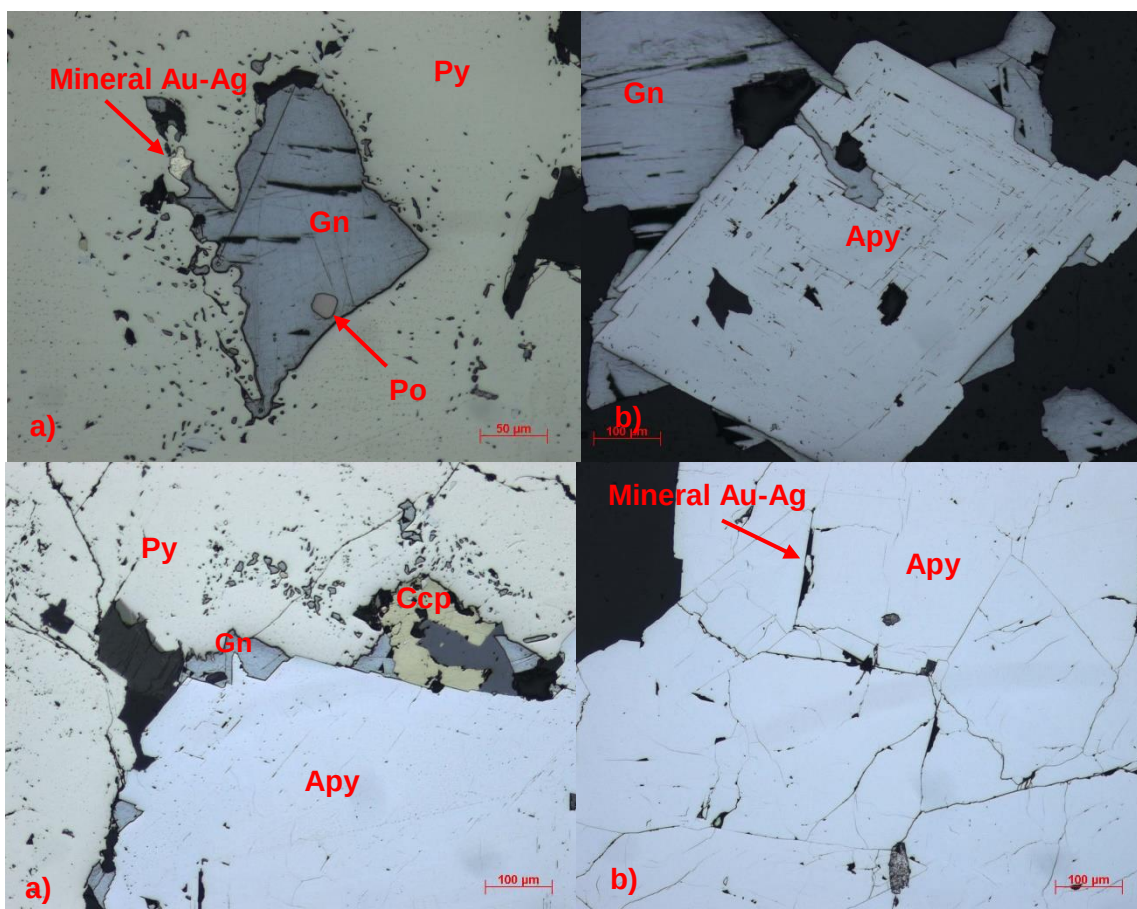


Figura 59 - Microfotografias obtidas no microscópio ótico. Minerais em luz refletida: a) Galena (Gn) a remobilizar mineral Au-Ag em cavidade da pirite (Py); b) Cristal de arsenopirite (Apy) com galena a preencher fraturas deste; c) Pirite, galena, arsenopirite e calcopirite (Ccp) a rodear a esfalerite (Sp); d) Mineral Au-Ag em fratura da arsenopirite

- **Lâmina GSU16A e GSU16B – Filão de quartzo mineralizado**



Figura 60 - Lâmina GSU16A e GSU16B – Filão de quartzo mineralizado

Da amostra GSU16 foram produzidas duas lâminas polidas a GSU16A e a GSU16B (Fig. 60). Na lâmina GSU16A observa-se um filão de quartzo mineralizado com esfalerite, arsenopirite, calcopirite, freibergite, galena com arrancamentos triangulares intruído no micaxisto. Enquanto que a lâmina GSU16B corresponde a uma zona mais aplito-pegmatítica intruída no micaxisto, constituída por quartzo, feldspato, moscovite, albite. Quanto aos minerais metálicos presentes nesta lâmina, observou-se pirite, arsenopirite, esfalerite, freibergite, calcopirite e galena. A calcopirite rodeia e penetra na freibergite (Fig. 61c).

Em ambas as lâminas observou-se esfalerite com exsoluções de calcopirite e galena tardia a corroer a arsenopirite, com arrancamentos triangulares (Fig. 61a, b).

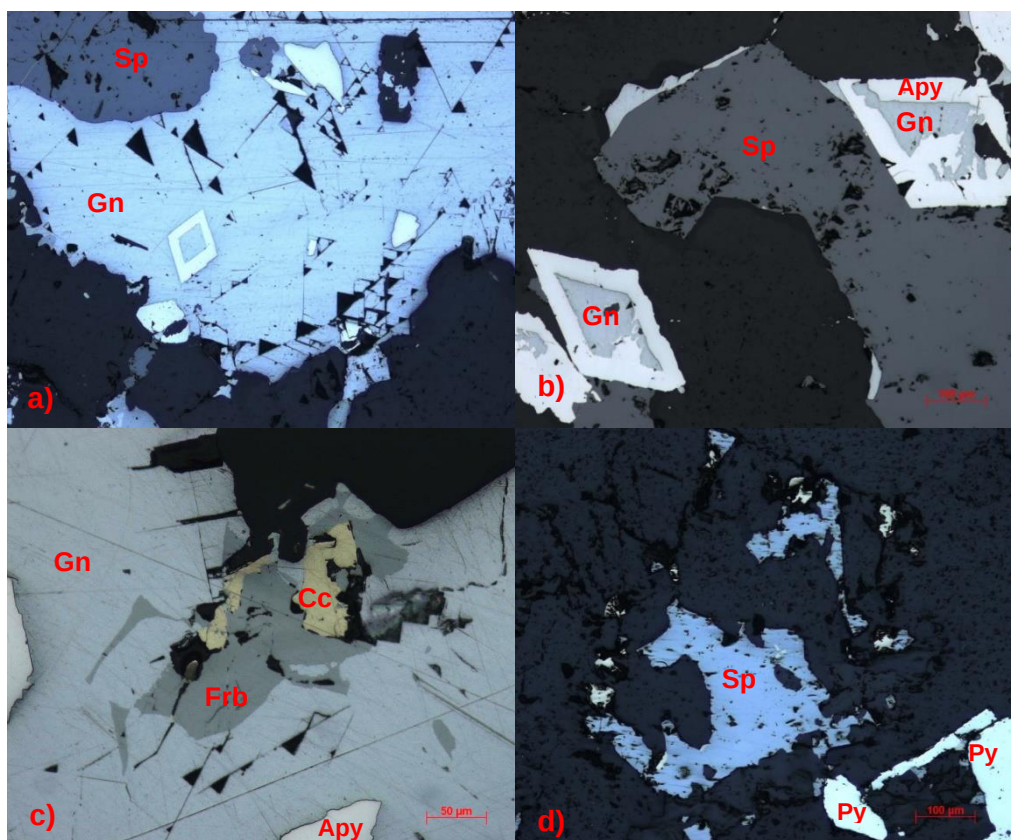


Figura 61 - Microfotografias obtidas no microscópio ótico. Minerais em luz refletida: a) Galena (Gn) com arrancamentos triangulares em contacto com esfalerite (Sp) e arsenopirite (Apy); b) Esfalerite no quartzo e galena tardia a corroer cristais euédricos de arsenopirite; c) Freibergite (Frb) a ser rodeada por calcopirite (Cc) na galena; d) Esfalerite e pirite (Py).

- **Lâmina GSU17 – Filão de quartzo mineralizado**

Esta amostra (Fig.62) é constituída por um filão de quartzo mineralizado com pirite, calcopirite, arsenopirite, pirrotite, marcassite, esfalerite, galena e prata aurífera (ver ponto 5 do Capítulo IV) intruído no micaxisto constituído por quartzo, turmalina, moscovite e sericite



Figura 62 - Lâmina GSU17 – Filão de quartzo mineralizado

A esfalerite apresenta exsoluções de calcopirite e pirrotite por vezes orientadas pelas clivagens (Fig. 63b).

A galena, normalmente anédrica, maciça e por vezes preenche fraturas na arsenopirite, pirite e esfalerite. Substitui a arsenopirite, pirite, esfalerite e a calcopirite (Fig. 63c) e por vezes apresenta arrancamentos triangulares (Fig. 63a).

A marcassite por vezes apresenta-se em crista de galo (Fig. 63d).

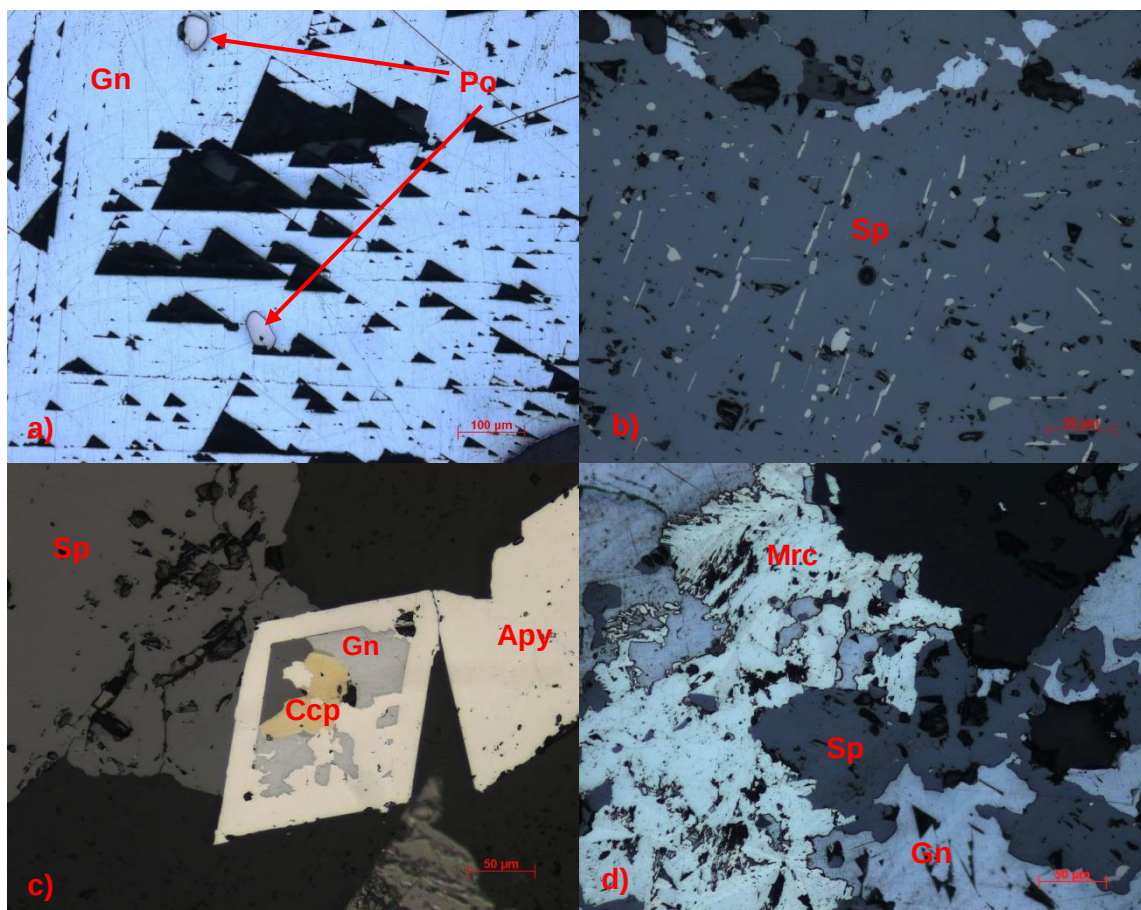


Figura 63 - Microfotografias obtidas no microscópio ótico. Minerais em luz refletida: a) Galena (Gn) com arrancamentos triangulares e pirrotite (Po); b) Esfalerite (Sp) com exsoluções de pirrotite orientadas pelas clivagens; c) Esfalerite e cristais de arsenopirite (Apy) euédrica a ser substituídos por galena, esfalerite e calcopirite (Ccp); d) Marcassite (Mrc) em crista de galo a penetrar a galena e esfalerite

- **Lâmina GG694 - Zona filoniana com vários preenchimentos de quartzo e sulfuretos**

Nesta lâmina (Fig. 64) observam-se zonas filonianas com vários preenchimentos de quartzo no micaxisto com níveis quartzíticos, disperso pela lâmina observou-se pirite, arsenopirite euédrica e anédrica, galena com arrancamentos triangulares a preencher fraturas da pirite e mineral Au-Ag (não confirmado ao MEV) na matriz do micaxisto (Fig. 65b,c).

Quanto aos minerais transparentes observou-se quartzo, moscovite, biotite e turmalina.



Figura 64 - Lâmina GG694 - Zona filoniana com vários preenchimentos de quartzo e sulfuretos

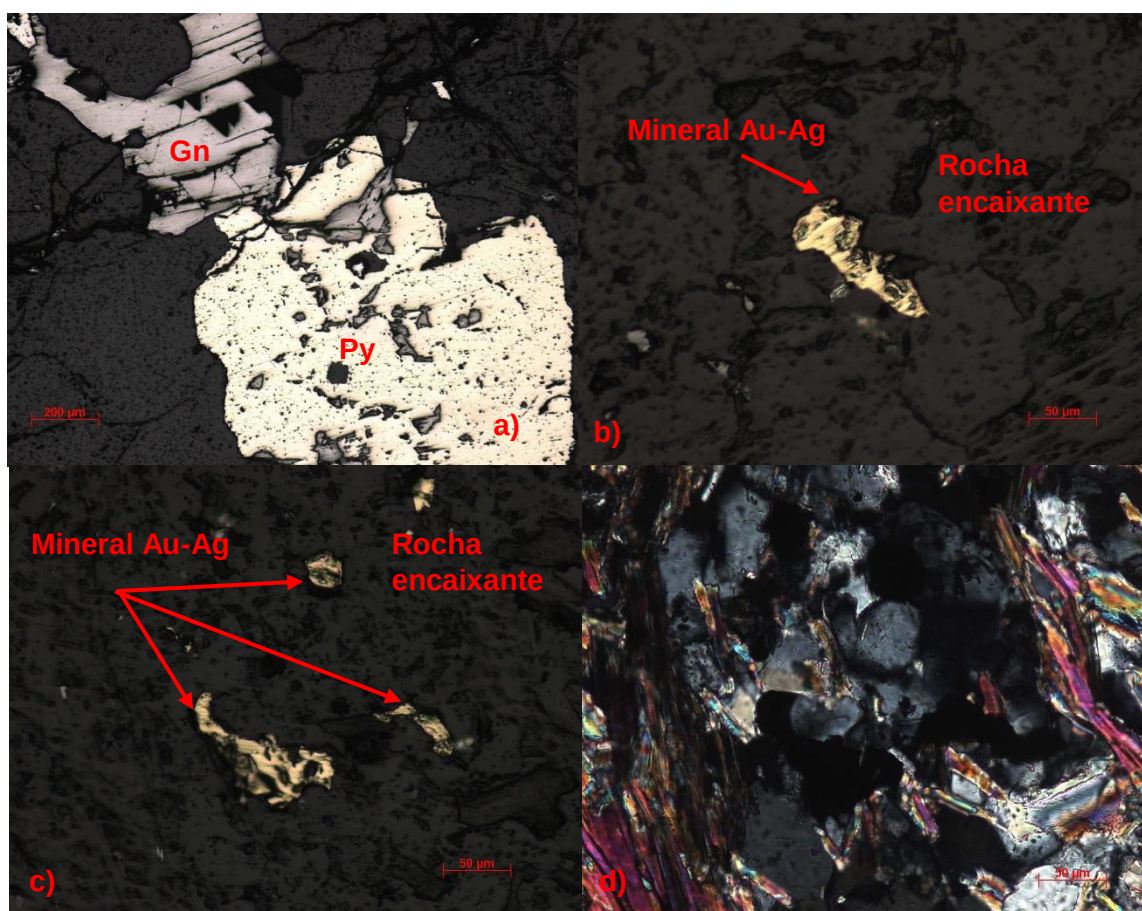


Figura 65 - Microfotografias obtidas no microscópio ótico. Minerais em luz refletida: a) Galena (Gn) com arrancamentos triangulares a preencher fraturas da pirite (Py); b), c) Mineral Au-Ag disperso na rocha encaixante; Minerais em luz transmitida: d) Micaxisto com minerais de Au-Ag disperso na matriz

- **Lâmina GS695A – Nível silicioso no micaxisto**

Nesta lâmina (Fig. 66) foi possível observar essencialmente quartzo, raras micas (Fig. 67) entre os grãos de quartzo e óxidos de titânio associados às micas.



Figura 66 - Lâmina GS695A – Nível silicioso no micaxisto

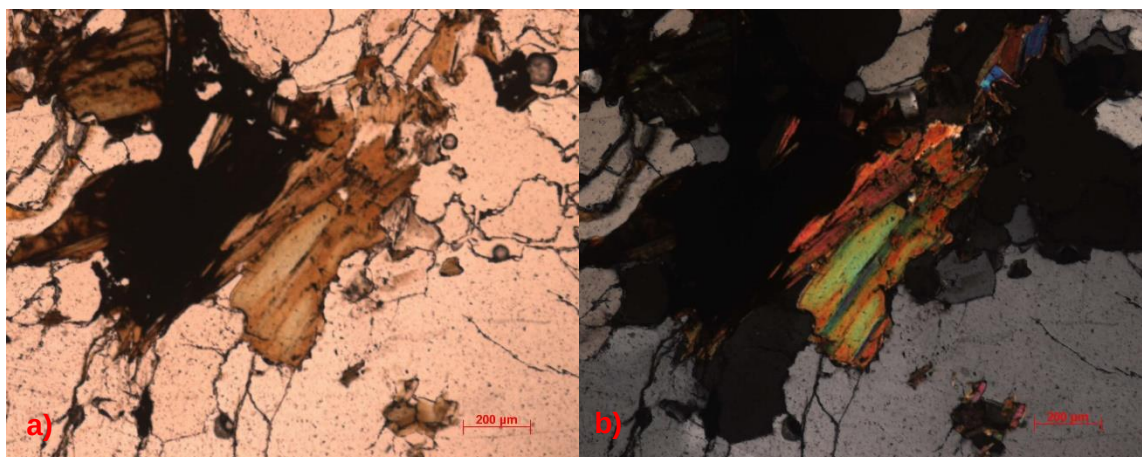


Figura 67 - Microfotografia obtida no microscópio ótico: a), b) Biotite entre os grãos de quartzo, em luz transmitida N// e Nx respetivamente

- **Lâmina GS695B – Micaxisto com níveis siliciosos**

Nesta lâmina (Fig. 68) foi possível observar um ocelo de quartzo rodeado por micas (biotite e moscovite) (Fig. 69), foram observadas micas dobradas.



Figura 68 - Lâmina GS695B – Micaxisto com níveis siliciosos

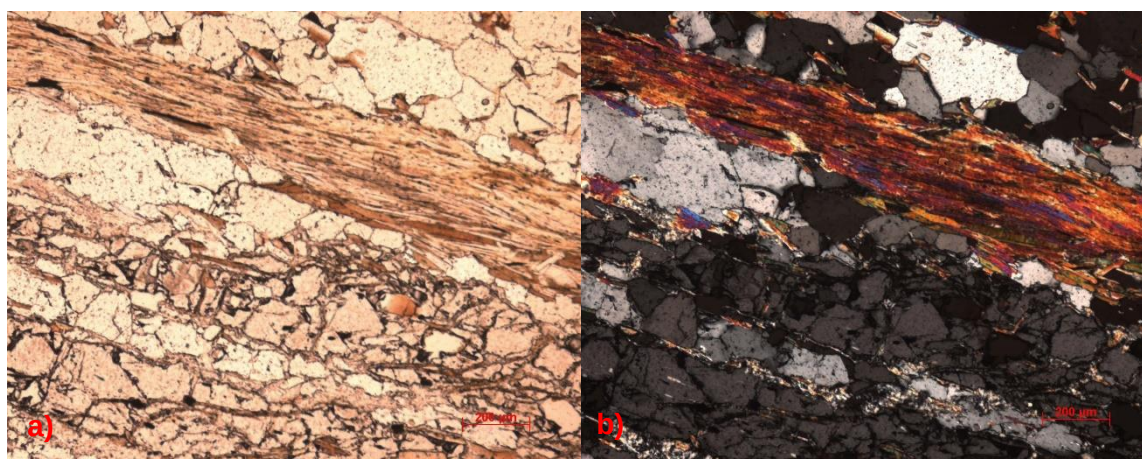


Figura 69 - Microfotografia obtida no microscópio ótico: a), b) Alternâncias de micas, quartzo e andaluzite, em luz transmitida N// e Nx respetivamente

Foi possível assinalar também a presença de andaluzite (Fig. 70) no micaxisto o que poderá corresponder a um micaxisto andaluzítico.

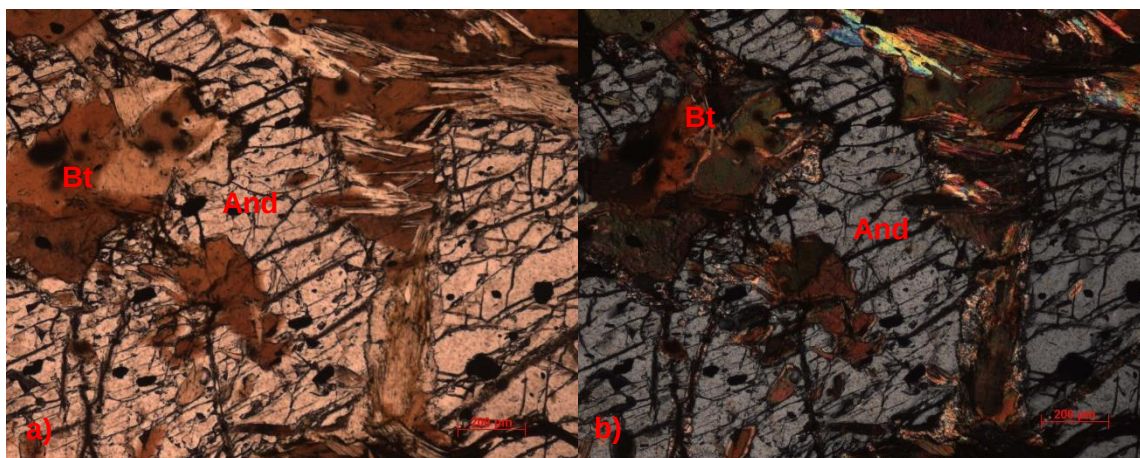


Figura 70 - Microfotografia obtida no microscópio ótico: a), b) Andalusite (And) e biotite (Bt) em luz transmitida N// e Nx respetivamente

2.1.3. Conclusão do estudo petrográfico e metalográfico

Com base neste estudo podemos verificar a existência de processos mineralizantes que tiveram lugar em momentos diferentes, confirmando assim a existência de diferentes estádios de mineralização propostos por Neiva em 1994.

Com as observações efetuadas neste estudo e a comparação do estudo paragenético proposto por Neiva (1994) e Rosa & Romberger (2003) teve-se em consideração os seguintes aspetos (ver ANEXOS 1 e 2):

- A arsenopirite é o sulfureto dominante, nas amostras estudadas para o setor da Gralheira, apresenta-se geralmente euédrica e por vezes anédrica, sendo esta última mais tardia (Neiva, 1994) em alguns casos rodeada e substituída por pirite. Por vezes apresenta maclas em estrela (Picot & Johan, 1977).
- A pirite é frequente, ocorre de diversas formas de euédrica a subeuédrica, encontra-se tanto nos filões como dispersa na matriz do encaixante e por vezes rodeia, penetra e substitui a arsenopirite. Na lâmina da amostra GSU14, que corresponde a um micaxisto com massa de quartzo mineralizado, observou-se também pirite framboidal dispersa na matriz do micaxisto.
- A calcopirite, anédrica, apresenta-se principalmente a rodear e penetra a pirrotite, esfalerite, freibergite, pirite e a arsenopirite. Encontra-se também sob a forma de exsoluções na esfalerite.
- Em relação à galena é frequente, normalmente anédrica, maciça e por vezes preenche fraturas na arsenopirite, pirite e esfalerite. Substitui a arsenopirite, pirite, esfalerite e a calcopirite e veio remobilizar o ouro presente na arsenopirite e na pirite e geralmente apresenta arrancamentos triangulares.
- Quanto à pirrotite, normalmente anédrica e maioritariamente encontra-se dispersa na matriz do micaxisto embora, nas lâminas GSU15 e GSU17, ocorre associada à galena ou sobre esta. Segundo Neiva em 1994, a pirrotite apresenta-se inclusa na arsenopirite, pirite, esfalerite e na marcassite.

Nas amostras GSU04, GSU06 e GSU08, todas elas correspondem a um micaxisto, foi possível identificar pirrotite com exsoluções de pentlandite característico de pirrotites ricas em níquel (Picot & Johan, 1977) (mineral confirmado no MEV- ver Capítulo V).

- A esfalerite, é um mineral frequente nas lâminas deste setor, anédrica, maciça e ocorre principalmente em massas, e como mencionado anteriormente,

apresentando por vezes exsoluções de calcopirite e de pirrotite, por vezes, orientadas pelas clivagens como se observa na lâmina GSU17.

- A marcassite ocorre por vezes a rodear a arsenopirite e a pirite. Apresenta-se geralmente em massas e por vezes em crista de galo.
- Foi também observado um sulfosal, a freibergite, com uma cor cinza esverdeada, embora em pequenas quantidades, esta apresenta-se anédrica e ocorre geralmente incluída na galena e por vezes, como mencionada anteriormente, rodeada por calcopirite.
- Na lâmina GSU12 foi possível observar calcite tardia e dolomite em sela que corresponde a uma variedade de dolomite que exhibe cristais em ponta de lança segundo Radke & Mathis (1980). A dolomite encontra-se na matriz de adulária.
- A adulária ocorre em massa no micaxisto, apresentando clorite na sua matriz. Este mineral também foi descrito em trabalhos de Rosa (2001).
- Neiva (1994) referiu a existência de duas gerações de clorite, a primeira, representada no segundo estágio de mineralização, corresponde a uma clorite subédrica, associada a pirite e arsenopirite em filonetes a cortar a rocha encaixante, a segunda, mais tardia, representada no quinto e último estágio de mineralização, exhibe uma forma vermicular em filonetes a penetrar a galena. Foram observados dois tipos de clorite, a primeira, subédrica, associada a pirite e arsenopirite e por vezes a marcassite em filonetes a cortar a rocha encaixante, a segunda é representada por clorite vermicular na matriz do encaixante.
- Por fim foi encontrado ouro/electrum associado à rocha encaixante na lâmina GG694, que corresponde a uma amostra da galeria colhida no campo. Este ouro encontra-se nos micaxistos adjacentes aos filões mineralizados. Assim como acontece próximo ao filão de Campo, no setor de Jales, estando o granito e o micaxisto enriquecidos em sulfuretos, principalmente arsenopirite e pirite e localmente contendo inclusões finas de ouro e electrum (Neiva *et al.*, 1990).
- Na tabela 12 do capítulo VII é apresentado uma proposta de um quadro paragenético modificado de Neiva (1994) e Rosa & Romberger (2003) tendo em conta as observações efetuadas neste estudo.

3.1. Estudo de amostras de sondagens (superfície)

Para o setor de Raiz do Monte foi selecionada apenas uma amostra, proveniente da sondagem RMS1303A, para este estudo. Na tabela seguinte está representado o nome da sondagem a respetiva amostra e lâmina e a que profundidade foi amostrada.

Tabela 9 - Nome da sondagem, respetiva amostra e lâmina e a que profundidade corresponde a amostra. Amostras provenientes de sondagens do setor Raiz do Monte

Amostra	Lâmina	Sondagem	Profundidade
RMSU01	RMSU01A	RMS1303A	73,87m - 74,06m
	RMSU01B		

3.1.1. Descrição macroscópica das amostras

- **Amostra RSU01 – Zona filoniana no granito**

A amostra RSU01 (Fig. 72) corresponde a um filão de quartzo a cortar uma zona aplito-pegmatítica, onde nos bordos do filonete é possível observar sulfuretos, mais precisamente arsenopirite.



Figura 72 - Amostra RSU01 – Zona filoniana no granito

Segundo a descrição feita no log da amostragem, trata-se de estruturas filonianas de aplito-pegmatito no granito com 2 filonetes de quartzo com sulfuretos (Albuquerque, 2014).

3.1.2. Estudo petrográfico e metalográfico

Para este setor foram realizadas duas lâminas polidas da amostra RMSU01, com o principal objetivo identificar os diferentes minerais presentes nas amostras.

- **Lâmina RMSU01A e RMSU01B - Zona filoniana no granito**

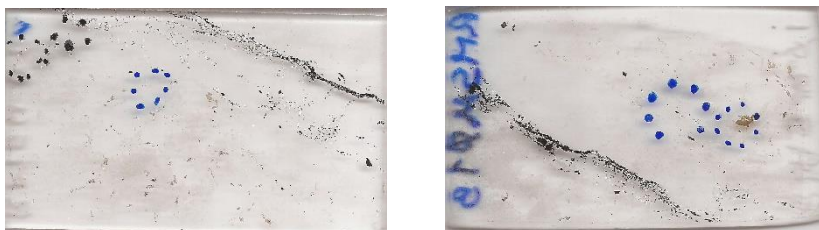


Figura 73 - Lâmina RMSU01A e RMSU01B - Zona filoniana no granito

No estudo petrográfico e metalográfico destas lâminas (Fig. 73) foi possível identificar um filão de quartzo a cortar uma zona aplito-pegmatítica. Em luz transmitida, na rocha encaixante, identificou-se quartzo, turmalina (Fig. 74a, b), feldspato, plagioclase, microclina, moscovite, biotite, clorite e apatite (confirmada em CL).

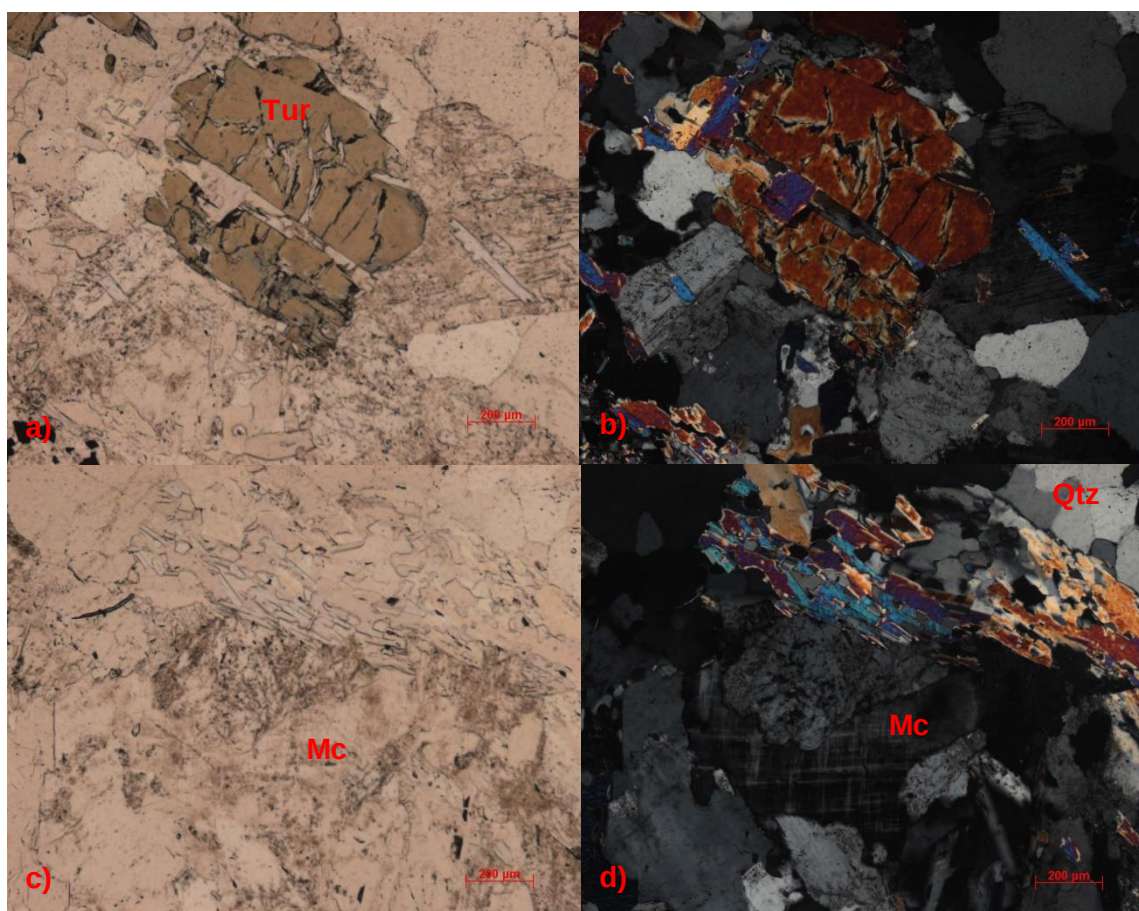


Figura 74 - Microfotografias obtidas no microscópio ótico. Minerais em luz transmitida: a), b) Turmalina (Tur) no aplito-pegmatito em N// e Nx respetivamente, c), d) Microclina (Mc) em N// e Nx respetivamente

Em luz refletida, foi possível observar arsenopirite, calcopirite, pirite, esfalerite com exsoluções de calcopirite (Fig. 75a) e um mineral cinza que poderá corresponder aos óxidos de titânio (Fig. 75b).

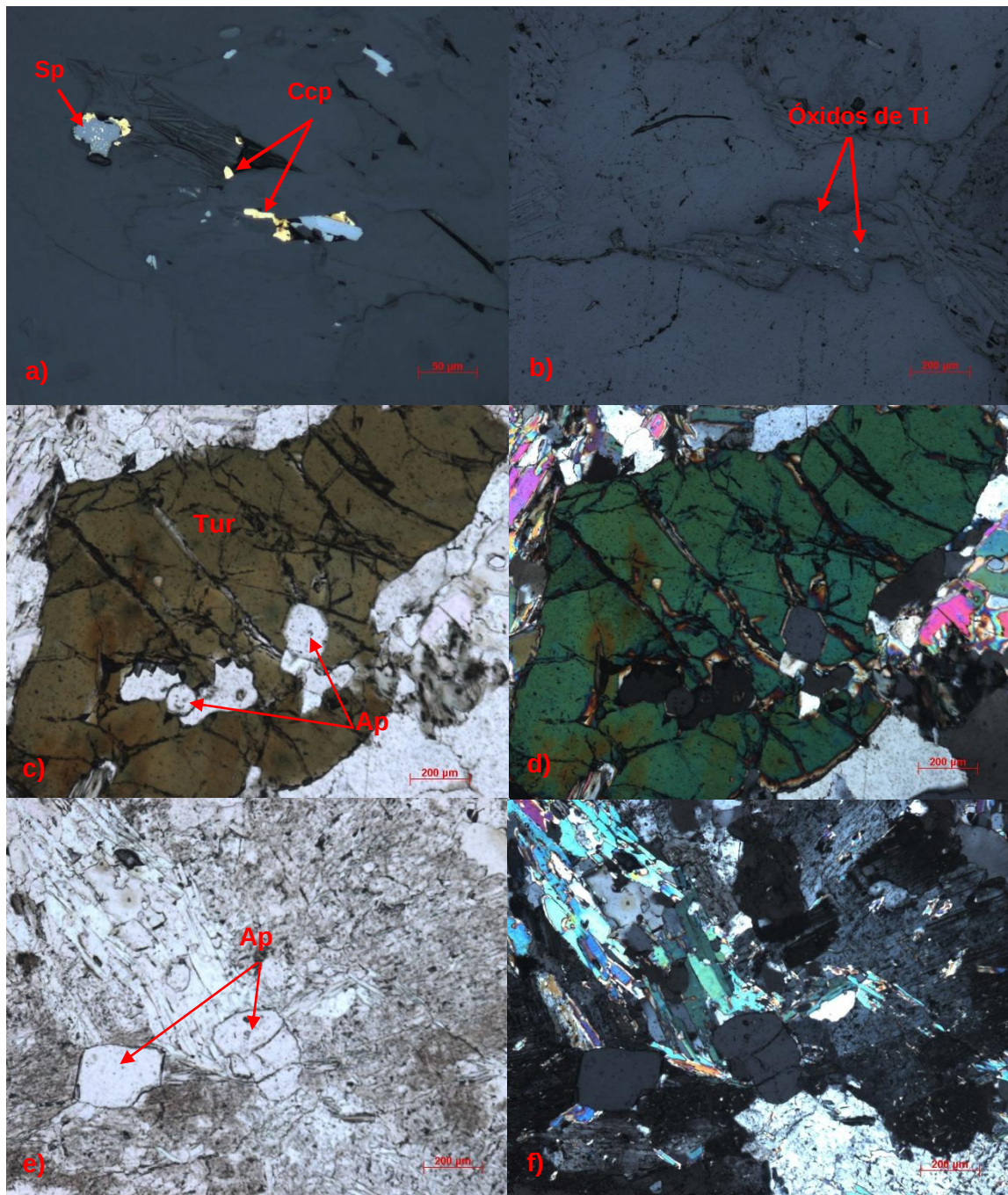


Figura 75 - Microfotografias obtidas no microscópio ótico. Minerais em luz refletida: a) Esfalerite (Sp) com exsoluções de calcopirite (Ccp) e calcopirite dispersas na matriz do aplito-pegmatítico, b) Óxidos de Titânio (Ti) incluídos na clorite; Minerais em luz transmitida: c), d) Turmalina e apatite (Ap) no aplito-pegmatito em N// e Nx respetivamente, e), f) Apatites na matriz do aplito-pegmatito em N// e Nx respetivamente

3.1.3. Conclusão do estudo petrográfico e metalográfico

No estudo petrográfico e metalográfico para o setor de Raiz do Monte foi possível confirmar a presença de um filonete de quartzo tardio a cortar o granito.

O principal objetivo seria encontrar mineralização aurífera o que não aconteceu.

Em luz transmitida, na rocha encaixante, identificou-se quartzo, turmalina, feldspato, plagioclase, microclina, moscovite, biotite, clorite e apatite (confirmada em CL- ver Capítulo VI).

Em luz refletida, foi possível observar arsenopirite, calcopirite, pirite, esfalerite com exsoluções de calcopirite e um mineral cinza que poderá corresponder aos óxidos de titânio.

Os sulfuretos encontrados encontram-se essencialmente nas paredes do filonete de quartzo, ou seja, no contacto do filão o aplito- pegmatito (ver ANEXO 2).

Capítulo V - Estudo ao Microscópio Eletrónico de Varrimento (MEV)

Este estudo recaiu apenas sobre amostras do setor da Gralheira, uma vez que surgiram dúvidas, como a dimensão do grão, a sua cor e por vezes o elevado poder refletor, no estudo petrográfico e metalográfico e na catodoluminescência.

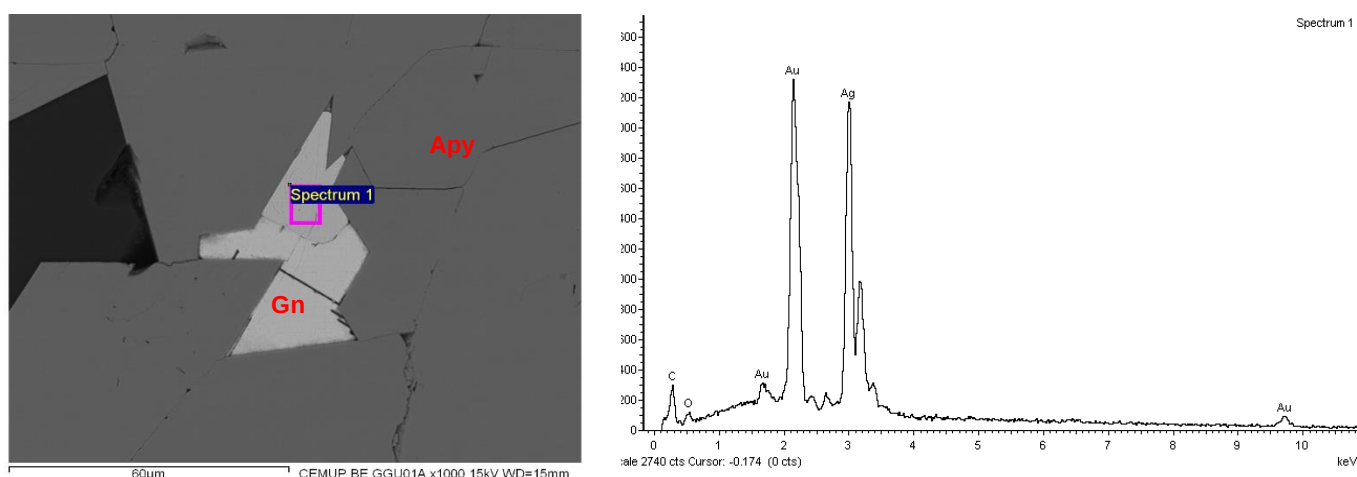
- **Lâminas GGU01A e GGU01B – Zona filoniana com vários preenchimentos de quartzo e sulfuretos**

O interesse em analisar estas lâminas através deste método teve em atenção a presença de um filonete de quartzo mineralizado com pirite, esfalerite, galena e arsenopirite e a presença de um mineral metálico de cor amarela com um poder refletor elevado e um mineral de cor cinza esverdeado que se suspeitava ser ouro/electrum e owoyheeite respetivamente.

Em ambas as lâminas foram analisados vários pontos, na lâmina GGU01A foram analisados 3 círculos e na lâmina GGU01B foram analisados dois círculos.

- **Lâmina GGU01A – Círculo nº1**

No primeiro círculo foram analisados dois pontos, uma vez que se tratava de dois minerais metálicos de pequena dimensão que ao microscópio ótico não foi possível determinar. Analisando os espectros e as respetivas análises semiquantitativa, o mineral relativo ao espectro 1 (Fig. 76) corresponde a prata aurífera e o mineral representado no espectro 2 à galena (Fig. 77).



Elemento	Wt%	At%
Ag	53.20	67.48
Au	46.80	32.52
Total	100.00	100.00

Figura 76 - Microfotografia, espectro e análise semiquantitativas da análise ao MEV. O espectro corresponde a electrum ou prata aurífera a ser remobilizado pela galena (Gn) em fratura da arsenopirite (Apy).

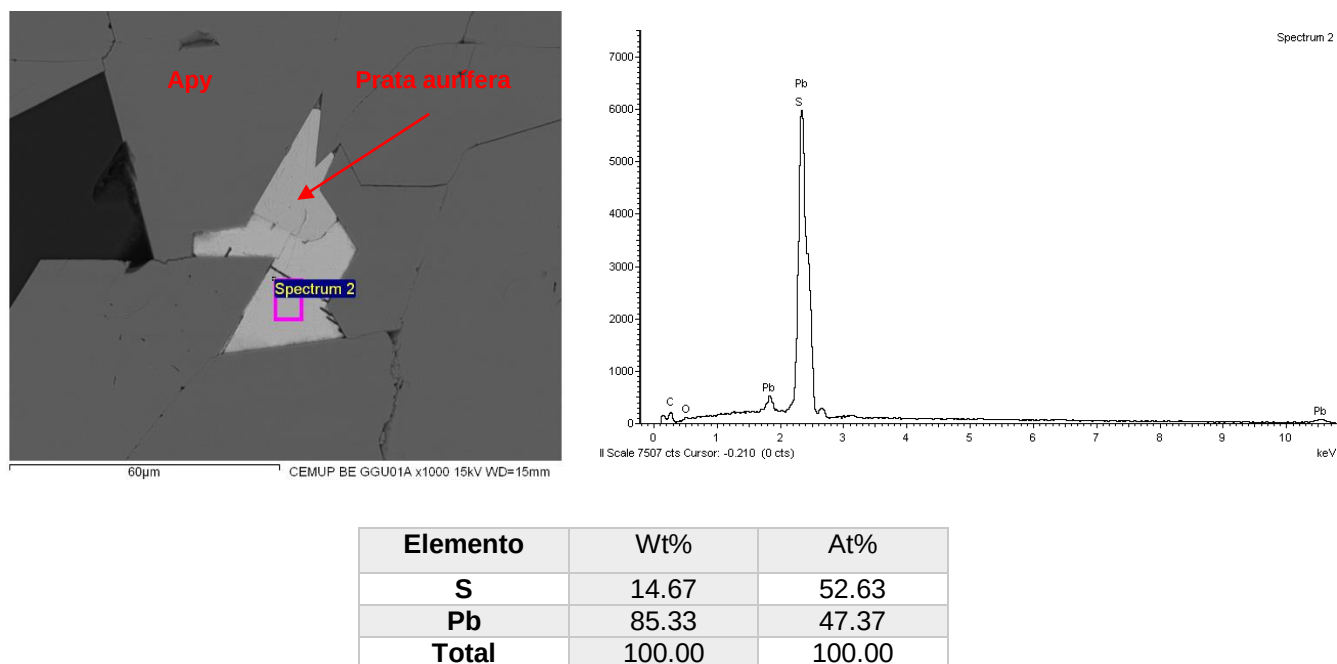


Figura 77 - Microfotografia, espectro e análise semiquantitativas, da análise ao MEV, da galena. A galena encontra-se a remobilizar a prata aurífera presente na arsenopirite (Apy).

• Lâmina GGU01A – Círculo nº2

Neste círculo foram analisados seis pontos, uma vez que se tratava de três minerais metálicos de pequena dimensão que ao microscópio ótico não foi possível determinar. Analisando os espectros e as respetivas análises semiquantitativa, o mineral relativo ao espectro 3 corresponde a prata aurífera (Fig. 78). Os restantes minerais analisados correspondem à arsenopirite, esfalerite, galena e pirite.

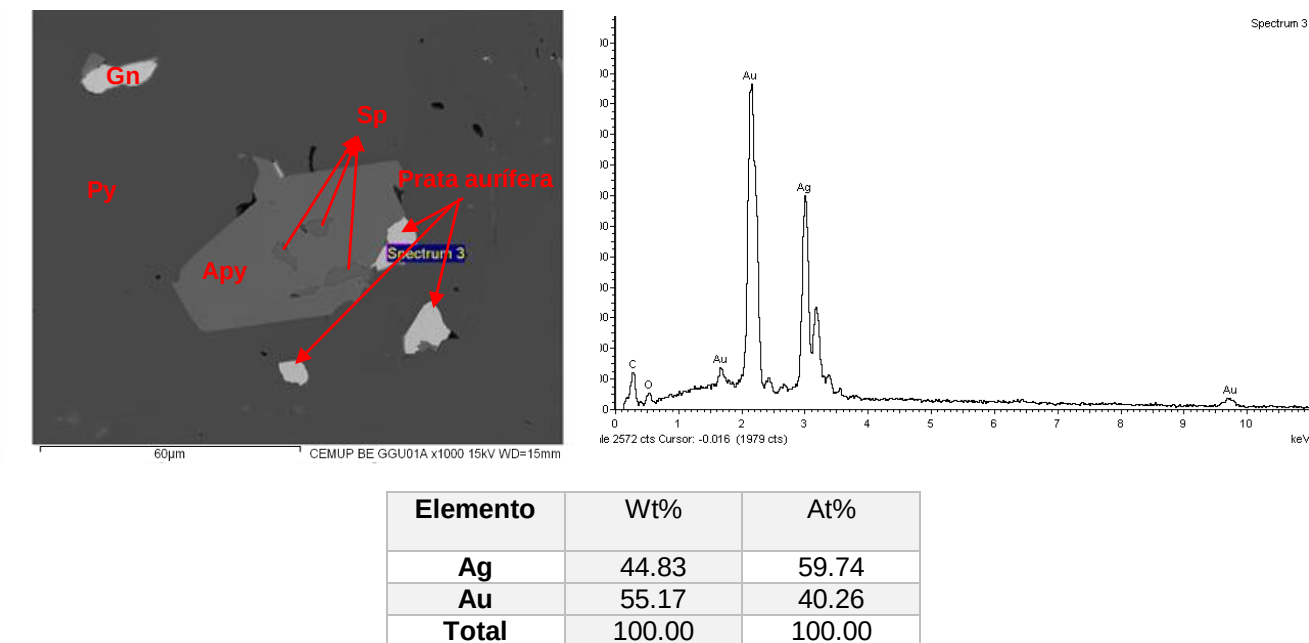


Figura 78 - Microfotografia, espectro e análise semiquantitativas, da análise ao MEV, da prata aurífera. Prata aurífera na arsenopirite (Apy) e na pirite (Py), a esfalerite (Sp) encontra-se incluída na arsenopirite e a galena (Gn) em cavidades da pirite.

• Lâmina GGU01A – Círculo nº3

Neste círculo analisou-se apenas um ponto e com a interpretação dos espectros e as respetivas análises semiquantitativa, o mineral relativo ao espectro 1 corresponde a ouro argéntífero (Fig. 79) associado à pirite.

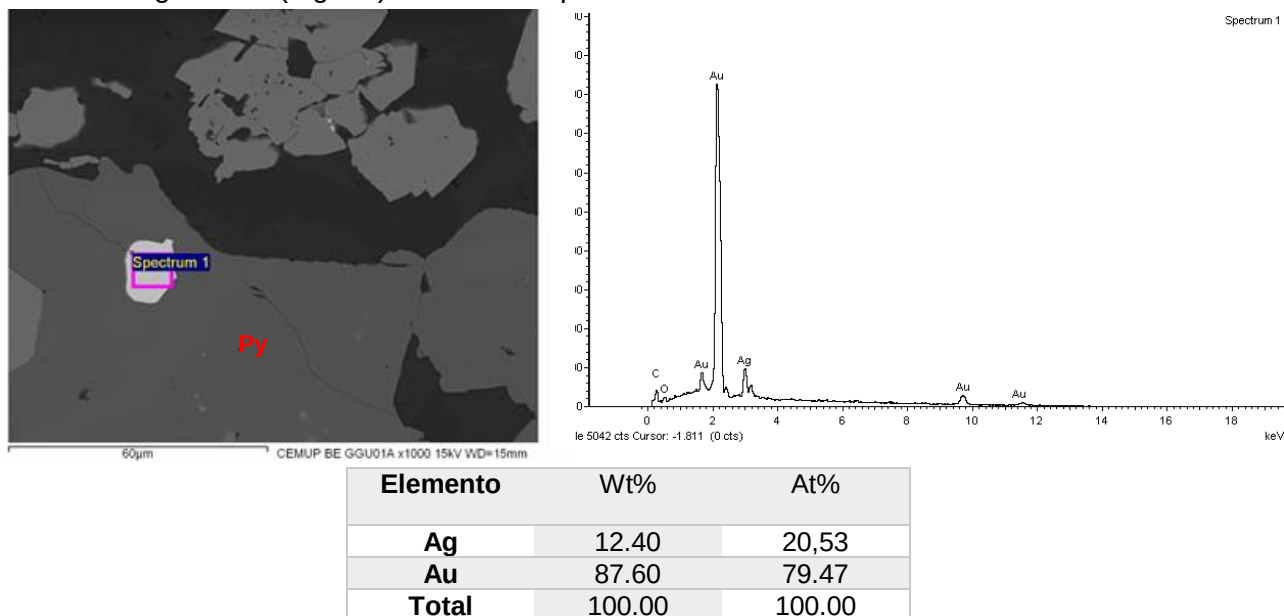


Figura 79 - Microfotografia, espectro e análise semiquantitativas, da análise ao MEV, do ouro argéntífero. O ouro argéntífero encontra-se na pirite (Py).

Lâmina GGU01B – Círculo nº1

Neste círculo foram analisados quatro pontos e com a interpretação dos espectros e as respetivas análises semiquantitativa, o mineral relativo ao espectro 1 e 4 corresponde à freibergite (Fig. 80, 81) e não à owyheeite como se pensava no estudo metalográfico.

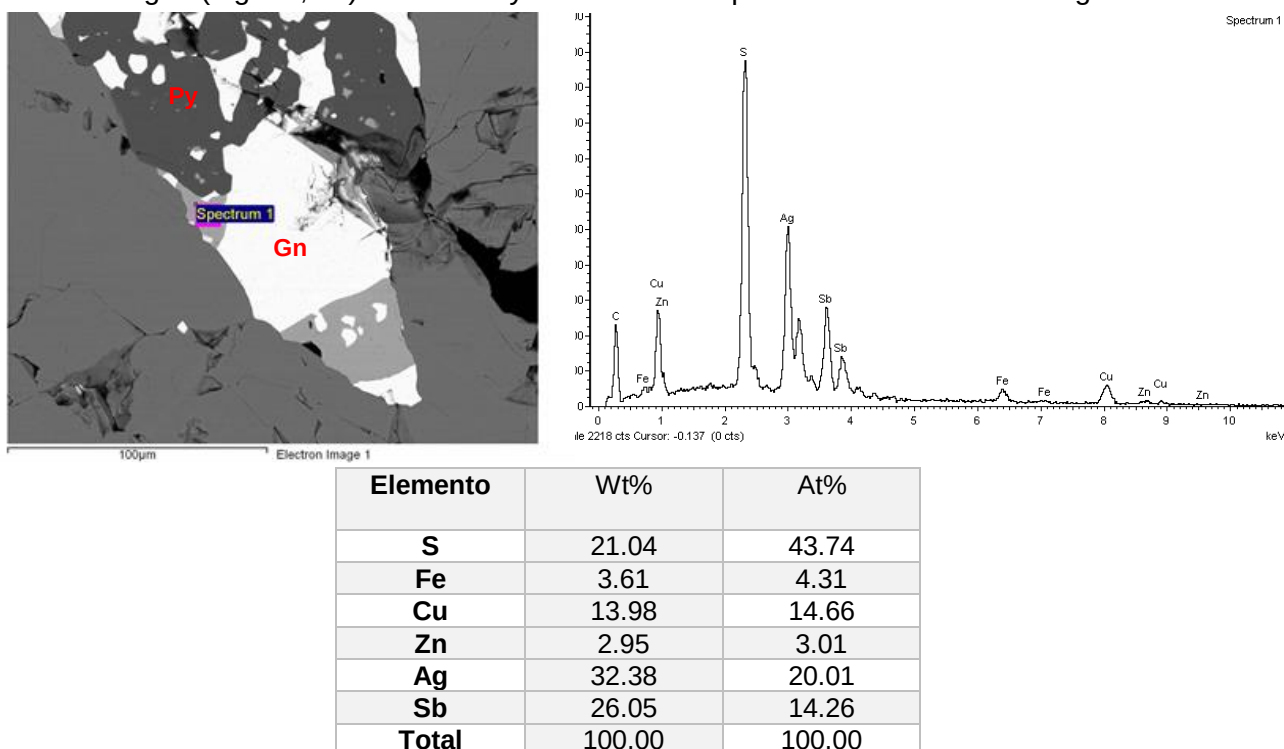


Figura 80 - Microfotografia, espectro e análise semiquantitativas, da análise ao MEV, da freibergite. A freibergite encontra-se na galena (Gn) e a galena mais tardia a corroer a pirite (Py).

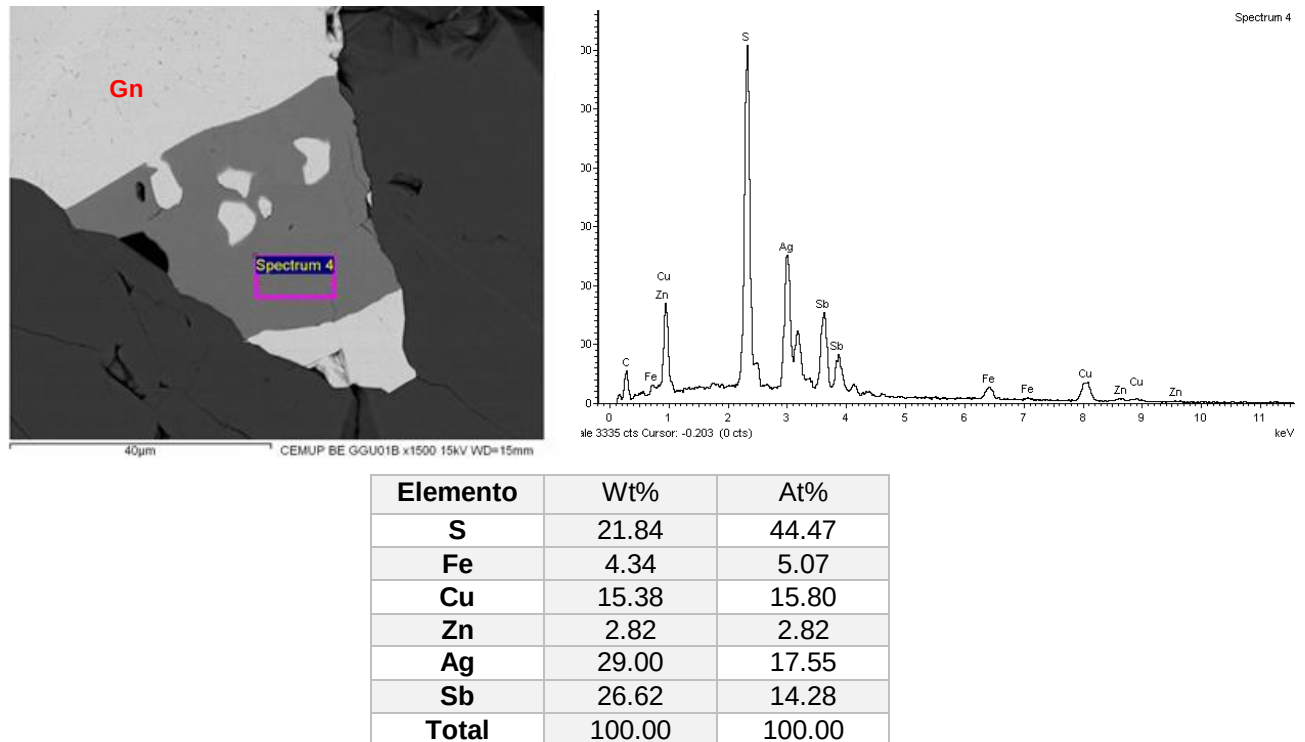


Figura 81 - Microfotografia, espectro e análise semiquantitativas, da análise ao MEV, da freibergite.

- **Lâmina GGU01B – Círculo nº2**

Neste círculo foram analisados quatro pontos e com a interpretação dos espectros e as respetivas análises semiquantitativa, o mineral relativo ao espectro 1 (Fig. 82) corresponde ao electrum ou prata aurífera a ser remobilizado pela galena em fraturas da arsenopirite.

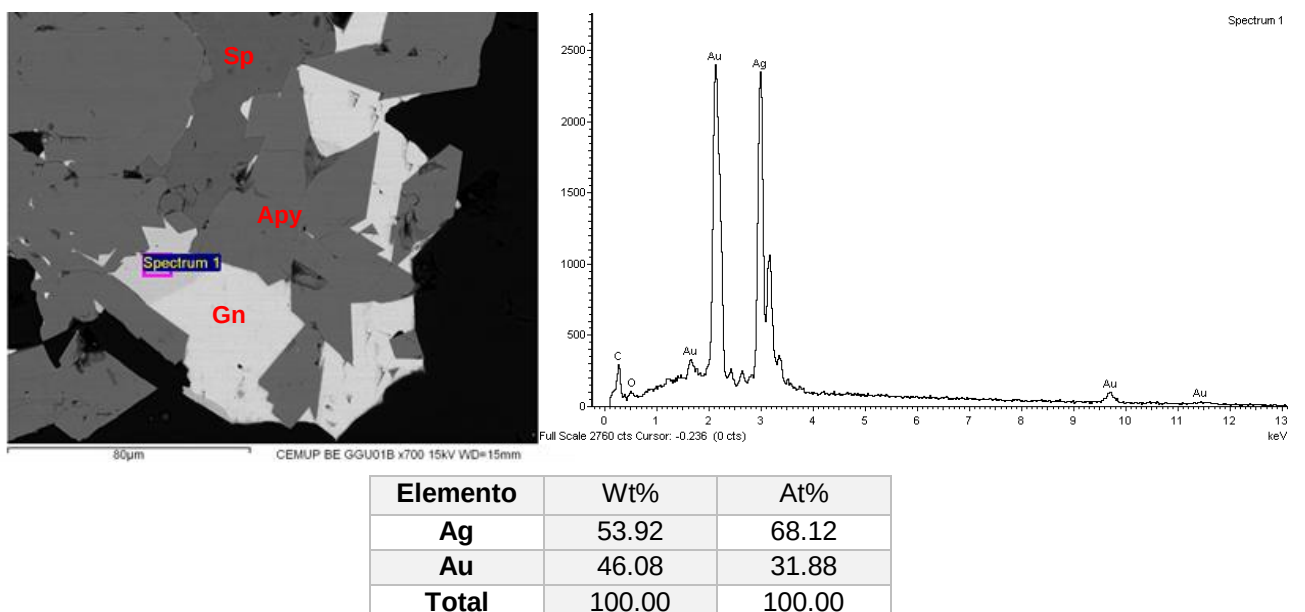


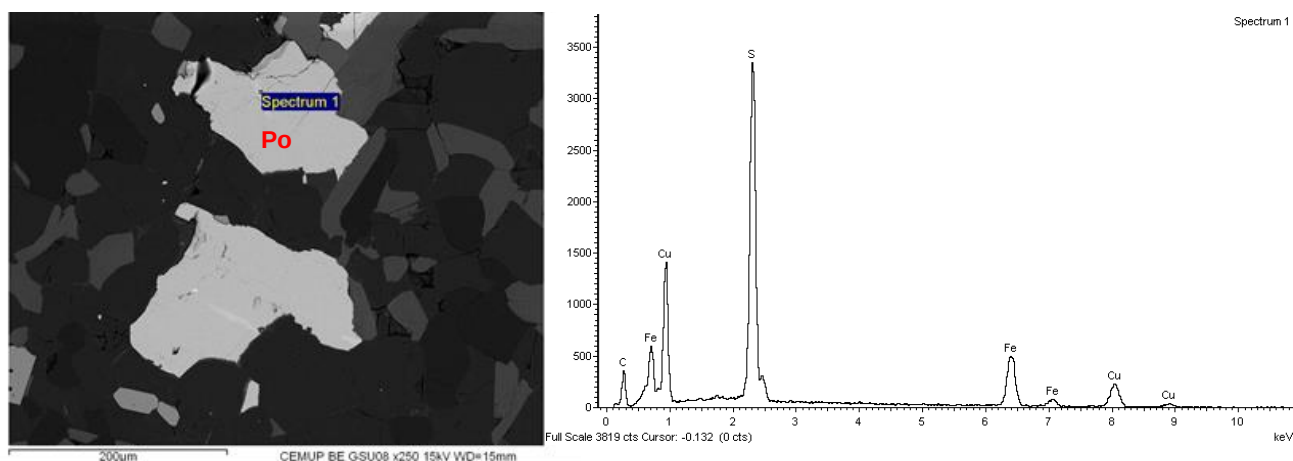
Figura 82 - Microfotografia, espectro e análise semiquantitativas, da análise ao MEV, da prata aurífera. Prata aurífera a ser remobilizada da arsenopirite (Apy) pela galena (Gn).

• Lâminas GSU08 - Micaxisto

A necessidade de analisar esta lâmina através deste método teve em atenção a presença de um mineral de cor amarela que apresentava um elevado poder refletor que se apresentava associado à pirrotite.

Foram efetuados vários pontos ao longo da lâmina e analisando os espectros e a respetiva análise semiquantitativa foi possível identificar minerais como: calcopirite, pirrotite com exsoluções de pentlandite e ainda minerais que no estudo no microscópio ótico não foram observados como xenotima -Y e monazite-Ce.

Com a interpretação dos espectros e das análises semiquantitativas, os minerais relativos ao espectro 1, da figura 83 e da figura 84, correspondem à calcopirite e à monazite- Ce respetivamente.



Elemento	Wt%	At%
S	37.05	52.23
Fe	30.55	24.73
Cu	32.39	23.04
Total	100.00	100.00

Figura 83 - Microfotografia, espectro e análise semiquantitativas, da análise ao MEV, da calcopirite. Calcopirite na pirrotite (Po).

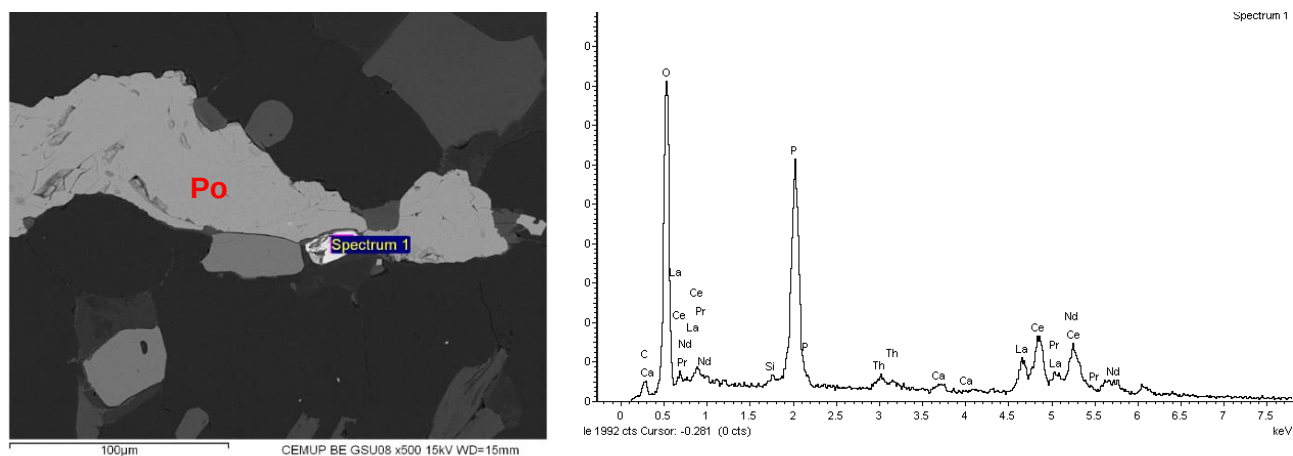


Figura 84 - Microfotografia e espectro, da análise ao MEV, da monazite- Ce. A monazite-Ce encontra-se na pirrotite (Po).

Quanto às figuras 85 e 88, analisando os espectros e as análises semiquantitativas, correspondem a um sulfureto de Fe, Ni e Co mais precisamente à pentlandite. O espectro 4 (Fig. 86) representa uma xenótima- Y inclusa na pirrotite e o espectro 1 (Fig. 87) corresponde a uma calcopirite.

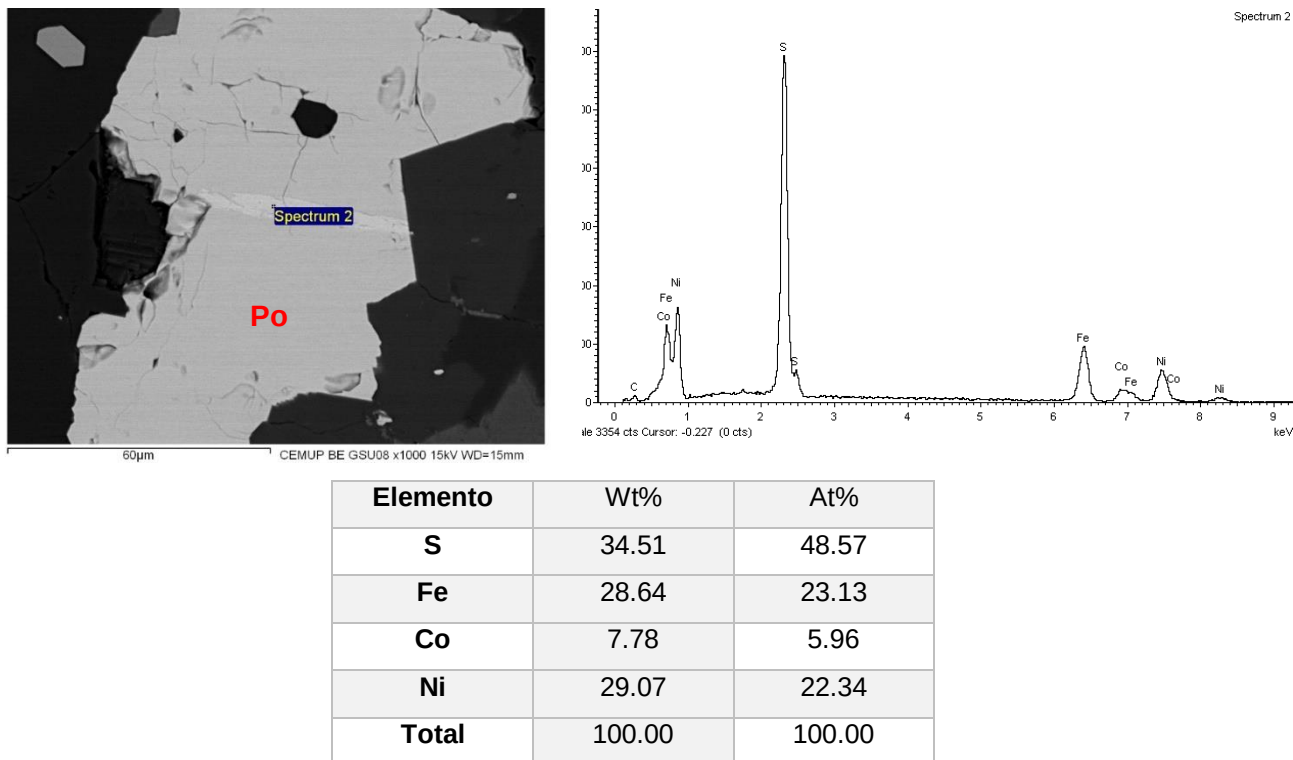


Figura 85 - Microfotografia, espectro e análise semiquantitativas, da análise ao MEV, da pentlandite.

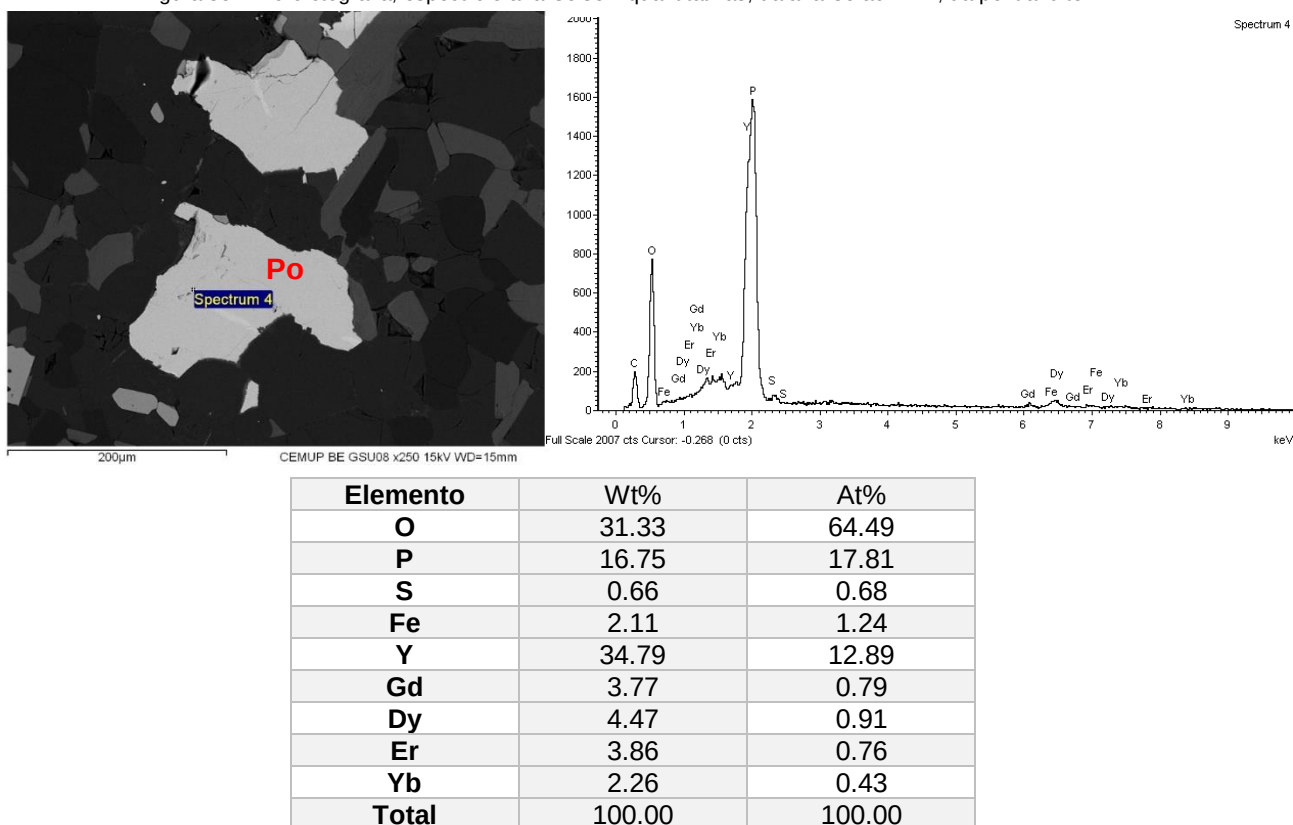


Figura 86 - Microfotografia, espectro e análise semiquantitativas, da análise ao MEV, da xenótima- Y. Xenótima na pirrotite (Po).

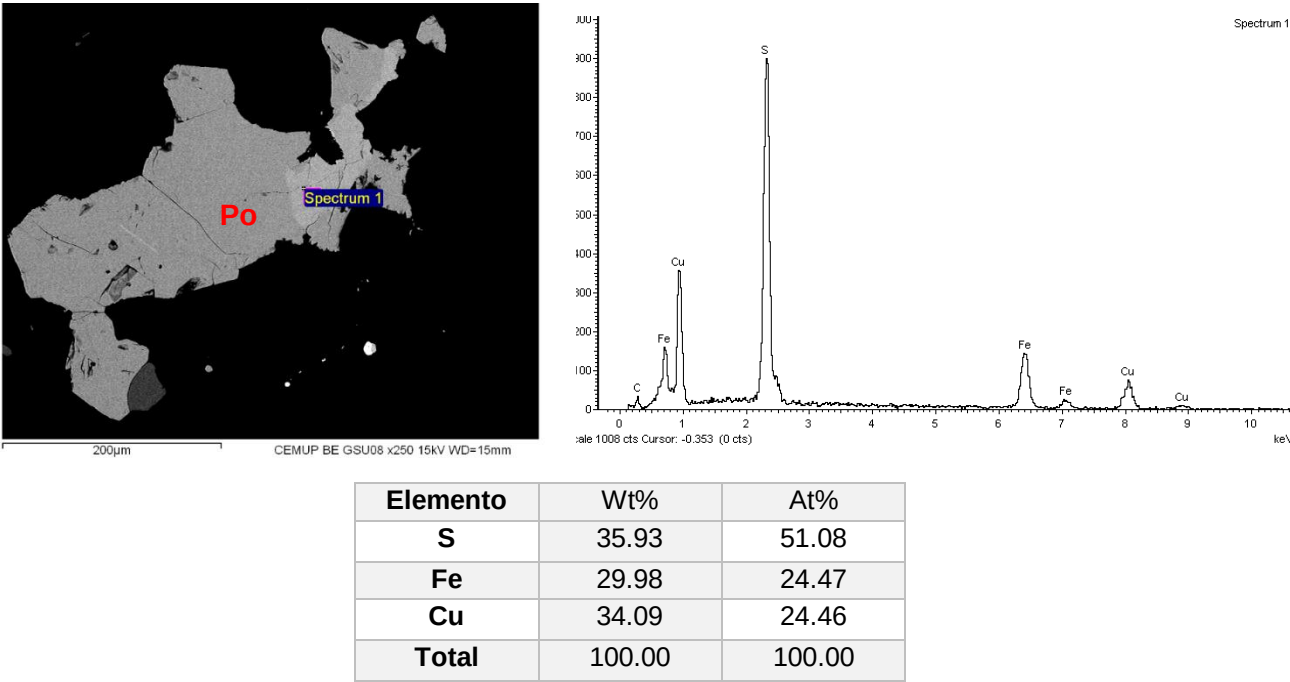


Figura 87 - Microfotografia, espectro e análise semiquantitativas, da análise ao MEV, da calcopirite. A calcopirite a envolver a pirrotite (Po).

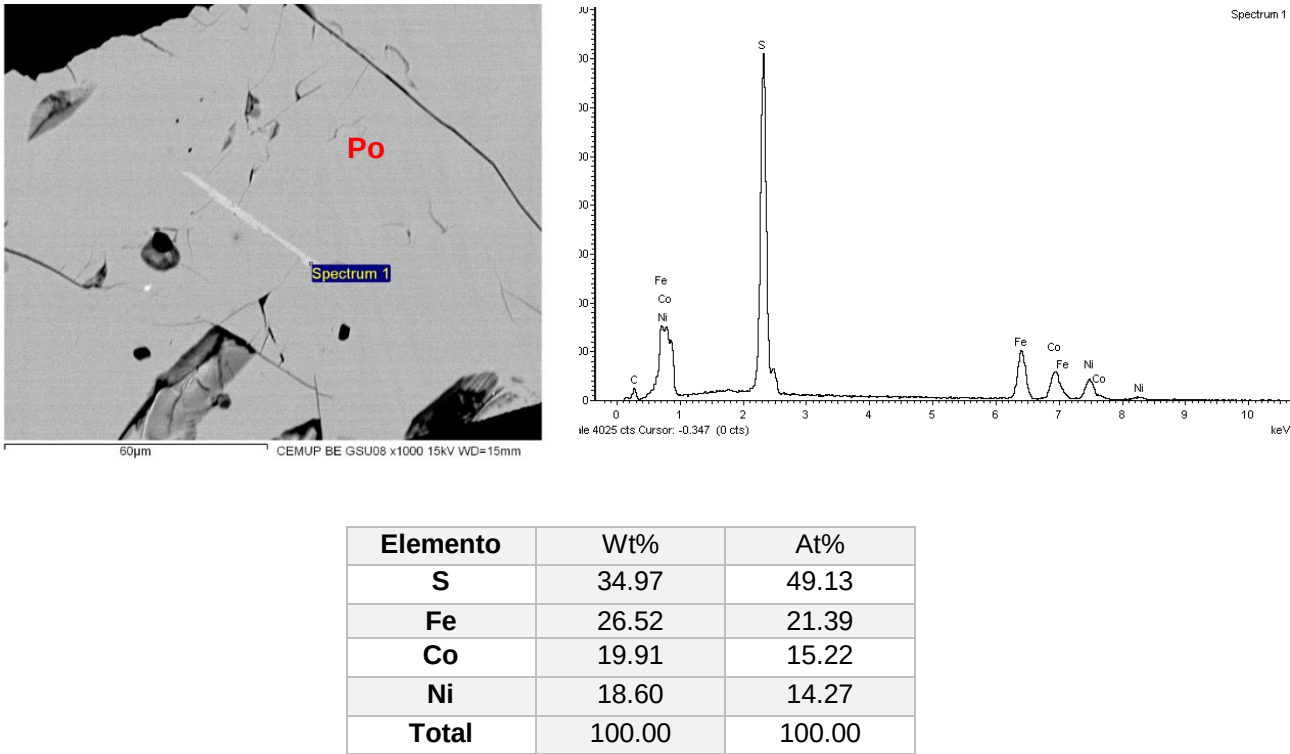


Figura 88 - Microfotografia, espectro e análise semiquantitativas, da análise ao MEV, da pentlandite.

- **Lâmina GSU12 – Massa de adulária**

O interesse em analisar esta lâmina através deste método teve em atenção a presença de um mineral zonado, observado tanto no microscópio ótico como em CL, que apresentava cristais zonados com uma cor de luminescência alaranjada, numa matriz constituída por um feldspato que se verificou ser a adulária.

Foram efetuados vários pontos ao longo da lâmina e foi possível identificar minerais como: calcite, dolomite, adulária, pirite, calcopirite e arsenopirite.

O mineral em cristais zonados corresponde à dolomite, que se apresenta em cristais zonados em ponta de lança (Fig. 89). Com a análise das análises semiquantitativas (Tab. 10) foi possível verificar que estes zonamentos apresentam variações de teores de Fe, Mg e Mn.

O espectro Z1 (Fig. 90) representa a calcite tardia com algum Mn, o espectro Z2 (Fig. 91) corresponde à dolomite com elevado teor em Fe relativamente ao Z3 (Fig. 93) e Z4 (Fig. 92), os espectros Z3 e Z4 correspondem à dolomite com menor teor em Fe e um maior teor de Mg e Mn em relação a Z2. Sendo assim, pode-se constatar que do bordo do mineral para o núcleo deste o Fe diminui e o de Mn e Mg aumentam.

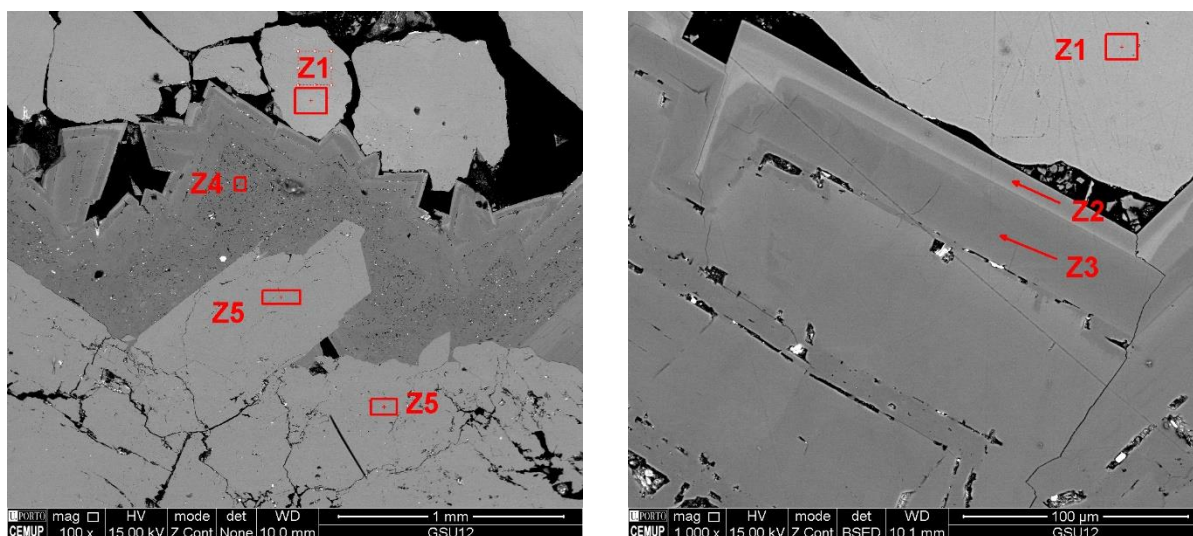


Figura 89 - Microfotografias obtida no MEV, Z1) Calcite tardia, Z2, Z3 e Z4) Zonamentos da dolomite em ponta de lança, Z5) Adulária

Tabela 10 - Análise semiquantitativas da calcite e dos vários zonamentos da dolomite em ponta de lança onde mostra as variações dos teores de Fe, Mn e Mg dos diferentes pontos

Espectro	Z1	Z2	Z3	Z4
Wt%				
C	11.39	11.61	11.52	11.59
O	43.74	45.45	45.84	46.57
Mg	0.50	9.68	12.26	12.00
Ca	42.35	26.71	24.65	24.24
Mn	2.03	0.98	2.75	2.96
Fe	-	5.57	2.98	2.63
Total	100	100	100	100

Dos vários pontos efetuados na calcite, dolomite e adulária, além das análises semiquantitativas, obteve-se também os seguintes espectros onde se verifica as variações de Fe, Mn e Mg na calcite e nos diferentes zonamentos da dolomite.

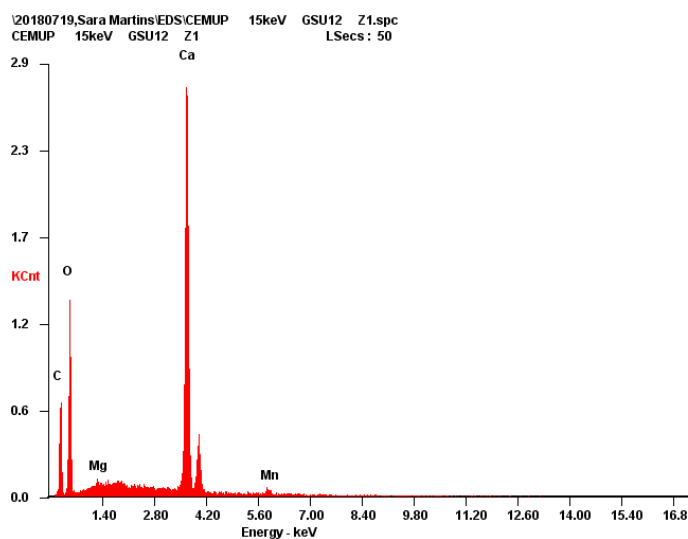


Figura 90 - Espectro Z1, da análise ao MEV, que representa a calcite com algum Mn

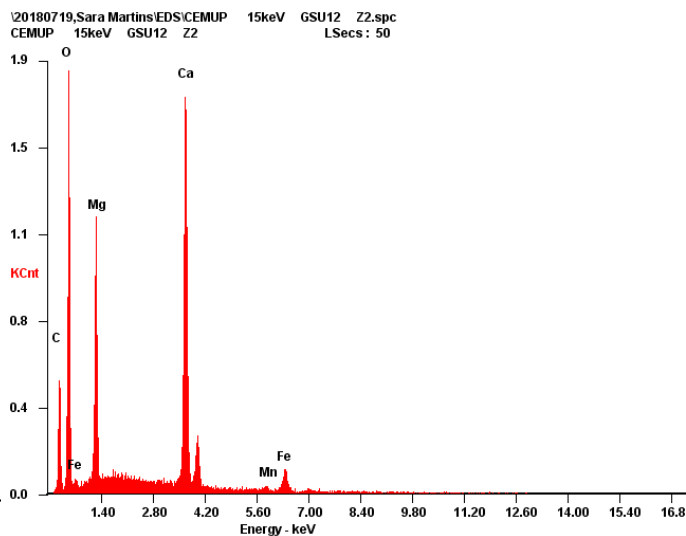


Figura 91 - Espectro Z2 da análise ao MEV, que representa a dolomite com mais Fe e pouco Mg e Mn relativamente ao Z3 e Z4

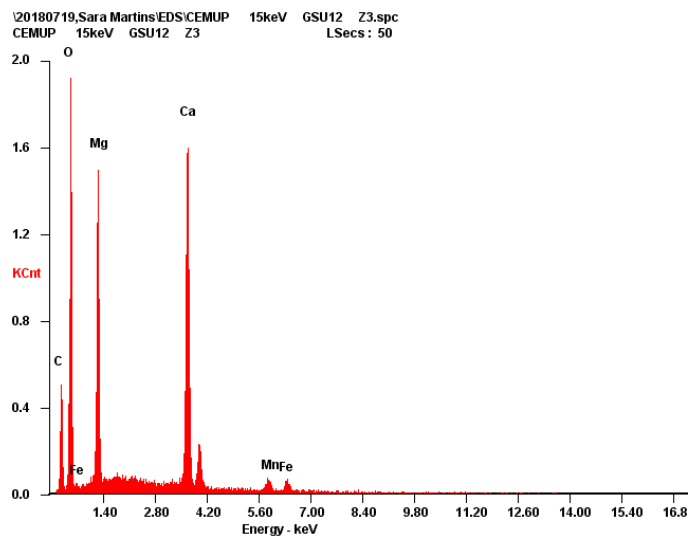


Figura 93 - Espectro Z3, da análise ao MEV, da dolomite com menor teor em Fe e um aumento do Mg e do Mn relativamente a Z2

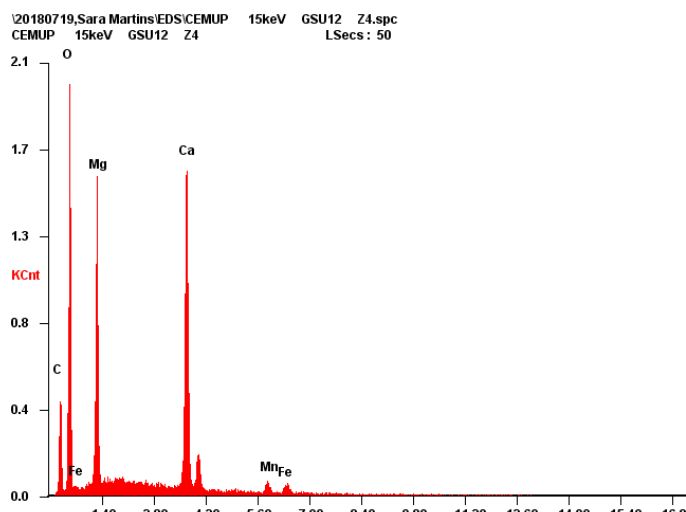
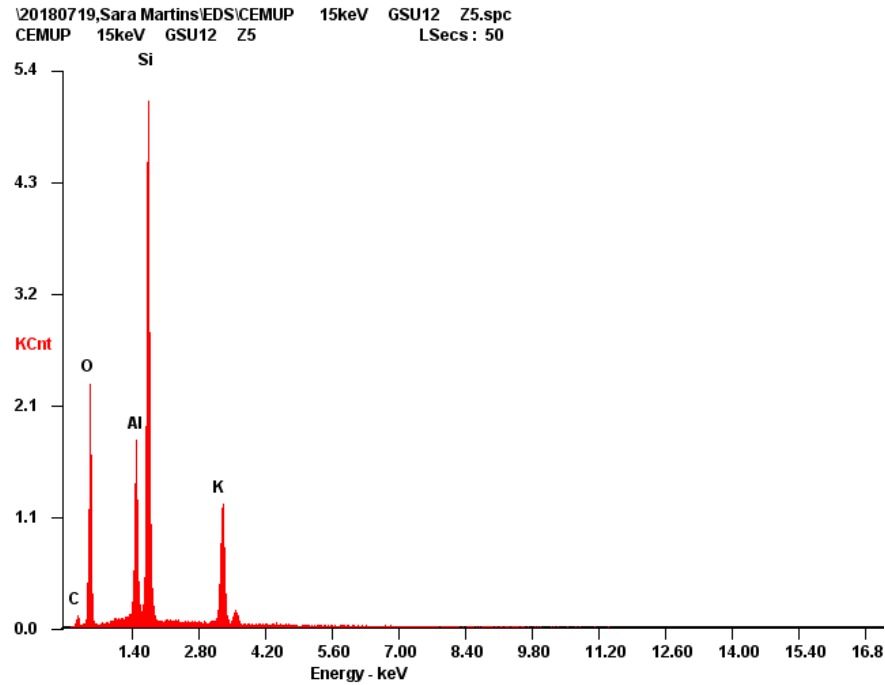


Figura 92 - Espectro Z4, da análise ao MEV, da dolomite com menor teor em Fe e maior teor em Mn em relação a Z2 e Z3

O espectro e análise semiquantitativa seguinte (Fig. 94) corresponde à adulária que é uma variedade de feldspato, este mineral foi também descrito pelos trabalhos de Rosa (2001) e Rosa & Romberger (2003).



Elemento	Wt%
O	41.14
Al	10.00
Si	33.74
K	15.11
Total	100

Figura 94 - Espectro e análise semiquantitativa, da análise ao MEV, da adulária

• Lâmina GSU14 - Massa de quartzo no micaxisto

Recorreu-se a este método para analisar esta lâmina uma vez que no estudo metalográfico se observou um mineral de cor amarela com um poder refletor elevado na massa de adulária.

Foram efetuados vários pontos ao longo da lâmina e analisando os espectros e a respetiva análise semiquantitativa foi possível identificar os diferentes minerais: adulária, pirite, arsenopirite, rútilo (Fig. 95), cassiterite, monazite- Ce (Ce, Nd, Sm, Pr, Gd, La) (Fig. 97), xenotima- Y (Y, Yb, Dy, Gd, Sm, Er) (Fig. 96, 98), tendo sido detetada também a presença de uma xenotima- Y com Th e U (Fig. 99).

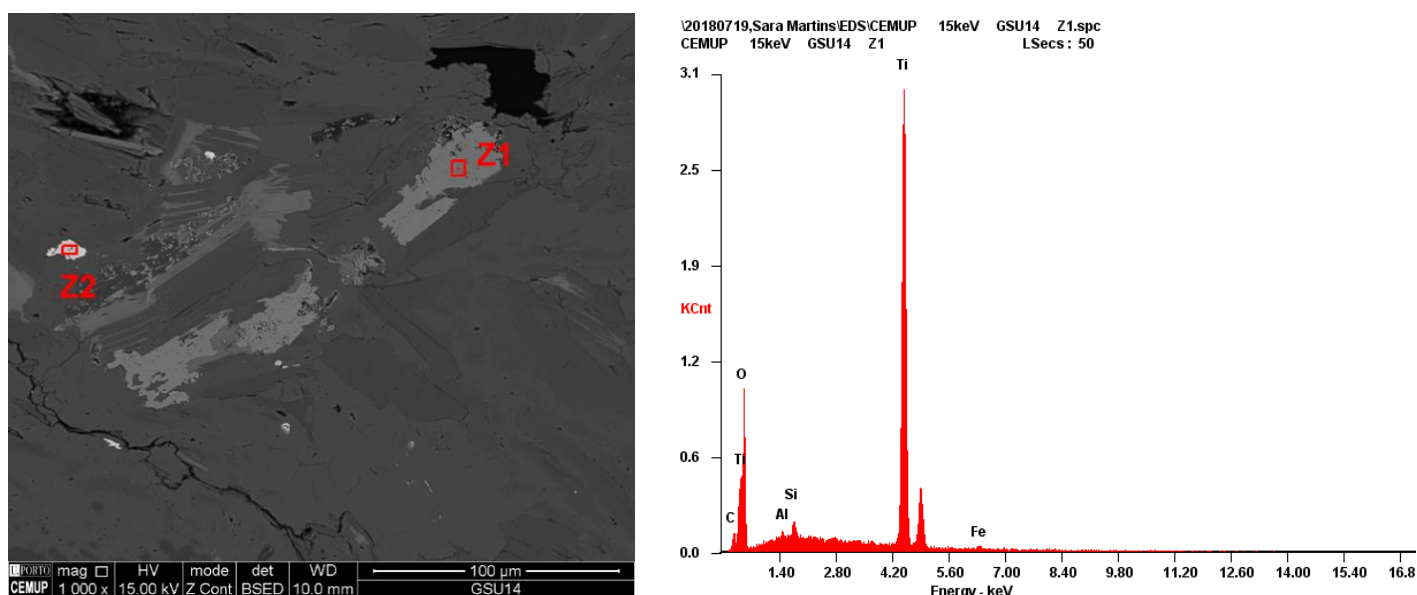
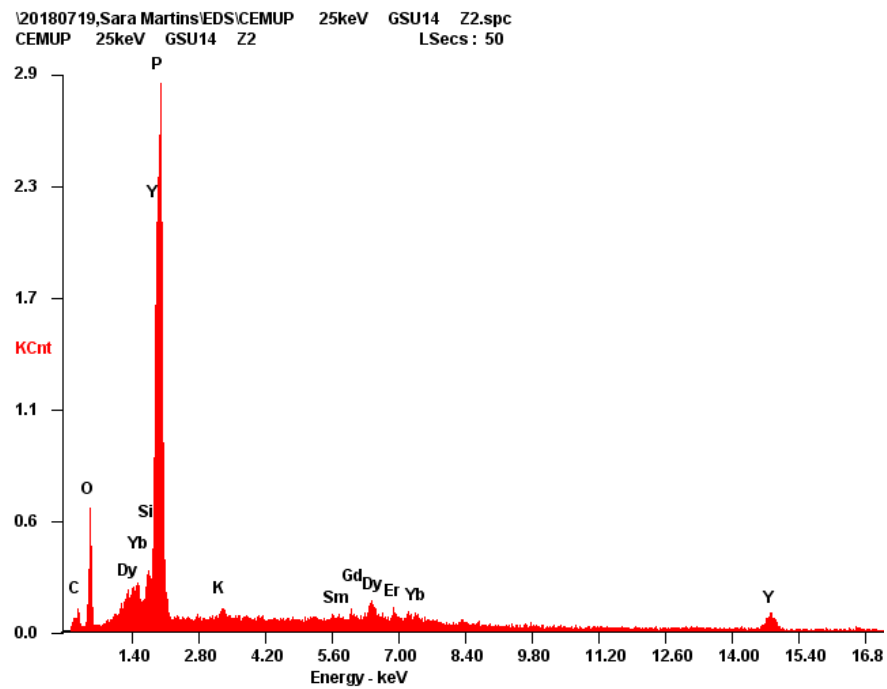


Figura 95 - Microfotografia de Z1 e Z2, espectro e análise semiquantitativas de Z1, da análise ao MEV, Z1 corresponde a um óxido de titânio e Z2 a xenotima- Y.



Elemento	Wt%
O	26.13
Si	0.88
P	16.78
K	0.74
Sm	1.33
Gd	3.38
Dy	6.98
Er	4.38
Yb	3.85
Y	35.56
Total	100.00

Figura 96 - Espectro e análise semiquantitativas de Z2, da análise ao MEV,Z2 corresponde à xenotima- Y.

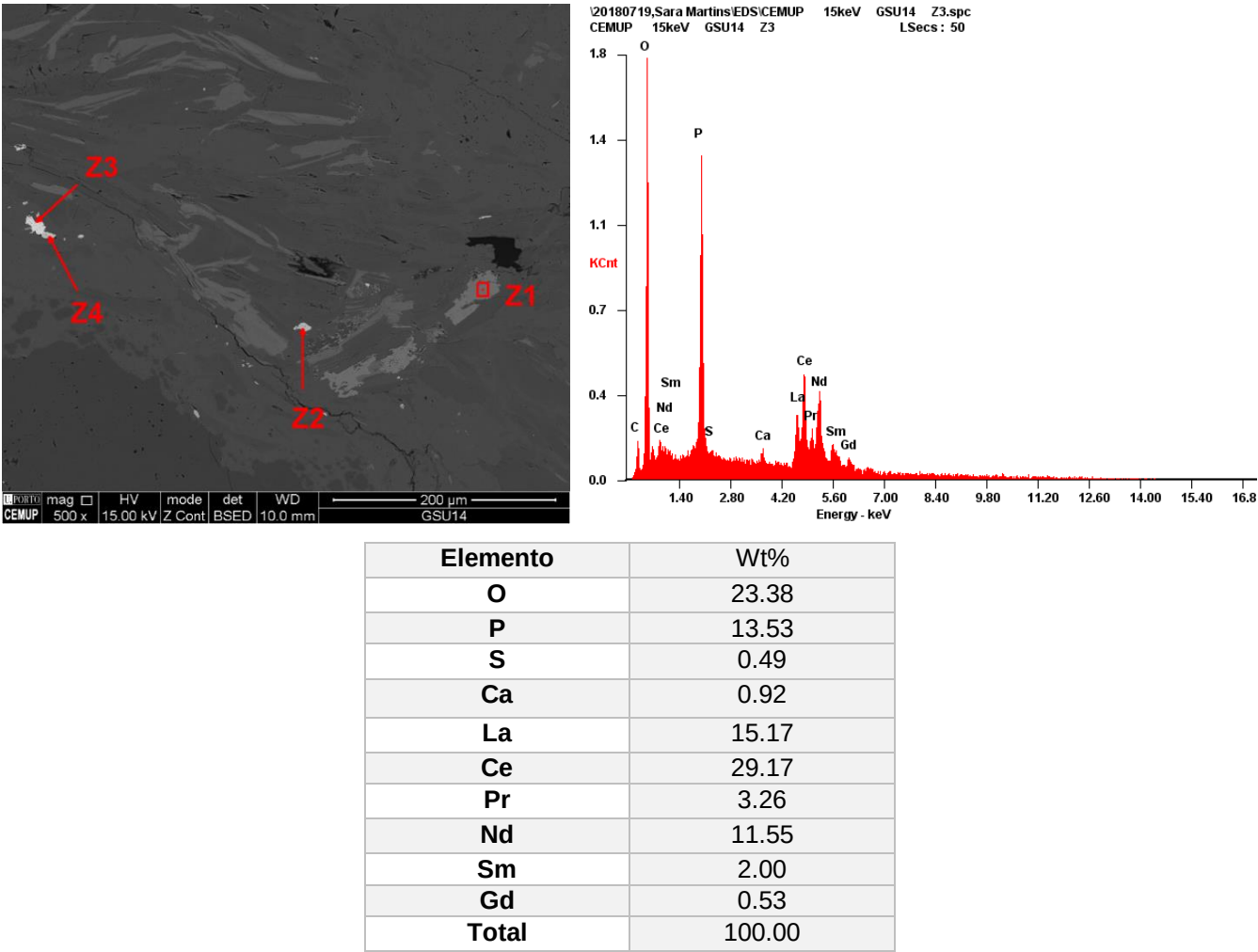


Figura 97 - Microfotografia de Z1, Z2, Z3, Z4 e espectro e análise semiquantitativas de Z3, da análise ao MEV, Z1 corresponde a um óxido de titânio e Z2 a xenotima- Y, Z3 a uma monazite- Ce e Z4 a uma xenotima- Y.

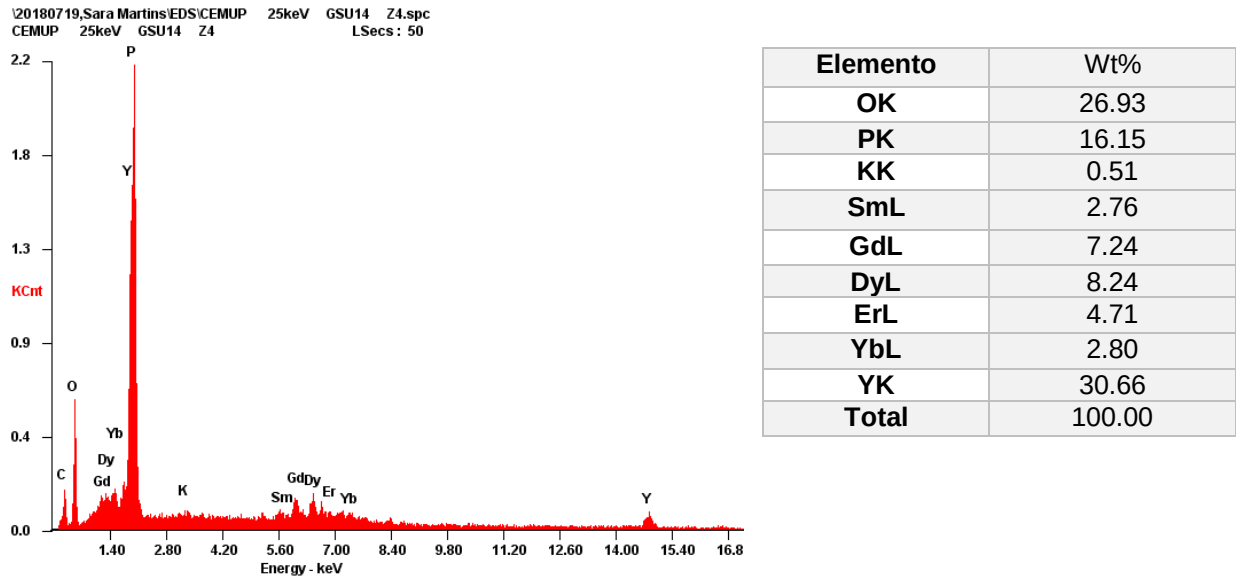


Figura 98 - Espectro e análise semiquantitativas de Z4, da análise ao MEV, corresponde a uma xenotima- Y.

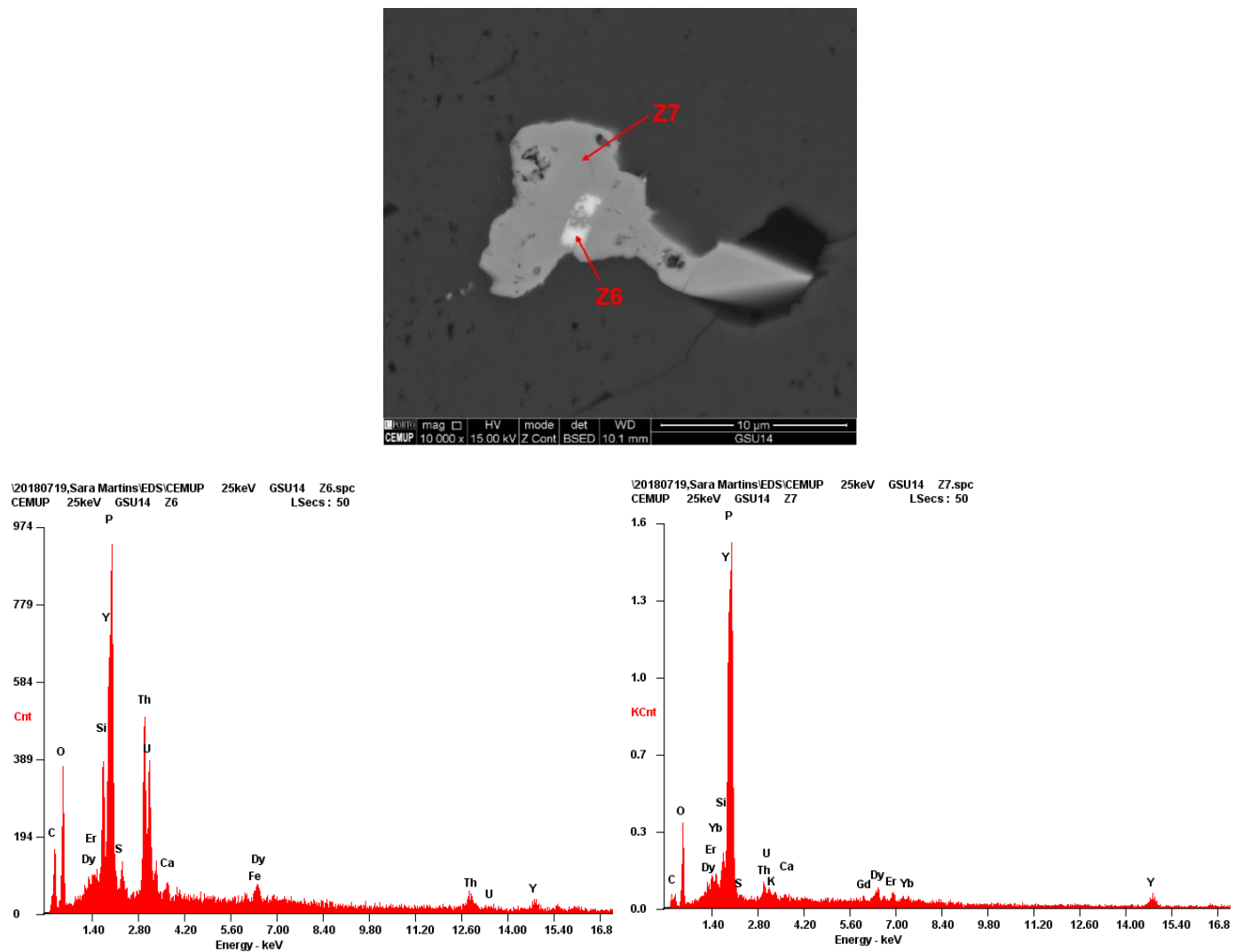


Figura 99 - Microfotografia e espectro de Z6 e Z7, da análise ao MEV, Z6 corresponde a uma xenotima- Y com Th e U e Z7 a xenotima- Y.

Como mencionado anteriormente, com o estudo ao MEV, foi possível identificar a cassiterite (Fig. 100), apesar do seu tamanho reduzido. Segundo Neiva (1994) este mineral ocorre muito raramente.

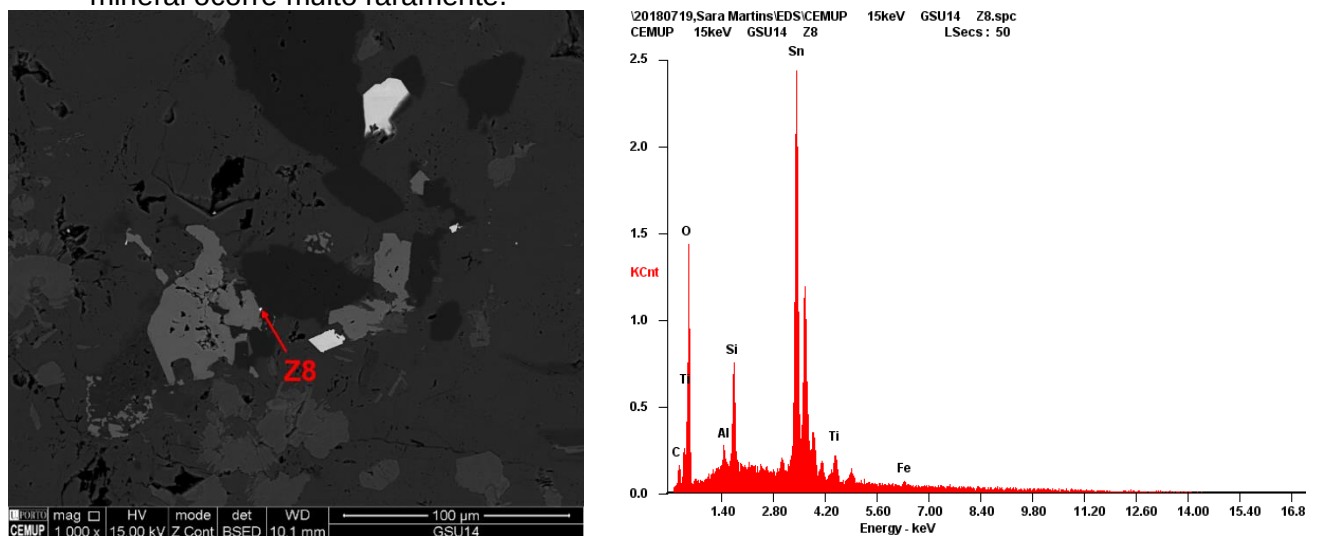


Figura 100 - Microfotografia e respetivo espectro de Z8, da análise ao MEV, Z8 corresponde à cassiterite.

- **Lâmina GSU17 – Filão de quartzo mineralizado**

Recorreu-se a este método para analisar esta lâmina uma vez que no estudo metalográfico se observou um mineral de cor amarela com um poder refletor elevado associado à galena, preenchendo fraturas da pirite e da arsenopirite.

Foram efetuados vários pontos ao longo da lâmina e analisando os espectros e a respetiva análise semiquantitativa foi possível identificar os diferentes minerais presentes na lâmina como: arsenopirite, pirite, galena e prata aurífera.

A prata aurífera representada nos pontos Z1 (Fig. 101) e Z2 (Fig. 102), encontra-se associada à galena, enquanto que a prata aurífera assinalada nos pontos Z3 (Fig. 103), Z4 (Fig. 103, 104), Z5 (Fig. 105) e Z6 (Fig. 106) encontra-se na pirite e arsenopirite.

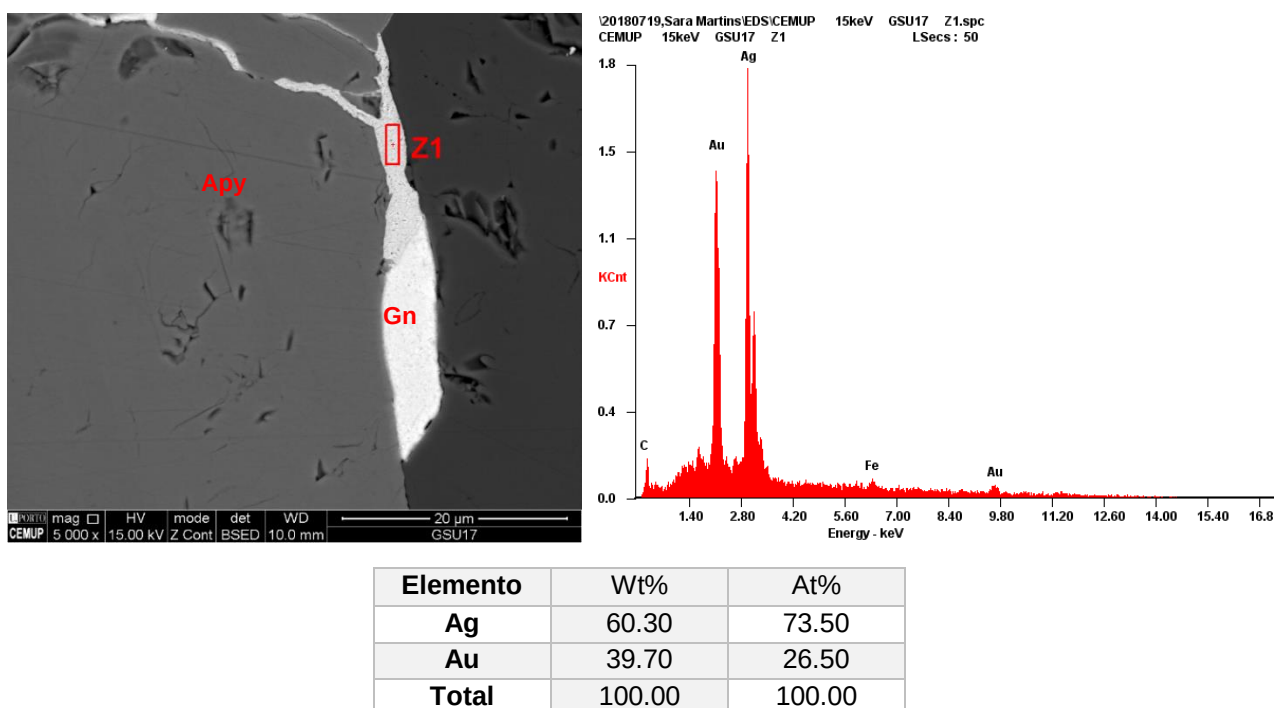


Figura 101 - Microfotografia, espectro e análise semiquantitativas, da análise ao MEV, da prata aurífera a ser remobilizada pela galena (Gn) em fraturas da arsenopirite (Apy).

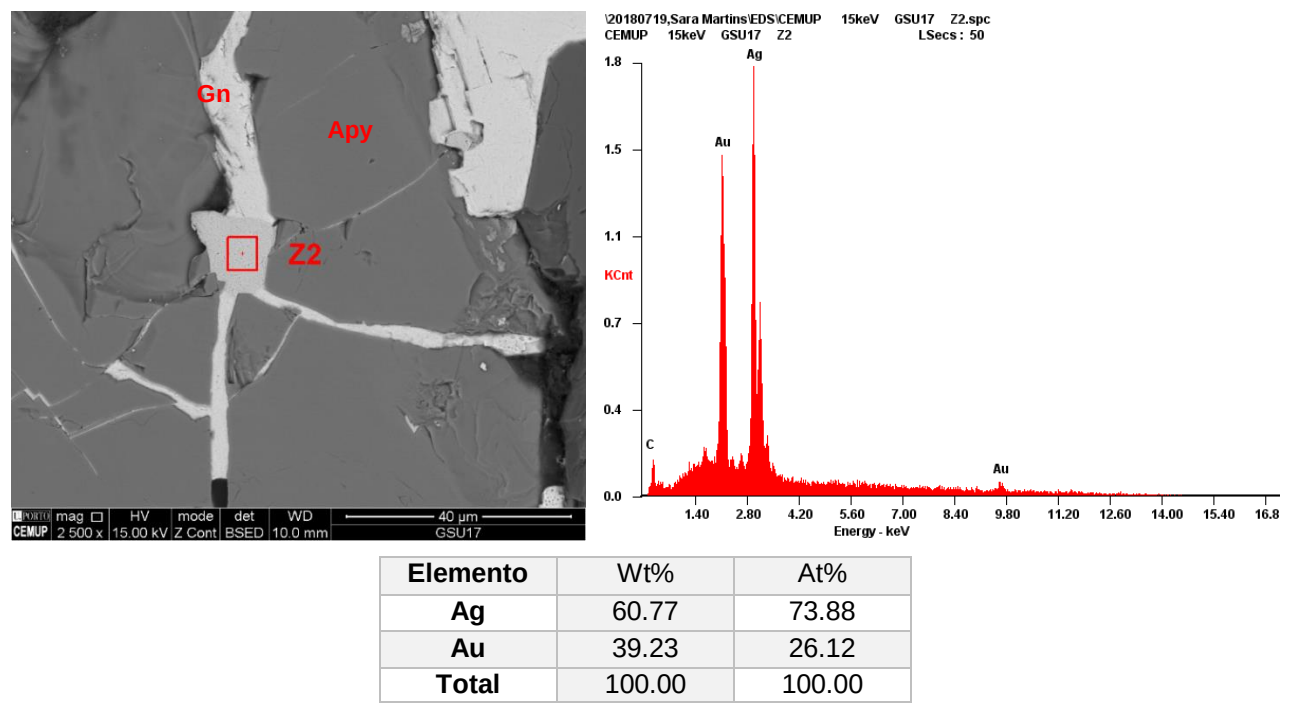


Figura 102 - Microfotografia, espectro e análise semiquantitativas, da análise ao MEV, da prata aurífera a ser remobilizada pela galena (Gn) em fraturas da arsenopirite (Apy).

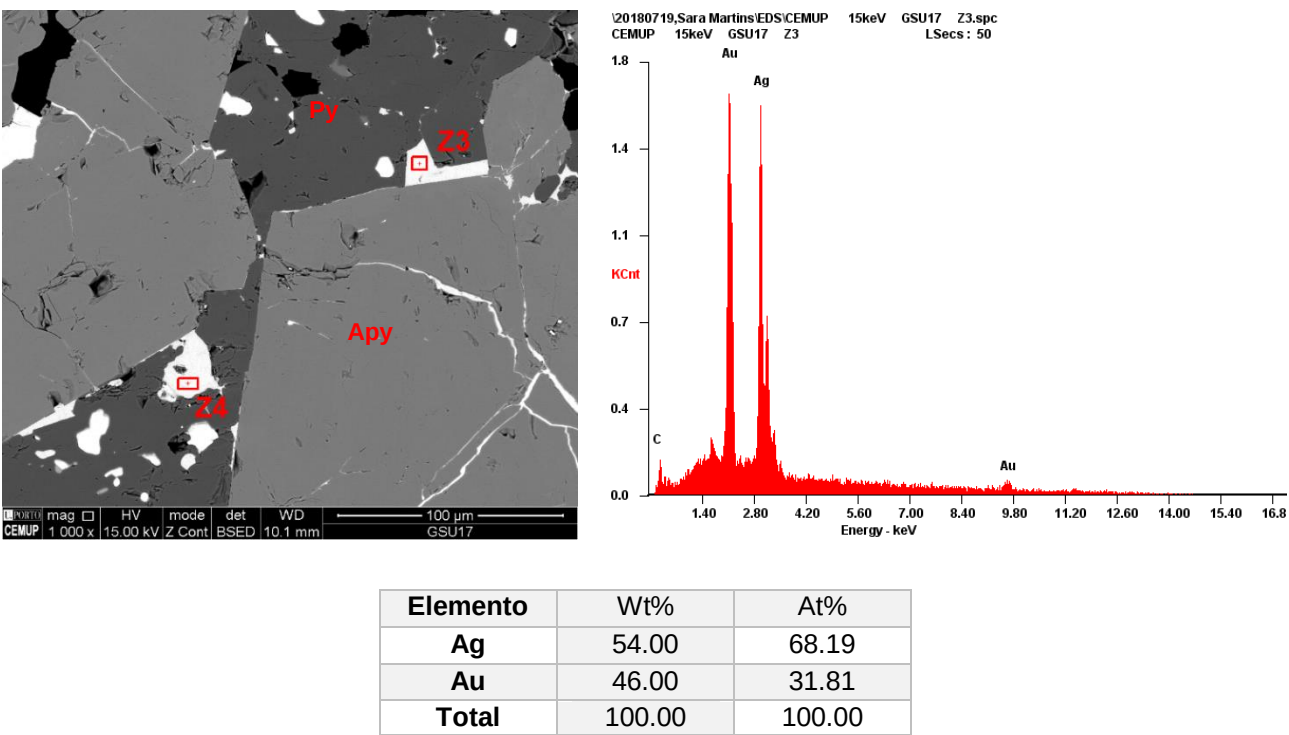


Figura 103 - Microfotografia de Z3 e Z4, espectro e análise semiquantitativas de Z3, da análise ao MEV, da prata aurífera na pirite (Py) no contacto com a arsenopirite (Apy).

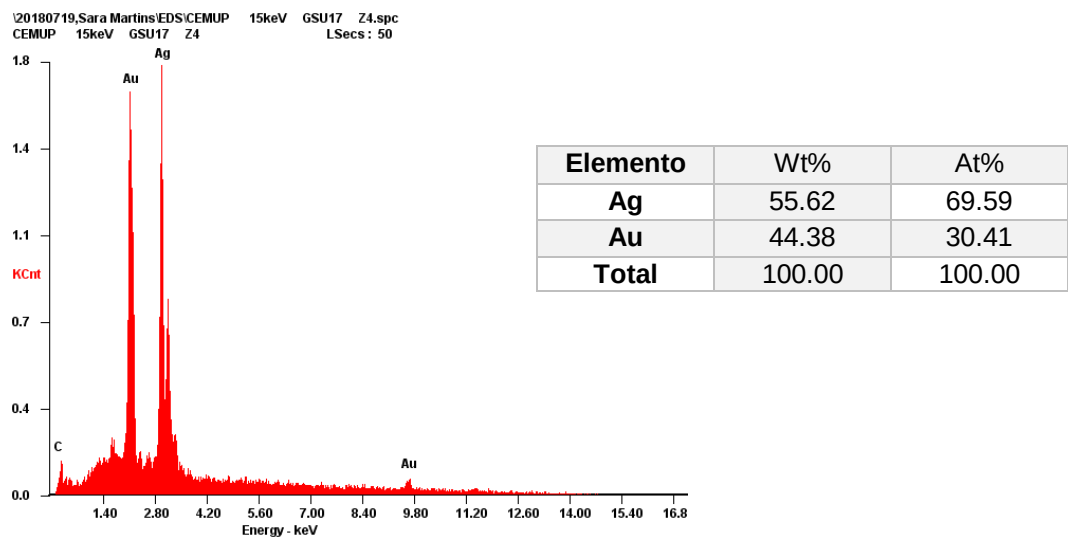


Figura 104 - Espectro e análise semiquantitativas de Z4, da análise ao MEV, da prata aurífera na pirite.

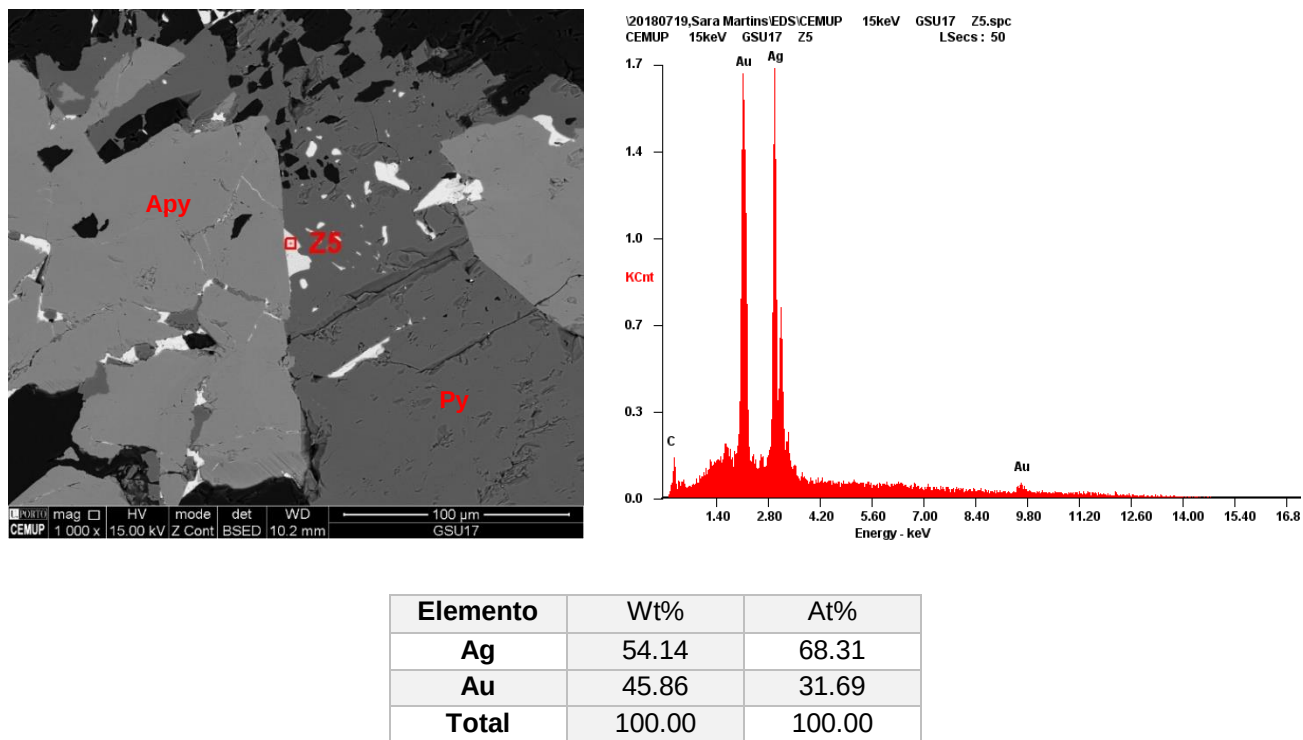
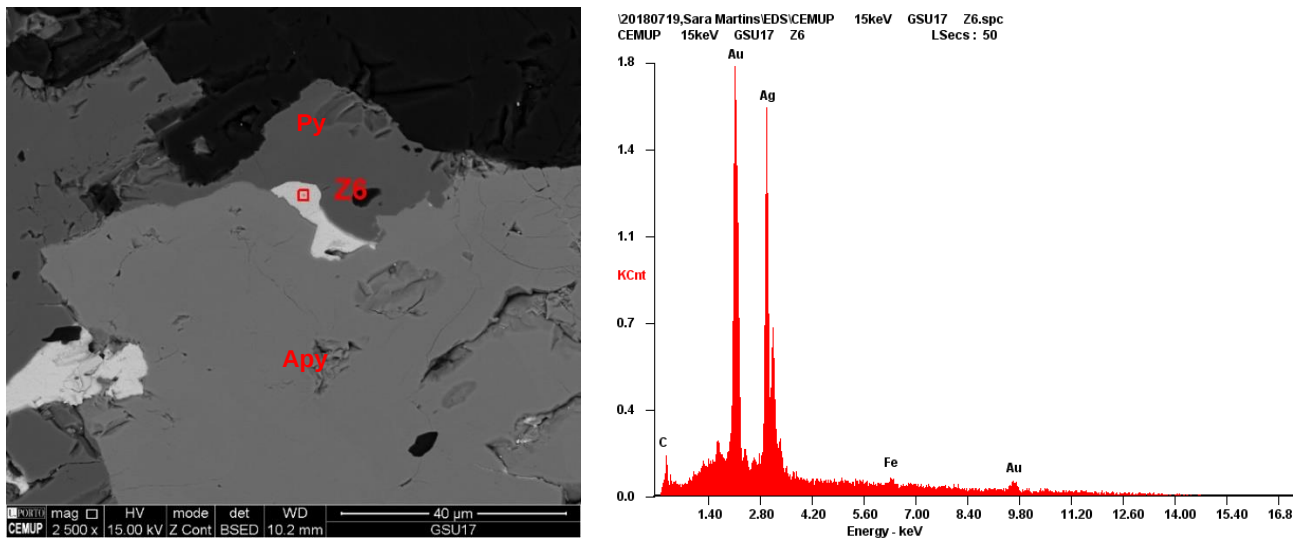


Figura 105 - Microfotografia, espectro e análise semiquantitativas de Z5, da análise ao MEV, da prata aurífera na pirite (Py).



Elemento	Wt%	At%
Ag	52.76	67.10
Au	47.24	32.90
Total	100.00	100.00

Figura 106 - Microfotografia, espectro e análise semiquantitativas de Z6, da análise ao MEV, da prata aurífera na pirite (Py) no contacto com a arsenopirite (Apy).

1.1. Conclusão do estudo ao MEV

Com este estudo foi possível confirmar e identificar minerais que ao microscópio ótico ou em CL não foram identificados e/ou observados. O principal objetivo do estudo ao MEV era : a identificação de minerais cujo poder refletor era elevado, como o exemplo das lâminas GGU01A, GGU01B, GGU08 e GSU17, a presença de um mineral de cor cinza esverdeado na lâmina GGU01B que se pensava tratar da owyheeite e por fim um mineral com poder refletor elevado incluso na pirrotite na lâmina GSU08.

Com o estudo na CL surgiram também algumas dúvidas na identificação de carbonatos, por isso tornou-se necessário recorrer a esta técnica, como o exemplo da lâmina GSU12 onde se observaram dois carbonatos com cor de luminescência laranja, mas com formas distintas.

Sendo assim, o estudo ao MEV das lâminas das amostras da Gralheira, tendo em conta que as análises obtidas são análises semiquantitativas, revelou alguns aspetos interessantes e de extrema importância para este estudo, tais como:

- A ocorrência de minerais de Au-Ag nas lâminas GGU01A, GGU01B e GSU17. Os valores, em %at obtidos no MEV, de Au e Ag variam de 26,12% a 79,47% e 20,53% a 73,88% respetivamente. Com estes valores é possível provar a ocorrência de prata aurífera e ouro argentífero.
- A presença da freibergite, descrita também por Neiva (1994), na lâmina GGU01B. Aparece em pequena quantidade é anédrica e aparece inclusa na galena e por vezes rodeada por calcopirite. Como é possível observar nas análises semiquantitativas da freibergite, esta apresenta valores de Ag de 29 Wt % e 32,38 Wt%, o que é semelhante ao descrito por Neiva (1994) tenha encontrado um máximo de Ag na freibergite de 28,71 wt% na Gralheira.
- Na lâmina GSU08, que corresponde ao micaxisto, o mineral com elevado poder refletor presente na pirrotite corresponde à pentlandite, um sulfureto de Fe, Ni e Co, não estando este mineral descrito nos trabalhos de Neiva (1994), Rosa (2003) e Rosa & Romberger (2003), sendo assim este mineral é descrito pela primeira vez neste trabalho para o setor da Gralheira.
- A presença de dois carbonatos na lâmina GSU12 (massa de adúlária), mais precisamente a calcite e a dolomite, em ponta de lança, com zonamentos. Estes zonamentos apresentam diferentes teores de Fe, Mn e Mg. Do bordo do cristal para o núcleo deste o Fe diminui enquanto que o Mn e Mg aumentam. Sendo assim, estes zonamentos observados em microscopia ótica, em CL e no MEV são resultado das variações de Fe, Mn e Mg nos cristais de dolomite.

Foi também confirmada a presença de calcite e adulária nos trabalhos Rosa & Romberger (2003) e a dolomite e calcite identificadas por Neiva (1994) para este setor.

- Assinalou-se também a ocorrência de fosfatos como monazite-Ce, xenotima-Y, uma xenotima- Y com Th e U.

De seguida apresenta-se um quadro resumo (Tab. 11), para as lâminas onde foi identificado prata aurífera e ouro argentífero, com todos os valores das análises semiquantitativas obtidas no MEV. Este faz referência aos valores de % atômica (at) e % peso (wt) de Au e Ag, à classificação do mineral, minerais associados e ainda ao grau de fineza do ouro correspondente à relação $Au\% \times 1000 / (Au\% + Ag\%)$ para determinar a pureza do ouro, segundo Fischer (1945).

Tabela 11 - Valores de % atômica (at) e % peso (wt) de Au e Ag, à classificação do mineral, minerais associados e ainda ao grau de fineza do ouro

Lâmina	Minerais associados:	Au, at%	Ag, at%	Classificação	Au, wt%	Ag, wt%	Grau de fineza do Ouro $Au\% \times 100 / (Au\% + Ag\%)$ segundo Fischer (1945)
GGU01A	galena, arsenopirite	32,52	67,48	prata aurífera	46,8	53,2	468
	pirite, arsenopirite	40,26	59,74	prata aurífera	55,17	44,83	551,7
	pirite	79,47	20,53	ouro argentífero	87,6	12,4	876
GGU01B	galena, arsenopirite	31,88	68,12	prata aurífera	46,08	53,92	460,8
GSU17	galena	26,50	73,50	prata aurífera	39,7	60,3	397
	galena, arsenopirite	26,12	73,88	prata aurífera	39,23	60,77	392,3
	galena, pirite	31,81	68,19	prata aurífera	46	54	460
	galena, pirite	30,41	69,59	prata aurífera	44,38	55,62	443,8
	galena, pirite	31,69	68,31	prata aurífera	45,86	54,14	458,6
	galena, arsenopirite	32,90	67,10	prata aurífera	47,24	52,76	472,4

Capítulo VI - Estudo em catodoluminescência (CL)

1. Setor de Jales

Para o setor de Jales foram analisadas duas lâminas polidas para o estudo em CL, com o principal objetivo de identificar carbonatos e fosfatos.

- **Lâmina JSU01 - Filão de quartzo mineralizado**

Na lâmina JSU01 foi possível observar a presença de apatites, por vezes apresentam zonamento, de cor amarela que corresponde a apatites de assinatura magmática (cf. Blanc *et al.*, 1994). Observou-se também um veio, com cor de luminescência azul, de quartzo pegmatítico (Götze *et al.*, 2005 *in* Götze, 2012). com apatites a cortar o feldspato caulinizado não luminescente (Fig. 107).

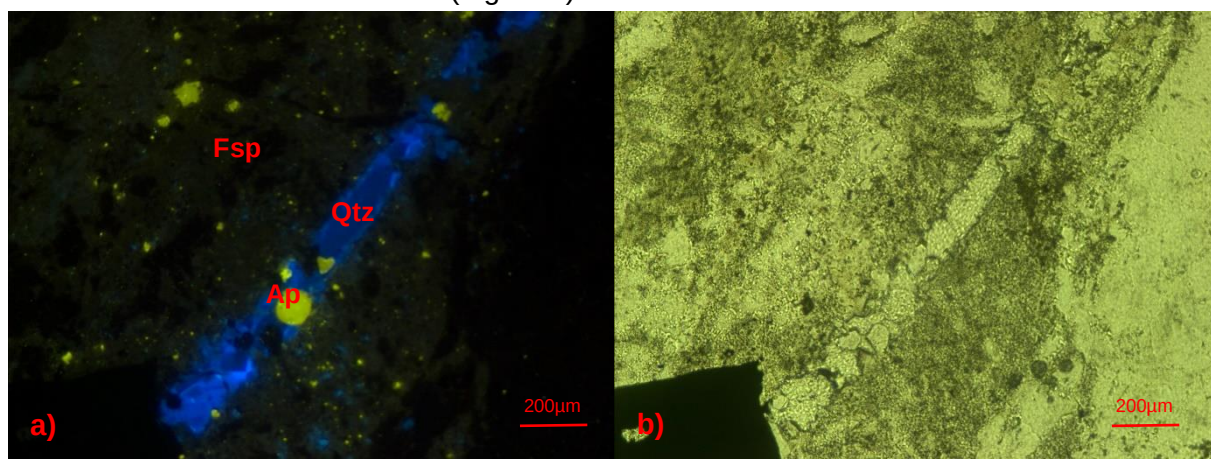


Figura 107 - Microfotografia em catodoluminescência de um veio de quartzo pegmatítico (Qtz) com apatites (Ap) a cortar o feldspato (Fsp) caulinizado não luminescente: a) Em catodoluminescência (N/I); b) Em luz natural (N/I). Tempo de exposição de 8,02s para ambas as imagens

- **Lâmina JSU02A - Filão de quartzo mineralizado**

Foram visualizadas enumeras apatites, algumas com zonamento, com luminescência amarela-esverdeada no feldspato com cor de luminescência azul com diferentes orientações cristalográficas. Na figura 108 é possível observar uma apatite de assinatura magmática com zonamento, em que as zonas mais escuras são mais ricas em ferro e as mais claras têm mais manganês (cf. Blanc *et al.*, 1994). Tal deve-se ao facto de o ferro ser um elemento inibidor e o manganês ativador.

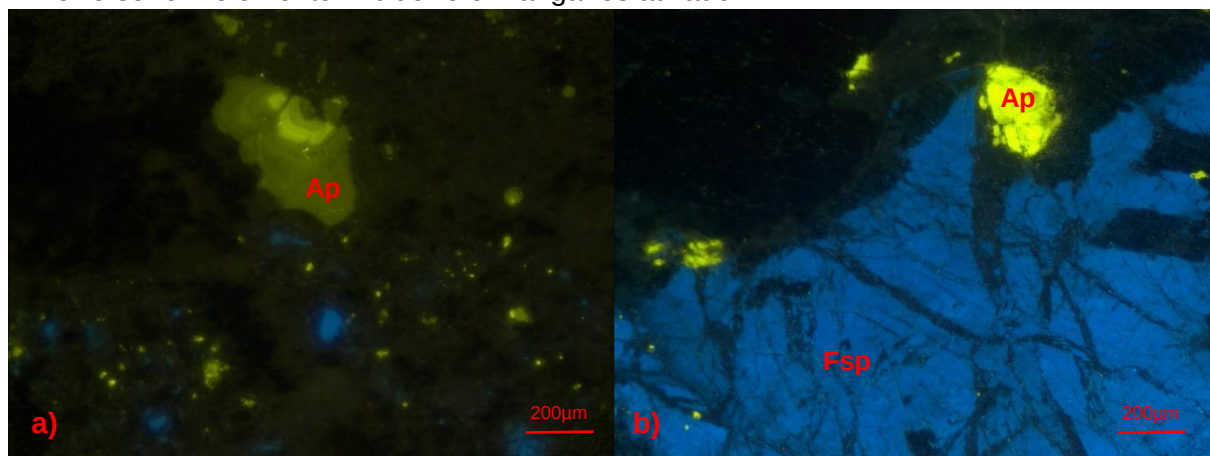


Figura 108 - Microfotografias em catodoluminescência: a) Apatites (Ap) dispersas no filão de quartzo e apatite zonada. Tempo de exposição de 6,41s 10x; b) Apatites de assinatura magmática dispersas no feldspato (Fsp) de cor de luminescência azul. Tempo de exposição 5,51s

2. Setor da Gralheira

Para o estudo em CL nas amostras do setor da Gralheira selecionou-se apenas a lâmina GSU12 uma vez que surgiram dúvidas na identificação de algum mineral com zonamentos no estudo petrográfico.

- **Lâmina GSU12 – Massa de adulária**

No estudo em CL efetuado nesta lâmina permitiu a identificação de dois carbonatos, um com cor de luminescência laranja que corresponde à calcite e outro com cristais zonados e cores de luminescência em tons de castanho e laranja que é representado pela dolomite. Tanto a calcite como a dolomite apresentam zonamento em CL enquanto que no estudo ao MEV apenas foi possível verificar o zonamento da dolomite.

O zonamento presente na dolomite resulta da variação dos teores de Fe, Mn e Mg, que foi comprovado com os resultados no MEV e com o estudo em CL onde se verificou que a cor de luminescência variava ao longo dos zonamentos (Fig. 111), ficando mais ou menos intensa, isto deve-se ao facto de o Fe funcionar como inibidor de luminescência e o Mn como elemento ativador (Portnov et Gorobets, 1969; Mariano & Ring, 1975; Knutson *et al.*, 1985; Roeder *et al.*, 1987, Marshal 1988; Mariano 1988 *In* Blanc *et al.*, 1944).

Nas figuras 109 e 110 é possível observar cristais de calcite zonados e com zonas de recristalização. O tempo de exposição para a primeira foi de 10s, porque os nicóis estavam cruzados, enquanto que para a segunda foi de apenas 1,67s.

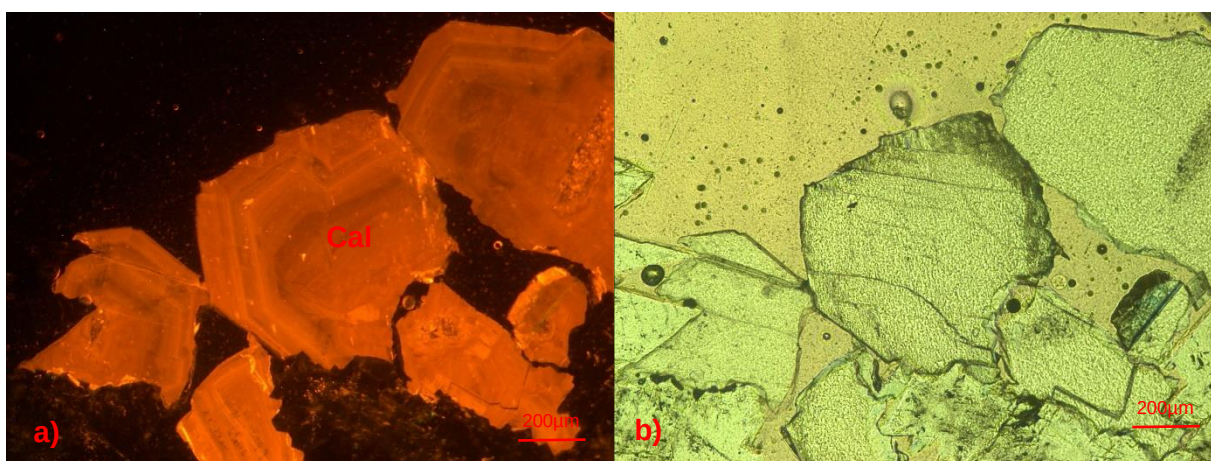


Figura 109 - Microfotografias: Minerais em catodoluminescência: a) Calcite (Cal) com zonamento; Minerais em luz transmitida N//: b) Calcite. Tempo de exposição: 10s

Com este estudo foi possível verificar que a calcite é posterior à dolomite, o que é comprovado pelo estudo realizado por Neiva (1994).

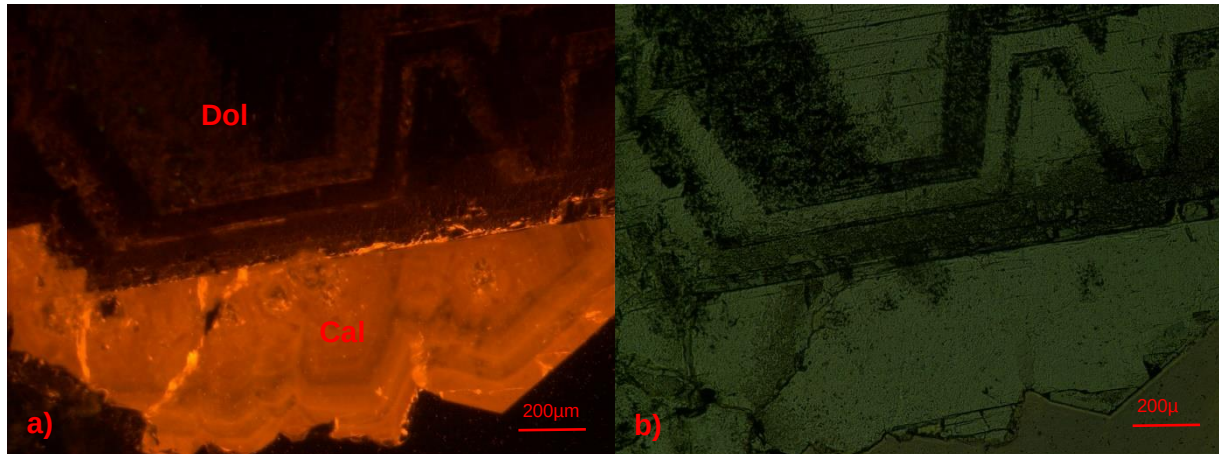


Figura 110 - Microfotografias. a), b) Calcite (Cal) e dolomite (Dol) com zonamento, imagem em CL e luz transmitida N// respetivamente. Tempo de exposição: 1,67s

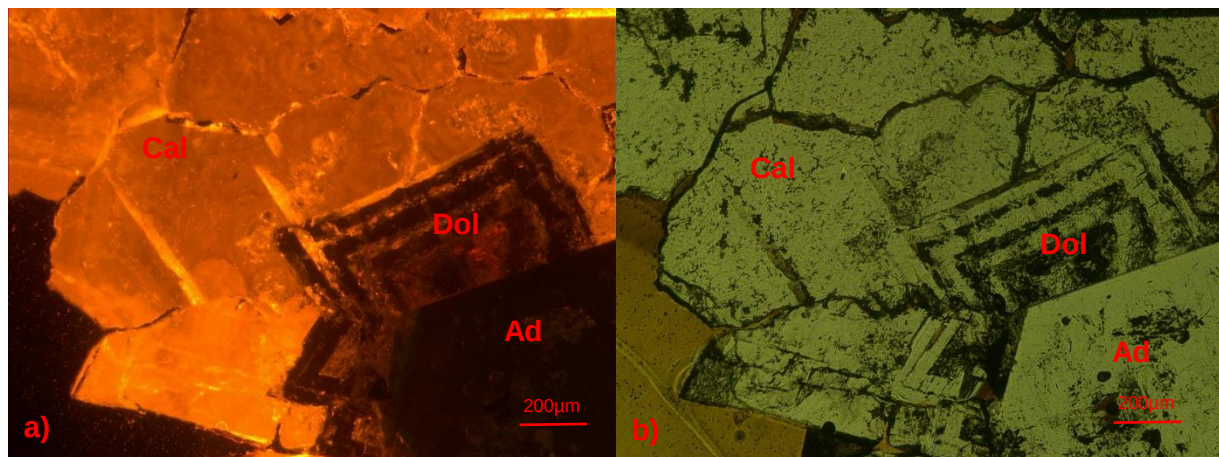


Figura 111 - Microfotografias. a), b) Calcite (Cal) com recristalização, dolomite (Dol) em ponta de sela e adularia (Ad) sem luminescência, imagem em CL e luz transmitida N// respetivamente. Tempo de exposição: 3,03s

3. Setor de Raiz do Monte

Para o estudo em CL na amostra do setor de Raiz do Monte selecionou-se as duas lâminas uma vez que surgiram dúvidas na identificação de alguns minerais no estudo petrográfico, como por exemplo a apatite.

- **Lâminas RMSU01A e RMSU01B- Zona filoniana no granito**

No estudo em CL efetuado nesta lâmina permitiu a identificação da apatite, feldspatos e duas gerações de quartzo a cortar o granito.

Na figura 112 é possível observar feldspato caulinizado com cor de luminescência azul e apatites com cor de luminescência amarela, de assinatura magmática, associadas às micas. Enquanto que na figura 113 identificou-se a alteração da apatite amarela, de assinatura magmática, para apatite rosa, de assinatura hidrotermal (cf. Blanc *et al.*, 1994).

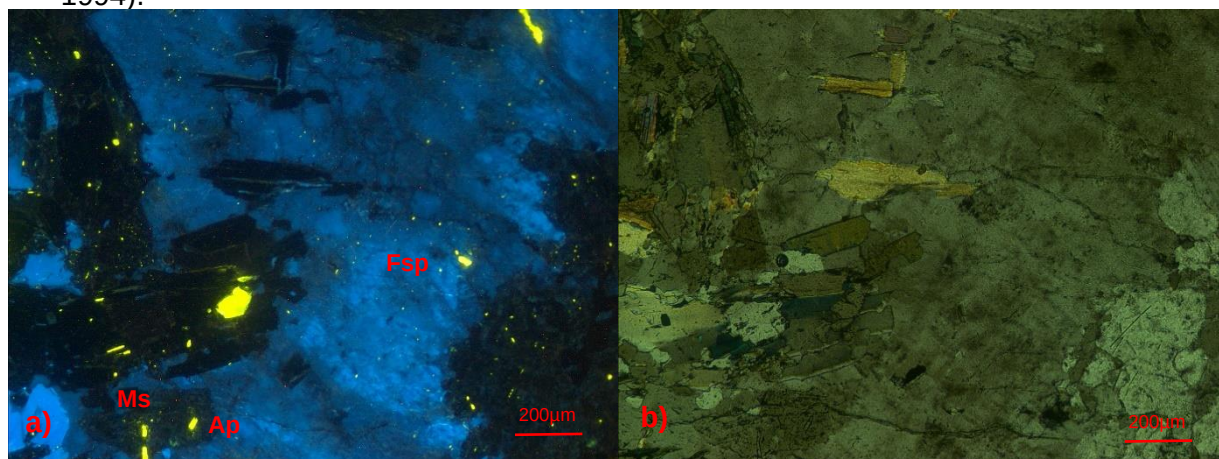


Figura 112 - Microfotografias: a), b) Feldspato (Fsp) caulinizado de cor de luminescência azul e apatites (Ap) de assinatura magmática de cor amarela associadas às micas (moscovite) (Ms) em CL e Luz transmitida N// respetivamente. Tempo de exposição: 37,2s

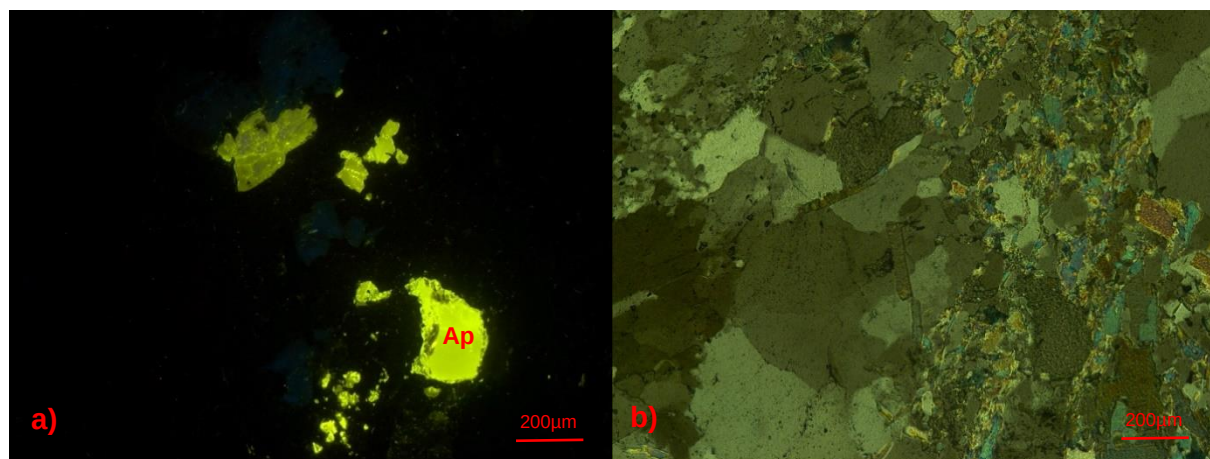


Figura 113 - Microfotografia: a), b) Alteração da apatite amarela (assinatura magmática) para apatite com luminescência rosa (terras raras) em CL e luz transmitida N// respetivamente. Tempo de exposição: 1,86s

Apesar de não ser muito perceptível na figura 114, foi também possível identificar duas gerações de quartzo, um quartzo pegmatítico (Götze *et al.*, 2005 *in* Götze, 2012), com cor de luminescência azul (Götze *et al.*, 2005 *in* Götze, 2012), e outro de assinatura hidrotermal com cor de luminescência castanho avermelhado (Couto *et al.*, 2010).

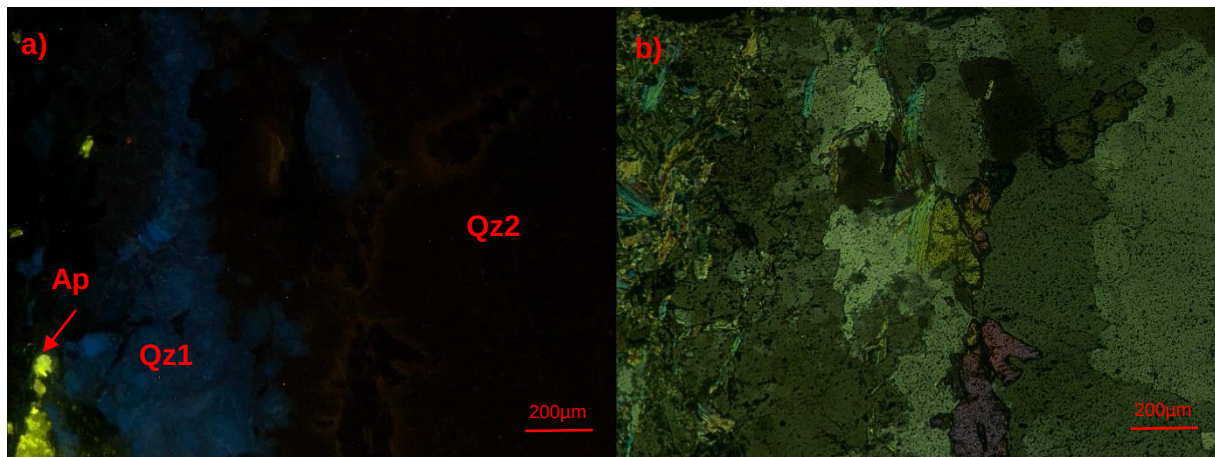


Figura 114 - Microfotografia: a), b) Duas gerações de quartzo, o azul (Qz1) de assinatura pegmatítica e um quartzo vermelho acastanhado (Qz2) de assinatura hidrotermal em CL e luz transmitida N// respetivamente. Tempo de exposição: 4,93s

Foram também identificadas inúmeras apatites de assinatura magmáticas dispersas na matriz do granito, em que algumas apresentam zonamento (Fig. 115). Este zonamento poderá corresponder às variações de Fe e Mn (cf. Blanc *et al.*, 1994).

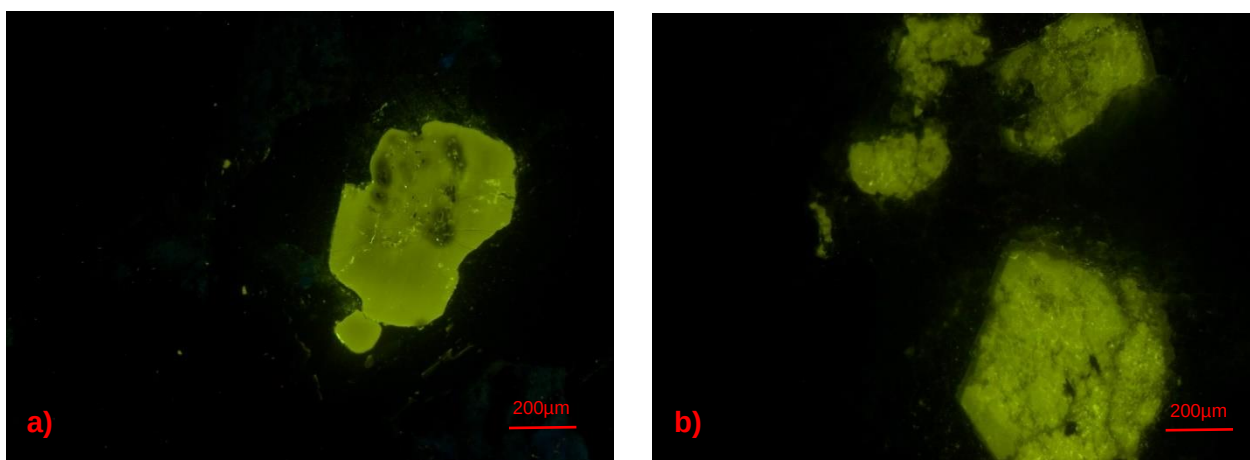


Figura 115 - Microfotografia em CL: a) Apatite de assinatura magmática. Tempo de exposição: 0,82s 5x , b) Apatites de assinatura magmática com zonamento. Tempo de exposição: 0,36s

4. Conclusões do estudo em catodoluminescência

O estudo em CL permitiu:

- Identificar, na lâmina JSU01, filonetes de quartzo tardios ricos em sulfuretos a cortar o pegmatito.
- Para os setores de Jales e Raiz do Monte, assinalar a presença de um fosfato que se verificou tratar-se de apatite de assinatura magmática que por vezes apresenta zonamentos, por comparação com outros estudos (Blanc *et al.*, 1994).
- Na lâmina JSU01, observar um veio de quartzo pegmatítico com cor de luminescência azul (Götze *et al.*, 2005 *in* Götze, 2012), com apatites de assinatura magmática, mais tardio, a cortar o feldspato caulinizado não luminescente.
- A presença de dois carbonatos, a calcite e a dolomite na lâmina GSU12. Tanto a calcite como a dolomite apresentam zonamentos, embora o zonamento da calcite só é visível em CL enquanto que na dolomite é evidente nas três técnicas utilizada.

Quanto às cores de luminescência, na calcite é laranja forte enquanto que na dolomite em ponta de lança apresenta luminescência fraca em tons de castanho e laranja alternados nos vários zonamentos.

Para complementar este estudo, recorreu-se ao MEV (ver Capítulo V) para distinguir os dois carbonatos e identificar a composição dos zonamentos presentes na dolomite. Com os resultados obtidos no MEV foi possível verificar que os zonamentos apresentam variações de Fe, Mn e Mg, daí as variações de luminescência nos zonamentos do cristal, pois o Fe funciona como inibidor de luminescência e o Mn como elemento ativador (Kempe & Götze, 2002).

- A presença de duas gerações de quartzo, na lâmina RMSU01, um quartzo pegmatítico de cor de luminescência azul, e outro de assinatura hidrotermal com cor de luminescência castanho avermelhado (Götze *et al.*, 2005 *in* Götze, 2012, Couto *et al.*, 2010).
- Foi também observado na lâmina RMSU01 um feldspato de cor de luminescência azul a sofrer caulinização.
- Na lâmina RMSU01 assinalou-se ainda a ocorrência de apatites de assinatura magmática associadas a micas, apatites de assinatura magmática a penetrar o quartzo ao longo de fraturas e a alteração de apatite de assinatura magmática para apatite de assinatura hidrotermal, com cor de luminescência rosa (cf. Blanc *et al.*, 1994).

- Segundo Neiva (1994), para o setor da Gralheira, identificou duas gerações de apatite. Na primeira, as apatites ocorrem associadas às micas e na segunda geração ocorrem a penetrar o quartzo ao longo de fraturas. Apesar de no setor da Gralheira não terem sido identificadas apatites, neste setor foram observadas as duas gerações de apatites à semelhança do que ocorre na Gralheira.

As apatites encontradas apresentam uma cor de luminescência amarela, que corresponde a uma apatite de assinatura magmática, condicionada pela presença de manganês, mais concretamente pela razão entre o manganês e o ferro (Blanc *et al.*, 1994), sendo que quanto maior for essa razão mais luminescente será o mineral, uma vez que o Mn^{2+} atua como elemento ativador da luminescência (Portnov et Gorobets, 1969; Mariano & Ring, 1975; Knutson *et al.*, 1985; Roeder *et al.*, 1987, Marshal 1988; Mariano 1988 *In* Blanc *et al.*, 1944). Por outro lado, em zonas onde essa razão for menor a luminescência será menor ou nula, pois o ferro atua como elemento inibidor da catodoluminescência (Blanc *et al.*, 1944; Kempe & Götze, 2002).

Algumas das apatites encontradas apresentam zonamento, um aspeto importante pois poderá dar informações importantes acerca do seu crescimento. Este zonamento poderá estar relacionado em a razão entre o manganês e o ferro.

Capítulo VII – Discussão e Conclusão

As sequências paragenéticas dos filões de quartzo auríferos de Jales (Neiva & Neiva, 1990) e Gralheira (Neiva, 1994) são muito semelhantes e separados por falhas e fraturas variscas com recorrência de alguns minerais. Os autores descrevem para o setor de Gralheira e Jales a existência de cinco e seis estádios hipogênicos respectivamente. No primeiro estágio ocorre quartzo acompanhado de outros silicatos, no segundo estágio ocorre quartzo, outros silicatos, ouro, electrum e sulfuretos, no terceiro estágio é representado por quartzo, outros silicatos, óxidos e tungstatos, no quarto estágio ocorre quartzo, ouro, electrum, sulfuretos e sulfossais, no quinto estágio ocorre o quartzo, ouro, electrum sulfuretos e sulfossais havendo também alguns carbonatos posteriores ao quartzo. O sexto estágio de Jales caracteriza-se pela ausência do quartzo e pela presença dos minerais opala e calcedônia. Observam-se também algumas fases mais raras de tetraedrite, owyheeite e boulangerite para o setor da Gralheira (Neiva & Neiva, 2010).

O estágio de remobilização, representado no terceiro estágio, marcado pela presença de óxidos e tungstatos, e resulta da circulação de fluidos mais tardios que terão remobilizado minerais presentes no aplito- pegmatitos e pegmatitos dando origem a minerais como a cassiterite, volframite e scheelite (Neiva & Neiva, 1990). O quinto estágio é representado pelos sulfuretos tardios e sulfossais.

O ouro, electrum e prata aurífera estão geralmente inclusos em sulfuretos, mas também no quartzo, principalmente na arsenopirite, frequentemente em pirite e raramente na galena e muito raramente na esfalerite e pirrotite. Por vezes alguns grãos ocorrem intercrescidos com a calcopirite, galena, tetraedrite, freibergite e raros substituem a arsenopirite, pirite e esfalerite. Outros grãos de electrum e prata aurífera preenchem fraturas no quartzo, arsenopirite e pirite euédricas, associando-se a esfalerite anédrica e galena ou quartzo, ou quartzo e galena, ou quartzo, calcopirite e galena ou quartzo, tetraedrite e freibergite. A prata nativa ocorre ainda em argentite, galena, freibergite e poliargirite em Jales e em galena, tetraedrite, freibergite e owyheeite na Gralheira (Neiva & Neiva, 1990; Neiva, 1994).

Mais recentemente Rosa & Romberger (2003) propuseram um novo quadro paragenético para os distritos de Campo e Gralheira, onde foram reconhecidos cinco estádios de mineralização e/ou alteração, contudo apenas no distrito de Campo são representadas todas as etapas Rosa (2001). De notar que a proposta apresentada diz respeito a uma sequência paragenética generalizada das áreas proximais à intrusão de Campo e Gralheira.

O primeiro estágio, apenas identificado no Campo, é representado por quartzo fumado estéril, apresentando “*ribbon texture*” resultante da deformação dúctil sofrida. Esta etapa foi acompanhada pela alteração de biotite e clorite para moscovite e de plagioclase para moscovite e microclina. O segundo estágio corresponde ao estágio dos sulfuretos (Fe-As) representado pela pirrotite e lollingite precoce e arsenopirite e pirite tardias. A lollingite é um mineral muito raro e encontra-se incluso na arsenopirite. Os sulfuretos ocorrem no quartzo cinzento e localmente na adularia, em menor quantidade também ocorre neste estágio scheelite e marcassite. Durante este estágio formou-se mais moscovite e microclina à semelhança do primeiro estágio. No terceiro estágio, representado pelos metais base (Pb- Zn- Ag), caracterizado pela brechificação do estágio anterior e recristalização do quartzo ao longo de fraturas. Os sulfuretos de metais base e a clorite depositam ao longo de fraturas e na matriz das brechas. O quarto estágio é representado pela deposição de quartzo em pente ao longo de fraturas. O quinto e último estágio é caracterizado pela precipitação de pequenas quantidades de calcite, siderite e ilite ao longo de fraturas. O ouro ocorre no primeiro (?) e terceiro estágio sob a forma de electrum.

Um dos principais objetivos deste trabalho seria a observação de ouro nos três setores, o que não se veio a concretizar. Foi apenas observado prata aurífera e ouro argentífero nas amostras do setor da Gralheira.

Foram então observados minerais de Au-Ag nas lâminas GGU01A, GGU01B, GSU15, GSU17 e GG694. Embora apenas tenham sido analisadas ao MEV as lâminas GGU01A, GGU01B e GSU17. Os valores em %at obtidos no MEV, tendo em conta que são análises semiquantitativa, de Au e Ag variam de 26,12% a 79,47% e 20,53% a 73,88% respetivamente. Com estes valores é possível provar a ocorrência de prata aurífera e ouro argentífero.

A prata aurífera presente nas amostras da Gralheira ocorre principalmente associada à galena em fraturas da pirite e da arsenopirite, onde a galena terá remobilizado o ouro presente nestes dois minerais, mais raramente encontrou-se também a prata aurífera associada a pirite e arsenopirite. Quanto ao único grão de ouro argentífero encontrado na amostra GGU01A, que corresponde a uma zona filoniana mineralizada proveniente da galeria, este encontra-se incluso na pirite.

A arsenopirite é o sulfureto dominante e observaram-se duas gerações, a primeira é geralmente euédrica inclusa no quartzo, no micaxisto e ainda na pirite, esfalerite e marcassite, estando representada no segundo estágio (Fe- As), enquanto que a

segunda geração é anédrica rodeada por arsenopirite e pirite euédrica, representada no quarto estágio (Fe- As- Cu- Pb-Zn- Ag).

A pirite é o segundo sulfureto mais presente nas amostras estudadas dos três setores. Apresenta-se euédrica a subédrica e ocorre no quartzo, no micaxisto e rodeia, penetra e por vezes substitui arsenopirite. Ocorre em dois estádios de mineralização no segundo estágio (Fe- As) e no quarto estágio (Fe- As- Cu- Pb-Zn- Ag).

A calcopirite, anédrica, apresenta-se principalmente a rodear e penetra a pirrotite, esfalerite, freibergite, pirite e a arsenopirite. Encontra-se também sob a forma de exsoluções na esfalerite.

A pirrotite, normalmente anédrica, encontra-se principalmente dispersa na matriz do micaxisto embora, nas lâminas GSU15 e GSU17, ocorre associada à galena ou sobre esta. Segundo Neiva em 1994, a pirrotite apresenta-se inclusa na arsenopirite, pirite, esfalerite e na marcassite o que não foi observado neste trabalho. Nas amostras GSU04, GSU06 e GSU08, correspondentes a um micaxisto, foi possível identificar pirrotite com exsoluções de pentlandite característico de pirrotites ricas em níquel (Picot & Johan, 1977).

A marcassite ocorre por vezes a rodear a arsenopirite e a pirite. Apresenta-se geralmente em massas apresentando por vezes cristais em crista de galo.

Em relação à galena presente nos três setores é normalmente anédrica, maciça e por vezes preenche fraturas na arsenopirite, pirite e esfalerite. Substitui a arsenopirite, pirite, esfalerite e a calcopirite e veio remobilizar o ouro presente na arsenopirite e na pirite.

A esfalerite, é um mineral frequente nas lâminas deste setor, anédrica, maciça e ocorre principalmente em massas, apresentando por vezes exsoluções de calcopirite e de pirrotite, por vezes, orientadas pelas clivagens como se observa na lâmina GSU17.

A presença da freibergite, descrita também por Neiva (1994), foi observada apenas na lâmina GGU01B, aparece em pequena quantidade, inclusa na galena e por vezes rodeada por calcopirite. Como é possível observar nas análises semiquantitativas da freibergite, esta apresenta valores de Ag de 29 Wt % e 32,38 Wt%, o que é semelhante ao descrito por Neiva (1994) que encontrou um máximo de Ag na freibergite de 28,71 wt% na Gralheira.

No presente estudo assinalou-se a presença de dois carbonatos, a calcite e a dolomite. Tanto a calcite como a dolomite apresentam zonamentos, embora o zonamento da calcite só foi visível em CL enquanto que na dolomite esse zonamento é evidente nas

três técnicas utilizadas. Quanto às cores de luminescência, na calcite é laranja forte enquanto que na dolomite em ponta de lança apresenta luminescência fraca em tons de castanho e laranja alternados nos vários zonamentos. Para complementar este estudo, recorreu-se ao MEV para distinguir os dois carbonatos e identificar a composição dos zonamentos presentes na dolomite. Com os resultados obtidos no MEV foi possível verificar que os zonamentos apresentam variações de Fe, Mn e Mg, daí as variações de luminescência nos zonamentos do cristal.

Com o estudo ao MEV permitiu ainda assinalar a presença de alguns fosfatos raros como a xenótima-Y, xenótima- Y com Th e U e ainda monazite- Ce.

A apatite foi apenas identificada no estudo em CL, nas amostras do setor de Jales e Raiz do Monte, e permitiu assinalar a ocorrência de apatites com assinatura magmática zonadas com cor de luminescência amarela a penetrar o quartzo longo de fraturas, apatites de assinatura magmática associadas a micas, permitindo assim distinguir duas gerações deste mineral. A primeira geração, a apatite de assinatura magmática encontra-se inclusa nas micas e está representada no primeiro estágio de mineralização, que corresponde aos minerais da ganga, enquanto que na segunda geração as apatites de assinatura magmática encontram-se a penetrar o quartzo ao longo de fraturas estando representada no terceiro estágio de mineralização. Foi ainda assinalada a alteração de apatite de assinatura magmática com luminescência amarela esverdeada para apatite de assinatura hidrotermal, com cor de luminescência rosa.

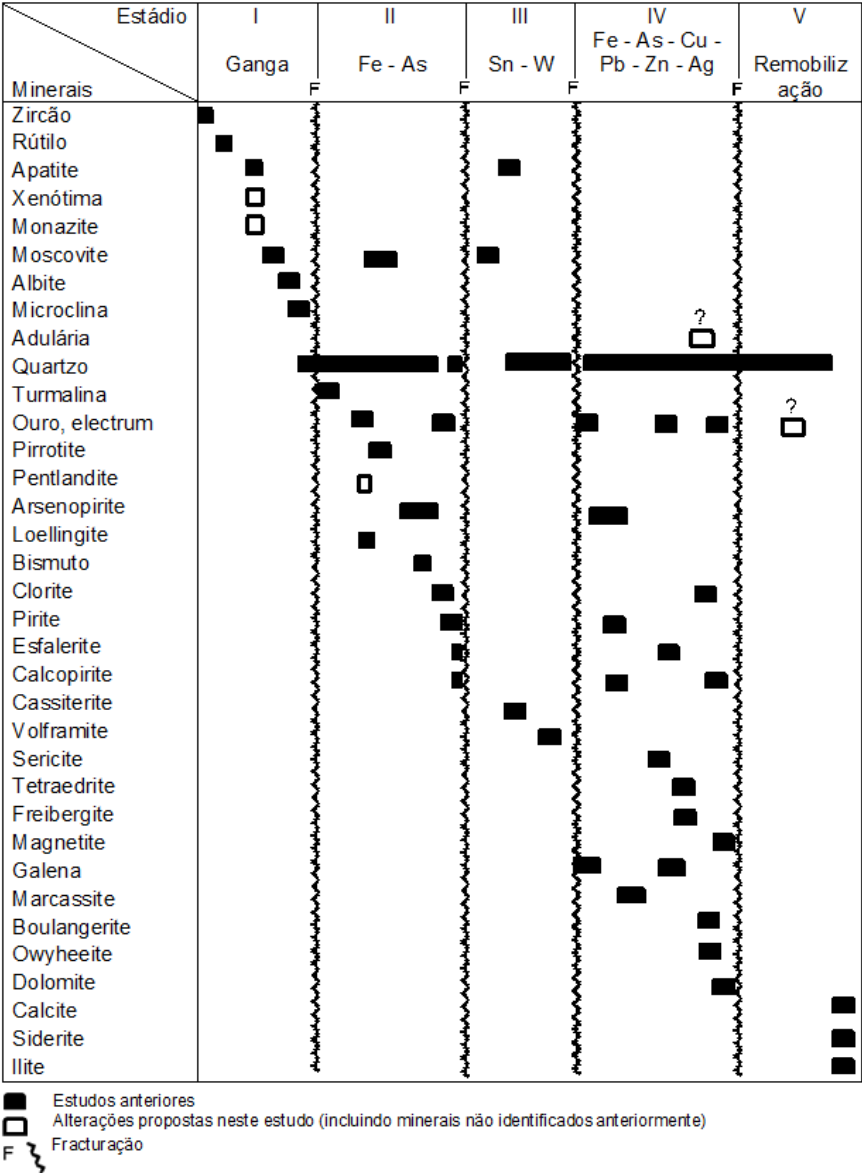
Com as observações feitas ao longo deste estudo, apesar de terem sido estudadas poucas amostras, não foi possível distinguir o 4º do 5º estágio paragenético descrito por Neiva (1994) e uma vez que os minerais pentlandite, monazite-Ce e xenotima-Y não se encontram descritos nos trabalhos de Neiva (1994), Rosa (2003) e Rosa & Romberger (2003) e tendo em conta os estudos realizados por estes autores, propõe-se o seguinte quadro paragenético para o setor da Gralheira.

Sendo assim, distinguiu-se a existência e quatro estádios principais de mineralização e um outro estágio mais tardio de remobilização separados por episódios de fracturação, representados com a letra F. Os estádios principais correspondem a um primeiro estágio representado pelos minerais de ganga, o segundo estágio a um estágio ferri-arsenífero (Fe- As) marcado pela presença de sulfuretos, um terceiro estágio estano-tungstífero (Sn- W) assinalado pela presença de tungstatos, um quarto estágio com Fe, As, Cu, Pb, Zn e Ag e adularia (?), apesar de descrita nos trabalhos de Rosa e Romberger no 2º estadio, penso que esta se poderá encontrar num estágio mais tardio uma vez que a adularia apresenta-se associada à dolomite e calcite contendo também alguns

sulfuretos associados e possivelmente minerais de Au-Ag. E por fim o último estágio que representa o estágio de remobilização onde se observam minerais que foram remobilizados das gerações precedentes, como a siderite, calcite e ilite e possivelmente minerais de Au-Ag, embora Rosa e Romberger (2003) colocarem o electrum no 2º e 3º estágio, penso que os minerais de Au-Ag observados neste trabalho poderão estar também presentes no estágio de remobilização uma vez que foi observado minerais de Au-Ag associado à galena, onde esta terá remobilizado estes de minerais precedentes como a pirite e arsenopirite.

Com base nas observações efetuadas durante a realização deste estudo, observou-se que, nos três setores parece existir um importante controlo estrutural, estando as mineralizações sobretudo associadas a filões

Tabela 12 - Proposta de quadro paragenético para o setor da Gralheira. Adaptado de: Neiva (1994) e Rosa & Romberger (2003)



e filonetes que se terão instalado em fraturas de origem tectónica. Porém também foi observada mineralização na rocha encaixante, em metassedimentos (setor da Gralheira) e aplito- pegmatíticos (setor Jales e Raiz do Monte), junto ao contacto com os filões de quartzo aurífero o que prova a existência de uma alteração hidrotermal na rocha encaixante, que fez com que esta tenha ficado enriquecida com minerais provenientes dos fluidos que deram origem aos filões de quartzo aurífero.

Segundo Rosa & Romberger (2003) a mineralização aurífera de Jales e Gralheira pertence a uma categoria de depósitos de interpretação ambígua. Segundo estes autores, o que faz com que o modelo genético seja controverso pode em parte ser resultado de diversos autores terem estudado diferentes partes deste distrito. Enquanto que Noronha *et al* 1993 e Noronha *et al* 1995 relacionam a mineralização com fluidos metamórficos e meteóricos, isto é, a mineralização está associada à instalação de granitos variscos, que funcionaram como fonte de calor responsáveis pela circulação de fluidos, que serviram como fonte de transporte e concentração de metais. Por outro lado, Neiva & Neiva (1990) e Neiva (1992) sugerem uma relação genética das mineralizações auríferas de Jales e Gralheira com fluidos magmáticos- hidrotermais que resultaram do processo de cristalização fracionada de granitos de duas micas do tipo S com ilmenite que originou granito moscovítico e biotítico, granito moscovítico, filões aplíticos, aplito-pegmatíticos e pegmatíticos graníticos. Contudo, durante a cristalização fracionada houve libertação de calor que provocou a libertação de fluidos metamórficos do micaxisto e o aquecimento de fluidos meteóricos que reagiram com o micaxisto e remobilizaram elementos, ocorrendo assim, uma mistura dos fluidos metamórficos e fluidos magmáticos e hidrotermais. Sendo assim, os filões de quartzo auríferos de Jales e Gralheira são classificados como relacionados com intrusão mais concretamente com o granito de duas micas Neiva & Neiva (1990), Neiva (1992), Neiva (1994).

O estudo em catodoluminescência elaborado ao longo deste trabalho serviu também de suporte para a compreensão da génese destes jazigos, com base na presença de minerais como o quartzo hidrotermal e quartzo pegmatítico, apatites com assinatura ígnea de origem magmática e apatite de assinatura magmática a sofrer alteração para apatite com uma assinatura hidrotermal, o que mostra a sobreimposição de fluidos hidrotermais sobre as apatites de assinatura magmática, ou seja em primeiro lugar vieram os fluidos magmáticos e posteriormente os fluidos hidrotermais que trouxeram os metais. Este estudo foi também importante na identificação de gerações de diferentes minerais, como o exemplo observado na lâmina GSU12, representada pela massa de adulária, da calcite e dolomite, onde foi possível comprovar que a calcite é posterior à dolomite e estes posteriores à adulária.

Foi também observada mineralização na rocha encaixante, que pode ter sido resultado do metamorfismo que ocorreu na região e fez com que os metais, presentes nos fluídos, tenham migrado para os metassedimentos e aplito-pegmatitos, a mineralização aparenta estar condicionada por controlos estruturais, relacionados com a proximidade de uma zona de intenso cisalhamento, que terá sido resultado da deformação varisca

que atuou na região e uma vez que a mineralização Au-Ag ocorre principalmente associada aos filões de quartzo tardios, que se instalaram nessas fraturas.

No decorrer do trabalho efetuado foram surgindo novas questões que poderiam ser estudadas com maior pormenor, como a ocorrência de fosfatos de terras raras e um mineral raro a pentlandite, observados pela primeira vez neste estudo, no setor da Gralheira.

Quanto à presença da adularia seria interessante fazer um estudo mais pormenorizado para tentar compreender a sua origem e quando e como terá surgido. Apesar de não se ter encontrado minerais de Au-Ag associados, esta poderá estar relacionada com a presença da mineralização aurífera.

No que respeita ao ouro observado no estudo metalográfico e ao MEV, poder-se-ia proceder a um estudo mais detalhado referente à composição e associação deste com outros minerais, assim como ao ouro camuflado na arsenopirite e pirite, abrangendo outro tipo de técnicas, nomeadamente a microsonda eletrônica que é um instrumento de pesquisa capaz de identificar e quantificar os elementos químicos presentes num mineral, que nos poderá fornecer a composição exata destes minerais de Au-Ag.

Referências Bibliográficas

ÁBALOS, B., CARRERAS, J., DRUGUET, E., ESCUDER VIRUETE, J., GÓMEZ PUGNAIRE, M.T., ALVAREZ, S.L., QUESADA, C., RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ, L.R., GIL-IBARGUCHI, J.I. (COORD.), 2002. Variscan and Pre-Variscan Tectonics. In Gibbons, W., Moreno, M.T. (Eds). *The Geology of Spain*. Geological Society. Londres. 155-183pp.

ALBUQUERQUE, H. M. 2014. Estudo de testemunhos de sondagens da área Jales/Gralheira: contributo para o conhecimento do controlo das mineralizações auro-argentíferas. 116p Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Porto – Tese de Mestrado.

ALMEIDA, A. & NORONHA, F., 1988. Fluids associated with w and Ag-Au deposits of the Mirandela area, NE Portugal: an example of peri-granitic zoning. *Bull. Miner.*, III: 331-341.

ARENAS, R., FARIAS, P., GALLASTEGUI, G., GIL IBARGUCHI, J., GOZÁLEZ LODEIRO, F., KLEIN, E., MARQUINEZ, J., MARTIN PARRA, L., MARTINEZ CATALÁN, J., ORTEGA, E., PABLO MACIA, J., PEINADO, M., RODRIGUEZ FERNÁNDEZ, L., 1988. Características geológicas y significado de los domínios que componen la Zona de Galicia-Trás-os-Montes. In: Simposio sobre Cinturones Orogénicos, II Congreso de Geología de España, Granada, 75-84.

BAPTISTA, J.C. 1998. Estudo neotectónico da zona de falha Régua-Verin. 344 pp. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real. (Tese de Doutoramento).

BLANC P, BAUMER A, CESBRON F, OHNENSTETTER D, PANCZER G & RÉMOND G. 2000. Systematic Cathodoluminescence Spectral Analysis of Synthetic doped minerals: Anhydrite, Apatite, Calcite, Fluorite, Scheelite and Zircon In: M. Pagel, V. Barbin, P. Blanc, D. Ohnenstetter Eds. *Cathodoluminescence in Geosciences*. Springer, 514pp.

BLANC P., ROGER G. & COUTO H., 1994. Recherche de signatures magmatique et hydrothermale dans des apatites du nord du Portugal: étude par cathodoluminescence, microscopie électronique à balayage et microsonde électronique in *Bull. Soc. géol. France*, t. 165, n°4, pp. 329-339.

BRINK, A. H., 1960. Petrology and ore geology of the Vila Real - Sabrosa - Vila Pouca de Aguiar region, northern Portugal. *Comun. Serv. geol. Portg.*, 43, 143 pp in: Ribeiro, M.A. 1998. Estudo litogeoquímico das formações metassedimentares encaixantes de

mineralizações em Trás-os-Montes Ocidental. Implicações metalogénicas. Tese de doutoramento. Universidade do Porto. 346p.

CABRAL, J. & RIBEIRO, A., 1989 - Incipient subduction along the West-Iberia Margin. 28th Int. Geol. Congo Washington, D.C., 1/3: 223 (abstracts). *In*: Sant’Ovaia, H., Ribeiro, M. A., Martins, H. & Noronha, F., 2011. Notícia Explicativa da Folha 6-D, Vila Pouca de Aguiar. Laboratório nacional de energia e geologia (LNEG), Lisboa.

CABRAL, J., 1995. Neotectónica em Portugal Continental. Mem. Inst. Geol. Mineiro, 31, 265 p.

CARRINGTON DA COSTA, J., 1950. Notícia sobre uma carta geológica do Buçaco, de Nery Delgado. Public. Espec. Comum. Serv. Geol. Portugal, 27 p.

CARTA GEOLÓGICA DE PORTUGAL, Escala 1:50 000. Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa:

- Folha 6D - Vila Pouca de Aguiar, 1998
- Folha 10B - Vila Real, 2015

CARTA MILITAR DE PORTUGAL DO SERVIÇO CARTOGRÁFICO DO EXÉRCITO, Escala 1/25 000. Lisboa:

- Folha 74 - Vila Pouca de Aguiar
- Folha 88 – Telões

CARVALHO, A. D. 1978 – Breves Referências Sobre Jazigos Auríferos Portugueses. Bol. Minas, Lisboa, 16 (3/4), p. 139- 150.

CEREJO, T.A.R. 2013. Geoquímica da área de São Pedro das Águias - Concessão de Tabuaço. Dissertação de mestrado, Universidade de Aveiro, 122p.

CERVEIRA, A., 1952. Relações entre os jazigos hipogénicos portugueses de ouro e de tungsténio. Boi. Soe. geol. Port, 10: 133-145.

COUTO, H., 1993. As mineralizações de Sb-Au da região Dúrico-Beirão. 2 Vols. (Vol. Texto; Vol. Anexos: 32 Estampas e 7 Mapas). 607pp. Faculdade de Ciências do Porto (Tese de doutoramento)

COUTO, H., 2002. Património Mineiro do Parque Paleozóico de Valongo. Livro de Actas do Congresso Internacional sobre Património Geológico e Mineiro. Pp 501-507. Lisboa.

COUTO, H., 2010. Ouro e sulfuretos do distrito mineiro Dúrico-Beirão. Ciências Geológicas - Ensino e Investigação e sua história. J. M. Coteló Neiva, António Ribeiro, Mendes Vitor, Fernando Noronha, Magalhães Ramalho Eds. Vol. II, cap.1, Geologia Aplicada. Publicação Comemorativa do Ano Internacional do Planeta Terra. Associação Portuguesa de Geólogos, Sociedade Geológica de Portugal.p3-14.

COUTO, H., LOURENÇO, A. & BORGES, F., 2010. Estudo de quartzos em catodoluminescência. Revista Electrónica de Ciencias da Terra, Geosciences On-line Journal, e-Terra ,<http://e-terra.geopor.pt>. ISSN 1645-0388. Volume 16, no 2.

COUTO, H., ROGER, G. & BORGES, F.S., 2007. Late Paleozoic orogenic gold-antimony deposits from the Dúrico-Beirã area (North Portugal): relation with hidden granitic apexes. Proceedings of the Eighth Biennial SGA Meeting, Beijing, China, Chapter 2-5, p. 97-99

COUTO, H. 2008. Catodoluminescência: Aplicações ao estudo das Geociências. Curso "Técnicas aplicadas a análise Físico-química de Minerais". Geólogos, 7, 35-44.

COUTO, H., ROGER, G., MOELO, Y. & BLIL, H., 1990. Le district à antimoine-or Dúrico-Beirão (Portugal): évolution paragenétique et géochimique; implication métallogéniques. Mineralium Deposita, Berlin, 25, Suppl: 69-81

DALLMEYER, R.D., MARTINEZ-CATALAN, J.R., ARENAS, R., IBARGUCHI, J.I., GUTIERREZ ALONSO, G., FARIAS, P., BATISTA, F. & ALLER, J., 1997. Diachronous Variscan tectonothermal activity in the NW Iberian Massif: Evidence from 40 ArP9 Ar dating of regional fabrics. Tectonophysics, 277:307-337.

DIAS DA SILVA, I., 2013. Geología De Las Zonas Centro Ibérica Y Galicia – Trás-Os-Montes En La Parte Oriental Del Complejo De Morais, Portugal/España. Tese de doutoramento. Salamanca, p.391. In:

DIAS, R., ARAÚJO, A., TERRINHA, P., KULLBERG, J. C. (ADS), (2006) – Geologia de Portugal no contexto da Ibéria, 418 pp. *In*: Cerejo, T.A.R. 2013. Geoquímica da área de São Pedro das Águas - Concessão de Tabuaço. Dissertação de mestrado, Universidade de Aveiro, 122p.

DIAS, R., CABRAL, J., 1989. Neogene and Quaternary Reactivation of the Ponsul Fault in Portugal. Comun. Serv. Geol. Portugal, Lisboa, 75, 3-28.

DIAS, R., RIBEIRO, A., 1995. The Ibero-Armorican Arc: a collision effect against an irregular continent? *Tectonophysics* 246, 113– 128.

DIAS, R., RIBEIRO, A., COKE, C., MOREIRA, N., ROMÃO, J. 2014. Arco Ibero-Amoricano: indentação versus auto-subducção. *Comunicações Geológicas*, v. 101, Especial I, 261-264p. Laboratório Nacional de Energia e Geologia.

DIAS, R., RIBEIRO, A., COKE, C., PEREIRA, E., RODRIGUES, J., CASTRO, P., MOREIRA, N., REBELO, J., 2013. Evolução estrutural dos setores setentrionais do Autoctone da Zona Centro-Ibérica. In: Dias, R., Araújo, A., Terrinha, P., Kullberg, J.C., (Eds). *Geologia de Portugal: Volume 1 - Geologia Pré-Mesozóica de Portugal*. Escolar Editora (1ª edição). Lisboa. 73-134 p.

FISCHER N. H. 1945. The fineness of gold with special reference to the Morobe goldfield, New Guinea. *Econ. Geol.*, 40, 449-95.

FEIO, M., 1951. Notas geomorfológicas. Lisboa, Instituto para a Alta Cultura, Centro de Estudos Geográficos.

FERREIRA, B., 2004. O Noroeste (Minho e Trás-os-Montes Ocidental) in *O relevo de Portugal*. Ed. Associação Portuguesa de Geomorfólogos, Coimbra, 151 p.

FERREIRA, N., IGLESIAS, M., NORONHA, F., PEREIRA, E., RIBEIRO, A., RIBEIRO, M. L., 1987. Granitoides da Zona Centro IBERICA e seu enquadramento geodinamica. In: *Geologia de los Granitoides y Rocas asociadas del Macizo Hespérico* Bea, et al. (Eds.) Editorial Rueda, Madrid (Libro Homenaje a L.C. Garcia de Figuerola), 37-51.

GÖTZE, J. 2012. Application of Cathodoluminescence Microscopy and Spectroscopy in Geosciences. *Microscopy and Microanalysis*, 18, 1270-1284.

GÖTZE, J., PLÖTZE, M. & TRAUTMANN, T. 2005. Structure and luminescence characteristics of quartz from pegmatites. *Amer Mineral* 90, 13–21 in: GÖTZE, J., 2012. Application of Cathodoluminescence Microscopy and Spectroscopy in Geosciences. *Microsc. Microanal.* 18, 1270–1284

GÖTZE J., SCHERTL H., NEUSER R., KEMPE U. & HANCHAR J. M., 2012. Optical microscope-cathodoluminescence (OM-CL) imaging as a powerful tool to reveal internal textures of minerals. In: *Miner Petrol* (2013) 107:373-392.

HARRISON, F. A., 1931. Ancient mining activities in Portugal. *The Mining Magazine*, September, p. 137-145 in: Ribeiro, M.A. 1998. Estudo litogeoquímico das formações metassediamentares encaixantes de mineralizações em Trás-os-Montes Ocidental. Implicações metalogénicas. Tese de doutoramento. Universidade do Porto. 346p.

JAAKKO SIIVOLA & ROLF SCHMID. 2007. List of Mineral Abbreviations. Recommendations by the IUGS Subcommittee on the Systematics of Metamorphic Rocks: Web version 01.02.07

JULIVERT, M. FONTBOTE, J. M., RIBEIRO, A., CONDE, L., 1974. Mapa Tectónico de la Península Ibérica y Baleares, escala 1:1.000.000 Memoria Explicativa. Instituto Geológico y Minero de España. Servicio de Publicaciones Ministerio de Industria, Madrid. 133p.

KEMPE U. & GÖTZE J., 2002. Cathodoluminescence (CL) behaviour and crystal chemistry of apatite from rare-metal deposits. In: *Mineralogical Magazine* (2002), Vol. 66(1), pp. 151-172.

LANG, J. R. & BAKER, T. 2001. Intrusion-related gold systems: the present level of understanding. *Mineralium Deposita*, v. 36: 477-489.

LOTZE, F., 1945. Zur Gliederung der Varisziden der Iberischen Meseta. *Geotekt. Forsch.*, 6: 78-92. In: Pérez-Estaún, A., Bea, F., Bastida, F., Marcos, A., Martínez Catalán, J.R., Martínez Poyatos, D., Arenas, R., Díaz García, F., Azor, A., Simancas, J.F. & González Lodeiro, F. (2004). La cordillera varisca europea: el Macizo Ibérico. In: Vera, J.A. (Eds.). *Geología de España*. Soc. Geol. España/Inst. Geol. Min. España (SGE/IGME), Madrid, pp. 21-25.

MARTINEZ, F. J., JULIVERT, M., SEBASTIAN, A., ARBOLEYA, M. L., IBARGUCHI, J. I., 1988. Structural and thermal evolution of high-grade areas in the north western parts of the Iberian Massif. *Amer.J. Sci.*, 288, 969-996.

MARTINEZ, F.J., JULIVERT, M., SEBASTIAN, A. ARBOLEYA, M.L. & IBARGUCHI, J.I., 1998. Structural and thermal evolution of high-grade areas in the Northwestern parts of the Iberian Massif. *Amer. J. Sci.*, 288:969-996.

MARTINS, H. C, NORONHA, F. & LETERRIER, J., 1997. Evolução geoquímica dos granitóides biotíticos tarditectónicos e pós-tectónicos do quadrângulo Vieira do Minho-Moreira de Rei-Vila Pouca de Aguiar-Boticas. Estudo comparativo. In: *Actas da X*

Semana de Geoquímica e IV Congresso de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa, Univ. do Minho, Braga: 87-90.

MARTINS, H. C. B., 1998. Geoquímica e petrogénese de granitóides biotíticos tarditectónicos e pós-tectónicos. Implicações metalogénicas. Tese de doutoramento. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. 288 pp.

MARTINS, H.C.B., SANT’OVAIA, H., NORONHA, F. 2007. Instalação de granitos pós-tectónicos controlada por falha Varisca profunda no Norte de Portugal. Cadernos Lab. Xenolóxico de Laxe, v.32, 221-235p. Coruña.

MARTINS, L.M.O., TEIXEIRA, R.J.S., COKE, C., DIAS, R., GOMES, M.E.P., 2012. A importância da geocronologia U-Pb na determinação da proveniência de rochas metaconglomeráticas de Desejosa/Castanheiro do Sul e Valongo, Norte de Portugal. In Livro de Actas – II Congresso Jovens Investigadores em Geociências, LEG 2012, Estremoz.

MATEUS, A. & NORONHA, F. 2010. Sistemas mineralizantes epigenéticos na zona Centro-Ibélico; Expressão da estruturação orogénica Meso- a Tardi-Varisca. In: J. M. Coteló Neiva, A. Ribeiro, L. Mendes Victor, F. Noronha & M. Magalhães Ramalho (Eds). Ciências geológicas: Ensino, investigação e a sua história, Assoc. Port. Geólogos, vol. 2 (Geologia aplicada).

MEDINA, J., SEQUEIRA, A., FERREIRA DA SILVA, A., 1998. O complexo xisto-grauváquico (CXG) da região de V. N. de Poiares – Arganil – Mortágua. Capítulo 3. In: V congresso Nacional de Geologia, 137-157 p.

MEIRELES, C., 1999. Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000, Folha 3-D, Espinhosela. Instituto Geológico e Mineiro, Portugal.

MEIRELES, C., RIBEIRO, A. E PEREIRA, E., 1995. Contribuição para o conhecimento da litoestratigrafia e tectónica do Paleozóico a Norte de Bragança. In: F. Sodré Borges e M. M. Marques (Coords.), IV Congresso Nacional de Geologia, Univ. Porto. Mem. Mus. Lab. Mineral. Geol. Fac. Ciênc. Univ. Porto, Mem. 4: 349-353. Rodrigues, J., RIBEIRO, A., Pereira, E. E Meireles, C., 2003. Organização tectonostratigráfica do Complexo Parautóctone do NE de Portugal: uma proposta. Ciências da Terra (UNL), Lisboa, nº esp. V, CD-ROM, D77-D79.

NEIVA, J.M.C., NEIVA, A.M.R., 1990. The gold area of Jales (northern Portugal). Terra Nova 2, 243–254.

NEIVA, A.M.R., 1992. Geochemistry and evolution of Jales granitic system, northern Portugal. *Chem. Erde.* 52, 225–241.

NEIVA, A.M.R., 1994. Gold-quartz veins at Gralheira, northern Portugal: Mineralogical and geochemical characteristics: *Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy (Sect. B.)*, v. 103, p. 188–196.

NEIVA, J.M.C., NEIVA, A.M.R., 2010. Geoquímica das rochas graníticas e os filões de quartzo auríferos de Jales e Gralheira (Norte de Portugal). In: *Ciências geológicas. Ensino e Investigação e a sua História.*

NORONHA, F., RAMOS, J. M. F., REBELO, J. A., RIBEIRO, A., RIBEIRO, M. L., 1979. Essai de correlation des phases de deformation hercynienne dans le Nord-Ouest Péninsulaire. *Bol. Soc. geol. Portg.*, 21, 2/3, 227-237.

NORONHA, F., RAMOS, J.M.F., 1993. Mineralizações auríferas primárias do Norte de Portugal. Algumas reflexões. *Cuad. Lab. Xeoloxico de Laxe.* 18, 133–146.

NORONHA, F., RIBEIRO, M. A., ALMEIDA, A., DÓRIA, A., GUEDES, A., LIMA, A., MARTINS, H., SANT’OVAIA, H., NOGUEIRA, P., MARTINS, T., RAMOS R., VIEIRA, R., 2013. Jazigos filonianos Hidrotermais e Aplitopegmatíticos espacialmente associados a granitos (Norte de Portugal). In: R. Dias, A. Araújo, P. Terrinha e J. Kullberg (Eds.), *Geologia de Portugal*, Livraria Escolar Editora.

OLIVEIRA, J. T., PEREIRA, E., PIÇARRA, J. YOUNG, T., ROMANO, M., 1992. O Paleozóico inferior de Portugal: síntese da estratigrafia e da evolução paleogeográfica. In: Gutiérrez-Marco, J. C., Saavedra, J., Rábano, J. (Eds.). *Paleozóico Inferior de Ibero-América.* Universidade Extremadura, 359-375 p.

PAGEL, M., BARBIN, V., BLANC, P., & OHNENSTETTER, D. 2000. Cathodoluminescence in Geosciences: An Introduction. Em M. Pagel, V. Barbin, P. Blanc, & D. Ohnenstetter, *Cathodoluminescence in Geosciences* (pp. 1-21). Springer - Verlag.

PEREIRA, E.S., COORD., 2006 – Notícia Explicativa da Carta Geológica de Portugal à escala 1:200.000, Folha 2, Inst. Nac. Eng. Tec. Inov., Lisboa, 119 pp.

PEREIRA, I., 2014. Capítulo III – Zona de Cisalhamento de Juzbado Penalva do Castelo e Tectónica Regional. In: *Petrologia e geoquímica dos migmatitos e granitóides do sector Figueira de Castelo Rodrigo - rio Águeda: evolução litológica e estrutural no*

contexto da zona de Cisalhamento Juzbado - Penalva do Castelo. Master thesis, Universidade de Évora. pp. 57-68.

PÉREZ-ESTAÚN, A., BEA, F., BASTIDA, F., MARCOS, A., MARTÍNEZ CATALÁN, J.R., MARTÍNEZ POYATOS, D., ARENAS, R., DÍAZ GARCÍA, F., AZOR, A., SIMANCAS, J.F. & GONZÁLEZ LODEIRO, F., 2004. La cordillera varisca europea: el Macizo Ibérico. In: Vera, J.A. (Eds.). Geología de España. Soc. Geol. España/Inst. Geol. Min. España (SGE/IGME), Madrid, pp. 21-25.

PICOT P. & JOHAN Z., 1977. Atlas dês Minéraux Métalliques. Bureau de recherches géologiques et minières. Paris.

RADKE B.M. & MATHIS R.L. 1980. On the formation and occurrence of saddle dolomite. Journ. Sediment. Petrol.,50:1149-1168.

RIBEIRO, A. ANTUNES, M.T., FERREIRA, M.P, ROCHA, R.B., SOARES, A.F, ZBYSZEWSKI, G., MOITINHO DE ALMEIDA, F., DE CARVALHO, D., MONTEIRO, J.H., 1979. Introduction à la géologie générale du Portugal. Serviços Geológicos de Portugal da Direção-Geral de Geologia e Minas. Lisboa. 50p.

RIBEIRO, A., 1974. Contribution à l'étude tectonique de Trás-os-Montes Oriental. Serviços Geológicos de Portugal, Direcção-Geral de Minas e Serviços Geológicos. Memórias dos Serv. Geol. Portugal. Nova Série, V.24, 168 p.

RIBEIRO, A., 2004. O Noroeste (Minho e Trás-os-Montes Ocidental) in O relevo de Portugal. Ed. Associação Portuguesa de Geomorfólogos, Coimbra, 151 p.

RIBEIRO, A., 2013. Evolução geodinâmica de Portugal; os ciclos Meso-Cenozóicos. In: Dias, R., Araújo, A., Terrinha, P., Kullberg, J.C., (Eds), Geologia de Portugal, volume II, Geologia Meso-Cenozóica de Portugal. Escolar Editora, Lisboa 9-23 p.

RIBEIRO, A., PEREIRA, E., DIAS, R., 1990. Structure in the Iberian Península. In: R. D. Dallmeyer e E. Martínez Garcia (Eds.), Pre-Mesozoic Geology of Iberia, p. 220-236. Springer-Verlag, Berlin.

RIBEIRO, M. A. E NORONHA, F., 2001. Implicações Tectono-estratigráficas do estudo litogeoquímico dos metassedimentos da região de Gralheira –Rio Tinhela (Bordo SW da Carta 6D – Vila Pouca de Aguiar). 7ª Conferência Anual do Grupo de Geologia Estrutural e Tectónica, Inst. Geol. Min., Lisboa. Livro de Resumos, pp: 47-50.

RIBEIRO, M. A., 2000. «Metamorfismo orogénico de sequências pelíticas: o exemplo da região de Vila Pouca de Aguiar». *Geonovas*, 14, 21-26.

RIBEIRO, M. A., DORIA, A., NORONHA, F., 2000. «Tectono-metamorphic evolution, quartz structures and fluid regime of Vila Pouca de Aguiar». *Cadernos Lab. Xeolóxico de Laxe*, Coruna, 25, 253-256.

RIBEIRO, M. A., GUEDES, A., NORONHA, F., 1996. Relações de deformação-metamorfismo em diferentes unidades estruturais na região de Vila Pouca de Aguiar. In: Actas da 2.^a Conferência Anual do Grupo de Geologia Estrutural e Tectónica (GGET), Faculdade de Ciências de Lisboa.

RIBEIRO, M. A., NORONHA, F. E CUNEY, M., 2003. Importância do estudo litogeoquímico na caracterização das unidades tectono-estratigráficas do parautoctone da Zona de Galiza Média – Trás-os-Montes. *Ciências da Terra (UNL)*, Lisboa, nº esp.V, CD-ROM, B89-B92.

RIBEIRO, M. L., 2001. Notícia Explicativa da Carta Geológica Simplificada do Parque Arqueológico do Vale do Côa, 71 p. Ed. Parque Arqueológico do Vale do Côa. Vila Nova de Foz Côa.

RIBEIRO, M.A., 1998. Estudo litogeoquímico das formações metassedimentares encaixantes de mineralizações em Trás-os-Montes Ocidental. Implicações metalogénicas. Tese de doutoramento. Universidade do Porto. 346p.

RIBEIRO, M.A., NORONHA, F. & CUNEY, M., 1995. Unidades litoestratigráficas e estruturais na região de Vila Pouca de Aguiar - Sua validação como unidades litogeoquímicas. In: RIBEIRO, M.A. 1998. Estudo litogeoquímico das formações metassedimentares encaixantes de mineralizações em Trás-os-Montes Ocidental. Implicações metalogénicas. Tese de doutoramento. Universidade do Porto. 346p.

RODRIGUES, J. F. S., 2008. Estrutura do Arco da Serra de Santa Comba - Serra da Garraia Parautoctone de Trás-os-Montes. Universidade De Lisboa Faculdade De Ciências. Departamento de Geologia- Tese de Doutoramento

RODRIGUES, J., RIBEIRO, A., PEREIRA, E. E MEIRELES, C., 2003. Organização tectonostratigráfica do Complexo Parautoctone do NE de Portugal: uma proposta. *Ciências da Terra (UNL)*, Lisboa, nº esp. V, CD-ROM, D77-D79.

ROGERS A. F. & KERR P. F., 1942. Optical Mineralogy: Thin section mineralogy. McGraw-Hill Book Company, Inc. New York and London. 2^a Edição.

ROMÃO, J., COKE, C., DIAS, R., RIBEIRO, A. 2005. Transient inversion during the opening stage of the Wilson cycle «Sardic phase» in the Iberian Variscides –Stratigraphic and tectonic record. *Geodinamica Acta*. V.18:2, 115–129p.

ROSA, D. R. N. 2001 - Metallogenesis of the Jales Au district, northern Portugal. Unpublished PhD dissertation, Colorado School of Mines, 262 p. + CD. In: Rosa, D. R. N. 2003. Evolução do fluido mineralizante no distrito aurífero de Jales. *Ciências da Terra* (UNL), Lisboa, nº esp. V, CD-ROM, B97-B100

ROSA, D. R. N., ROMBERGER, S. B. 2003. Fluid Evolution in the Jales Au District, Northern Portugal. *Int. Geol. Ver.*, 45, pp. 646-658

SANT’OVAIA, H., BOUCHEZ, J., NORONHA, F., LEBLANC, D., VIGNERESSE, J. L., 2000. Composite-laccolith emplacement of the post-tectonic Vila Pouca de Aguiar granite pluton (northern Portugal): a combined AMS and gravity study. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh: Earth Sciences* 91,123-137

SANT’OVAIA, H., RIBEIRO, M. A., MARTINS, H. & NORONHA, F., 2011. Notícia Explicativa da Folha 6-D, Vila Pouca de Aguiar. Laboratório nacional de energia e geologia (LNEG), Lisboa.

SCHÄEFFER, G.; GEBAUER, D. ; NAGLER, T. F. & EGÚILUZ, L., 1993 – Conventional and ionmicroprobe U-Pb dating of detrital zircons of the Tentudia Group (Serie Negra, SW Spain): implications for zircon systematics, stratigraphy, tectonics and the Precambrian-Cambrian boundary. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 113, pp. 289-299.

SILVA, A. F., REBELO, J. A. & RIBEIRO, M. L., 1987-89 - Carta Geológica de Portugal na escala 1/50 000. Notícia Explicativa da Folha 11-C (Torre de Moncorvo), *Serv. Geol. Portugal*, Lisboa: 65 p

SILVA, A., 2005a. A Litoestratigrafia e Estrutura do Supergrupo Dúrico – Beirão (Complexo Xisto-Grauváquico), em Portugal, e a sua correlação com as correspondentes sucessões em Espanha. *Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologias e Inovação*, 2-26 p.

SILVA, A., 2005b. As sucessões metassedimentares do Supergrupo Dúrico-Beirão (Complexo Xisto-Grauváquico) e do Arenigiano expostas na área correspondente à folha 17-B (Fornos de Algodres), na escala 1/50.000. *GCG - Working papers*. 15p.

SILVA, A.F., 1995. A sucessão litostratigráfica ante-ordovícica na Zona Centro-Ibérica (ZCI), em Portugal: ensaio de interpretação com base nos dados actuais. Em *XIII*

Reunião de Geologia del Oeste Peninsular: Caraterización y evolución de la cuenca Neoproterozoico-Câmbrica en la Península Ibérica: Comunicaciones. Laboratório Nacional de Energia e Geologia. Salamanca – Coimbra.

SOUSA, M. B., 1982. Litoestratigrafia e estrutura do «Complexo Xisto-Grauváquico» - Grupo do Douro (Nordeste de Portugal). Tese de doutoramento, Universidade de Coimbra. Coimbra. 221p.

SOUSA, M. B., SEQUEIRA, A.J.D., 1989. Notícia explicativa da Folha 10-D Alijó na escala de 1/50.000. 1a. ed. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa

SOUSA, M.B., 1979 O Complexo Xisto-Grauváquico do Douro: I - Características litoestratigráficas. Publ. Mus. Lab. Mineral. Geol, v.88. Coimbra

SOUSA, M.B., 1981a. Complexo Xisto-Grauváquico do Douro: - Os xistos cloríticos com magnetite e seu valor estratigráfico. Com. dos Serv. Geol. de Portugal. Tomo 67, fasc.1.

SOUSA, M.B., 1981b. Complexo xisto-grauváquico do Douro: A Formação de Bateiras - fáceis, ocorrência e significado litoestratigráfico. Cuadernos Geologia Ibérica, v.7. Madrid

SOUSA, M.B., 1983a. Litoestratigrafia do CXG - Grupo do Douro (NE de Portugal). Memórias e Notícias, v.95. Coimbra

SOUSA, M.B., 1983b. Considerações paleogeográficas e ensaio de correlação das formações ante-ordovícicas da Zona Centro-Ibérica. Memórias e Notícias, v.95. Coimbra.

TEIXEIRA, R.J.S., MARTINS, L.M.O., GOMES, M.E.P., PEREIRA, A.J.C.M., FERREIRA, N., PEREIRA, A.J.S.C., NEVES, L.J.P.F., 2014. Dados geoquímicos e radiométricos preliminares dos granitos da região de Vila Real, Norte de Portugal. LNEG – Laboratório Nacional de Geologia e Energia IP

THADEU, D., 1977. Hercynian paragenetic units of the Portuguese part of the Hesperic Massif. Bol. Soc. geol. Portg., 20: 247-275.

UGIDOS, J. M., 1990. Granites as a paradigm of genetic processes of granitic rocks: I-types vs S-types. In: R. D. Dallmeyer e E. Martínez Garcia (Eds.), Pre-Mesozoic Geology of Iberia, 189-206. Springer-Verlag, Berlin.

VIDAL, G. ; JENSEN, S. & PALACIOS, T. 1994a – Neoproterozoic (Vendian) ichnofossils from Lower Alcludian Strata in Central Spain. Geol. Magazine, 131(2), pp. 169-179. In: Silva, A., 2005a. A Litoestratigrafia e Estrutura do Supergrupo Dúrico –

Beirão (Complexo Xisto-Grauváquico), em Portugal, e a sua correlação com as correspondentes sucessões em Espanha. Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologias e Inovação, 2-26 p.

VIDAL, G.; PALACIOS, T.; GÁMEZ-VINTANED, J. A. ; Díez BALDA, M. A . & GRANT, S. W. F. 1994b – Neoproterozoic-early Cambrian geology and palaeontology of Ibéria. Geol. Magazine, 131(6), pp. 729-765. In: Silva, A., 2005a. A Litoestratigrafia e Estrutura do Supergrupo Dúrico – Beirão (Complexo Xisto-Grauváquico), em Portugal, e a sua correlação com as correspondentes sucessões em Espanha. Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologias e Inovação, 2-26 p.

ANEXOS

Amostra	Sondagem	Profundidade	Descrição do log de sondagem/ macroscópica	Mineralogia	
				Minerais metálicos	Minerais não metálicos
GGU01A	GG1323A	14,25m – 14,38m	Filão de quartzo com pirite, calcopirite, arsenopirite, galena e esfalerite visíveis, encaixado em metassedimentos com tonalidade esverdeada devido à presença da clorite.	prata aurífera (MEV), ouro argentífero (MEV), galena (MEV), pirite, calcopirite, arsenopirite, esfalerite	quartzo, turmalina, moscovite, clorite
GGU01B				prata argentífera (MEV), freibergite (MEV), galena (MEV), pirite, arsenopirite, esfalerite	
GSU02	GS1302A	54,81m – 55,02m	Micaxisto esverdeado com clorite, silicificado, com pirite, calcopirite e cristais de adularia?	calcopirite, esfalerite, arsenopirite, rutilo	quartzo, moscovite, biotite, turmalina, adularia(?), plagioclase
GSU04		64,51m – 64,76m	Micaxisto esverdeado com clorite, pirite e calcopirite na matriz.	arsenopirite, pirite, esfalerite, calcopirite, rutilo	quartzo, moscovite, biotite, turmalina, sericite, clorite
GSU06		71,96m – 72,36m	Micaxisto esverdeado com zonas bandadas com felsitos, definindo a estratificação.	pirite, rutilo	quartzo, moscovite, biotite, turmalina, sericite, clorite, granada
GSU08		109,36m – 109,76m	Micaxisto cinzento com zonas quartzíticas com granadas zonadas	calcopirite, pirrotite (MEV), pentlandite (MEV), esfalerite, pirite, rutilo	xenotima-Y (MEV), monazite- Ce (MEV), granada, quartzo, biotite, moscovite
GSU12		178,77m – 178,95m	Massa de adularia, cristalizada e com alteração meteórica, em micaxisto.	Pirite (MEV), calcopirite	adularia (MEV), dolomite (CL), calcite (CL), quartzo clorite vermicular
GSU14		180,86m – 181,14m	Pirite disseminada na matriz no micaxisto clorítico	pirite, calcopirite, arsenopirite, galena, óxidos de titânio	quartzo, clorite vermicular, adularia, moscovite
GSU15	GS1308A	336,33m – 336,56m	Filão de quartzo com pirite, arsenopirite e calcopirite em aplito- pegmatito.	pirite, arsenopirite, calcopirite, galena, esfalerite, minerais Au-Ag	quartzo, moscovite, clorite vermicular, adularia, sericite, feldspato, plagioclase
GSU16A	GS1304B	191,70m – 191,78m	Filão e filonetes de quartzo (0,5 a 3cm), com pirite, arsenopirite, calcopirite, esfalerite e galena em uma matriz aplito-pegmatítica instruída no micaxisto.	galena, arsenopirite, esfalerite calcopirite, freibergite	quartzo, moscovite, feldspato
GSU16B				pirite, arsenopirite, esfalerite, calcopirite	quartzo, moscovite, feldspato
GSU17		302,05m – 302,24m	Filão de quartzo com cerca de 10cm, com arsenopirite, calcopirite, esfalerite e galena em micaxisto.	arsenopirite, esfalerite, calcopirite, pirrotite, galena, marcassite, prata aurífera (MEV)	quartzo, turmalina, moscovite, sericite
JSU01	JS1309A	442,30m – 442,43m	Filão de quartzo com cerca de 10cm, com pirite, arsenopirite e galena, numa zona aplito-pegmatítica.	arsenopirite, esfalerite, calcopirite, pirite, pirrotite, galena	quartzo, clorite vermicular, sericite, feldspato potássico, moscovite, microclina, apatite (CL)
JSU02A		442,75m – 442,97m	Filão com cerca de 4cm, com pirite, arsenopirite e galena, numa zona aplito-pegmatítica.	galena, arsenopirite, calcopirite, esfalerite, pirrotite.	quartzo, clorite vermicular, sericite feldspato potássico, moscovite, microclina, apatite (CL)
JSU02B					

ANEXO 1 – Tabela resumo sobre as amostras respetivas sondagens e profundidades a que foram amostradas, descrição do log de sondagem e minerais encontrados nos diferentes estudos, estudo petrográfico e metalográfico, ao MEV e em CL.

Amostra	Sondagem	Profundidade	Descrição do log de sondagem/ macroscópica	Mineralogia	
				Minerais metálicos	Minerais não metálicos
RMSU01A	RMS1303A	73,87m – 74,06m	Estruturas filonianas de aplito- pegmatito no granito com 2 filonetes de quartzo com arsenopirite, pirite e galena? com 1cm em corte.	arsenopirite, calcopirite, esfalerite, óxidos de titânio(?)	quartzo, clorite vermicular, sericite, feldspato potássico, moscovite, microclina, apatite (CL), zircão, plagioclase, biotite
RMSU01B				arsenopirite, calcopirite, esfalerite, rútilo	quartzo, clorite vermicular, sericite, feldspato potássico, moscovite, microclina, apatite (CL), zircão, plagioclase, biotite
GG694	-	-	Zonas filonianas com vários preenchimentos de quartzo no micaxisto	minerais Au-Ag (não confirmado ao MEV), galena, pirite, óxidos de titânio(?)	quartzo, moscovite, biotite, turmalina
GS695A	-	-	Nível silicioso no micaxisto	óxidos de titânio(?)	quartzo, moscovite, biotite
GS695B	-	-	Micaxisto com níveis siliciosos	óxidos de titânio(?)	quartzo, biotite, moscovite, andaluzite

ANEXO 2 – Continuação da tabela do anexo 1.