

Universidade do Minho

Escola de Ciências

Mineralogia de concentrados densos de saprólitos e
sedimentos da Serra de Arga – contributo para um Atlas
Regional

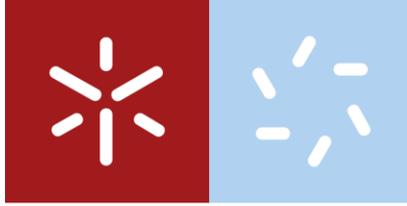
Pedro Alexandre Marinho Amorim

Uminho | 2021

Pedro Alexandre Marinho Amorim

Mineralogia de concentrados densos de
saprólitos e sedimentos da Serra de Arga –
contributo para um Atlas regional

Julho de 2021



Universidade do Minho
Escola de Ciências

Pedro Alexandre Marinho Amorim

**Mineralogia de concentrados densos de
saprólitos e sedimentos da Serra de Arga –
contributo para um Atlas regional**

Dissertação de Mestrado
Mestrado em Geociências – Valorização de Recursos Geológicos

Trabalho efetuado sob orientação de:
Professor Doutor Carlos Augusto Alves Leal Gomes

Julho 2021

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho:



Atribuição
CC BY

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Agradecimentos

Esta página é dedicada, não só às pessoas que me apoiaram e ajudaram de alguma forma nesta dissertação, mas também aqueles que ao longo destes anos Universitários sempre estiveram presentes e me apoiaram. Resta agradecer a cada um deles.

Ao Ex.mo Senhor Professor Doutor Carlos Leal Gomes, um notório agradecimento por me ter orientado, apoiado e ter dedicado muitas horas da sua vida para a realização deste tema. Agradeço também a sua disponibilidade, dedicação e o vasto conhecimento científico, que juntamente com o incentivo, opiniões e críticas, foram fulcrais para a realização deste projeto.

Ao Departamento de Ciências da Terra agradeço, pela disponibilidade dos equipamentos que forma necessários para a efetuação deste trabalho.

Agradeço também aos técnicos de laboratório do Departamento de Ciências da Terra, Sr. António Saul Sendas e Sr^a. Maria Elisabete Alves, pela disponibilidade e apoio na preparação das amostras sempre com boa vontade e simpatia.

Aos meus amigos Rui Macedo, João Pereira e Márcio Macieira agradeço pelo companheirismo, pelo estudo noturno intensivo e não só, aos Brunos 2^ºE agradeço pela casa do povo e memórias vividas nos primeiros 3 anos da Universidade, à Ana Filipa, ao João Pedro, à Roberta Lobarinhas e ao Daniel Costa agradeço o companheirismo, a amizade e por estarem sempre presentes, ao Diogo Martins, ao Tiago Neves, ao Pedro Maciel e à Laura Silva agradeço pela amizade de longa data e por poder sempre contar com eles. À minha família e principalmente aos meus pais agradeço pela educação, disponibilidade e por me apoiarem sempre nestes anos e a quem lhes devo tudo o que sou.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Mineralogia de concentrados densos de saprólitos e sedimentos da Serra de Arga - contributos para um atlas regional

Resumo

O presente estudo é focado na mineralogia determinativa e mineralometria de depósitos primários e “stream sediments” pois poucos estudos dos mesmos, aplicada à prospeção, têm sido levados a cabo em território nacional, por isso é desenvolvido um programa de colheitas de minerais acessórios (minerais densos). A colheita de sedimentos de “stream sediments” e de sedimentos de depósitos primários freáveis, foi feita de modo a abranger o mais vasto território possível de sedimentos de linhas de água, fazendo uma colheita seletiva e dedução da proveniência dos conteúdos dos concentrados das fontes (depósitos primários) de alimentação das mesmas.

As amostras colhidas são sujeitas a uma análise de forma pormenorizada de pesagem de concentrados numa balança de precisão (amostras de depósitos primários) e observadas em Microscopia ótica de luz difusa (MOLD) e Microscopia eletrónica de varrimento (MEV) (amostras de depósitos primários e de sedimentos de linhas de água). Extraíram-se resultados desta análise que vão fazer de base na percentagem de massa do conjunto de minerais densos, na massa total do depósito primário sujeito a cominuição e extraída em canal transversal (roço) ou em saprólito + rególito + solo, no atlas visual para identificação por similitude das diferentes feições assumidas pelos minerais nas diferentes formas de ocorrência, no mapa mineralométrico de alguns minerais indicadores em prospeção, no mapa de áreas deduzidas para a expressão mineralométrica de guias mineralógicos selecionados em conteúdos sedimentares e na peculiaridade do carreamento de sedimentos expressos deduzidos do carreamento sedimentar estudado. Do conjunto de distribuição de minerais indicadores, percebe-se que a subunidade da bacia alta do Rio Estorãos apresenta anomalias mineralométricas conjugadas, sendo este um caso particular. Com a interpretação dos dados recolhidos pode dizer-se que no contexto geológico e geomorfológico da Serra de Arga e do CAPSA e mineralometria de metais pesados, em concentrados de linhas de sedimentos de linhas de água, é um método de prospeção eficaz e eficiente para deteção de depósitos de aplito-pegmatito e rochas calcossilicatadas. Do estudo combinado da drenagem e do carreamento verifica-se que as anomalias encontradas são quase sempre proximais.

Palavras-chave: Sedimentos, Depósitos Primários, Linhas de Água, Atlas, Mineralometria, MOLD.

Mineralogy of dense concentrates of saprolites and sediments from Serra de Arga – contributions for a regional atlas

Abstract

The present study is focused on the determinative mineralogy and mineralometry of primary deposits and "stream sediments" as few studies of them, applied to prospecting, have been carried out in the national territory, so a program for harvesting accessory minerals is developed. (dense minerals). The collection of sediments from "stream sediments" and sediments from brittle primary deposits was carried out in order to cover the widest possible territory of sediments from watercourses, making a selective harvest and deducting the provenance of the contents of the concentrates from the sources (primary deposits) for feeding them.

The collected samples are subjected to a detailed analysis of the weighing of concentrates on a precision balance (primary deposit samples) and observed under Optical diffused light microscopy (MOLD) and Scanning electron microscopy (SEM) (primary deposit samples and of sediments from water lines). Results of this analysis were extracted based on the percentage of mass of the set of dense minerals, on the total mass of the primary deposit subject to comminution and extracted in a transverse channel (rotch) or in saprolite + regolith + soil, in the visual atlas for identification by similarity of the different features assumed by minerals in different forms of occurrence, in the minerametric map of some indicator minerals in prospect, in the map of areas deduced for the mineralogical expression of selected mineralogical guides in sedimentary contents and in the peculiarity of the trail of deduced expressed sediments of the studied sedimentary path. From the set of distribution of indicator minerals, it can be seen that the subunit of the upper basin of the Estorãos River presents conjugated mineralometric anomalies, this being a particular case. With the interpretation of the collected data it can be said that in the geological and geomorphological context of Serra de Arga and CAPSA and heavy metal mineralometry, in concentrates of sediment lines of water lines, it is an effective and efficient prospecting method for detection of aplite-pegmatite deposits and calcosilicate rocks. From the combined study of drainage and drainage, it is verified that the anomalies found are almost always proximal.

Keywords: Sediments, Primary Deposits, Water Lines, Atlas, Mineralometry, MOLD.

Índice

Agradecimentos.....	v
Resumo.....	vii
Abstract.....	viii
Índice.....	ix
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Gráficos.....	xvi
Índice de Tabelas.....	xvii
1. Introdução e Objetivos.....	1
2. Métodos.....	3
3. Enquadramento da Região Estudada.....	5
3.1. Enquadramento Geográfico.....	5
3.2. Enquadramento Geológico.....	7
4. Campo Pegmatítico da Serra de Arga.....	9
4.1. Família de Pegmatitos NYF.....	9
4.2. Família de Pegmatitos LCT.....	10
4.3. Família de Pegmatitos Mistos (NYF+LCT).....	11
5. Amostragem.....	15
5.1. Rede de Amostragem.....	16
6. Tratamento das Amostras.....	20
6.1. Amostra de Depósito Primário.....	20
6.2. Amostras em “Stream Sediments”.....	23
7. Metodologia de Análise de Concentrados Densos.....	25
8. Resultados.....	26
8.1. Conteúdos Densos em Depósitos Primários.....	26
8.2. Resultados de Mineralogia Determinativa – Atlas Mineralógico da Região da Serra de Arga (Fração Densa).....	31
8.2.1. Estampas Petrográficas Atlas Mineralométrico.....	34
8.3. Distribuição Espacial e Áreas de Influência para os Indicadores Mineralométricos.....	60
8.3.1. Bacias de Proveniência.....	65
8.4. Interpretação e Discussão de Resultados.....	72
8.4.1. Balanço Composicional dos Conteúdos Mineralométricos Densos Totais no Decurso Paragenético Primário e Metassomático (Hidrotermal).....	73

8.4.2. Balanço Composicional dos Conteúdos Mineralométricos Densos no Progresso da Sedimentação.....	75
8.4.3. Classificação e Catalogação de Concentrados e Extratos Densos em Função das suas Proveniências.....	75
9. Conclusões	77
9.1. Fundos Regionais e Anomalias Mineralométricas	77
9.2. Pistas e Guias Mineralométricos	78
9.3. Indicações para Montante e para Jusante das Anomalias.....	79
10. Bibliografia	80

Índice de Figuras

Figura 1- Objetos de estudo e métodos de estudo de rotina dos seus produtos concentrados.....	3
Figura 2- Equipamento e método de separação ao bromofómio.....	4
Figura 3- A- colheita de solo, B- Aspeto típico de filão de aplito-pegmatito friável de grande possança que se prestou a uma colheita de amostra em canal transversal, adequado para o apuramento de um concentrado de minerais densos efetuado por separação hidrogravítica em bateia - Exemplo da localidade Balouca E nas imediações da Cabração, C- exemplo de colheita de sedimentos de linhas de água em leito vivo, D- exemplo de colheita de sedimentos de linhas de água (marmita) em leito de inundaçã...	4
Figura 4- Enquadramento geográfico da área em estudo situada nos concelhos assinalados a cinzento-escuro (Concelho de Viana do Castelo, de Caminha, de Ponte de Lima e de Vila Nova de Cerveira).	5
Figura 5- Compartimentação da drenagem na área de incidência deste estudo.....	6
Figura 6- Carta geológica simplificada da região em estudo com localização de colheita de sedimentos de linhas de água para concentração à bateia.....	8
Figura 7- Locais de colheita de minerais pesados na rede de drenagem superficial – tipos diferenciados.	15
Figura 8- Locais de amostragem referentes aos concentrados de minerais densos deste estudo. A- Rede de linhas de água e localizações das amostras de sedimentos (essencialmente “stream sediments”). B- Depósitos de minerais primários (com diferentes índices de friabilidade) que representam a diversidade metalogénica primária da Serra de Arga.....	18
Figura 9- A- Exemplo de uma marmita (F1) amostrada na região do Formigoso. B- Exemplo de um par de marmitas, com retenção conjugada de sedimentos, que foi amostrado na região de Cabração - Cerquido – amostras Ma3erva (imagem e figuração superior) e Ma3 (imagem e figuração inferior)....	19
Figura 10- Ilustração da cominuição e pesagem de amostras de rocha total (meios e equipamentos) sobre uma mesa granítica.	20

Figura 11- Meios para concentração em bateia de material friável aplito-pegmatítico - após crivagem de grandes volumes de amostra provenientes de canais transversais de grandes dimensões - uso de bateia “eastwing” de tipo “gold pan” convencional.	21
Figura 12- Ilustrações de equipamentos e procedimentos usados em rotina na concentração hidrogravítica de minerais pesados em produtos cominuídos de amostras respeitantes a depósitos primários.....	21
Figura 13- Meios e procedimentos de pesagem de concentrados - aplicação ao estudo dos conteúdos de concentrados de minerais densos presentes em rocha mais ou menos friável.	22
Figura 14- Etapas de screening e bateamento de "stream sediments" e 2 exemplos de concentrados obtidos com estes procedimentos, com amostras muito ricas de minerais pesados.	23
Figura 15- Representação do microscópio usado na observação em MOLD assim como as respetivas amostras usadas, neste estudo, da recolha em "stream sediments"	24
Figura 16- Modos de observação e microanálise.	31
Figura 17- Estampas representativas de Scheelite e Wolframite observadas em MOLD.	34
Figura 18- Estampas de observação de Reinite em MOLD e MEV, assim como uma exemplo de percentagem de Reinite e teor de W correspondente.	35
Figura 19- Continuação das estampas de Reinite, estas com proveniência em Domo de Covas, V. N. Cerveira, observadas em MOLD.....	36
Figura 20- Representação de estampas de Cassiterite, observadas em MOLD.	37
Figura 21- Representação de estampas de Columbite-Tantalite, observadas em MOLD.	38
Figura 22- Estampas de observação de concentrados anómalos múltiplos com breves descrições, observadas em MOLD.	39
Figura 23- Estampas de observação de concentrados anómalos Sn Ta com breves descrições, observadas em MOLD.	40

Figura 24- Estampas de observação de “pintas” de ouro com breves descrições, observadas em MOLD.	41
Figura 25- Estampas representativas de Nb-tantalatos raros observadas em MOLD, colhidas nas cabeceiras da Bacia do Rio Estorãos - freguesia de Cabração.....	42
Figura 26- Representação de estampas de Zircões, observados em MOLD e MEV.....	43
Figura 27- Continuação das estampas de Zircões, observados em MEV.....	44
Figura 28- Representação de estampas de turmalinas coloridas, fragmentos selecionados de produtos de cominuição de roços em aplito-pegmatitos LCT de Lousadso e Balouca Sul (Variedades tipomórficas - guias LCT), observadas em MOLD.	45
Figura 29- Representação da diversidade cromática das turmalinas coloridas em Lousado, Formigoso, Paiol do Formigoso, Balouca Norte e Balouca Sul.	46
Figura 30- Estampas representativas de Crisoberilo ± Nigerite (agregados e intercrescimentos), observado em MOLD e MEV.....	47
Figura 31- Continuação das estampas de Crisoberilo, estas observadas em MOLD.....	48
Figura 32- Estampas representativas de Nigerites, observadas em MOLD.....	49
Figura 33- Estampas representativas de Anatase (ocorrência dispersa, recorrente e não conspícua), observadas em MOLD.	50
Figura 34- Representação de estampas referentes a Ganites e epitaxias, observadas em MOLD.	51
Figura 35- Continuação das estampas de Ganites e epitaxias, estas observadas com recurso ao MEV.	52
Figura 36- Estampas representativas de fosfatos com interesse prospetivo, observados em MOLD. ...	53
Figura 37- Estampa de extratos de minerais densos com assinatura LCT (turmalina colorida) obtido com bateia após trituração de amostra, observado em MOLD.....	54
Figura 38- Estampas representativas de fundo regional turmalínico, observado em MOLD e MEV.....	55

Figura 39- Estampas representativas de fundo regional granatífero e granada anômala com aptidão industrial, observado em MOLD.	56
Figura 40- Estampas representativas de minerais de metamorfismo e metassomatismo em "stream sediments", observados em MOLD.	57
Figura 41- Estampas representativas de óxidos de Fe, observados em MOLD.	58
Figura 42- Estampas de Pelletes artificiais com importância arqueológica, observadas em MOLD e MEV.	59
Figura 43- Distribuição espacial do Ouro, presente nos sedimentos de linhas de água, colhidos.....	61
Figura 44- Distribuição espacial da Cassiterite, presente nos sedimentos de linhas de água, colhidos.	62
Figura 45- Distribuição espacial de Nb-tantalatos, presente nos sedimentos de linhas de água, colhidos.	63
Figura 46- Distribuição espacial de Turmalinas, presente nos sedimentos de linhas de água, colhidos.	64
Figura 47- Bacias de influência do Ouro, evidenciado nos sedimentos de linhas de água, colhidos.....	65
Figura 48- Bacias de influência da Cassiterite, evidenciado nos sedimentos de linhas de água, colhidos.	66
Figura 49- Bacias de influência de Nb-tantalatos, evidenciado nos sedimentos de linhas de água, colhidos.	67
Figura 50- Bacias de influência de Turmalinas, evidenciado nos sedimentos de linhas de água, colhidos.	68
Figura 51- Ilustração do perfil do Rio Estorãos.....	69
Figura 52- Subunidade hídrica, bacia alta do rio Estorãos - hipótese de correspondência entre indícios aluviais e alvos primários. 1 - locais de colheita de concentrados densos em aplito-pegmatito friável; 2 - locais de concentração à bateia em marmitas de linhas de água, nos anos 80 do século XX; 3 - locais de concentração à bateia no decurso deste estudo; 4 - detecção de minerais densos do fundo regional	

mineralométrico ± cassiterite e óxidos de Ti, Nb e Ta; **5** - vértices geodésicos de referência; **6** - autoestradas; **7** - fronteiras de maciços graníticos; **8** - corredores com aplito-pegmatitos mineralizados com Li, Sn, Be, Nb e Ta; **9** - corredores com mineraizações de W, Zn, Au, Ag e Bi em veios de quartzo, por sua vez alojados em zonas de cisalhamento polifásico (a tracejado, propagação provável de uma das zonas, deduzida da mineralometria dos concentrado); **10** - cabeceira dos terrenos aluvionares do sistema Estorãos, possivelmente enriquecida em minérios densos; **11** - presença de indicadores mineralógicos densos de pegmatito de tipo LCT (mineralizado em Li, Cs e Ta) - microlite, tantalite e elbaite; **12** - presença de partículas de Au; **13** - presença de partículas de escórias de Sn - “tin slags”; **14** - região com possível ocorrência de forjas primitivas da metalúrgia do “Bronze” de potencial interesse arqueológico. 70

Figura 53- Distribuição espacial de pellets de chumbo de caça, presente nos sedimentos de linhas de água, colhidos. Estes com especial interesse a fim de entender a origem de uma possível contaminação de metais pesados. 71

Índice de Gráficos

Gráfico 1- “Tallings de escombreira”	72
Gráfico 2- Dimínios de prospeção dos conteúdos de estrato denso para diferentes tipos paragenéticos de pegmatitos e respetiva fracionamento.	73
Gráfico 3- Aplito-pegmatitos e produtos de fracionamento e alteração hidrotermal relacionados.....	74
Gráfico 4- Tipologia de indícios, para aplito-pegmatitos situados em polos principais de atividade extrativa passada e respetivas proporções de concentrados.	74

Índice de Tabelas

Tabela 1- Conteúdos da fração de minerais densos obtidos por separação hidrogravítica a partir de materiais primários, são a muito alterados e a partir de “cutting” acumulados em escombrelras e solos compósitos, incluindo rególito, saprólito e solo propriamente dito.	27
--	----

1. Introdução e Objetivos

Poucos estudos de mineralogia determinativa e mineralometria aplicada à prospeção têm sido levados a cabo em território nacional e ainda menos têm proporcionado bases e padrões de imagens suscetíveis de ser usados em outras ações de pesquisa mineral. Justifica-se, pois, o desenvolvimento de um programa de colheitas de minerais acessórios libertados de litótipos portadores primários singenéticos, mas emersos em matrizes não consolidadas por seriação e sedimentação gravítica, as quais propiciem a sua concentração por contraste densitário.

Tomando como materiais de partida rególitos e saprólitos de aplito-pegmatitos, de rochas calcossilicatadas e de metamorfitos (protólitos siliciclásticos e vulcanogénicos) e ainda sedimentos de linhas de águas colhidos em armadilhas de concentração natural, tais como, marmitas e diques, em leito vivo e de inundação, propõe-se neste trabalho, a separação dos extratos e concentrados de minerais densos que, depois de loteados por propriedades físicas e morfológicas, venham a ser catalogados como exemplos padrão suscetíveis de utilização para identificação por similitude e também possibilitem a caracterização mineralométrica regional com vista à prospeção metalífera.

Um dos principais agentes modeladores do relevo e das formas geológicas da Serra d'Arga corresponde à água desde a precipitação, até à erosão física e meteorização e finalmente, até à sedimentação em zonas profundas e cursos de água, permanentes ou sazonais. Ao longo de linhas de água principais e secundárias, desenvolvem-se morfologias muito peculiares, como é o caso das marmitas e diques transversais, que se formam em resultado do movimento turbilhonar ou contraste da dureza litológica do leito, que têm capacidade de retenção de sedimentos sujeitos a transporte fluvial, sedimentos de linhas de água ou "stream sediments". Efetivamente um dos processos de erosão física mais relevantes da região. Ao longo dos rios e riachos principais, que flanqueiam a Serra d'Arga, são inúmeros os locais onde se observam marmitas, especialmente a cotas baixas e intermédias (abaixo dos 300 metros), onde se verificam os caudais mais significativos e permanentes dos diversos cursos de água. Uma exceção a esta regra surge a 520 metros de altitude, nas cabeceiras de um dos riachos afluentes do Rio Âncora (Regueiro da Lapa).

As formas com maior eficiência de retenção de sedimentos densos (minerais com densidade superior há do bromofórmio), as marmitas e diques, em função da sua localização face às escorrências superficiais e mais profundas e face às configurações dos leitos rochosos, recebem

um potencial para a seriação de minerais densos que é diferenciado de caso para caso. No seu funcionamento singular opera uma separação hidrogravítica natural em alguns minerais que podem ser utilizados como guias de prospeção, tanto em contacto concecional alargado, como mais especificamente em adequações a quadros mineralogenéticos regionais específicos e sua pesquisa.

Este trabalho tem como objetivos:

- Descrição dos materiais iniciais de tipo primário, friáveis, e sedimentos de corrente arrestados em diferentes formas de retenção;
- Apuramento das frações mineralógicas densas de cada uma das matrizes litológicas friáveis ou não consolidadas;
- Determinação dos minerais dessas frações e obtenção de imagens representativas suscetíveis de serem convertidas em padrões para identificação por similitude;
- Constituição de um atlas funcional para pesquisa mineralométrica em prospeção aluvial.

2. Métodos

Os métodos de investigação adotados incluem a seleção em contexto cartográfico e geomorfológico de localizações adequadas para a obtenção de concentrados de minerais densos feito em linhas de água- já com pré concentrações hidrogravíticas, como em produtos de alteração de depósitos minerais primários.

Na Figura 1 discriminam-se as proveniências dos objetos analíticos, concentrados de minerais densos e metodologias adotadas no seu estudo.

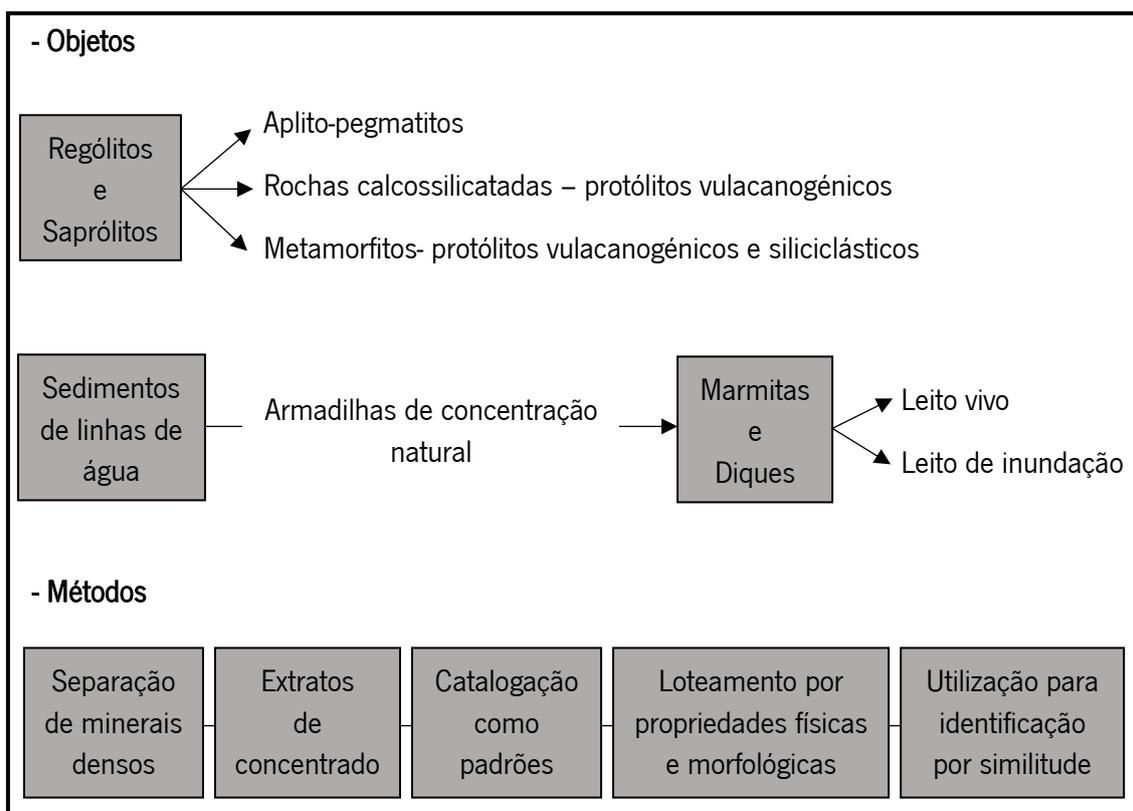


Figura 1- Objetos de estudo e métodos de estudo de rotina dos seus produtos concentrados.

A concentração hidrogravítica das matrizes não consolidadas pós crivagem e retenção no intervalo de diâmetros esféricos equivalentes [1.5mm; 63 µm], decorreu em bacia de separação de bromofórmio, seguindo um procedimento ilustrado na Figura 2. Também foi operado no terreno usando bacias de tipos diversificados.

O Bromofórmio é um líquido incolor tóxico, com densidade (2,89 g/cm³), e permite a separação de minerais pesados e leves (Skipp e Brownfield, 1993). Os minerais leves, contrariamente aos minerais pesados, apresentam uma densidade inferior à do Bromofórmio,

logo, uma vez colocada a amostra no líquido, dá-se a separação destas duas subclasses. Os minerais densos ficam retidos no filtro de papel até o Bromofórmio evaporar e a amostra ficar completamente seca.

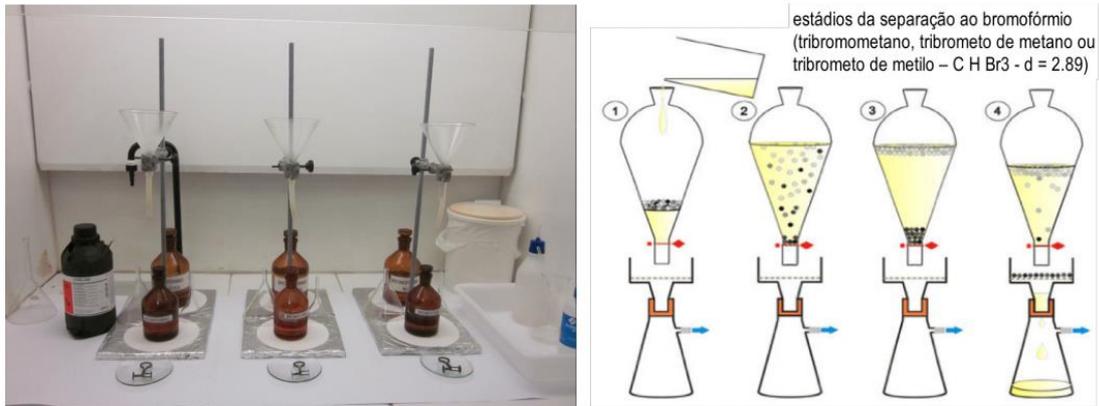


Figura 2- Equipamento e método de separação ao bromofórmio.

Os locais de colheita de amostras, usados neste estudo, podem discriminar se segundo a tipologia ilustrada na Figura 3.

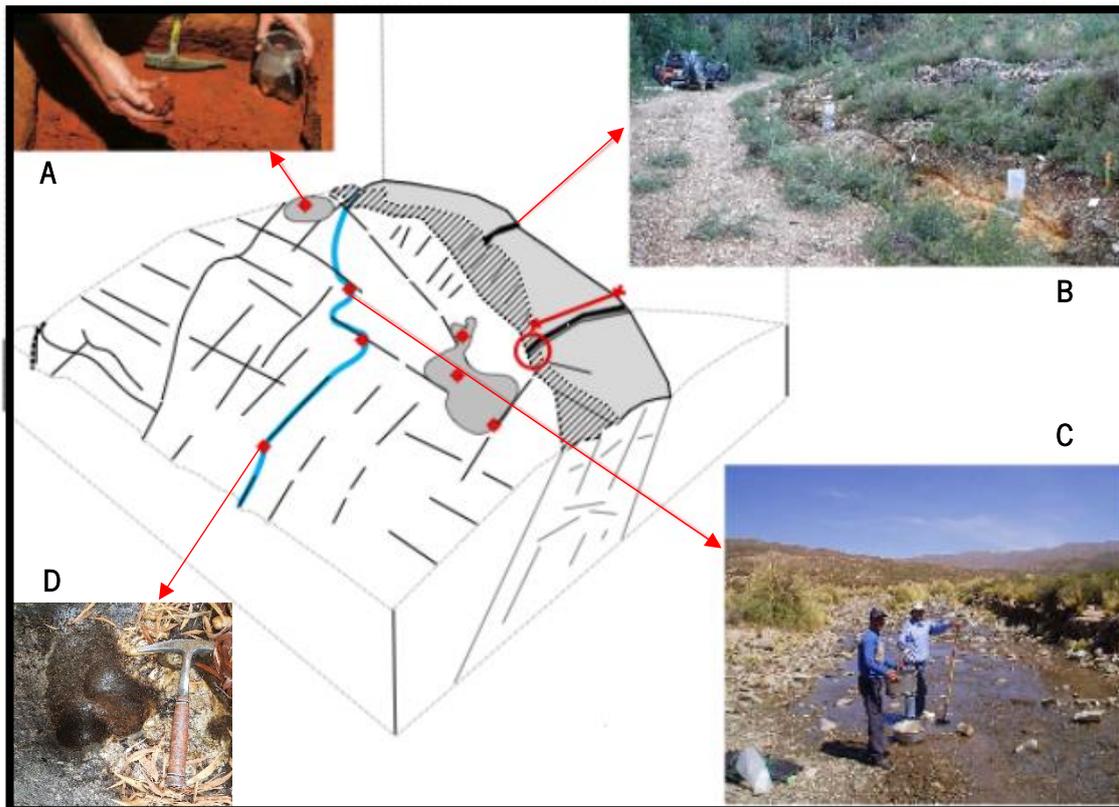


Figura 3- A- colheita de solo, B- Aspeto típico de filão de aplito-pegmatito friável de grande possança que se prestou a uma colheita de amostra em canal transversal, adequado para o apuramento de um concentrado de minerais densos efetuado por separação hidrogravítica em bateia - Exemplo da localidade Balouca E nas imediações da Cabração, C- exemplo de colheita de sedimentos de linhas de água em leito vivo, D- exemplo de colheita de sedimentos de linhas de água (marmitta) em leito de inundação.

3. Enquadramento da Região Estudada

Neste capítulo é introduzido uma descrição do Enquadramento Geográfico e Enquadramento Geológico da área onde estão inseridas as amostras recolhidas.

3.1. Enquadramento Geográfico

As amostras recolhidas para o presente estudo foram obtidas nos concelhos de Viana do Castelo, Caminha, Vila Nova de Cerveira e Ponte de Lima, no distrito de Viana do Castelo situado - NW de Portugal (Figura 4).

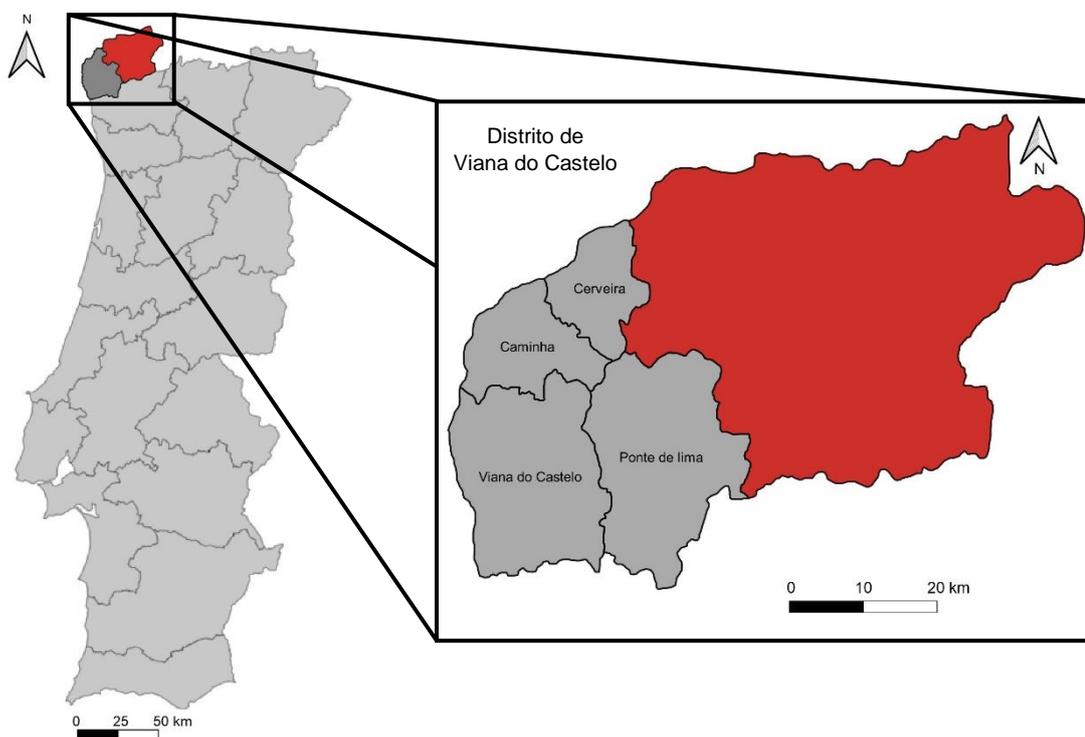


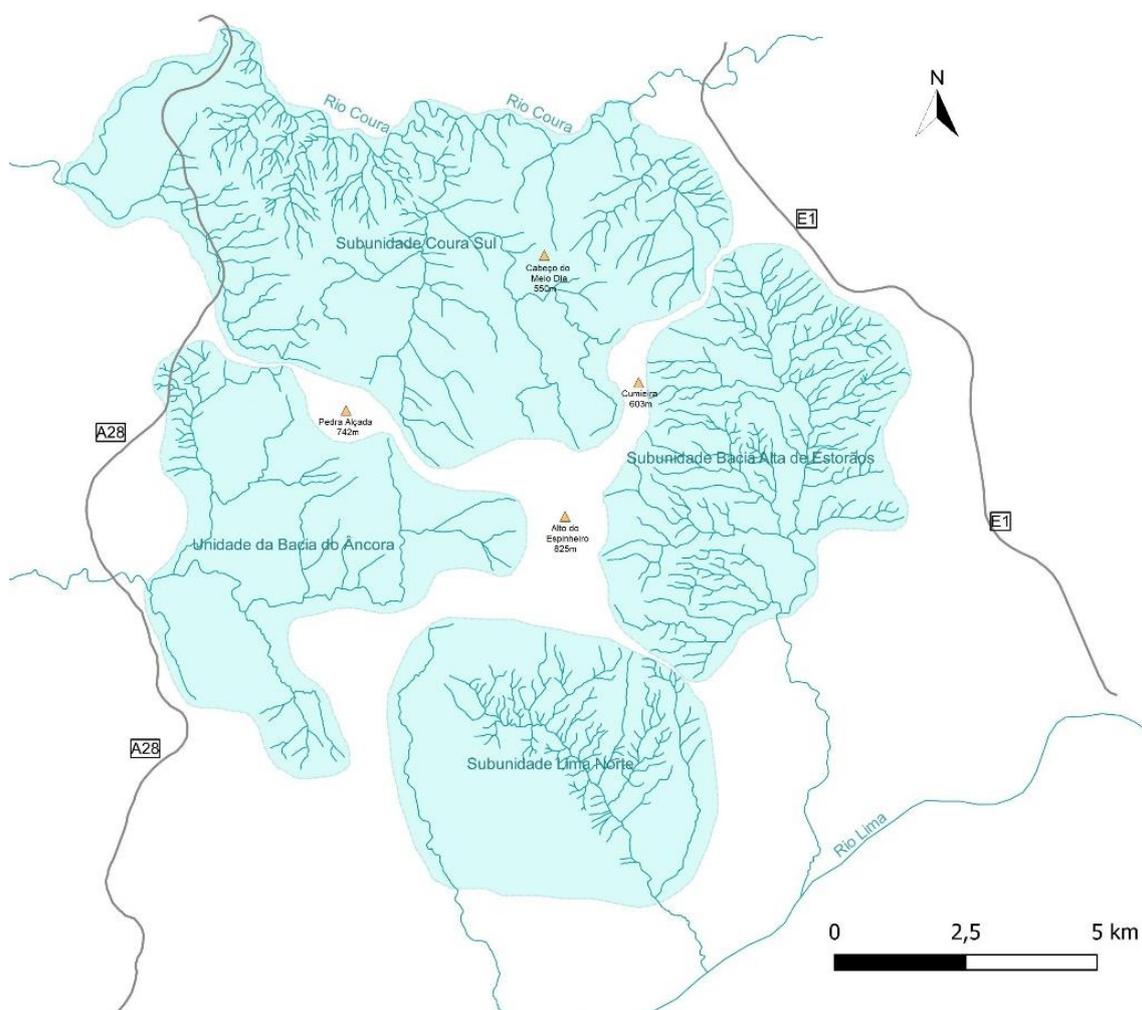
Figura 4- Enquadramento geográfico da área em estudo situada nos concelhos assinalados a cinzento-escuro (Concelho de Viana do Castelo, de Caminha, de Ponte de Lima e de Vila Nova de Cerveira).

Corresponde a esta região o território montanhoso situado entre os rios Lima a Sul e Coura a Norte (este, constituído como um dos rios principais da bacia de drenagem do Rio Minho).

A geomorfologia da Serra de Arga (relevo regional dominante), está marcada por várias elevações de 2ª ordem e o ponto com maior elevação situa-se no vértice geodésico do Bretial com

uma altitude de 801m. O maciço granítico da Serra apresenta uma morfologia elíptica, segundo um eixo maior com direção NW-SE, consistente com uma instalação em núcleo de antiformas gerado no decurso da D3, Varisco (Leal Gomes, 1994).

A drenagem superficial que tem influência sobre a distribuição de clastos densos libertados por formações primárias com pré-enriquecimentos metalíferos, pode subdividir-se em 4 grandes subbacias (Figura 5): subunidade Coura Sul, subunidade Bacia Alta de Estorãos, subunidade Lima Norte e subunidade da Bacia do Âncora. Em todos os casos a rede de drenagem é anastomosada e dendrítica com grande capacidade de carreio convergente de minerais pesados, que podem ser guias de prospeção mineralométrica.



Legenda:

- Linhas de água principais
- Principais eixos viários
- Vértices geodésicos de referência
- Unidades e subunidades de Bacia que foram objecto de amostragem

Figura 5- Compartimentação da drenagem na área de incidência deste estudo.

3.2. Enquadramento Geológico

Na Figura 6, é apresentado uma carta geológica simplificada desta região distinguindo apenas formações metamórficas e rochas intrusivas granitóides. Na mesma carta é localizada a amostragem de sedimentos de linhas de água, percebendo-se assim o importante contributo daquelas formações para os conteúdos mineralógicos dos concentrados apurados, extraídos dos sedimentos de linhas de água.

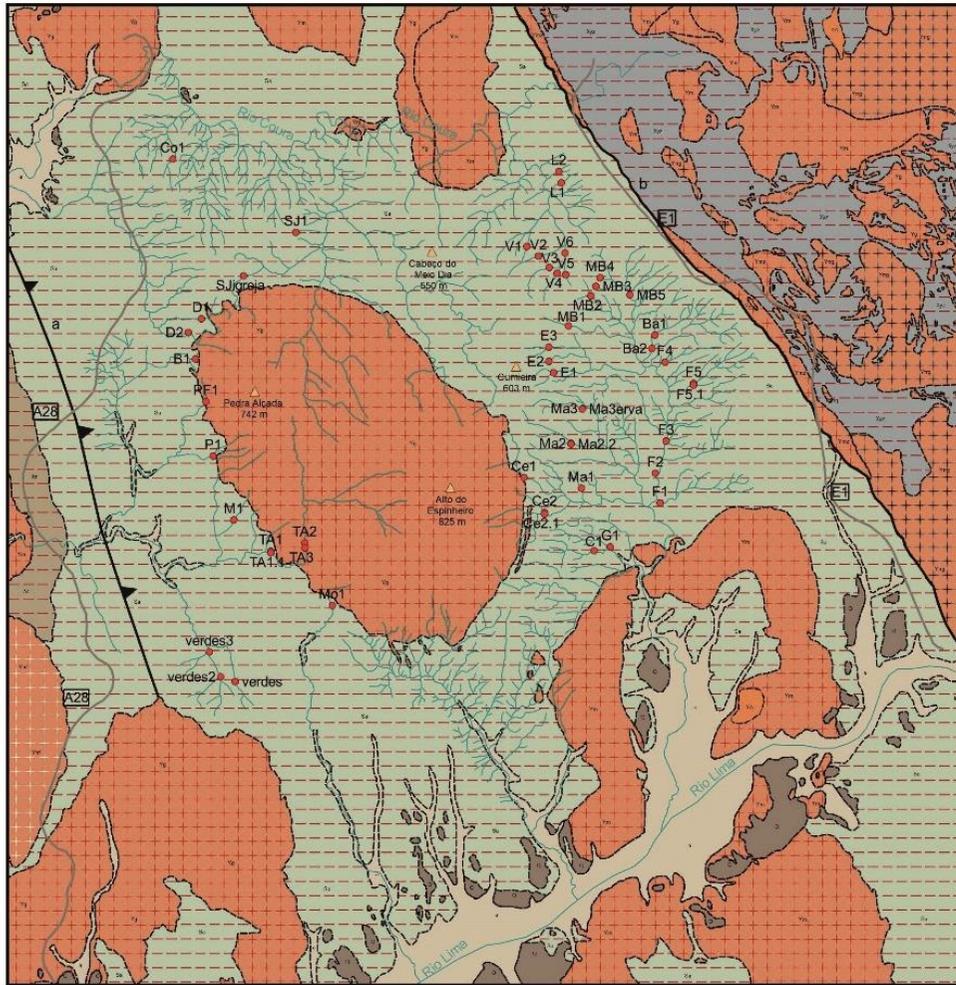
A área em estudo abrange as folhas 1C (Caminha) de Teixeira e Assunção (1962) e folha 5A (Viana do Castelo) de Teixeira et al. (1972). Estas folhas estão contempladas na cobertura geológica dos Serviços Geológicos de Portugal à escala 1:50000 e a folha 1C está revista por Leal Gomes et al. (2008) (Figura já acima citada).

Afloram aqui diversos tipos de granitos, rochas filonianas (filões de quartzo, filões pegmatíticos e aplito-pegmatíticos), formações do complexo xisto-grauváquico e séries metamórficas derivadas, rochas do Ordovícico, do Silúrico, depósitos de terraços fluviais, praias antigas e aluviões atuais.

Em relação aos granitóides, os trabalhos de cartografia mais antigos discriminam o granito alcalino de grão médio a fino (Granito de Romarigães- Sabariz), granito alcalino de grão médio (Granito Covas), granito “alcalino” de grão grosseiro (Granito de Arga), granito “alcalino” porfiroide de grão fino (Santa Luzia), granito “calco-alcalino” porfiroide de grão grosseiro (Granito de Paredes de Coura) e granodiorito biotítico de grão fino.

Em intrusão no granito de Arga e em posições exgraníticas, ocorre um grande número de aplito-pegmatitos que são geneticamente relacionados com os granitos Variscos (diferenciados dos granitos de Arga e Santo Ovídeo), Leal Gomes (1994). Os conjuntos destes aplito-pegmatitos constitui o campo pegmatítico da Serra de Arga (CAPSA) que por sua vez faz parte de uma cintura pegmatítica com expressão mais vasta ao nível da ZCI, no contexto da Província Pegmatítica Varisca, tal como ainda refere Leal Gomes (1994).

No sector do Minho – a E do carreamento de Orbacém (Ribeiro e Pereira, 1986) e a W do cisalhamento dúctil, Vila Nova de Cerveira-Mesão Frio (Iglésias e Ribeiro, 1981) – os terrenos Silúricos são considerados parautóctones e correspondem à Unidade Minho Central (UMC) (Pereira et al., 1989). São predominantemente constituídos por formações pelíticas e psamíticas metamorfizadas, por vezes fortemente nodulares (com porfiroblastos de andaluzite, granada e biotite).



Legenda:

- Linhas de água principais
- Principais eixos viários
- Vértices geodésicos de referência
- Locais de colheita de concentrados com bateia

- a- Carreamento de Orbacém
- b- Desligamento de Vigo-Régua

- Depósitos de praias antigas e de terraços fluviais
- Aluviões atuais
- Granodiorito
- Granito de grão médio a fino, gnaissóide
- Granito de grão médio
- Granito de grão grosseiro
- Granito porfiróide, de grão fino
- Granito porfiróide, de grão grosseiro
- Formações metassedimentares e metavulcânicas predominantemente silúricas
- Quartzitos claros a negros, quartzofilitos, micaxistos, xistos negros ricos em quartzo e liditos
- Formações metassedimentares e metavulcânicas predominantemente silúricas com domínios ocasionais de fusão parcial, incluindo manchas migmatíticas

} Granitos 2 micas sin tectónicos

} Granitos porfiróides tardi tectónicos

Figura 6- Carta geológica simplificada da região em estudo com localização de colheita de sedimentos de linhas de água para concentração à bateia.

Aos terrenos silúricos que afloram nesta região, Dias (2011) atribuiu um cenário protogénico de rifting intra-continental, acompanhado de manifestações vulcânicas e exalativas fortemente afetadas por protometassomatismo alcalino, favoráveis à génese de pré-concentrações metalíferas de W, Au e Fe. Estas concentrações tanto ocorrem dispersas nas sequências metavulcanosedimentares, como concentradas em níveis estratóides, com afinidade vulcanogénica mais marcada e com maiores pré-concentrações metalíferas (Dias & Leal Gomes, 2007; Dias, 2011). As formações de referência (portadoras de mineralização singenética, remobilizada ou não) incluem um conjunto de litologias exóticas (metavulcanitos félsicos, anfíbolitos, turmalinitos, rochas calcossilicatadas, liditos e xistos negros e rochas de aparência gneissica, quartzo-feldspáticas), que podem ser encaradas como metalotetos.

4. Campo Pegmatítico da Serra de Arga

Os corpos aplito-pegmatíticos do Campo Pegmatítico da Serra de Arga (CAPSA) do ponto de vista genético ou estrutural relacionam-se com a instalação do Granito de Arga (Leal Gomes, 1994; Leal Gomes e Lopes Nunes, 2003).

As famílias pegmatíticas NYF, LCT e Mistas de elementos raros encontram-se definidas por Cerny, (1991) e Cerny et al. (2005) e podem surgir numa sequência evolutiva geradora de granada em granito parental comum. Deve reforçar-se, no entanto, que embora existam associações minerais típicas para cada uma das famílias, não é invulgar que algumas assinaturas mineralógicas apareçam em mais que uma divisão sistemática. Este conceito materializa-se por exemplo, na existência de corpos LCT precoces, que exibem minerais típicos da família NYF, ou vice-versa (Pereira M. 2015).

4.1. Família de Pegmatitos NYF

Caracterizados por um enriquecimento em Nb > Ta, Y, Sc, Zr, U, Th, F e REE, os pegmatitos desta família apresentam, geralmente, composição subaluminosa a metaluminosa, vulgarmente relacionada com granitos subaluminosos a ligeiramente peraluminosos do tipo A e I. Existem, no entanto, raras ocorrências de corpos da mesma família relacionados com granitos com

composições peraluminosas a peralcalinas (Pereira M. 2015). Quanto à origem, os trabalhos de Cerny et al., (2005) distinguem diferentes modelos genéticos para os corpos da família NYF, apoiando-se em evidências petrográficas, petrológicas, geoquímicas e isotópicas. A atribuição de uma ou várias origens para um determinado pegmatito é muitas vezes inconclusiva e de difícil explicação. No entanto, salientam-se de seguida os modelos de génese propostos para estes corpos:

- Diferenciação direta de magmas basálticos com proveniência mantélica;
- Fusão de protólitos meso a infracrustais, responsável pela mobilização prévia dos elementos da família LCT e consequente enriquecimento da sua assinatura NYF;
- Fusão de litologias ígneas juvenis não empobrecidas em ambiente orogénico;
- Fusão de porções de crosta sílica pré-enriquecida em elementos típicos da família NYF, atribuídos a uma provável contaminação por magmas de origem mantélica;
- Eventual combinação dos processos 1 e 2. Quanto à classificação, os pegmatitos desta família correspondem às classes de elementos raros enriquecidos em REE (REL- REE) e miarolítica enriquecida em terras raras (MI-REE) da hierarquia de classes e suas subdivisões de Cerny (1991).

4.2. Família de Pegmatitos LCT

Abrange todos os corpos pegmatíticos que apresentem forte especialização em Li, Rb, Cs, Be, Sn, Ta, Nb ($Ta > Nb$) e ainda B, P e F (Cerny et al., 2005). Este enriquecimento acompanha normalmente o grau de fracionamento do pegmatito, tratando-se as fácies de paroxismo de evolução aquelas que exibem usualmente as maiores concentrações destes elementos, muitas vezes a níveis económicos (Cerny et al., 2005). Quanto aos granitos parentais que lhes deram origem, tratam-se de corpos peraluminosos do tipo S, I, ou misto, apresentando vulgarmente um elevado grau de fracionamento e uma grande diversidade textural interna (Cerny et al., 2005). Tal como no caso anterior, também a génese pegmatítica destes corpos pode ser explicada de acordo com alguns modelos descritos por Cerny et al. (2005), salientando-se:

- Anatexia de protólitos metassedimentares a metavulcânicos não empobrecidos, de origem supra a mesocrustal;

- Baixa percentagem de anatexia de rochas meta-ígneas do substrato cristalino. Segundo Cerny e outros autores, ambos os casos são coerentes na génese de magmas leucograníticos férteis de carácter LCT. Na hierarquia de classes de Cerny, (1991), esta família de pegmatitos é representada pelas sub-classes de pegmatitos de terras raras ricos em Li (REL-Li) e pegmatitos miarolíticos ricos em Li (MI-Li).

4.3. Família de Pegmatitos Mistos (NYF+LCT)

Esta família engloba todos os corpos que por apresentarem características geoquímicas e mineralógicas mistas (NYF e LCT), não podem ser classificados em nenhuma das famílias anteriormente descritas (Cerny et al., 2005). Embora escassos, os estudos destes corpos por parte de alguns investigadores mostram que a maioria apresenta uma componente LCT minoritária expressa por elementos traço presentes nos minerais acessórios em corpos NYF fortemente diferenciados, ou ainda corpos LCT mais ou menos cristalinos, formados já durante um estágio tardio de evolução dos corpos NYF (Cerny et al., 2005). Em grande parte dos casos, a origem dos pegmatitos desta família pode ser atribuída a contaminações LCT de pegmatitos NYF originais. No entanto consideram-se também viáveis outros modelos genéticos, de acordo com o tipo de anatexia dos protólitos crustais empobrecidos com assinatura NYF, bem como o ambiente geológico em que os corpos se hibridizam (Pereira M. 2015). Destacam-se assim as seguintes possibilidades:

- Contaminação do magma NYF com origem em sedimentos crustais empobrecidos através da digestão de litologias supracrustais com assinatura LCT;
- Empobrecimento parcial do protólitos parental, resultando em magmas híbridos;
- Anatexia de protólitos empobrecidos e protólitos enriquecidos, capaz de gerar um magma híbrido (LCT + NYF) – Pressupõe altas percentagens de anatexia, em áreas crustais extensas.

O Campo Aplito-Pegmatítico da Serra de Arga propriamente dito estende-se ao longo dos concelhos de Ponte de Lima, Caminha, Vila Nova de Cerveira, Viana do Castelo e Paredes de Coura, no distrito de Viana do Castelo. Os limites do campo são definidos segundo Leal Gomes (1994) pelas intrusões dos plutonitos vizinhos (St. Ovídeo, Covas, Romarigães e Lourinhal), mas

também pelo Carreamento de Orbacém a Oeste e pelo cisalhamento dúctil, Vila Nova de Cerveira-Mesão Frio a Este.

Além dos aplitos, aplito-pegmatitos e pegmatitos condicionados pela interação da deformação regional D3 (intra-Vestefaliana), com a instalação do diapiro de Arga (Leal Gomes e Lopes Nunes, 1990), o campo aplito-pegmatítico de Arga, assim definido, pode ainda incluir os veios e filões de quartzo com andaluzite ou com sulfuretos, filões e “sills” de gênese hipabissal –microgranitos, microtonalitos, lamprófiros e pórfiros félsicos e ainda massas e corpos originados pela alteração deutérica- greisens, albitos metassomáticos, fácies de enrubescimento e “endoskarns” (Leal Gomes, 1994).

Os trabalhos de Leal Gomes (1994) estabelecem a existência de sete enxames pegmatíticos distintos, que caracterizam o CAPSA. Destacam-se entre si pelas propriedades estruturais, mineralógicas e mineroquímicas que os caracterizam, tendo-lhes sido atribuídos distintos modelos e momentos de instalação relacionados a assinaturas genéticas distintas. Genericamente, distingue-se assim a existência de uma fácies pegmatítica venular primordial e de um conjunto de veios de quartzo com andaluzite, que caracterizam os dois enxames pegmatíticos mais precoces, com filiação estritamente metamórfica e gênese em eventos de colheita de leucossoma (Pereira M. 2015). Além destes, destacam-se ainda a existência da geração dos filões cruzados, filões radiais e cone-sheets, bem como dos exames de aplito-pegmatitos da geração “sill” e dos filões E-W, característicos dos termos mais evoluídos da fracionamento (Pereira M. 2015).

Segundo Pereira M. (2015) a discriminação do conjunto de reorganizações paragenéticas e dos domínios de equilíbrio termodinâmico para os diferentes minerais tipomórficos, permitem estabelecer um conjunto de sequências de cristalização relevantes e com carácter paradigmático ao nível do CAPSA, concluindo assim a caracterização de cada tipo paragenético contrastante. Em função do tipo ou enxame pegmatítico que caracterizam, destacam-se as seguintes sequências:

Pegmatitos helicoidais precoces – Relacionados com os sectores de sombra da deformação D3, apresentam uma instalação que aproveita as superfícies de cavalgamento da D2, associada à conjugação de estruturas precoces de transcorrência regional em regime dúctil-frágil. Resulta numa morfologia helicóide atribuída a uma ascensão segundo junções triplas dilatacionais.

Estes corpos pegmatíticos são caracterizados pela seguinte sequência de cristalização:

- Schorl -> Berilo, fosfatos (Fe, Mn, Mg, Ca), fosfatos (Al) -> fosfatos (Be,Na)- Representa a paragénese paradigmática do Lourinhal.

Pegmatitos de filões cruzados – Incluem todos os pegmatóides precoces (D2-D3) com carácter hiperaluminoso a ultraluminoso, resultantes da instalação de aplito-pegmatitos da família NYF em rupturas conjugadas ou por colheita venular de leucossomas (veios de segregação metamórfica), respetivamente.

São-lhes características as seguintes sequências de cristalização:

- Andaluzite, silimanite, apatite -> berilo, crisoberilo, tapiolite, zircão -> lazulite/scorzalite – Típica de corpos hiperaluminosos da paragénese paradigmática da Encruzilhada, especificamente da ocorrência tipo S. Cristina;

- Andaluzite, rútilo, ilmenite, cordierite -> berilo, ta-rútilo, corindo, crisoberilo-> paragonite, tapiolite, lazulite/scorzalite – Típica de corpos hiperaluminosos da paragénese paradigmática da Encruzilhada, especificamente da ocorrência tipo Encruzilhada;

Pegmatitos do tipo “sill” – Incluem todos os magmatitos peraluminosos com assinatura LCT, originados por fracionamento de magmas residuais filiados no granito d’Arga. Tratam-se de magmatitos típicos, cuja cristalização e diferenciação interna ocorre durante o estado magmático, embora possam localmente existir estruturas típicas de estados transicionais incipientes, que apresentam grande importância para a caracterização dos percursos evolutivos distintos. É ainda frequente a presença de reorganizações em regime subsolidus, onde ocorre a substituição de alguns minerais primários por associações ou fases cristalinas secundárias.

Destacam-se as seguintes sequências de cristalização:

- Petalite, ambligonite, cassiterite, columbite-tantalite -> espodumena -> elbaite,lolingite -> lepidolite, cookeite -> montmorilonite - Representa a paragénese paradigmática do Formigoso;

- Berilo, fosfatos (Fe, Mn) -> fosfatos de (Li, Al, F) -> olenite, cassiterite, nióbio-tantalatos-> lazulite-scorzalite-> cookeite, caulinite - Representa a paragénese paradigmática de Balouca N;

- Fosfatos (Fe, Mn, Li) -> fosfatos de (Li, Al, F) - Representa a paragénese paradigmática da Cerdeirinha;

- Espodumena, fosfatos de (Li, Al, F), fosfatos de (Ba, Sr, Pb, Ca, Al), cassiterite, columbite-tantalite, -> eucryptite, microlite -> lepidolite, cookeite-> montmorilonite, caulinite - Representa a paragénese paradigmática dos Verdes;

- Ganite-nigerite -> turmalina, fosfatos de (Li, Al, F) -> Polucite - Representa a paragénese paradigmática da Cumieira. Caracteriza uma exceção por apresentar uma assinatura hiperaluminosa.

Pegmatitos paroxismais "E-W" - Incluem todos os pegmatitos sobreimbricados com assinatura LCT, originados por fluidos paroxismais fracionados a partir da fase magmática "sill" tardia. Tratam-se de pegmatitos com zonamento interno bem desenvolvido e paragénese complexa. Evoluem a partir de fases fluidas imiscibilizadas, em domínio de sobressaturação aquosa.

São exclusivas deste tipo de corpos as seguintes sequências de cristalização:

- Schorl-> fosfatos de (Li, Al, F) -> turmalina elbaite/ schorl -> turmalina elbaite/lidicoatite, polucite, microlite -> turmalinas de estiramento -> lepidolite-> cookeite - Representa a paragénese paradigmática da Balouca S.

Pegmatitos greisenizados - Incluem todos os corpos pegmatíticos sobreimbricados fortemente greisenizados, originados por fluidos metassomáticos tardios veiculados a rupturas ou cisalhamentos resultantes da transcorrência regional.

São características as seguintes sequências de cristalização:

- Moscovite, quartzo -> cassiterite, schorl – Típica da paragénese paradigmática do Monteiro.

5. Amostragem

Usando a drenagem exposta na Figura 5, atrás, e a matriz geológica antes exposta na Figura 6 foi feita uma aproximação cartográfica e geomorfológica aos locais mais adequados para a obtenção de concentrados densos em linhas de água, os quais se discriminam na legenda da Figura 7 – do ponto de vista de eficácia a retenção e representatividade espacial da dispersão de clastos.

Legenda:

-  Linhas de Água Principais
-  Principais Eixos Viários
-  Vértices Geodésicos de Referência
-  Marmita Recente em Leito Vivo
-  Marmita Antiga em Leito Vivo
-  Marmita Recente em Leito de Indundação
-  Marmita Antiga em Leito de Indundação
-  Marmita Antiga em Leito de Indundação Vegetada
-  Retenção em Solo Estruturado com Cascalho
-  Retenção em Meandro (Lado Convexo)
-  Retenção em Canal

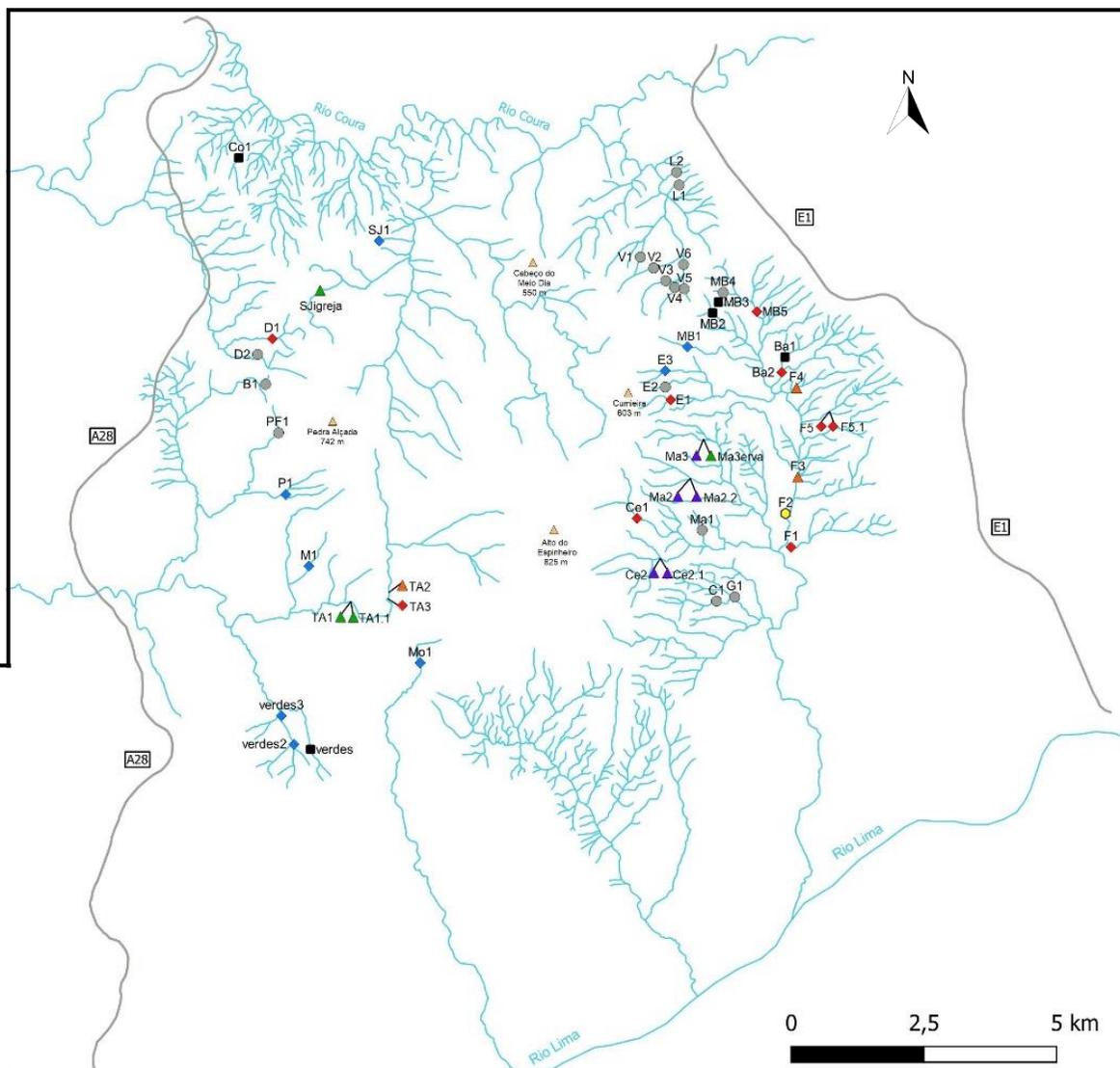


Figura 7- Locais de colheita de minerais pesados na rede de drenagem superficial – tipos diferenciados.

Uma vez selecionadas as melhores localizações, a recolha das amostras foi realizada no Verão para que houvesse caudais inferiores, de modo a tornar mais fácil o acesso aos diversos tipos de retenções presentes na rede de drenagem.

Os pontos de recolha de sedimentos foram também selecionados procurando dispersá-los de modo a abrangem o mais vasto território possível.

5.1. Rede de Amostragem

Na Figura 8 estão localizados os pontos de amostragem a que dizem respeito os concentrados de minerais densos (“minerais pesados”) que foram objeto de estudo.

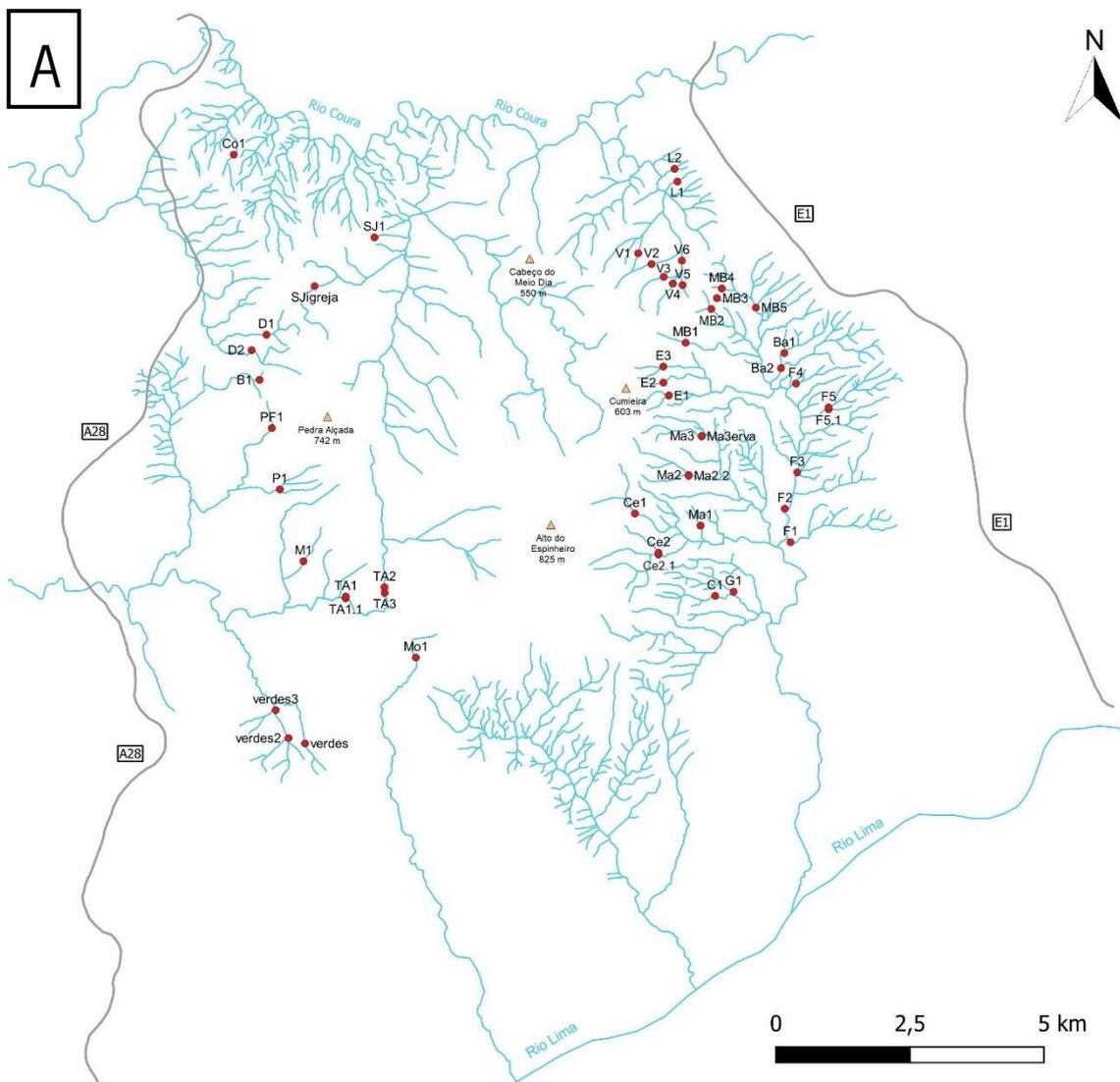
Distinguem-se concentrados densos de sedimentos (Figura 8A) e concentrados densos de depósitos primários (Figura 8B) (em diferentes estados de meteorização e desagregação-friabilidade).

Com a análise comparativa dos concentrados com os dois tipos externos de materiais, pode sugerir evidências da proveniência das partículas de sedimentos clásticos e como corolário permitirão relacionar sedimentos e fontes primárias em perspetiva da prospeção e localização de jazigos primitivos (fonte), com base em assinaturas metalíferas e na pesagem mineralométrica que lhes corresponde.

A cada local de amostragem “primário” ou “secundário” foi atribuída uma caracterização específica do processo de retenção física das partículas ou de metalização e mineralização primária, endogénica. Distinguem-se, assim, quanto á proveniência, retenção ou expressão dos conteúdos mineralométricos, os seguintes lotes de minerais pesados:

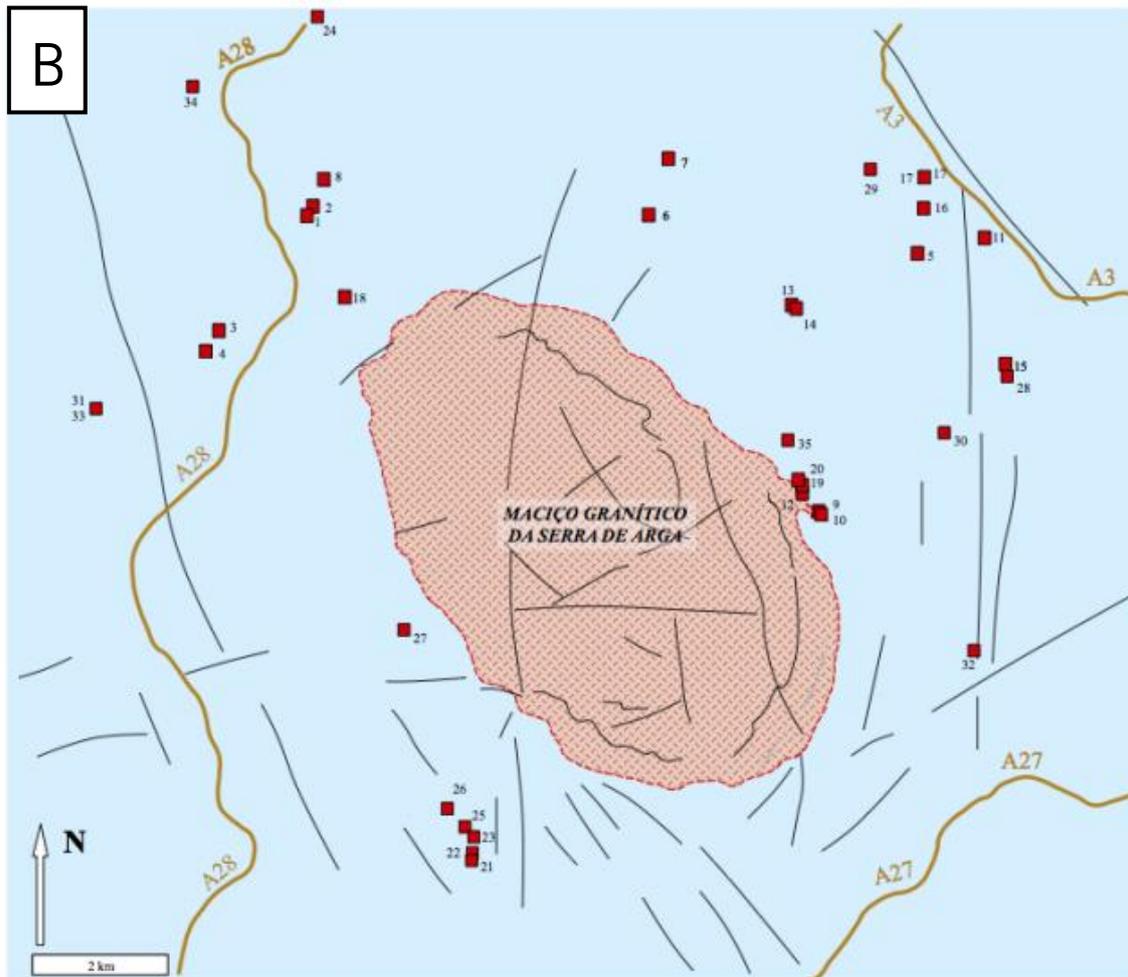
- Primários: pegmatítico, calcossilicatado e quartzo crack-seal (em diferentes estados de friabilidade/meteorização);

- Secundários: retenções de sedimentos de linhas de água (marmitas e diques) em leito vivo e leito de inundação, retenções em perfis de solos, retenções em “cuttings” e tailings de escombreciras antigas.



Referências fisiológicas:

- ↳ Linhas de água principais
- Principais eixos viários
- Pontos de colheita de concentrados
- ▲ Vértices geodésicos de referência



Referências geológicas:

-  Maciço granítico central
-  Lineamentos tectónicos de 1ª ordem

Figura 8- Locais de amostragem referentes aos concentrados de minerais densos deste estudo. A- Rede de linhas de água e localizações das amostras de sedimentos (essencialmente “stream sediments”). B- Depósitos de minerais primários (com diferentes índices de friabilidade) que representam a diversidade metalogénica primária da Serra de Argá.

35 amostras foram recolhidas de depósitos minerais primários (Figura 8B) e dizem respeito a aplito-pegmatito, pegmatito, aplito, filão quartzo-turmalinitico, meta conglomerado, grauvaque, rocha calcossilicatada (protovolcanogénica e protoexalativa) e anfíbolitos.

Numa primeira aproximação estas rochas seriam fornecedoras primárias dos minerais densos colhidos nas fácies de drenagem fluvial em “cuttings” e “tailings”.

As restantes 51 amostras (Figura 8A) são “stream sediments” convencionais.

A título de exemplo na Figura 9 apresentam-se dois destes modos e produtos de caracterização de locais de colheita, para retenções secundárias, cuja funcionalidade de “acolhimento” de sedimentos clásticos é diferente em função da geoforma e das tendências locais, de distribuição das energias de transporte fluvial, laminar ou turbilhonar.

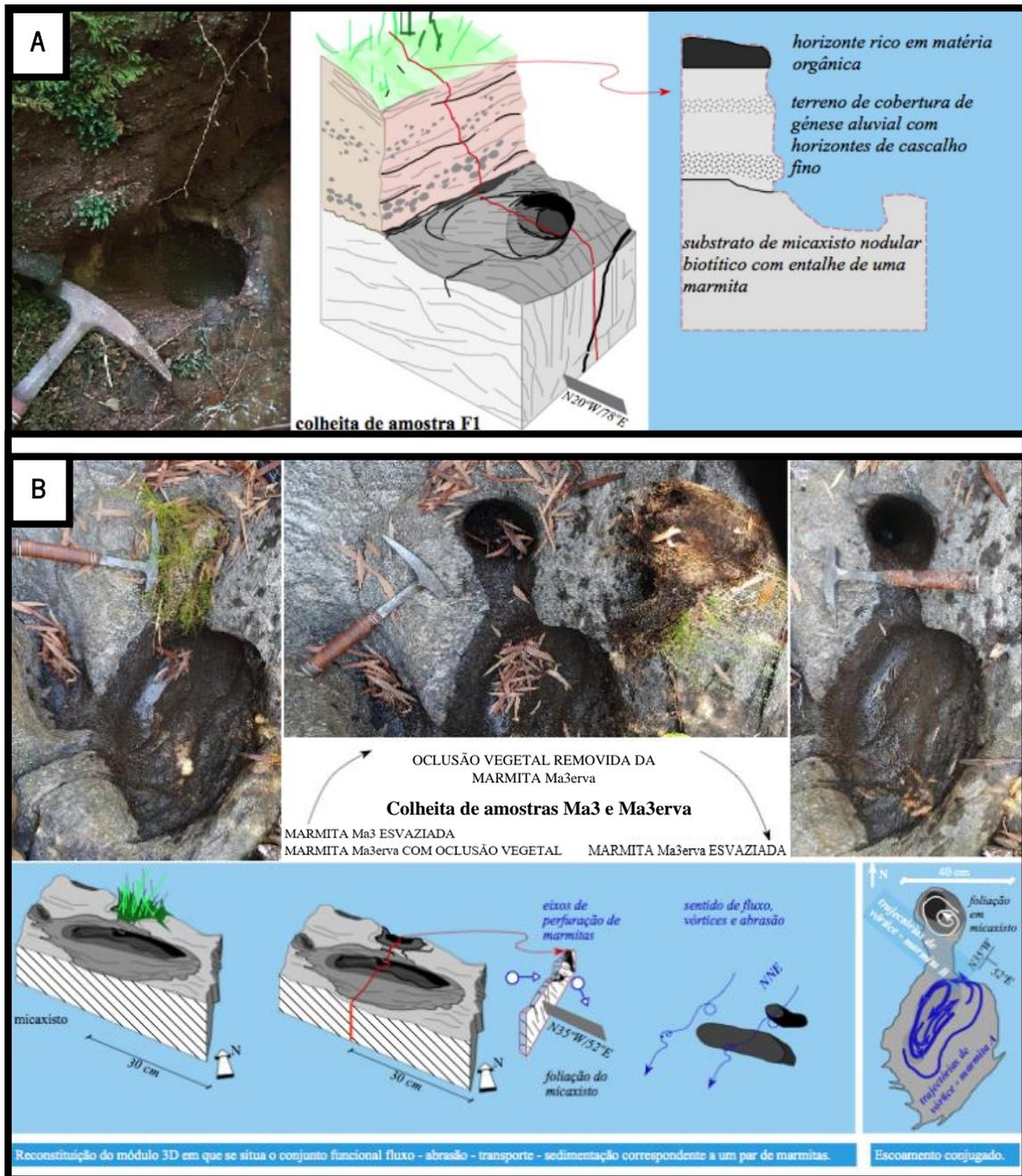


Figura 9- A- Exemplo de uma marmiteira (F1) amostrada na região do Formigoso. B- Exemplo de um par de marmiteiras, com retenção conjugada de sedimentos, que foi amostrado na região de Cabração - Cerquido – amostras Ma3erva (imagem e figuração superior) e Ma3 (imagem e figuração inferior).

6. Tratamento das Amostras

As amostras foram sujeitas a dois protocolos de tratamento diferenciado, considerando a sua topologia e também na utilidade dos resultados que se esperava obter dos respetivos concentrados.

6.1. Amostra de Depósito Primário

As amostras de depósitos primários foram extraídas de rochas em diferentes estados de alteração e “tailings” mineiros (acumulados ou dispersos a partir de escombrelas).

Em ramos gerais o percurso de preparação, visando a separação em meio denso (hidrogravítico), procurou-se assegurar a disponibilidade inicial de uma massa compósita cominuída, situada no intervalo granulométrico, 3mm – 63 µm.

Num ensaio de comparação da separação ao Bromofómio com a separação à bateia, incidentes sobre alíquotas, quartilhadas de uma mesma amostra, verificou-se o apuramento a uma fração idêntica em proporção total de concentrado e proporção de cada uma das fases constituintes do concentrado, pelo que se pode mostrar que a separação à bateia reproduz com grande aproximação a separação de um líquido e os concentrados podem ser assumidos como produtos de separação de densos, sem qualquer reserva a este nível.

Na Figura 10 ilustram-se os procedimentos correntes e expeditos adotados na preparação de amostras de materiais primários, na fase inicial- cominuição por com martelagem em bigona de granito, pesagem e embalagem do “cutting” inicial.



Figura 10- Ilustração da cominuição e pesagem de amostras de rocha total (meios e equipamentos) sobre uma mesa granítica.

Na Figura 11 ilustram-se os procedimentos que se sucedem aos anteriores e incluem o “screening”, classificação granulométrica, seguido de lavagem há bateia regista-se o tratamento de um roço (amostra em canal) de grandes dimensões, em que a cominuição expedita sobre bigona não era praticável.



Figura 11- Meios para concentração em bateia de material friável aplito-pegmatítico - após crivagem de grandes volumes de amostra provenientes de canais transversais de grandes dimensões - uso de bateia “eastwing” de tipo “gold pan” convencional.

Na Figura 12 estão registados mais meios no tratamento dos produtos cominuídos.

	<p>Bateia de aço inoxidável especialmente adequada para apuramento de cassiterite (D= 6.98-7.01; H= 6-7), columbite-tantalite (D= 5.2-6.65-8; H= 6), volframite (D= 7-7.5; H= 5-5 1/2) e scheelite (D= 6.1; H= 4 1/2-5) - modelo C. Leal Gomes construída nas oficinas de serralharia da Universidade do Minho em Gualtar.</p>
	<p>Tandem crivo-bateia adequado a prospeção de dimensões granulométricas varáveis – kit da marca Amoref e a utilização deste tandem teve lugar numa antiga instalação de lavagem de minérios do “quilo” (Lima, 1996) em talhas de Castelão em Vilar de Mouros, Caminha. Lima (2006) e Alves (2007)</p>

Figura 12- Ilustrações de equipamentos e procedimentos usados em rotina na concentração hidrogravítica de minerais pesados em produtos cominuídos de amostras respeitantes a depósitos primários.

Na Figura 13 ilustram-se exemplos de procedimentos padrão que se adotaram de forma pormenorizada na pesagem de concentrados e o tipo de balança de precisão utilizada. Foram estes concentrados que foram posteriormente submetidos á observação microscópica de rotina em modo MOLD.



Figura 13- Meios e procedimentos de pesagem de concentrados - aplicação ao estudo dos conteúdos de minerais densos presentes em rocha mais ou menos friável.

6.2. Amostras em “Stream Sediments”

Em cada amostra de sedimentos de linhas de água a massa inicial foi imposta pela quantidade de material retido em armadilhas geomórficas opostas ao escoamento e carreamento sedimentar. Assim sendo a despistagem mineralométrica não implicava cominuição prévia nem classificação granulométrica, dos conjuntos clásticos submetidos a tratamento.

Neste caso a eficiência do processo de concentração densa depende mais estritamente do bateamento, propriamente dito, da qual se ilustram na Figura 14, as várias etapas e 2 exemplos de concentrados obtidos.



Figura 14- Etapas de screening e bateamento de "stream sediments" e 2 exemplos de concentrados obtidos com estes procedimentos, com amostras muito ricas de minerais pesados.

Obtidos os concentrados em bateia, estes são colocados num filtro de papel e posteriormente secos. Depois de secas as amostras são colocadas num frasco com a respetiva identificação e posteriormente submetidos á observação microscópica de rotina em modo MOLD (Figura 15).



Figura 15- Representação do microscópio usado na observação em MOLD assim como as respetivas amostras usadas, neste estudo, da recolha em "stream sediments".

7. Metodologia de Análise de Concentrados Densos

Como já havia sido repetido, a metodologia de análise de concentrados densos – também referidos como lotes de minerais pesados, têm como ponto de partida fundamental a mineralogia determinativa e descritiva aplicada às fases expressas como clastos em amostras cominuídas ou amostras em sedimentos.

A mineralogia determinativa recorre essencialmente à observação em MOLD, ao estudo de morfologia cristalina em MEV-ES, à contrastação de fases em MEV-ER e às identificações químicas (MEV-DE) ou estruturais (DRX).

A quantificação mineralométrica de fases cristalinas é operada como uma quantificação perceptível, estimada por similitude visual com ábacos representativos de conteúdos relativos, por sua vez expressos em enxames de silhuetas, inversas em matrizes homogéneas.

Esta forma de quantificação é proferida para as espécies minerais que são proponderantes em particular para as que constituem fundos regionais mineralométricos.

Quanto às espécies minerais que são raras – não estão presentes em muitos dos campos aleatórios de cada concentrado escrutinado – no limite são referidas pelo número de partículas identificadas e contadas no concentrado total. É o caso das partículas de ouro, que aparecem numa pequena parte dos concentrados de sedimentos e naqueles em que aparecem, correspondem a um pequeno número de partículas, muitas vezes referidas com o termo coloquial de “pintas”.

Do conjunto de concentrados densos tanto em materiais primários como de sedimentos, são extraídas imagens padrão para figurarem um atlas de identificação por similitude, ajustado a esta região, no qual se registam aspetos mineralógicos típicos de cada fase identificada, tal como ocorre nas paragénese primárias ou nos sedimentos sujeitos a diferentes condições de drenagem e carreio sedimentar.

8. Resultados

Neste capítulo é escrutinado e correlacionado todos os dados recolhidos no campo, tanto de depósitos primários como de “stream sediments”.

8.1. Conteúdos Densos em Depósitos Primários

Da aplicação das metodologias acima referidas extraíram-se resultados escalonados em diferentes níveis de organização que irão servir de constituição do acervo de dados, com a seguinte tipologia:

- Percentagem de massa do conjunto de minerais densos, na massa total do depósito primário sujeito a cominuição e extraída em canal transversal (roço) ou em saprólito + rególito + solo;
- Atlas visual para identificação por similitude das diferentes feições assumidas pelos minerais nas diferentes formas de ocorrência;
- Mapa mineralométrico de alguns minerais indicadores em prospeção;
- Mapa de áreas deduzidas para a expressão mineralométrica de guias mineralógicos selecionados em conteúdos sedimentares;
- Peculiaridade do carreamento de sedimentos expressos deduzidos do carreamento sedimentar estudado.

Nos quadros 1, 2, 3, 4 e 5 apresentam-se os conteúdos em massa dos concentrados de minerais pesados que correspondem aos diferentes tipos de litologias primárias que foram objeto de estudo. Estas proporções de densos têm especial interesse para estabelecer uma aproximação ao estado de fracionamento de alguns depósitos primários incluídos em tendências evolutivas primárias comuns a conjuntos de depósitos cogenéticos, cujos enxames distintos também se distinguem recorrendo às proporções de concentrado. Os mesmos dados também ajudam a compreender a eficiência e reprodutibilidade das metodologias e concentração em meio denso.

Tabela 1- Conteúdos da fração de minerais densos obtidos por separação hidrogravítica a partir de materiais primários, são a muito alterados e a partir de "cutting" acumulados em escombrelas e solos compósitos, incluindo rególito, saprólito e solo propriamente dito.

DESIGNAÇÃO GEOGRÁFICA	TIPO GENÉTICO / ESTRUTURAL	MINERAL OU PARAGÊNESE DE REFERÊNCIA	PESO DE AMOSTRA (g)	PESO DE CONCENTRADO (mg)	PROPORÇÃO DE CONCENTRADO (g / T)
CORZES NORTE 1	APLITO-PEGMATITO FILÃO	ESPODUMENA COOKEITIZADA, TANTALITE, CASSITERITE, AMBLIGONITE - MONTEBRASITE	1802	555	307
CORZES NORDESTE 2	APLITO-PEGMATITO FILÃO	ALTERAÇÃO FILÍTICA COM MOSCOVITIZAÇÃO PREDOMINANTE, CASSITERITE, TANTALITE	620	1581	2550
SR.º DAS NEVES (grande filão no corta-fogo Norte) 3	APLITO-PEGMATITO FILÃO	ALTERAÇÃO ARGÍLICA INTENSA, CASSITERITE FINA, TANTALITE FINA	1969	210	107
SR.º DAS NEVES (pequeno filão a Norte) 4	APLITO-PEGMATITO FILÃO	GREISENIZAÇÃO NO BORDO E ALTERAÇÃO ARGÍLICA NO NÚCLEO, TURMALINIZAÇÃO NO ENCAIXANTE	929	1170	1259
PORTELA DO PICOTO DO CARVALHO 5	APLITO-PEGMATITO FILÃO	TRANSFORMAÇÃO ISOQUÍMICA PÓS PETALITE = ESPODUMENA + 2 QUARTZO, MILONITIZAÇÃO, ALTERAÇÃO FILÍTICA	1632	2962	1814
CERDEIRINHA 6	METASSOMÁTICO ESTRATO	SULFURETOS DE FERRO NODULARES E APATITE	2730	51264	18778
VALDARCAS 7	METASSOMÁTICO MASSA IRREGULAR	ALTERITE DE QUARTZO + MICA ± PLAGIOCLASE ± APATITE ± SULFURETOS DE FERRO	2831	21435	7571
					Quadro 1

- Quadro 2, continuação do Quadro 1.

DESIGNAÇÃO GEOGRÁFICA	TIPO GENÉTICO / ESTRUTURAL	MINERAL OU PARAGÊNESE DE REFERÊNCIA	PESO DE AMOSTRA (g)	PESO DE CONCENTRADO (mg)	PROPORÇÃO DE CONCENTRADO (g / T)
CRUZ DA FACHA (filão maior) 8	APLITO-PEGMATITO FILÃO	ALBITIZAÇÃO, GREISENIZAÇÃO E CATACLASE	1819	1408	774
ZONA DE CISLAHAMENTO DE ARGAS - CERQUIDO (ZCAC) - FULÃO 9	APLITO-PEGMATITO FILÃO	GREISEN COM MATERIAL PROVENIENTE DE ALTERAÇÃO ARGÍLICA	1593	8	5
ZONA DE CISLAHAMENTO DE ARGAS - CERQUIDO (ZCAC) - FULÃO 10	APLITO-PEGMATITO FILÃO - COM VEIOS TRANSVERSAIS DE QUARTZO E SULFIDIZAÇÃO PONTUAL (BAIXA)	ALTERAÇÃO DEUTÉRICA A METEORIZAÇÃO COM DOMÍNIOS HETEROGÊNEOS DE ALTERAÇÃO COMBINADA: GREISENIZAÇÃO => ALTERAÇÃO FILÍTICA => ALTERAÇÃO ARGÍLICA (CAOLINIZAÇÃO, GIBBSITIZAÇÃO, GOETHITIZAÇÃO)	1666	892	535
SANTA CRISTINA 11	PEGMATITO FILÃO	MUITO MICÁCEO, HIPERALUMINOSO, SÓDICO, COM LAZULITE-SCORZALITE	1450	549	378
CAVALINHO "CASA DA FLORESTA" 12	FILÃO QUARTZO - TURMALÍNICO BANDADO C/ "CRACKSEAL"	REMOBILIZAÇÃO / RECRISTALIZAÇÃO DE TURMALINA EM FRACTURA TARDIA TRANSVERSAL A TURMALINITO (PERCURSOR)	1487	1930	770
CUMIEIRA NW - SILL NW 13	APLITO FILÃO	ALTERAÇÃO ARGÍLICA COM GIBBSITIZAÇÃO - FÁCIES DECOMPOSTA	1793	169	94
CUMIEIRA NW - SILL SE 14	APLITO FILÃO	ALTERAÇÃO ARGÍLICA COM GIBBSITIZAÇÃO - FÁCIES DECOMPOSTA POR VEZES COM ARGILA COMPACTA E SULFIDIZAÇÃO => OXIDAÇÃO SUPERGÊNICA	2205	211	96
					Quadro 2

- Quadro 3, continuação do Quadro 4.

DESIGNAÇÃO GEOGRÁFICA	TIPO GENÉTICO / ESTRUTURAL	MINERAL OU PARAGÊNESE DE REFERÊNCIA	PESO DE AMOSTRA (g)	PESO DE CONCENTRADO (mg)	PROPORÇÃO DE CONCENTRADO (g / T)
BALOUÇA 15	APLITO NODULAR TURMALÍNICO - PEGMATITO, TURMALÍNICO, LCT SILL	PARAGÊNESES DE TRANSPORTE FLUIDAL E CRISTALIZAÇÃO IN SITU COM TURMALINA ELBAITE VERDE E TURMALINA OLENITE AZUL E INTENSA ARGILIZAÇÃO	2094	1718	820
LOUSADO "CRUZADOR" = PERPENDICULAR À FOLIAÇÃO 16	PEGMATITO HETEROGÊNEO - ZONADO (FILÃO)	LINHAGEM LCT (Li, Cs, Ta) COM CASSITERITE, TANTALITE, TAPIOLITE, BERILO, AMBLIGONITE, ESPODUMENA, PETALITE, LEPIDOLITE E TURMALINA COLORIDA	3015	4149	1376
LOUSADO N VEIO DE SEGREGAÇÃO 17	PEGMATÓIDE HIPERALUMINOSO (VEIOS COM TRANSIÇÃO GRADATIVA PARA MICAXISTOS, ALOJADOS EM CHARNEIRAS DE DOBRAS)	SEGREGAÇÃO METAMÓRFICA E ALTERAÇÃO DEUTÉRICA COM VEIOS DE LAZULITE-SCORZALITE E ABUNDANTE MICA BRANCA	1018	1149	1128
ALDEIA N FILÃO DE "MICAXISTO" 18	PEGMATÓIDE HIPERALUMINOSO MUITO MICÁCEO, CATACLÁSTICO COM ESTRUTURAS EM "MICA-FISH"	MICA + QUARTZO ± MINÉRIOS METÁLICOS DA CLASSE DOS ÓXIDOS	1889	374	198
RIBEIRO DO SALGUEIRO 19	ZONA DE CISALHAMENTO DE ARGAS - CERQUIDO APLITO-PEGMATITO MOSCOVITIZADO, GREISENIZADO E SULFIDIZADO	SULFURETOS DISSEMINADOS OXIDADOS, POSSÍVEL TURMALINA GANGA ESSENCIALMENTE GREISENOSA	1227	148	120
RIBEIRO DO SALGUEIRO 20	VEIOS HIDROTERMAIS DE GANGA QUARTZOSA COM ESTRUTURA "CRACK-SEAL", QUARTZO SUBGRANULADO E BRECHA COM CLASTOS DE QUARTZO E CIMENTO DE LIMONITE	ARSENOPIRITE, SCORODITE E GOETHITE PREDOMINANTES EM GANGA QUARTZOSA	929	24028	25864
VERDES (FILÃO TOTAL COM POSSANÇA DE 4,5 CM) 21	APLITO-PEGMATITO FILÃO	COM DOMÍNIOS HETEROGÊNEOS DE GREISENIZAÇÃO E INDÍCIOS DE MINERALIZAÇÃO Sn	299	1300	4348
					Quadro 3

- Quadro 4, continuação do Quadro 3.

DESIGNAÇÃO GEOGRÁFICA	TIPO GENÉTICO / ESTRUTURAL	MINERAL OU PARAGÊNESE DE REFERÊNCIA	PESO DE AMOSTRA (g)	PESO DE CONCENTRADO (mg)	PROPORÇÃO DE CONCENTRADO (g / T)
VERDES (ROÇO TRANSVERSAL SEGUNDO POSSANÇA DE 95 CM) 22	APLITO-PEGMATITO FILÃO	COM DOMÍNIOS HETEROGÊNEOS DE ALTERAÇÃO COMBINADA: GREISENIZAÇÃO => ALTERAÇÃO FILÍTICA => ALTERAÇÃO ARGÍLICA	821	892	1086
VERDES - ESCOMBREIRA TAILLINGS" APÓS SEPARAÇÃO HIDROGRÁVITICA DE MINÉRIOS (AMOSTRA PONTUAL) 23	APLITO-PEGMATITO FILÃO	COMINUIÇÃO FINA HOMOGÊNEA DE APLITOPEGMATITO MOSCOVITIZADO, ALBITIZADO, GREISENIZADO OU MICROCLINIZADO (APÓS MOINHO DE BOLAS E SEPARAÇÃO EM MESAS WILFLEY)	1625	110	68
CASTELHÃO (FILÃO TOTAL COM POSSANÇA DE 14 CM) 24	FILÃO DE QUARTZO - CATACLÁSTICO COM DISPERSÃO BANDADA DE MINÉRIOS	HIDROTHERMAL COM "CRACK-SEAL" C/ ARSENOPIRITE, PIRITE, ESTANITE, VOLFRAMITE E DOMÍNIOS COM GANGA DE CALCEDÓNIA	424	6408	15133
VERDES (ROÇO EM TALUDE DE ESTRADA - 250 CM) COTA BAIXA 25	APLITO PEGMATITO FILÃO	ALBITIZADO COM CONSISTÊNCIA FRIÁVEL POR ARGILIZAÇÃO E COM SPOTS DE QZ±MICA SUBGRANULADOS	690	80	116
VERDES (BLOCOS DESMONTADOS) COTA BAIXA 26	APLITO PEGMATITO FILÃO	FÁCIES ALBITO-MICÁCEA POR METASSOMATISMO VENULADO POR QZ HIDROTHERMAL SECANTE	742	375	505
PEDRULHOS ROÇO A N DA ESCOLA 27	APLITO PEGMATITO FILÃO	COM SPOTS DE METASSOMATISMO (MICROCLINIZAÇÃO, GREISENIZAÇÃO)	2006	2451	1221
BALOUCA SUL (ROÇO TRANSVERSAL 120 CM) 28	PEGMATITO FILÃO "CRUZADOR"	3 OU 4 TIPOS COMPOSICIONAIS DE TURMALINAS ELBAÍTICAS MINERALIZAÇÃO DE ÓXIDOS EM ALBITIZAÇÃO FINA COM REDE DE VEIOS DE TURMALINA AZUL ESVERDEADA	1347	1927	1430
					Quadro 4

- Quadro 5, continuação do Quadro 4.

DESIGNAÇÃO GEOGRÁFICA	TIPO GENÉTICO / ESTRUTURAL	MINERAL OU PARAGÊNESE DE REFERÊNCIA	PESO DE AMOSTRA (g)	PESO DE CONCENTRADO (mg)	PROPORÇÃO DE CONCENTRADO (g / T)
LEDO (DEPÓSITO ENTERRADO) (ROÇO TRANSVERSAL 150 CM) 29	APLITO-PEGMATITO FILÃO	GRANULARIDADE MÉDIA MINERALIZAÇÃO DE ÓXIDOS EM ALBITIZAÇÃO SEGUIDA DE MOSCOVITIZAÇÃO	1452	1302	897
CABRAÇÃO - MONTEIRO - FILÃO A (ROÇO TRANSVERSAL 800 CM) 30	APLITO-PEGMATITO FILÃO	APLITO-PEGMATITO MOSCOVITIZADO, ALBITIZADO, GREISENIZADO OU MICROCLINIZADO COM ALGUNS ÓXIDOS DE Mn SUPERGÊNICOS	1890	1030	545
AZEVEDO SUL (ROÇO TRANSVERSAL 1200 CM) 31	APLITO-PEGMATITO FILÃO DECOMPOSTO (MUITO ALTERADO)	SOBRESSAÍEM ALGUNS MEGAFELDSPATOS E MICAS BRANCAS GROSSEIRAS	1634	359	220
BARRAGEM DE LOURINHAL - ESCOMBREIRA TRANSPORTADA TAILLINGS" APÓS SEPARAÇÃO HIDROGRAVÍTICA DE MINÉRIOS (AMOSTRA PONTUAL) 32	APLITO PEGMATITO FILÃO (ORIGINALMENTE)	COMINUIÇÃO FINA HOMOGÊNEA DE APLITO-PEGMATITO MOSCOVITIZADO, ALBITIZADO, GREISENIZADO OU MICROCLINIZADO (COMINUIÇÃO UM POUCO MAIS GROSSEIRA QUE NOS VERDES)	1983	211	106
AZEVEDO SUL (AMOSTRA PONTUAL) 33	METACONGLOMERADO XISTIFICADO	CLASTOS HETEROGRANULARES	741	109	147
		MATRIZ ARGILO-SILTÍTICA DECOMPOSTA	428		
VILAR DE MOUROS (AMOSTRA PONTUAL TRANSVERSA) 34	GRAUVAQUE ESTRATIFICADO	FRIÁVEL COM ARGILIZAÇÃO EXTENSIVA E CONSISTÊNCIA MUITO FRIÁVEL	1272	265	208
RIBEIRO DOS SALGUEIROS - CUMIEIRA ESCOMBREIRA (AMOSTRA PONTUAL) 35	APLITO-PEGMATITO FILÃO (ORIGINALMENTE)	COMINUIÇÃO FINA HOMOGÊNEA DE APLITO-PEGMATITO MOSCOVITIZADO, ALBITIZADO, GREISENIZADO (ALGUMAS CONTAMINAÇÕES)	2353	316	134
					Quadro 5

8.2. Resultados de Mineralogia Determinativa – Atlas Mineralógico da Região da Serra de Arga (Fração Densa)

O estudo mineralógico dos concentrados densos baseou-se na aplicação intensiva da observação em microscópio estereoscópio (lupa binocular), procurando levar ao máximo as possibilidades da identificação mineralógica efetuada a partir das propriedades morfológicas dos cristais e da expressão visual das propriedades físicas diagnósticas e das propriedades dependentes da luz.

Nestas condições, cor, brilho, diafaneidade, formas cristalinas agregadas e hábitos cristalinos, geminações, clivagens e fraturas reassumem um diagnóstico relevante. Muitos destes elencos de propriedades e o aspeto geral dos microespécimes foram comparados com os que estão representados em atlas tais como o de Devismes (1978) para permitirem a classificação que frequentemente se torna conclusiva nestas circunstâncias. Quando assim não recurso à microscopia eletrónica de varrimento nos seus diferentes modos, eletrões secundários, eletrões retrodifundidos e sobretudo, dispersão de energias, acabam por permitir, definitivamente, alcançar uma denominação mineralógica que passou a ser usada em raciocínios subsequentes.

Na Figura 16 é listado o conjunto de observações efetuadas por microanálise de espécimes completos ou de secções (microanálise de superfície).

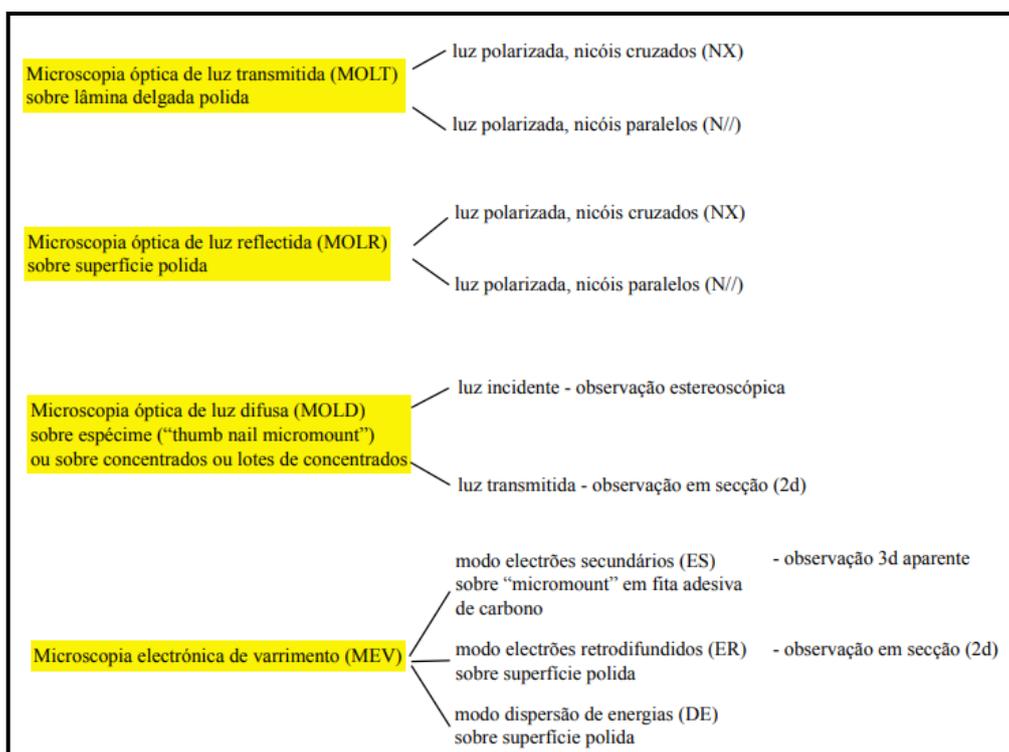


Figura 16- Modos de observação e microanálise.

A apresentação de resultados que foi adotada no que respeita às identificações e caracterizações fisiológicas dos minerais, utiliza imagens padrão (micropetografias) que são usados na mesma metodologia de apresentação do atlas de Devismes (1978) e de outros que explanadas se lhe sucederam, não só no BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières), mas também por outros anteriores e outros mais recentemente, nos procedimentos adotados em Mindat e Mineral Information and Data.

A organização dos conteúdos “imageológicos” é ajustada aos conteúdos da prospeção mineralométrica e ao caso particular da região da Serra de Arga (Leal Gomes 1994 e Dias 2011), em estampas, que constituem um atlas específico, com interesse prospetivo, que no seu conjunto, pode ser adaptado a várias situações a fins de prospeção mineralométrica e, que através de cada estampa, individualmente, pode ser usado em outras identificações mineralógicas por similitude visual.

É assim que surge o seguinte Atlas em que cada estampa é referida pela espécie mineral ou agrupamento de espécies de minerais que estão ilustrados, ou então é referida por alguma funcionalidade relevante no contacto da prospeção mineralométrica.

Lista das estampas petrográficas do Atlas Mineralométrico:

- Scheelite ou volframite
- Reinite
- Feições de cassiterite
- Feições de columbite-tantalite
- Concentrados anómalos múltiplos
- Concentrados anómalos Sn Ta
- Ouro
- Nb- tantalatos raros
- Zircões
- Turmalinas coloridas
- Crisoberilo
- Nigerites
- Anatase
- Ganites e Epitaxias

- Fosfatos com interesse prospectivo
- Assinatura LCT
- Fundo regional turmalínico
- Fundo regional granatífero e granada anómala com aptidão industrial
- Minerais de metamorfismo e metassomatismo
- Óxidos de Fe
- Pelletes artificiais com importância arqueológica

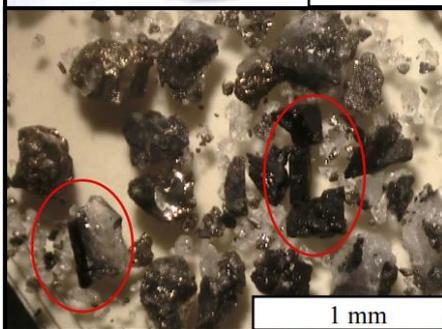
8.2.1. Estampas Petrográficas Atlas Mineralométrico

- Scheelite ou wolframite

Obs: MOLD



Clastos rolados de scheelite em “stream sediments” distais da região dos Verdes, Amonde.



Sólidos de clivagem de wolframite, salientados num concentrado de minérios em filões de quartzo do Castelhão - Vilar de Mouros



Wolframites ferberíticas roladas num concentrado de minérios em “stream-sediments” da região do Cerquido



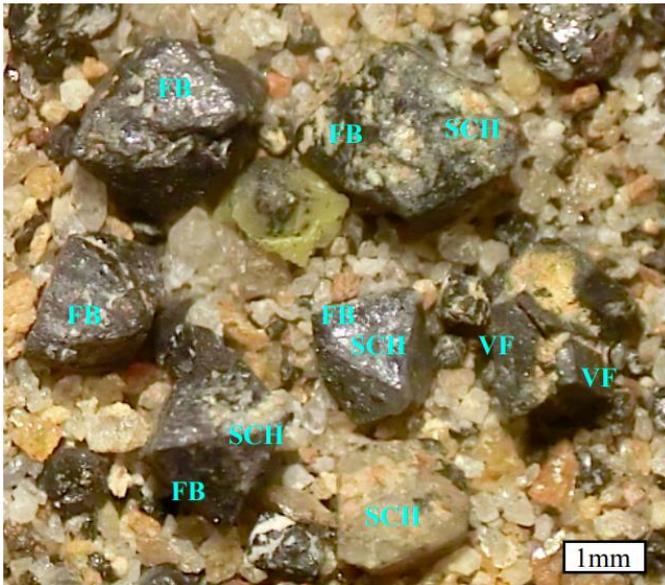
Ferberite rolada colhida num concentrado de minérios em “stream-sediments” da região do Cerquido



Wolframites hubneríticas num concentrado de minérios em “stream-sediments” da região de Santa Justa, Estorãos

Figura 17- Estampas representativas de Scheelite e Wolframite observadas em MOLD.

- Reinite



Concentrado com clastos de:

REINITE=SCH+FB - intercrescimento síncrono de ferberite (FE) e scheelite (SCH) ou pseudomorfose de FB após SCH por alteração hidrotermal

VF - volframite primária, solução sólida hubnerite (HB) - FB, em agregados de corpos lamelares.

Clastos predominantes em concentrado denso obtido em alterite de rocha calcossilicatada de protogênese exalativa na região de Covas, Vila Nova de Cerveira.

Imagem MOLD.

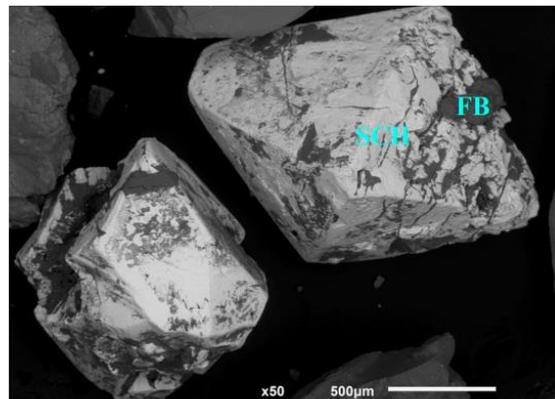
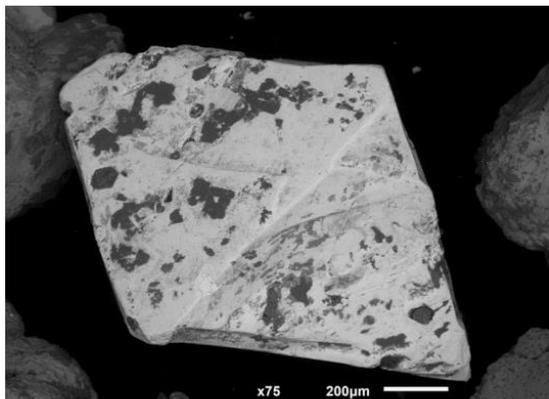


Imagem MEV - ES combinada com MEV - ER em baixo vácuo, obtida para clastos de reinite selecionados da mesma ocorrência anterior.

Concentrados de minerais densos do produto de alteração de uma rocha calcossilicatada (Valdarcas, Vila Nova de Cerveira) - percentagem de reinite, e teor de W correspondente

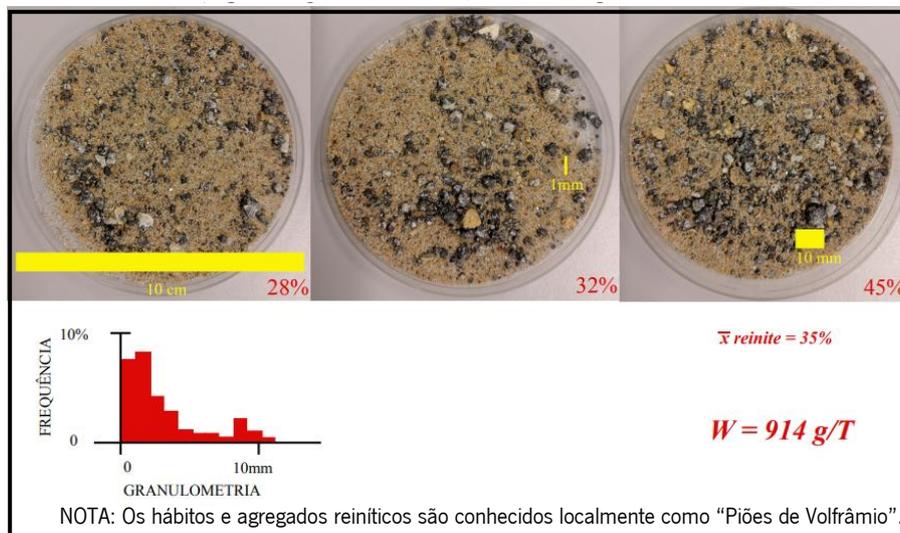


Figura 18- Estampas de observação de Reinite em MOLD e MEV, assim como uma exemplo de percentagem de Reinite e teor de W correspondente.

- Continuação, Reinite

Obs: MOLD



Clastos monocristais de reinite selecionados de um concentrado de minerais densos em rególito cominuído de rocha calcossilicatada



Clastos monocristais de reinite selecionados de um concentrado de minerais densos em "stream sediments" proximais



Reinite de sincristalização primária scheelite + ferberite seguida de ferberitização metassomática pseudomórfica da scheelite protogénica - forma cristalina composta predominante

Figura 19- Continuação das estampas de Reinite, estas com proveniência em Domo de Covas, V. N. Cerveira, observadas em MOLD

- Feições de Cassiterite

Obs: MOLD

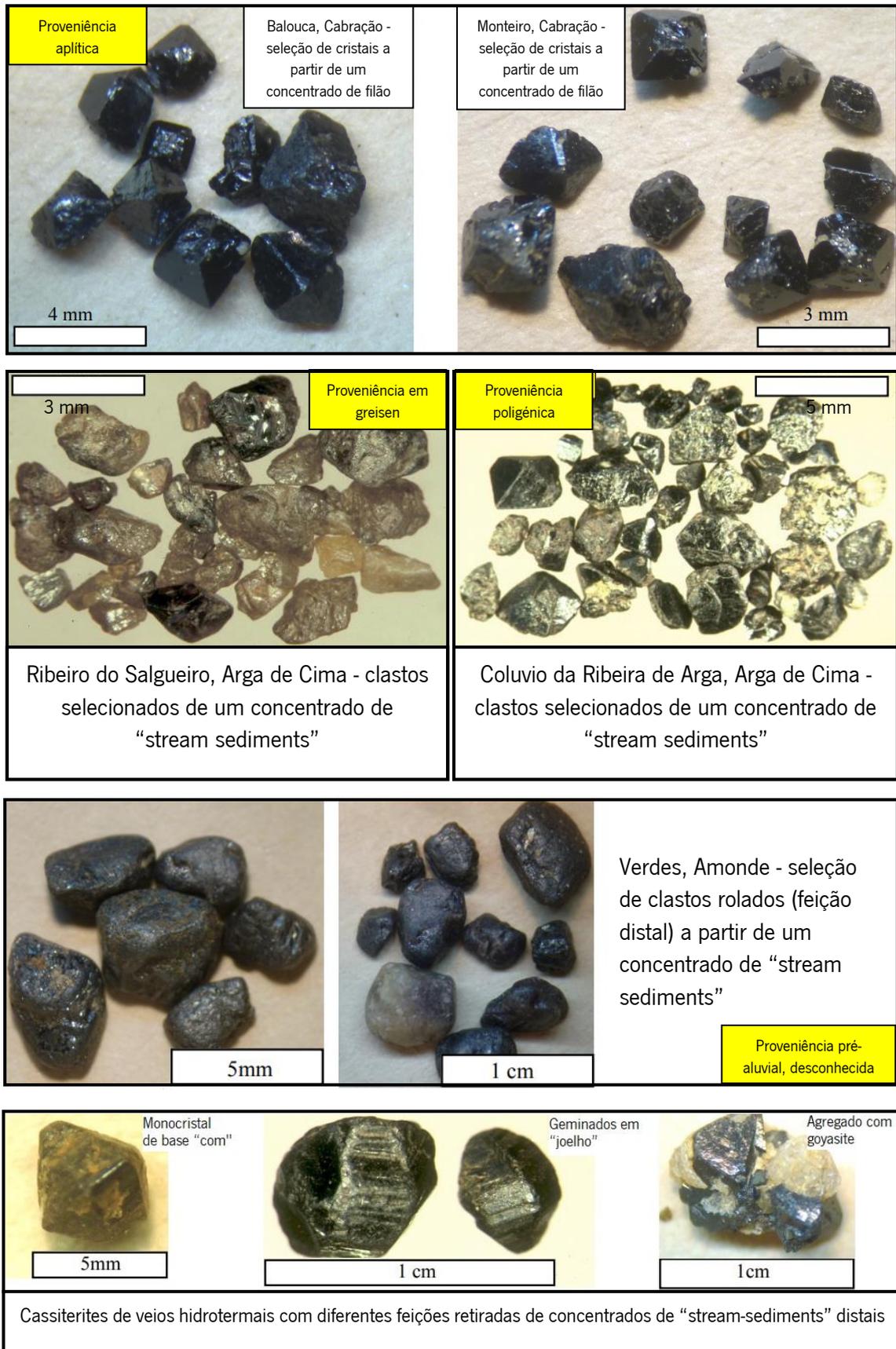


Figura 20- Representação de estampas de Cassiterite, observadas em MOLD.

- Feições de Columbite-Tantalite

Obs: MOLD



2 mm

VERDES/AMONDE
"Stream sediments"



2 mm



2 mm

CORZES/DEM
filão cominuído



2 mm

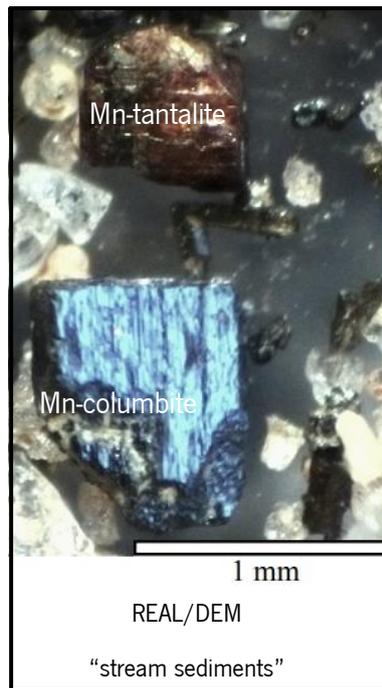
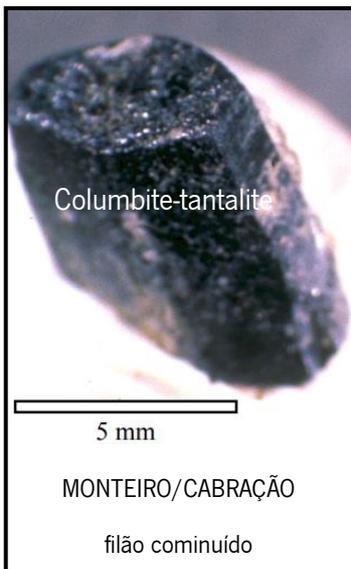
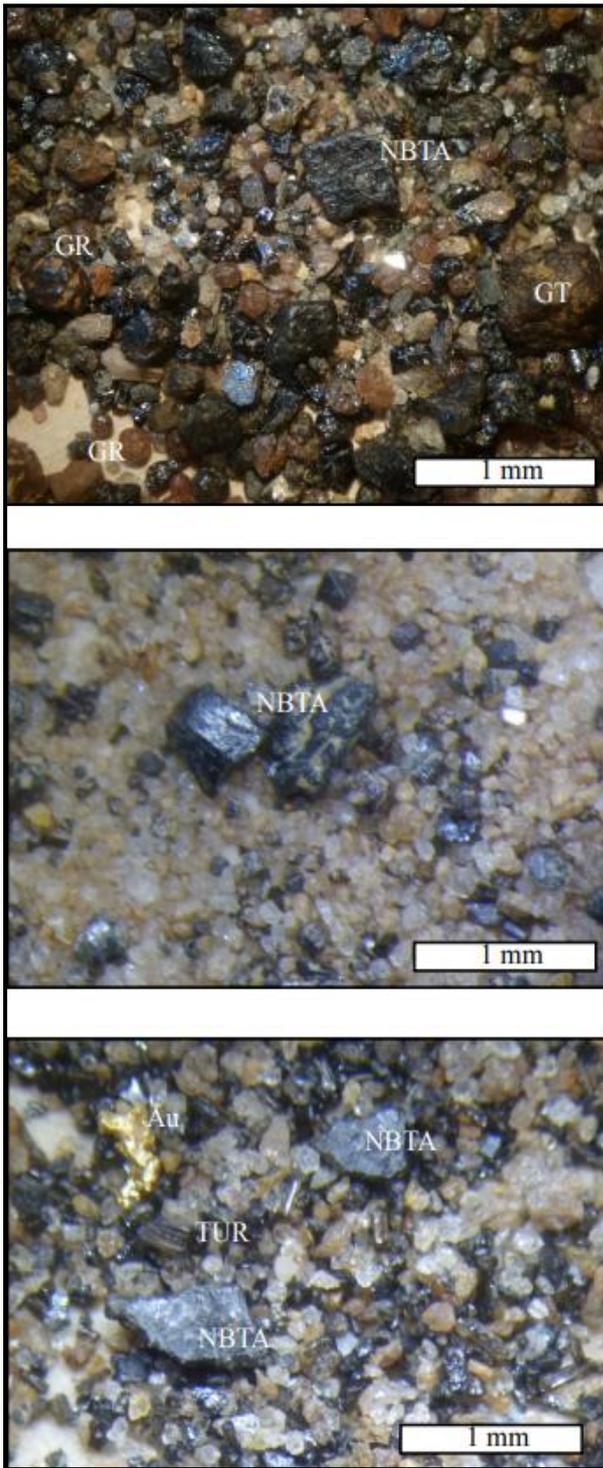


Figura 21- Representação de estampas de Columbite-Tantalite, observadas em MOLD.

- Concentrados anómalos múltiplos

Obs: MOLD



Fundo regional granatífero (GR) com anomalia de Nb-tantalato (NBTA) e goethite (GT)

“Stream sediments” de uma marmita em leito vivo da Ribeira da Pombas, Arga de Baixo

Posição relativamente ao depósito I de NBTA - distal, deduzida do arredondamento dos clastos e da diversidade mineralógica no fundo regional mineralométrico

Fundo regional quartzo-feldspático com anomalia de Nb-tantalato (NBTA)

“Stream sediments” de uma marmita em leito vivo da Ribeira do Seixalvo, Cabração

Posição relativamente ao depósito I de NBTA - proximal, deduzida do arredondamento dos clastos e da diversidade mineralógica no fundo regional mineralométrico

Fundo regional turmalínico (TUR) com anomalia de ouro (Au) e Nb-tantalato (NBTA)

“Stream sediments” de uma marmita em leito vivo da Ribeira da Pombas, Arga de Baixo

Posição relativamente ao depósito I de NBTA - proximal, deduzida do arredondamento dos clastos e da diversidade mineralógica no fundo regional mineralométrico

Figura 22- Estampas de observação de concentrados anómalos múltiplos com breves descrições, observadas em MOLD.

- Concentrados anómalos Sn Ta

Obs: MOLD



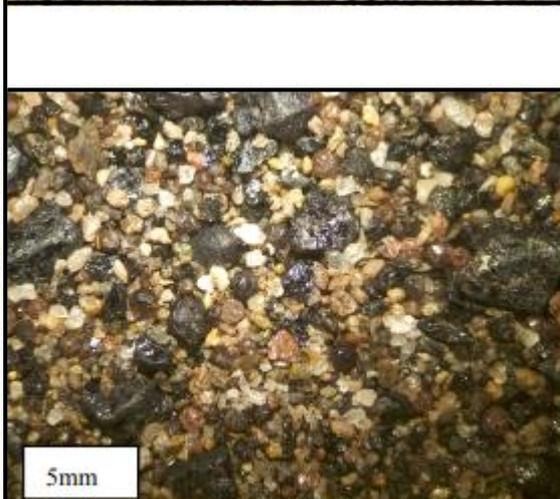
Mineralização de origem distal - clastos de cassiterite rolados a subrolados - em fração grosseira sobre matriz fina - proveniência secundária - sedimentos maturados

Fundo regional granatífero - andaluzítico



Mineralização de origem subdistal - clastos de cassiterite e columbite subrolados - em fração grosseira - proveniência primária

Fundo regional quartzo – granatífero

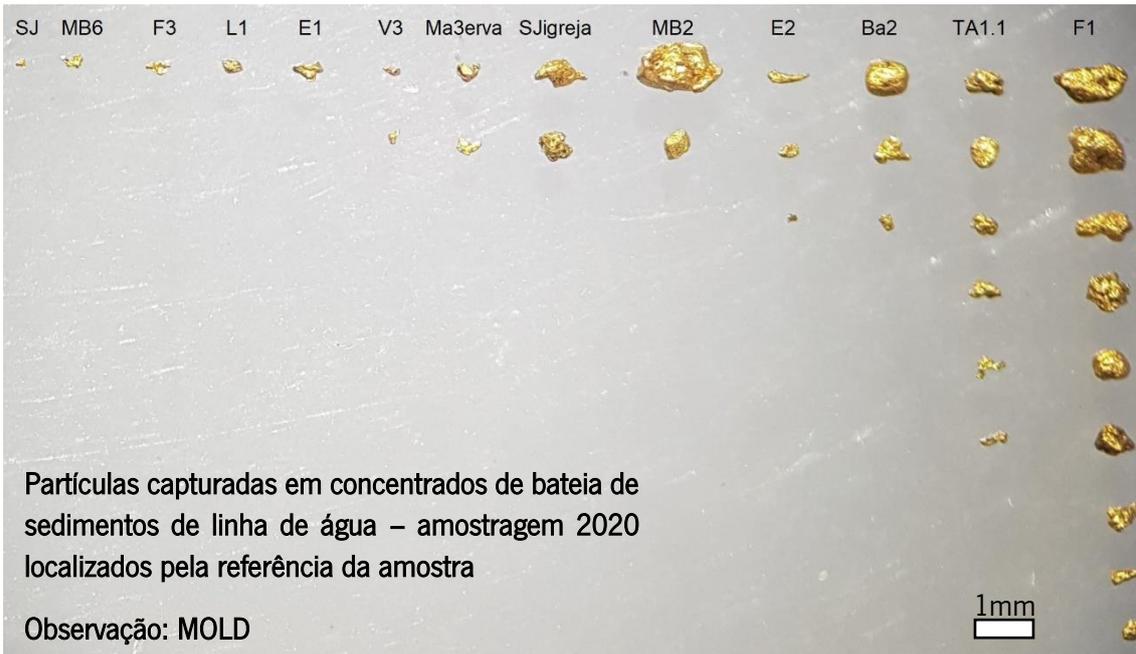


Mineralização de origem mista - clastos de cassiterite (9) e columbite (1) em fração de granulometria intermédia - proveniência mista

Fundo regional quartzomiacéu - granatífero

Figura 23- Estampas de observação de concentrados anómalos Sn Ta com breves descrições, observadas em MOLD.

- Ouro



Sistemática da morfologia / composição

SJ igreja

F1(4)

PARTÍCULAS HOMOGÊNEAS LAMELARES A GLOBULARES, BOTRIOIDAIS

- *electrum*; *Au nativo*

com eventuais enriquecimentos periféricos em ouro nativo de natureza supergênica

F3

MA 3 erva

PARTÍCULAS COMPÓSITAS DE CRESCIMENTO CORALINO

- *Au nativo* + *electrum* + *Bi nativo*

BA2(1)

TA1.1

PARTÍCULAS HOMOGÊNEAS ARREDONDADAS A SUBARREDONDADAS ± PICOTADAS

- *Au nativo*

Tipologia	Tipos	Formas	Texturas de superfície
	primitivo	- glóbulo - aparentes formas cristalinas ± arredondadas	- superfícies suaves - moldagens de grãos presentes - superfície picotada
	modificado	- aspectos dendríticos arredondados - formas danificadas	- preservação de aspectos primitivos em zonas protegidas dos grãos
	reconstruído	- aspectos discóides	- porosa, escamosa ou esponjosa

Figura 24- Estampas de observação de “pintas” de ouro com breves descrições, observadas em MOLD.

- Nb-tantalatos raros

Obs: MOLD



Simpsonite selecionada de um concentrado de “stream sediments”



Calciofantite em evidência num concentrado de “stream sediments” com fundo regional turmalínico

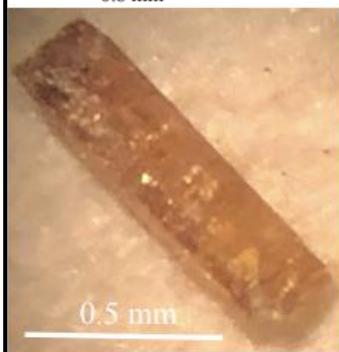


Inclusões de estibiotantalite em estibiomicrolite (núcleo) seguida de microlite (bordo) com zonamento da microlite hospedeira

Intercrescimento selecionado de um concentrado denso apurado de “stream-sediments”



Tapiolite selecionada de um concentrado de “stream sediments”



Viggezite selecionada de um concentrado de “stream sediments”

Figura 25- Estampas representativas de Nb-tantalatos raros observadas em MOLD, colhidas nas cabeceiras da Bacia do Rio Estorãos - freguesia de Cabração.

- Zircões

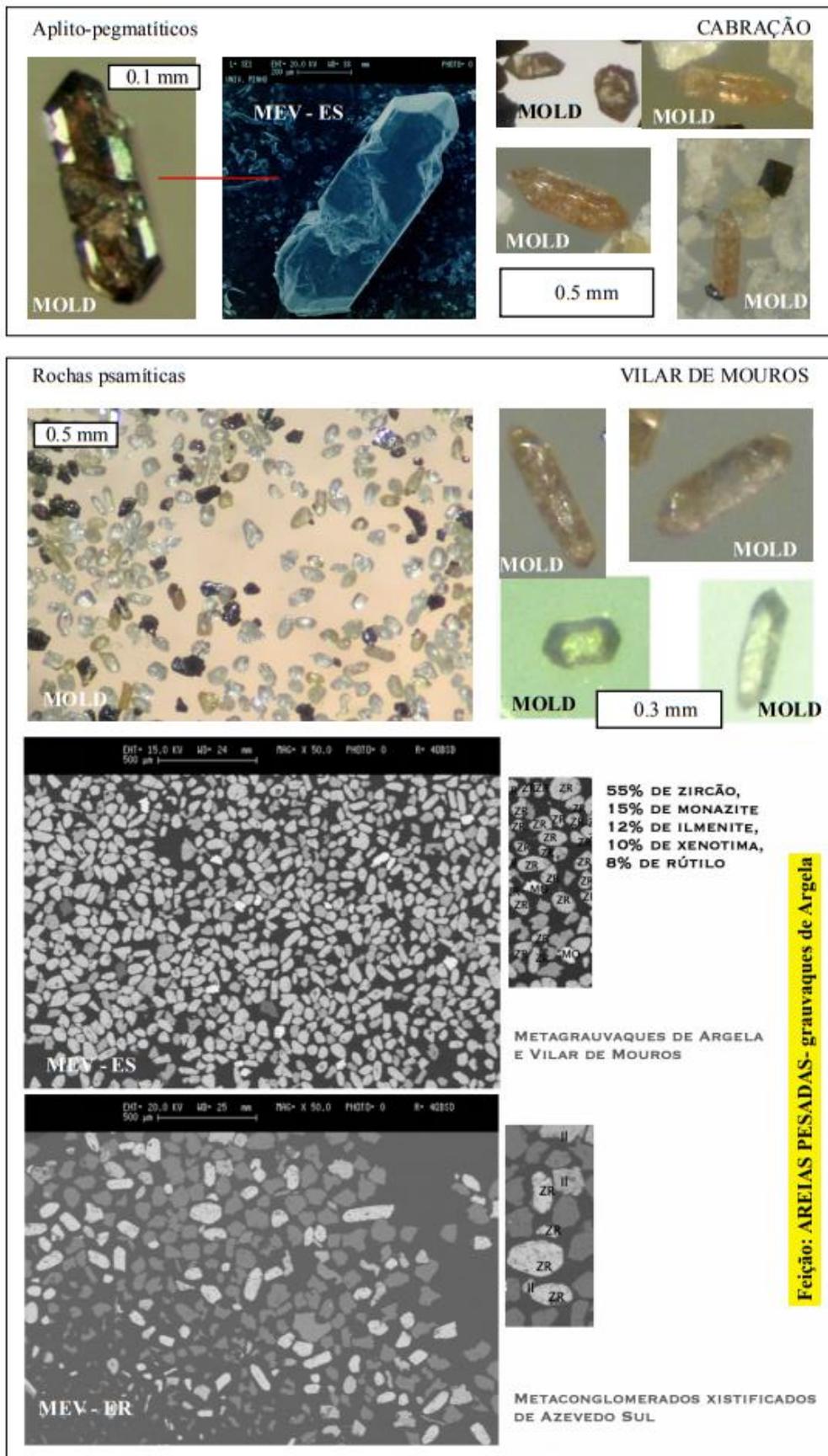
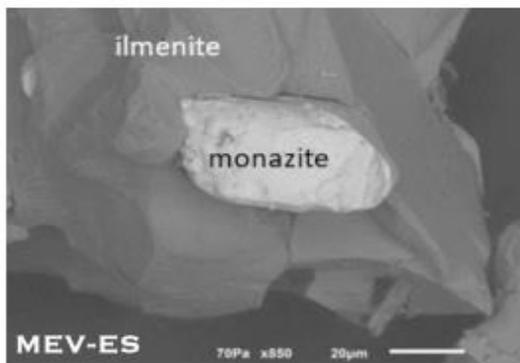


Figura 26- Representação de estampas de Zircões, observados em MOLD e MEV.

- Continuação, Zircões

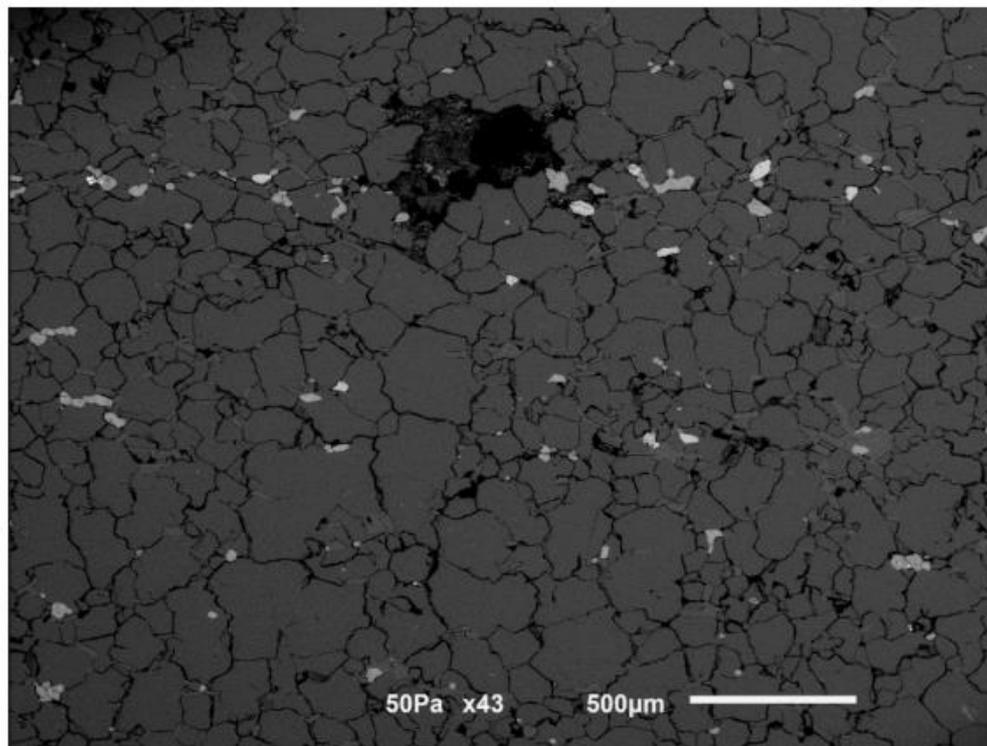
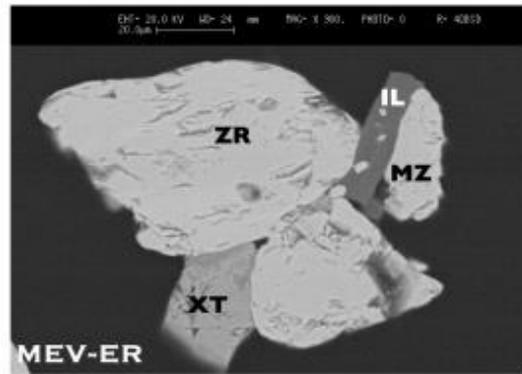
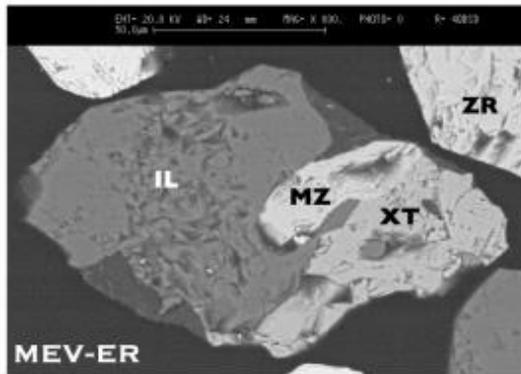


**MEV — CONCENTRADO
OBTIDO DE METAGRAUVAQUES DE ARGELA
E VILAR DE MOUROS**

**CERCA DE 25% DAS ILMENITES (IL)
COMPORTAM MONAZITES (MZ) ROLADAS
INTERCRESCIDAS**

ZR - ZIRCÃO

XT - XENOTIMA



**SUPERFÍCIE DE ESTRATIFICAÇÃO MARCADA POR ALINHAMENTOS DE MINERAIS
DENSOS - ASSOCIAÇÃO DE PALEOPLACER = ILMENITE + RÚTILO + ZIRCÃO +
XENOTIMA + MONAZITE ± TURMALINA DETRÍTICA - MEV-ER**

Figura 27- Continuação das estampas de Zircões, observados em MEV.

- Turmalinas coloridas

Obs: MOLD

1mm



PARAGÉNESES DE PAROXISMO EVOLUTIVO COM COOKEITE,
I FPIDOI ITF MICROI ITF F POI UCITF



PARAGÉNESES POUCO EVOLUÍDAS COM MOSCOVITE
I ITÍNICA F TANTA I ITF



PARAGÉNESES EVOLUÍDAS COM LEPIDOLITE E
MICROI ITF



PARAGÉNESES LCT
PRECOCES C/ ALBITE,
CASSITERITE E PETALITE

Figura 28- Representação de estampas de turmalinas coloridas, fragmentos selecionados de produtos de cominuição de roços em aplito-pegmatitos LCT de Lousadso e Balouca Sul (Variedades tipomórficas - guias LCT), observadas em MOLD.

- Continuação Turmalinas coloridas

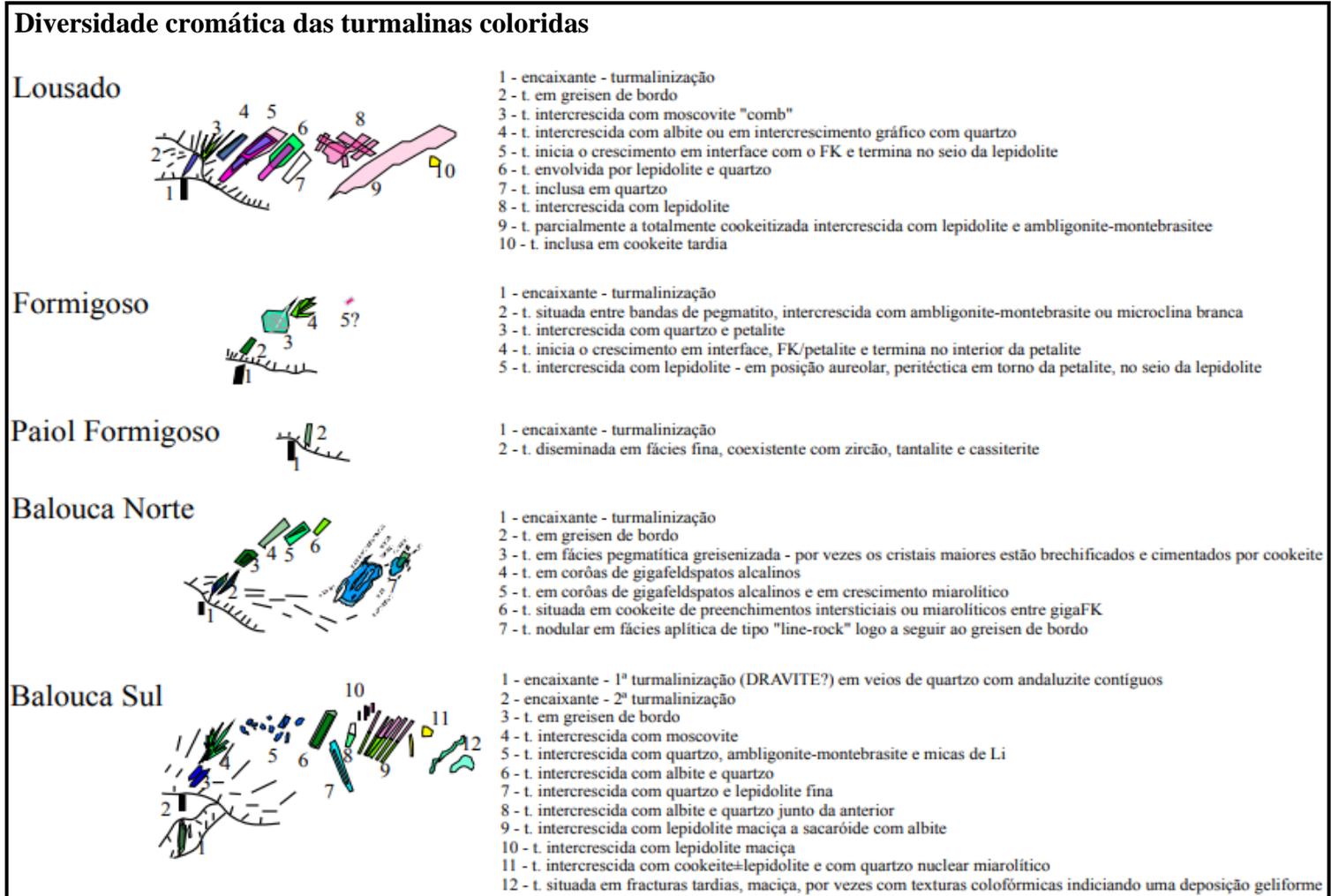


Figura 29- Representação da diversidade cromática das turmalinas coloridas em Lousado, Formigoso, Paiol do Formigoso, Balouca Norte e Balouca Sul.

- Crisoberilo

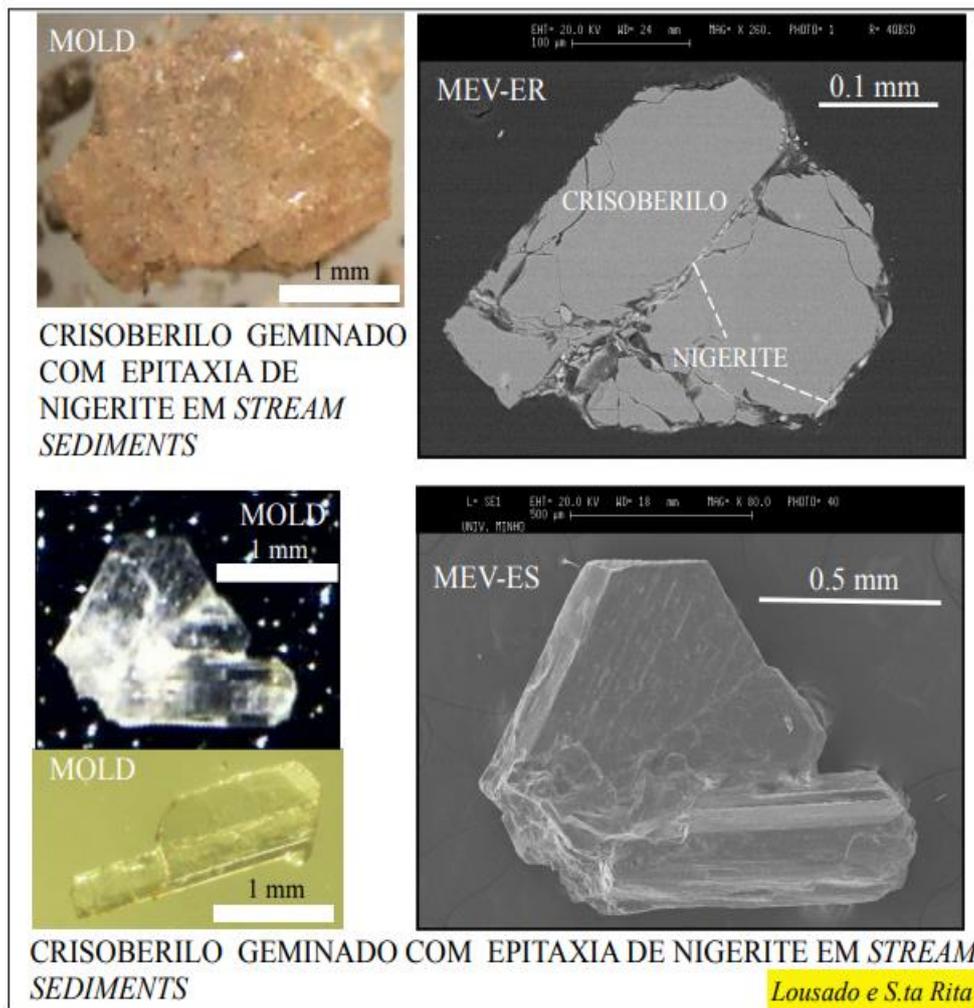
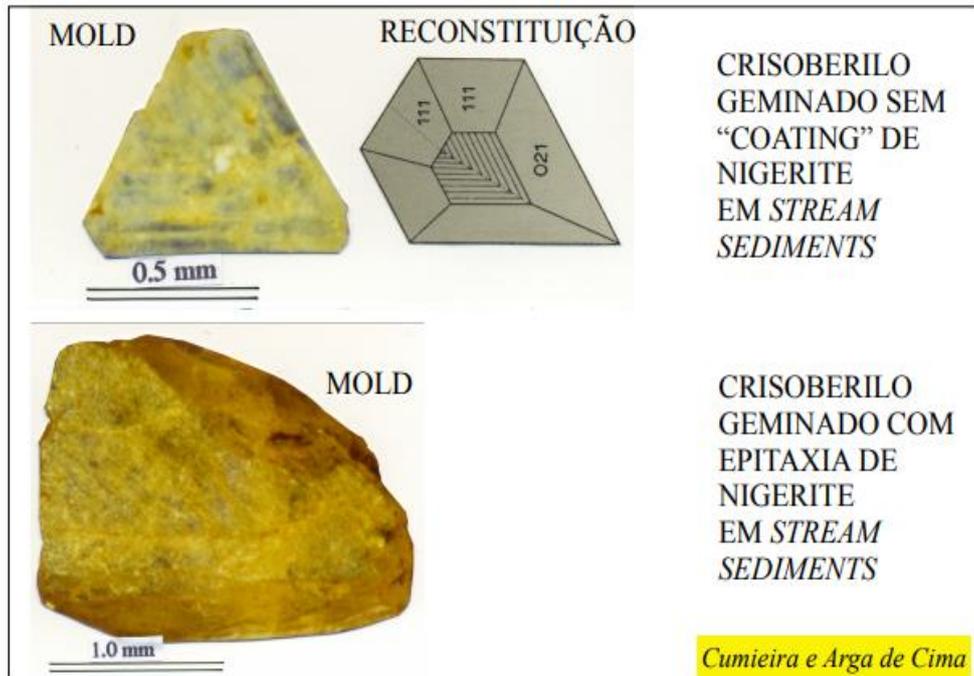
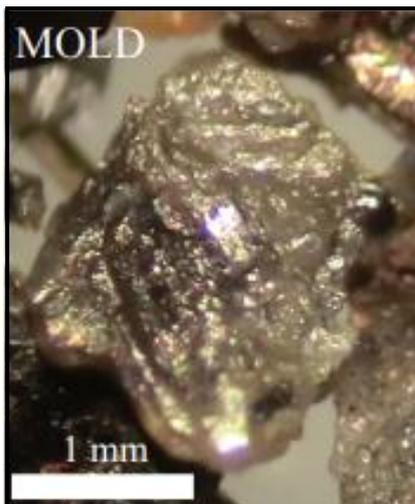


Figura 30- Estampas representativas de Crisoberilo ± Nigerite (agregados e intercrescimentos), observado em MOLD e MEV.

- Continuação, Crisoberilo



SANTA RITA - pegmatito ultra-aluminoso

- Geminado policíclico



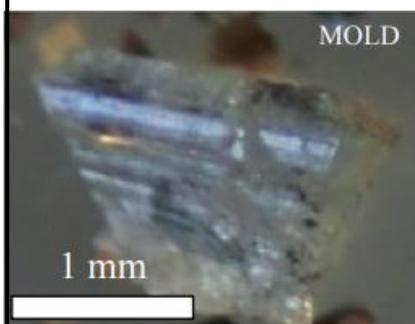
SANTA RITA - pegmatito ultra-aluminoso

- Cristal individual



ARGA DE S. JOÃO - pegmatito ultra-aluminoso

- Geminado policíclico



LOUSADO E - pegmatito LCT turmalínico

- Cristal individual

Figura 31- Continuação das estampas de Crisoberilo, estas observadas em MOLD.

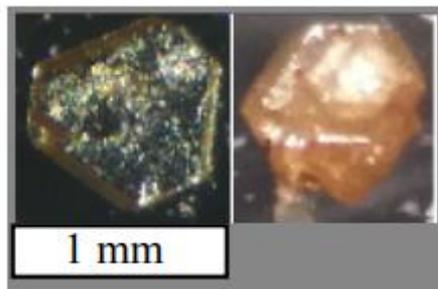
- Nigerites

Obs: MOLD



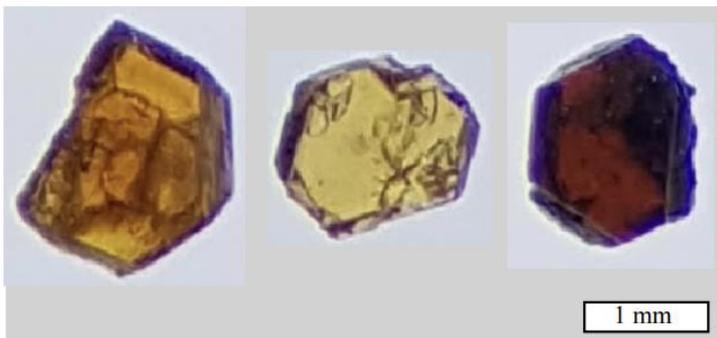
*terrenos coluviais a
aluviais em plataforma
elevada e linhas de água*

RIBEIRO DO
SALGUEIRO



sedimentos de linha de água

RIBEIRO
DE REAL- DEM

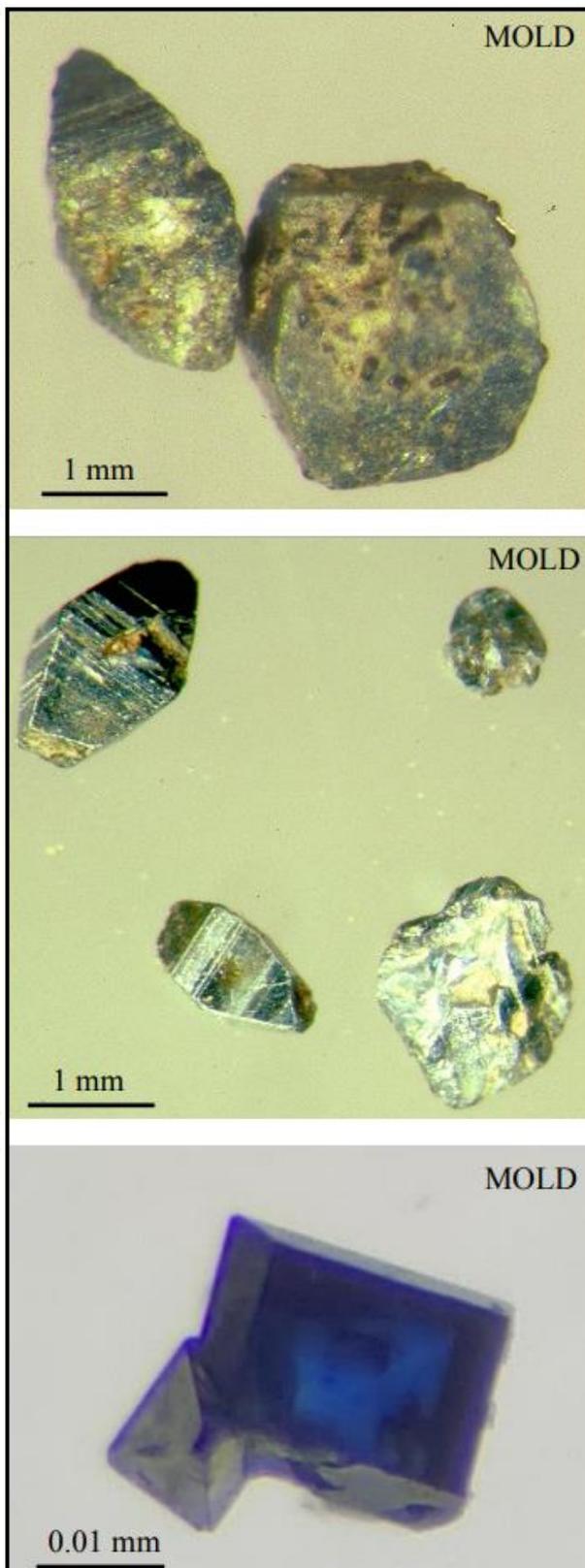


sedimentos de linha de água

RIBEIRA DE ARGA
ARGA DE BAIXO

Figura 32- Estampas representativas de Nigerites, observadas em MOLD.

- Anatase



CRISTAIS
COM INCRUSTAÇÃO DE
TURMALINA DRAVITE

STREAM SEDIMENTS

CRISTAIS
POLICROMÁTICOS

STREAM SEDIMENTS

CRISTAIS DE
PROVENIÊNCIA
MIAROLÍTICA

RETIDOS EM
STREAM SEDIMENTS

Figura 33- Estampas representativas de Anatase (ocorrência dispersa, recorrente e não conspicua), observadas em MOLD.

- Ganites e epitaxias

Obs: MOLD

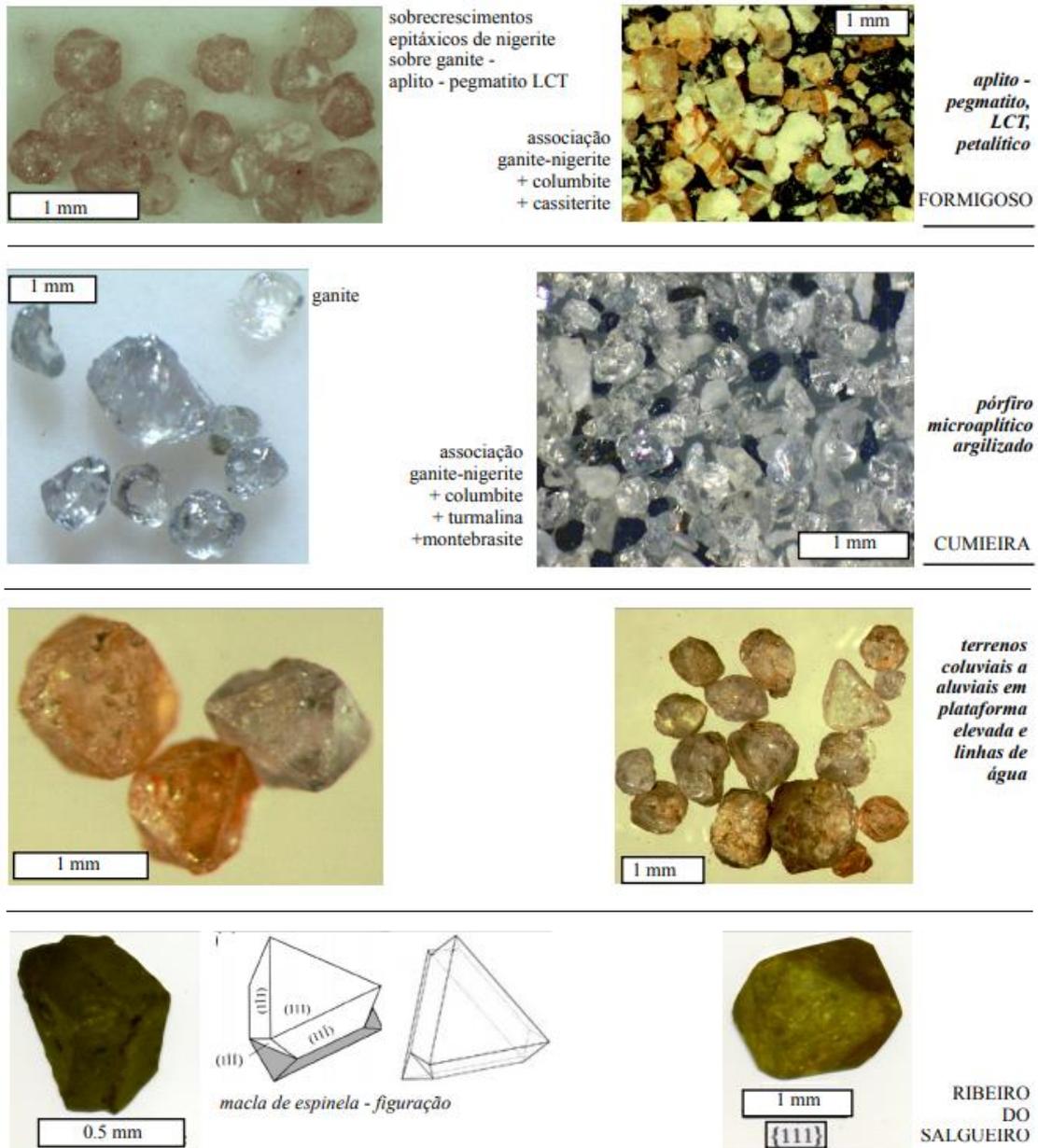
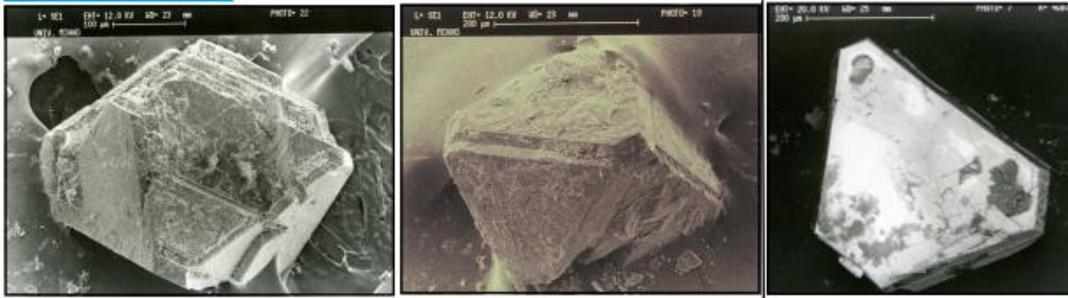


Figura 34- Representação de estampas referentes a Ganites e epitaxias, observadas em MOLD.

- Continuação, Ganites e epitaxias

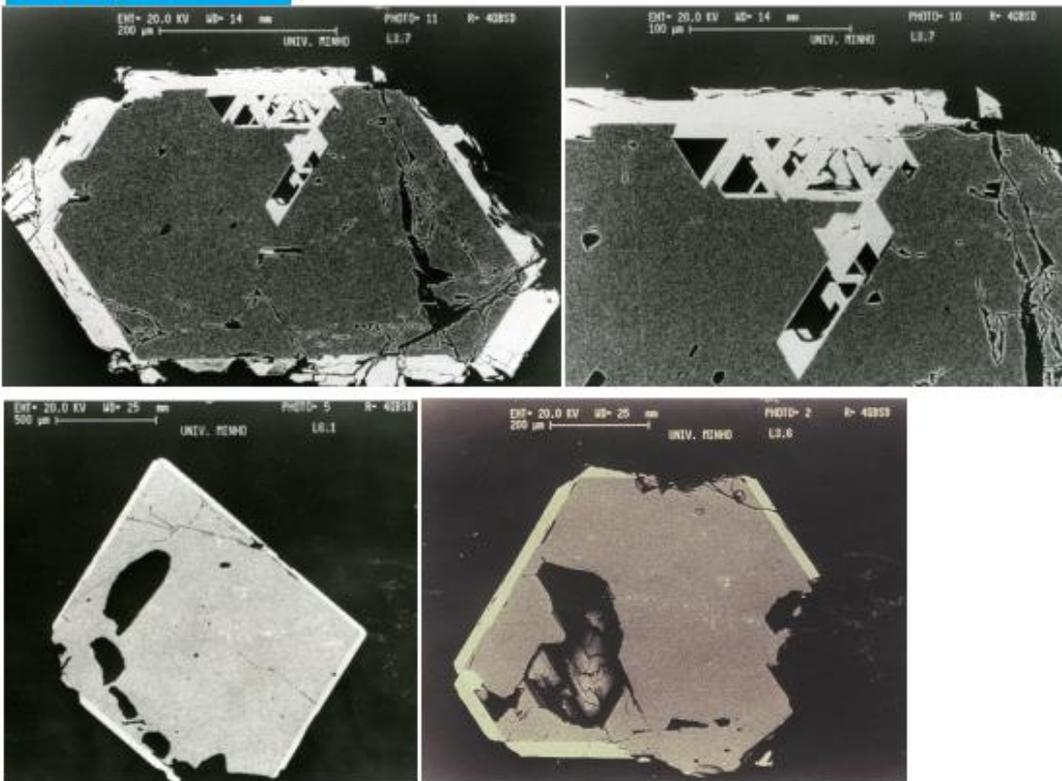
Observação: MEV-ES



sobrecrescimentos epitáxicos de nigerite sobre ganite
apilito - pegmatito LCT da região do Formigoso

cristal individualizado de nigerite

Observação: MEV-ER



*sobrecrescimentos epitáxicos de nigerite sobre ganite
apilito - pegmatito LCT da região do Formigoso*



inclusões em ganite - cassiterite no núcleo (+ brilhante)

- simpsonite disseminada (- brilhante)

apilito - pegmatito LCT da região do Formigoso

Figura 35- Continuação das estampas de Ganites e epitaxias, estas observadas com recurso ao MEV.

- Fosfatos com interesse prospectivo

Obs: MOLD

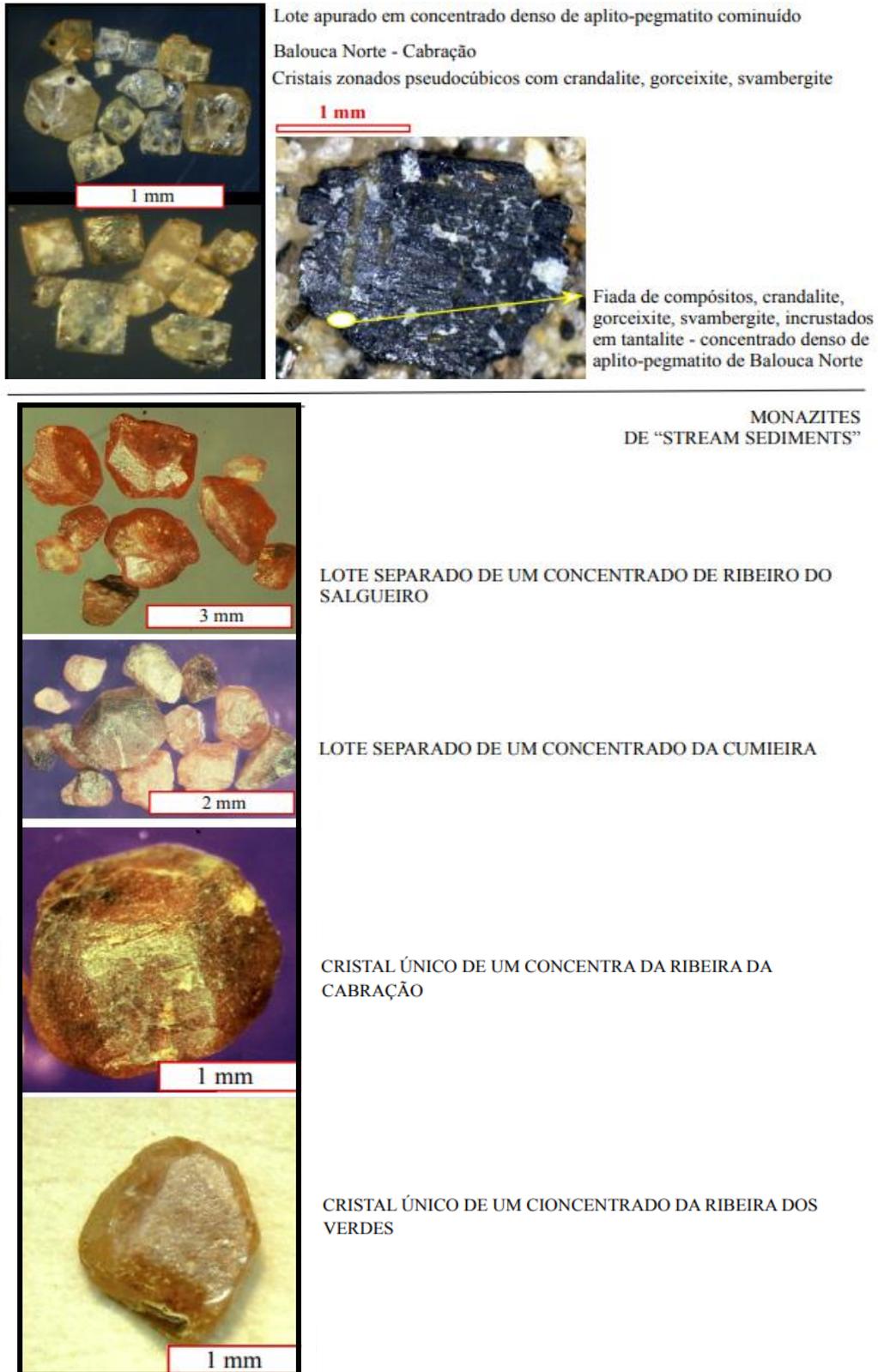


Figura 36- Estampas representativas de fosfatos com interesse prospectivo, observados em MOLD.

- Assinatura LCT

Obs: MOLD

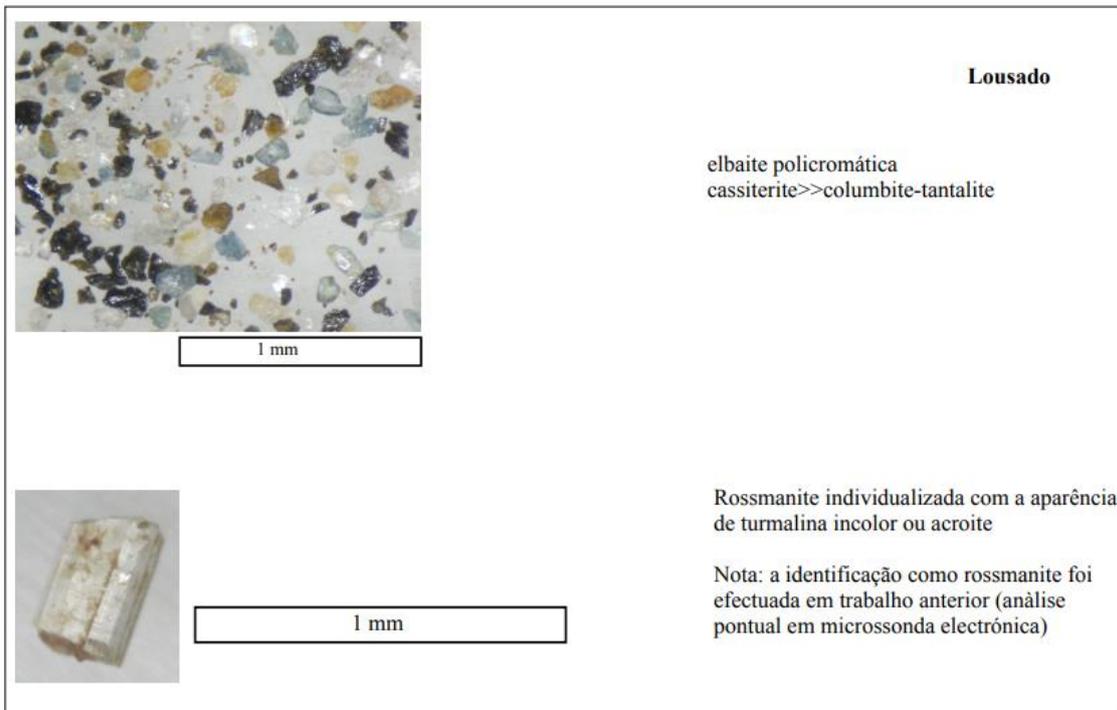


Figura 37- Estampa de extratos de minerais densos com assinatura LCT (turmalina colorida) obtido com bateia após trituração de amostra, observado em MOLD.

- Fundo regional turmalínico

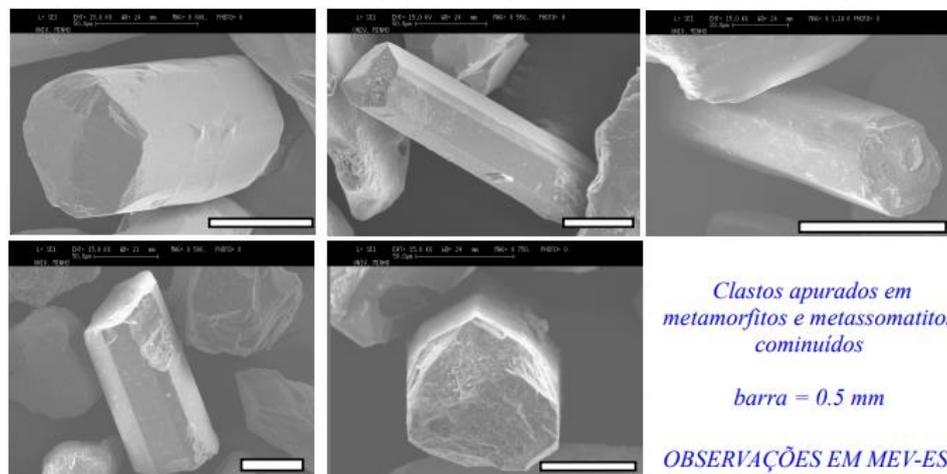
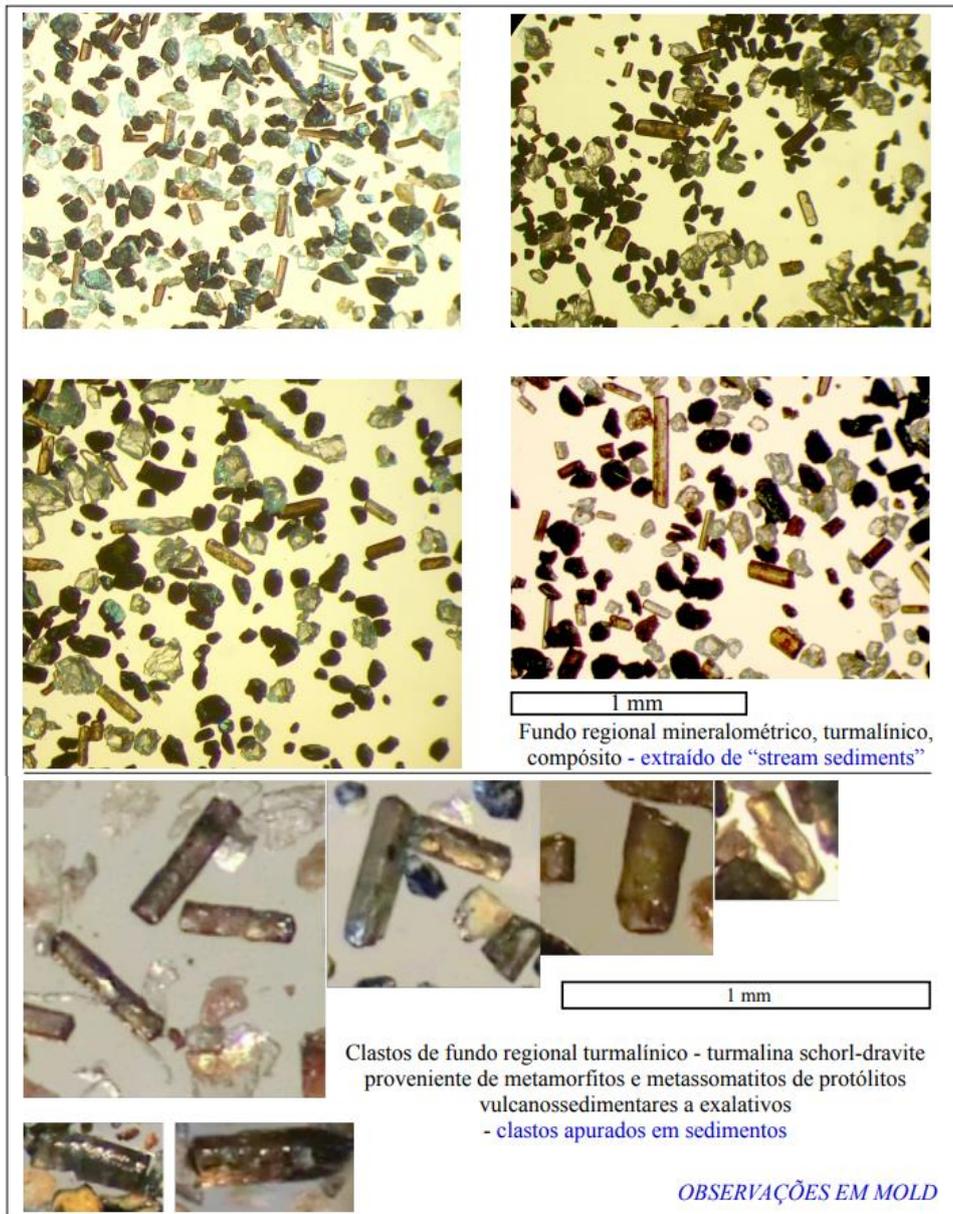
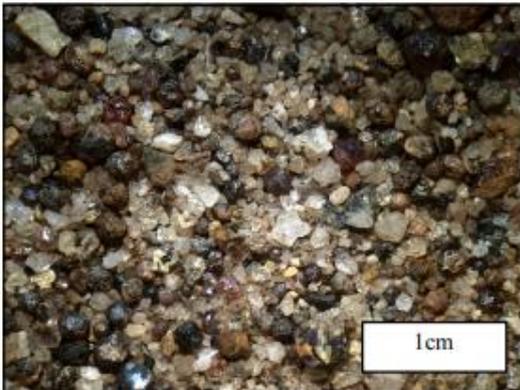


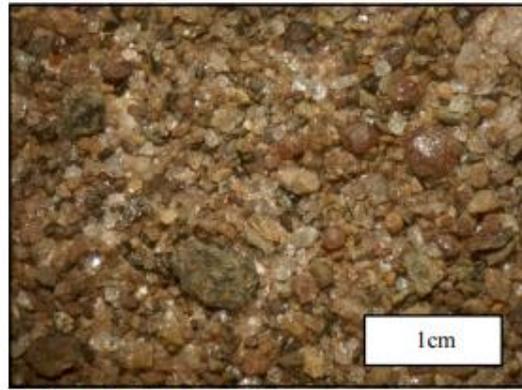
Figura 38- Estampas representativas de fundo regional turmalínico, observado em MOLD e MEV.

- Fundo regional granatífero e granada anômala com aptidão industrial

Obs: MOLD



fundo regional quartzo - granatífero



fundo regional quartzomacéico - granatífero



fundo regional granatífero - ilmenítico



granadas de fundo regional granatífero -
granadas Mn-almandinas



granadas almandinas de fundo regional granatífero com
herança metapelítica - granadas tendencialmente
translúcidas com inclusões de ilmenite, rútilo e hematite
e faces com incrustações de filossilicatos



aspecto da granada
de fundo regional
"stream sediments"

1 mm



aspecto da granada
de pegmatito com
mineralização de
granada industrial
- GRANADA ANÔMALA

1 mm

**OBSERVAÇÕES MOLD
COLHEITAS DISPERSAS**

Figura 39- Estampas representativas de fundo regional granatífero e granada anômala com aptidão industrial, observado em MOLD.

- Minerais de metamorfismo e metassomatismo

Obs: MOLD



SILIMANITE - agregado fibrolítico

Rio Estorãos



ANDALUZITE - proto-porfirobástica de metamorfismo inicial

Linhas de água sazonais de Arga de S. João



ANDALUZITE - proto - porfirobástica com inclusões de grafite

Linhas de água sazonais de Arga de S. João



ANDALUZITE - de veios de segregação mineral industrial

Rio Estorãos



IDOCRASE - de horizonte de rochas calcossilicatadas

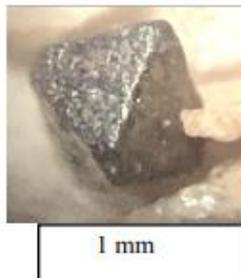
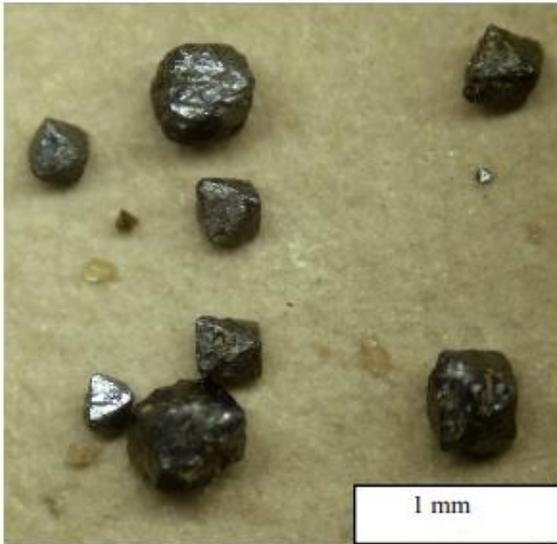
Verdes

Figura 40- Estampas representativas de minerais de metamorfismo e metassomatismo em "stream sediments", observados em MOLD.

- Óxidos de Fe

Obs: MOLD

HIPOGÊNICOS



MAGNETITE - ROÇO EM PEGMATITO DE S.^ª DAS NEVES



ILMENITE - LINHAS DE ÁGUA DE ARGÁ DE S. JOÃO

SUPERGÊNICOS



3 mm

PISÓLITOS DE LIMONITE

RIO ESTORÃOS

“stream sediments”



1 mm

PÁTINA DE LEUCOXENA SOBRE ILMENITE + RÚTILO

RIBEIRO DO SALGUEIRO

“stream sediments”



PSEUDOMORFOSES DE LIMONITE APÓS PIRITE PROXIMAIS



1 mm

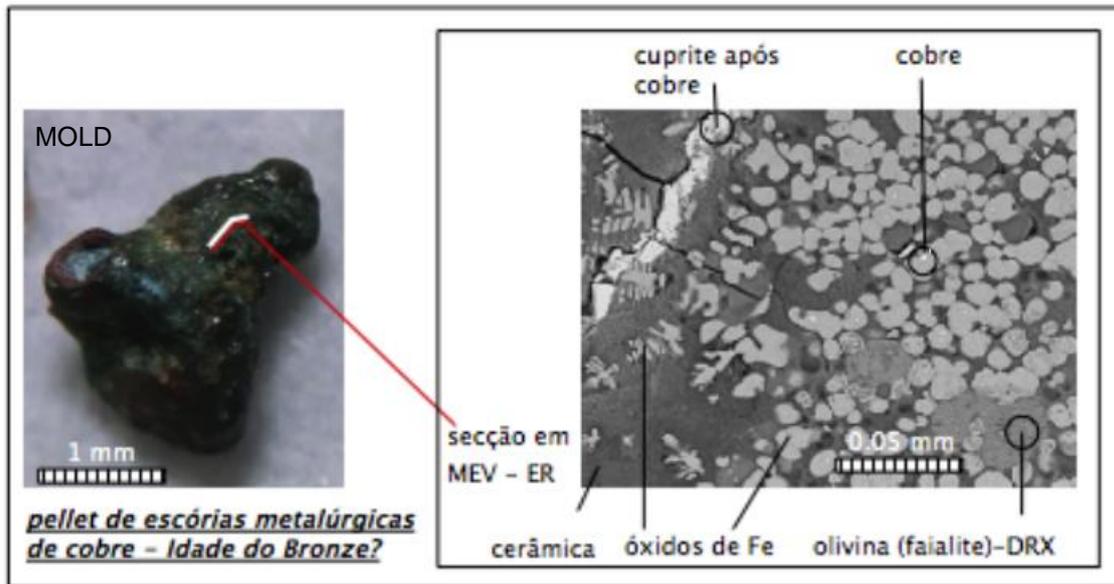
PSEUDOMORFOSE DE LIMONITE APÓS PIRITE

DISTAL

“stream sediments” dispersos

Figura 41- Estampas representativas de óxidos de Fe, observados em MOLD.

- Pelletes artificiais com importância arqueológica



pellets de escórias metalúrgicas de estanho - idade do Bronze?

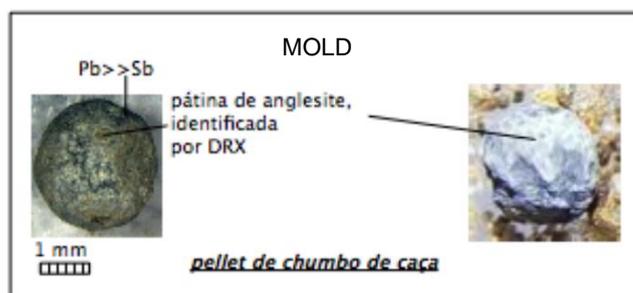
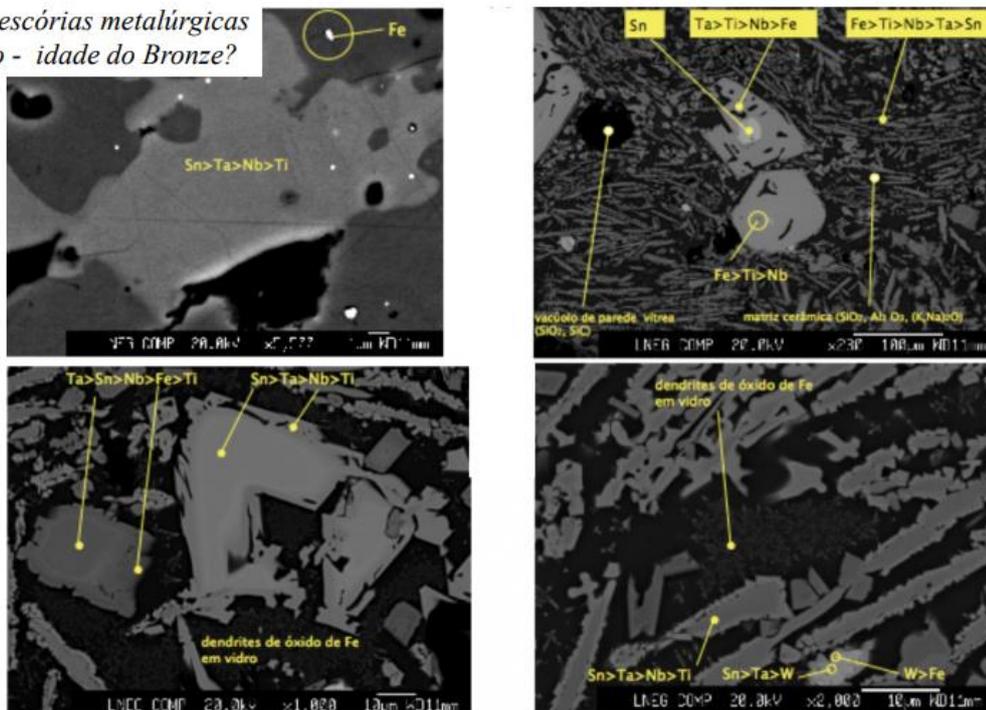


Figura 42- Estampas de Pelletes artificiais com importância arqueológica, observadas em MOLD e MEV.

8.3. Distribuição Espacial e Áreas de Influência para os Indicadores Mineralométricos

Do conjunto de observações esperado tanto em concentrados densos de sedimentos como em concentrados extraídos de rocha cominuída, deduziu-se um conjunto de aspetos que deviam ser tomados em consideração quando se considera a mineralometria em contexto de prospeção.

Em primeiro lugar há a considerar a carater indicador ou guia mineralométrico que pela reconstituição da dispersão fluvial, permite localizar alguns depósitos metalíferos primários ou indícios da sua expressão à superfície.

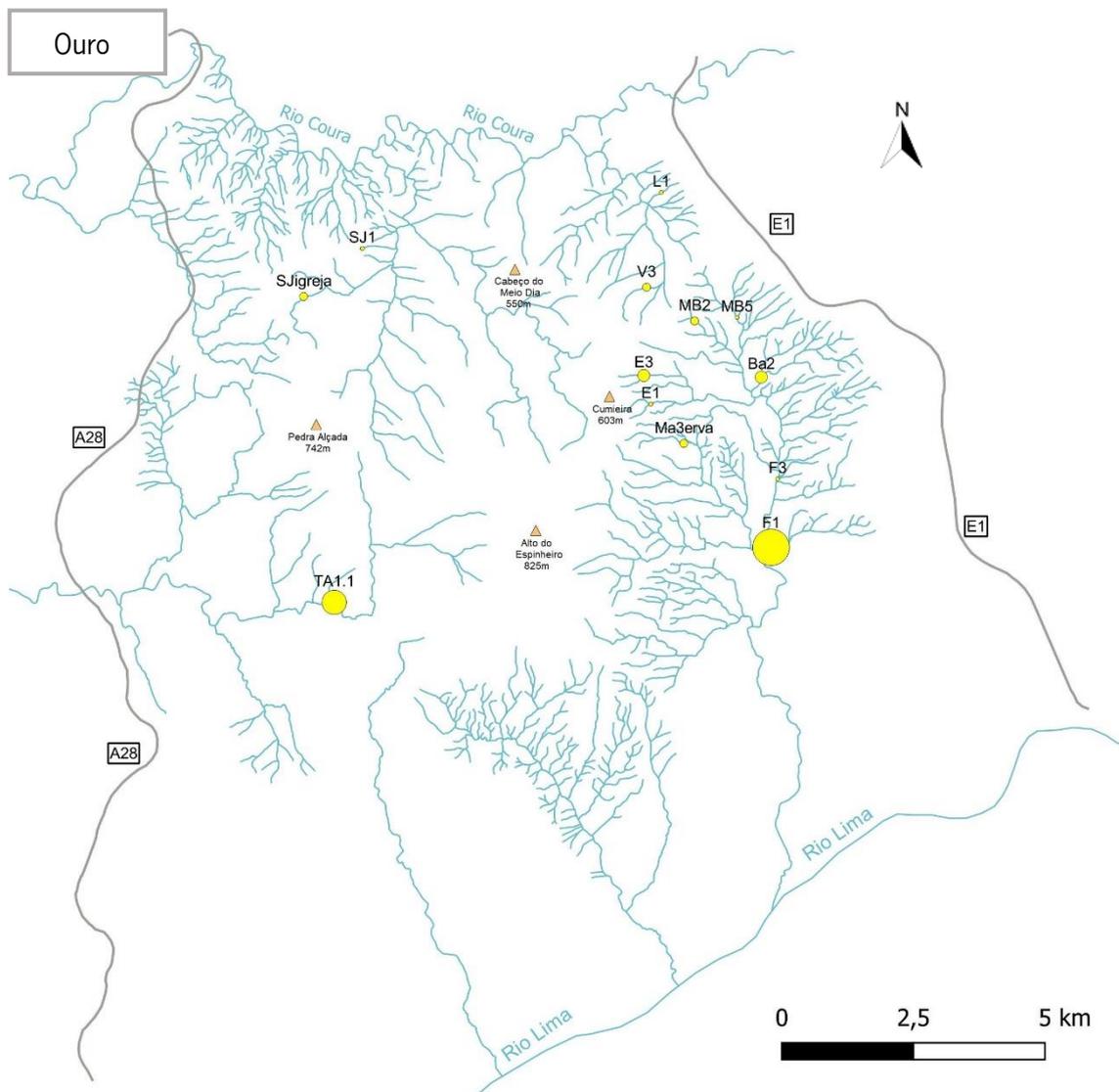
Do conjunto dos resultados de microscopia deduziram-se alguns guias com dispersão cartográfica coerente suscetíveis de revelarem com eficiência a reconstituição de trajetos até aos depósitos primários.

- Ouro- relaciona-se com a ocorrência de zonas de cisalhamento e a sua distribuição encontra-se na Figura 43.

- Cassiterite- relaciona-se com a ocorrência de aplito-pegmatitos de todas as famílias de elementos raros; a distribuição em linhas de água encontra-se na Figura 44.

-Nb tantalatos- relacionam com aplito-pegmatitos das diferentes formas de elementos raros, sendo mais característico nas linhagens LCT mais evoluídas e nos NYF menos fracionados. Na Figura 45 encontra-se a sua distribuição.

- Turmalinas coloridas- embora de forma não direta, relacionam-se com a ocorrência típica de pegmatitos LCT que podem ter mineralização em Li, relevante, sobretudo com filossilicatos e fosfatos de Li; também sugerem os estados mais avançados da evolução das sequências LCT. A sua distribuição encontra-se na Figura 46.



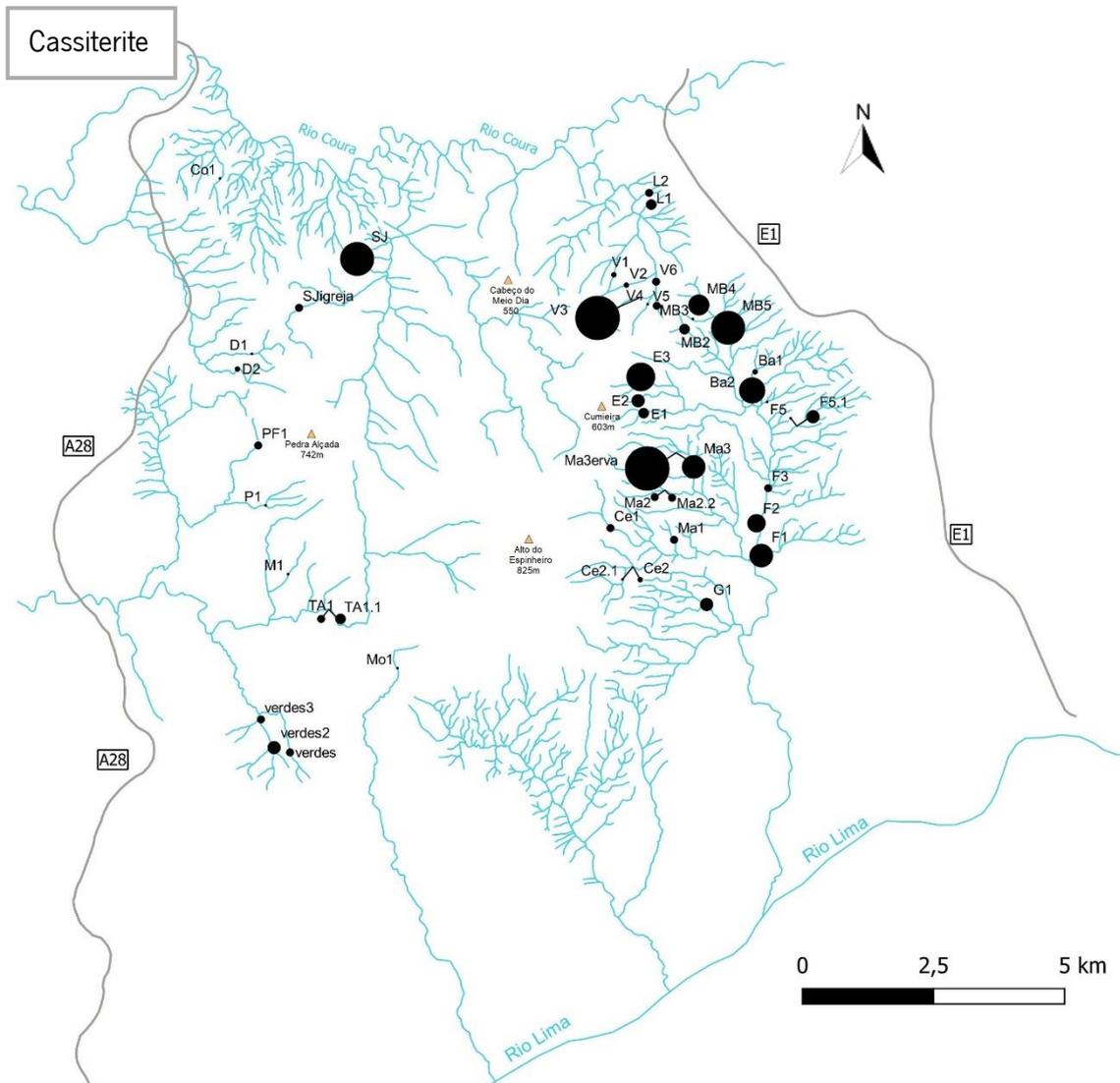
Legenda:

- Linhas de água principais
- Principais eixos viários
- ▲ Vértices geodésicos de referência

Nº de "pintas" de ouro:

- 9
- 6
- 3
- 2
- 1

Figura 43- Distribuição espacial do Ouro, presente nos sedimentos de linhas de água, colhidos.



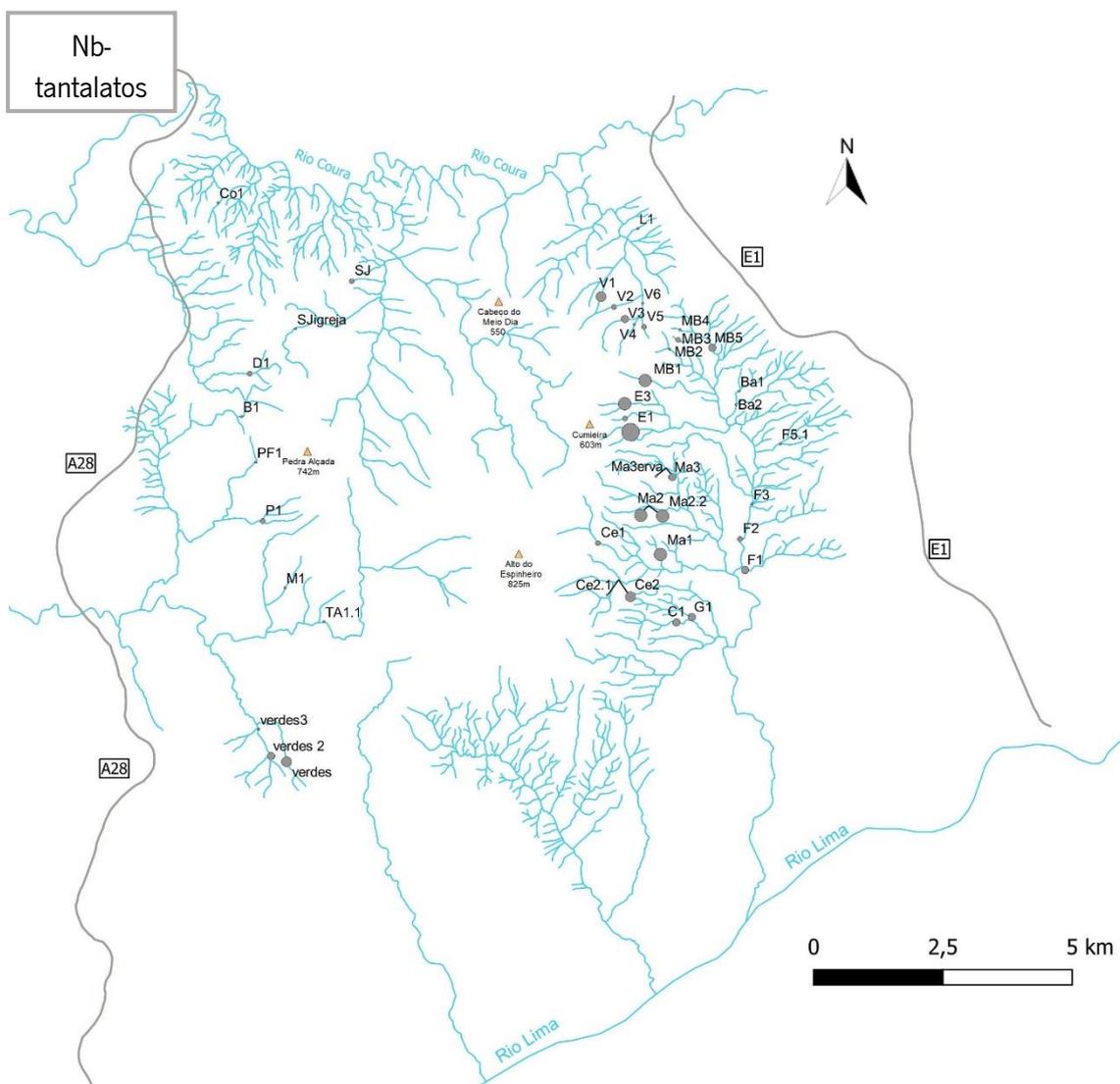
Legenda:

- Linhas de água principais
- Principais eixos viários
- ▲ Vértices geodésicos de referência

Percentagem de cassiterite dos respetivos pontos de colheita de concentrados :

- ≥ 80 e < 85
- ≥ 60 e < 65
- ≥ 50 e < 55
- ≥ 45 e < 50
- ≥ 40 e < 45
- ≥ 35 e < 40
- ≥ 30 e < 35
- ≥ 20 e < 25
- ≥ 15 e < 20
- ≥ 10 e < 15
- ≥ 5 e < 10
- ≥ 0 e < 5

Figura 44- Distribuição espacial da Cassiterite, presente nos sedimentos de linhas de água, colhidos.



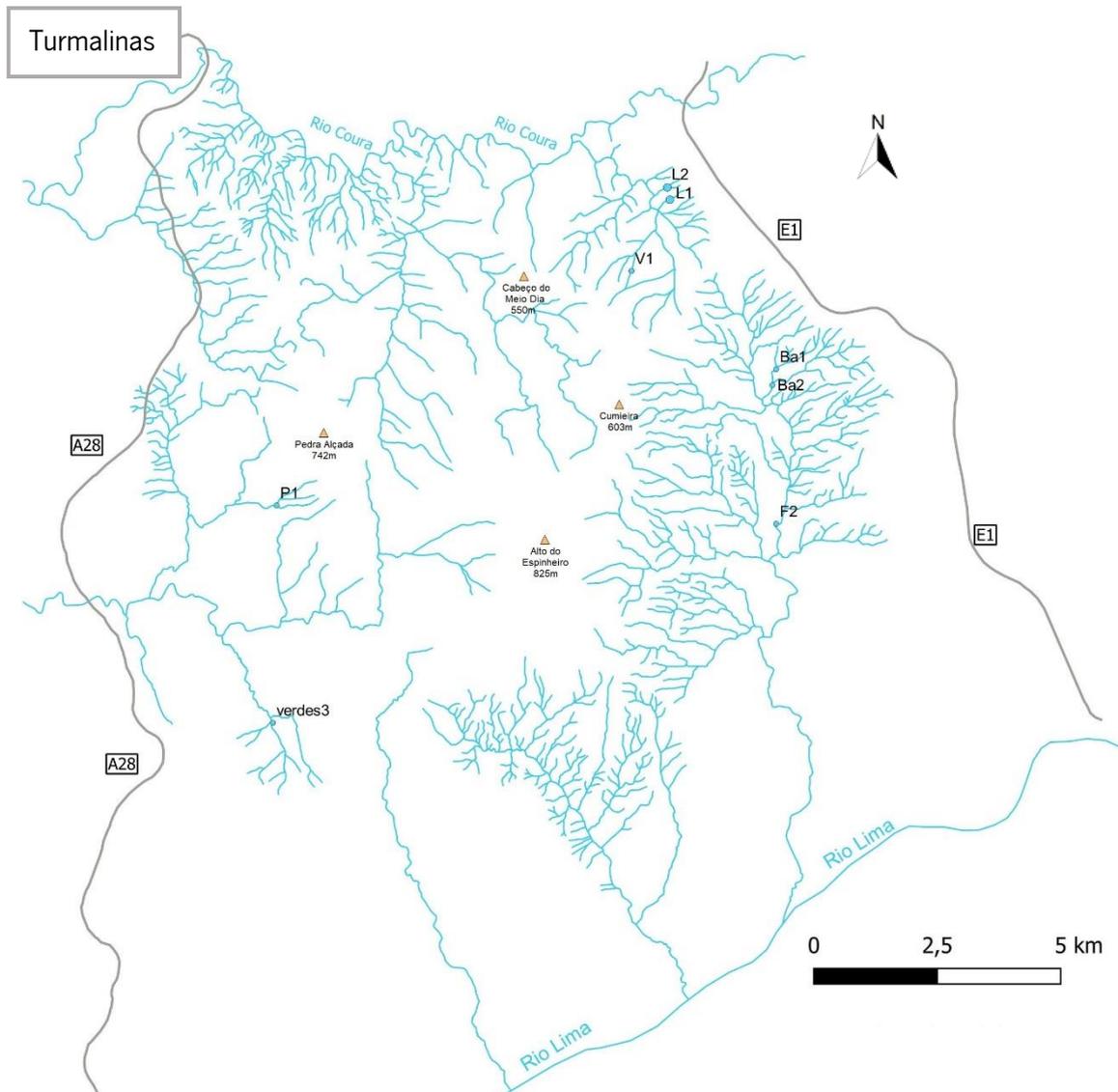
Legenda:

- Linhas de água principais
- Principais eixos viários
- ▲ Vértices geodésicos de referência

Percentagem de Nb-tantalatos dos respetivos pontos de colheita de concentrados:

- ≥ 30 e < 35
- ≥ 20 e < 25
- ≥ 15 e < 20
- ≥ 10 e < 15
- ≥ 5 e < 10
- ≥ 0 e < 5

Figura 45- Distribuição espacial de Nb-tantalatos, presente nos sedimentos de linhas de água, colhidos.



Legenda:

- Linhas de água principais
- Principais eixos viários
- ▲ Vértices geodésicos de referência

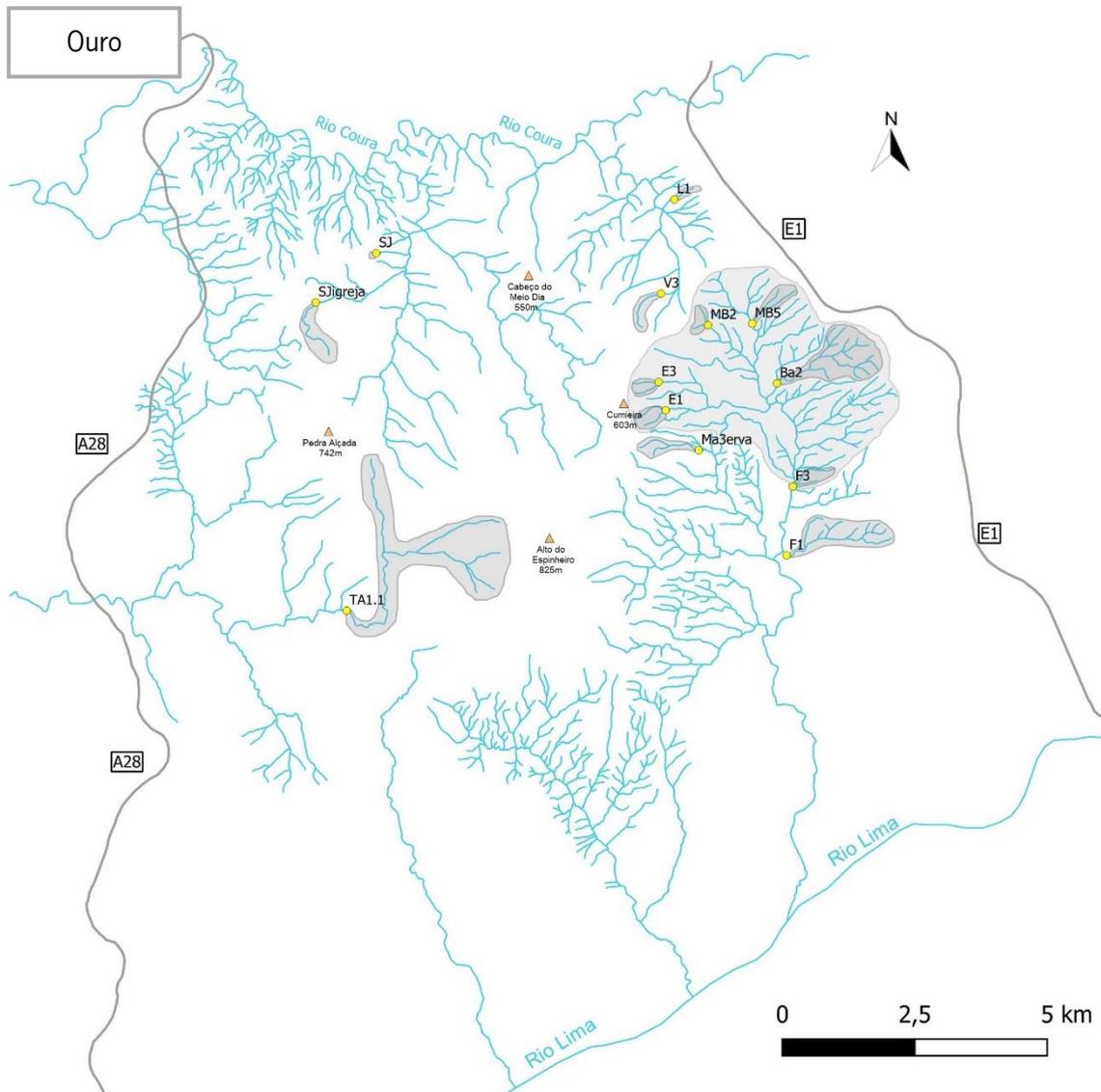
Percentagem de Turmalinas coloridas dos respectivos pontos de colheita de concentrados:

- ≥ 5 e < 10
- ≥ 0 e < 5

Figura 46- Distribuição espacial de Turmalinas, presente nos sedimentos de linhas de água, colhidos.

8.3.1. Bacias de Proveniência

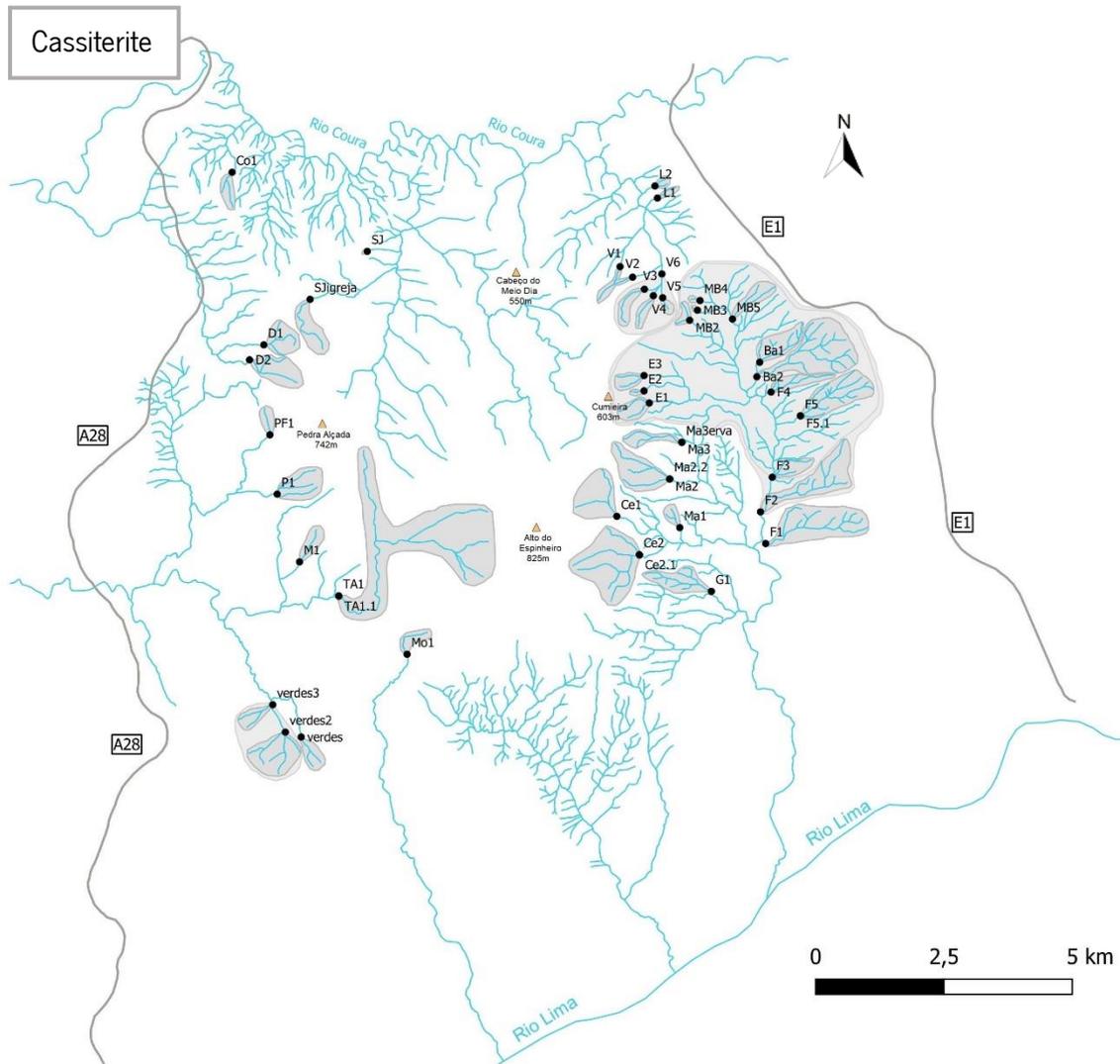
Nas Figuras 47, 48, 49 e 50 encontram-se as representações das bacias de proveniência mais prováveis para os guias mineralométricos considerados anteriormente, atendendo os declives de talvegues e sentidos de drenagem. Trata-se de áreas de influência para a colheita de minerais densos indicadores, que são delimitados pelas linhas de divisão de águas.



Legenda:

- Linhas de água principais
- Principais eixos viários
- Pontos de colheita de concentrados com partículas de ouro
- Vértices geodésicos de referência
- } Bacias de proveniência provável das partículas índice

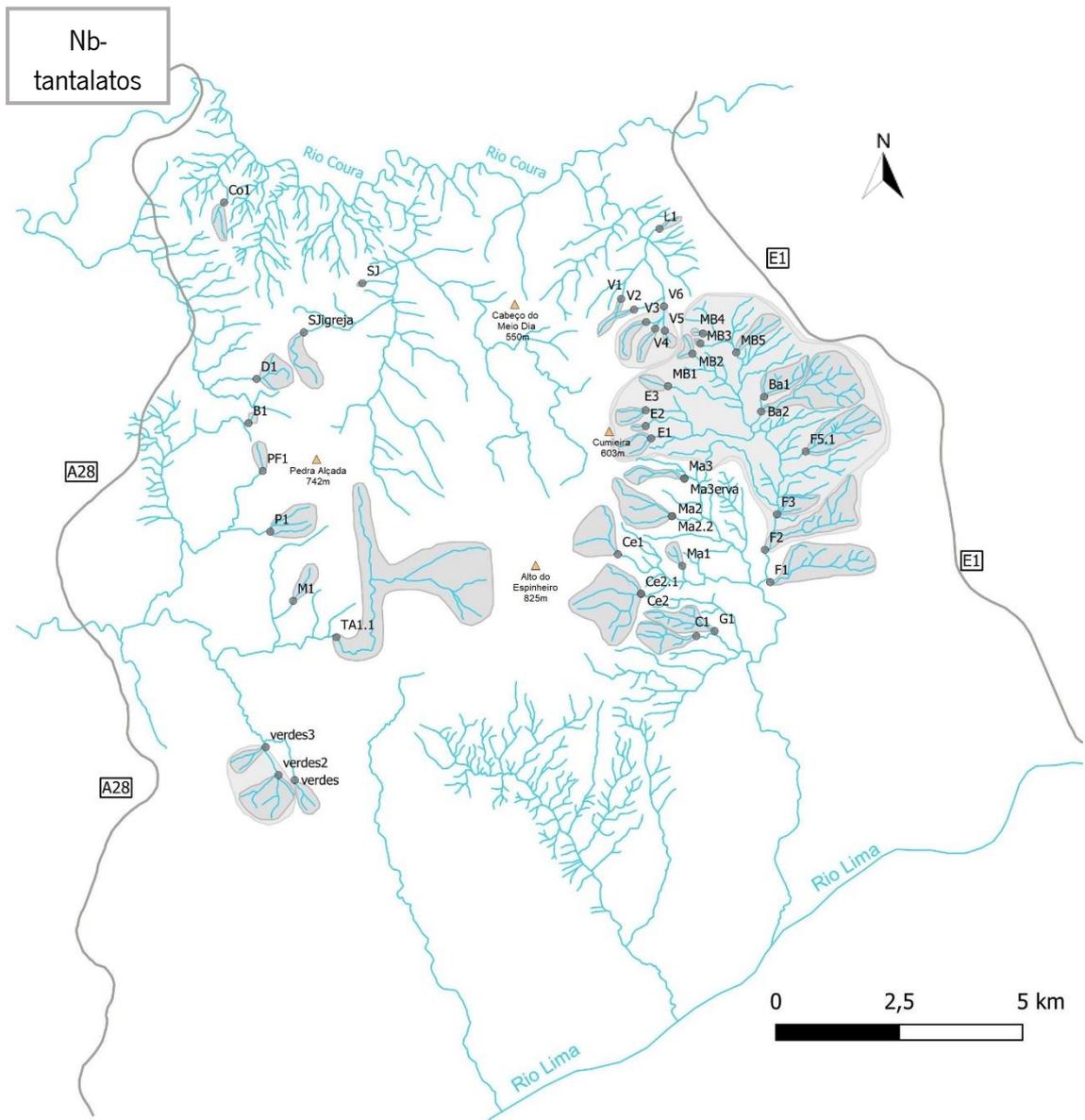
Figura 47- Bacias de influência do Ouro, evidenciado nos sedimentos de linhas de água, colhidos.



Legenda:

-  Linhas de água principais
-  Principais eixos viários
-  Pontos de colheita de concentrados com partículas de cassiterite
-  Vértices geodésicos de referência
-  } Bacias de proveniência provável das partículas índice

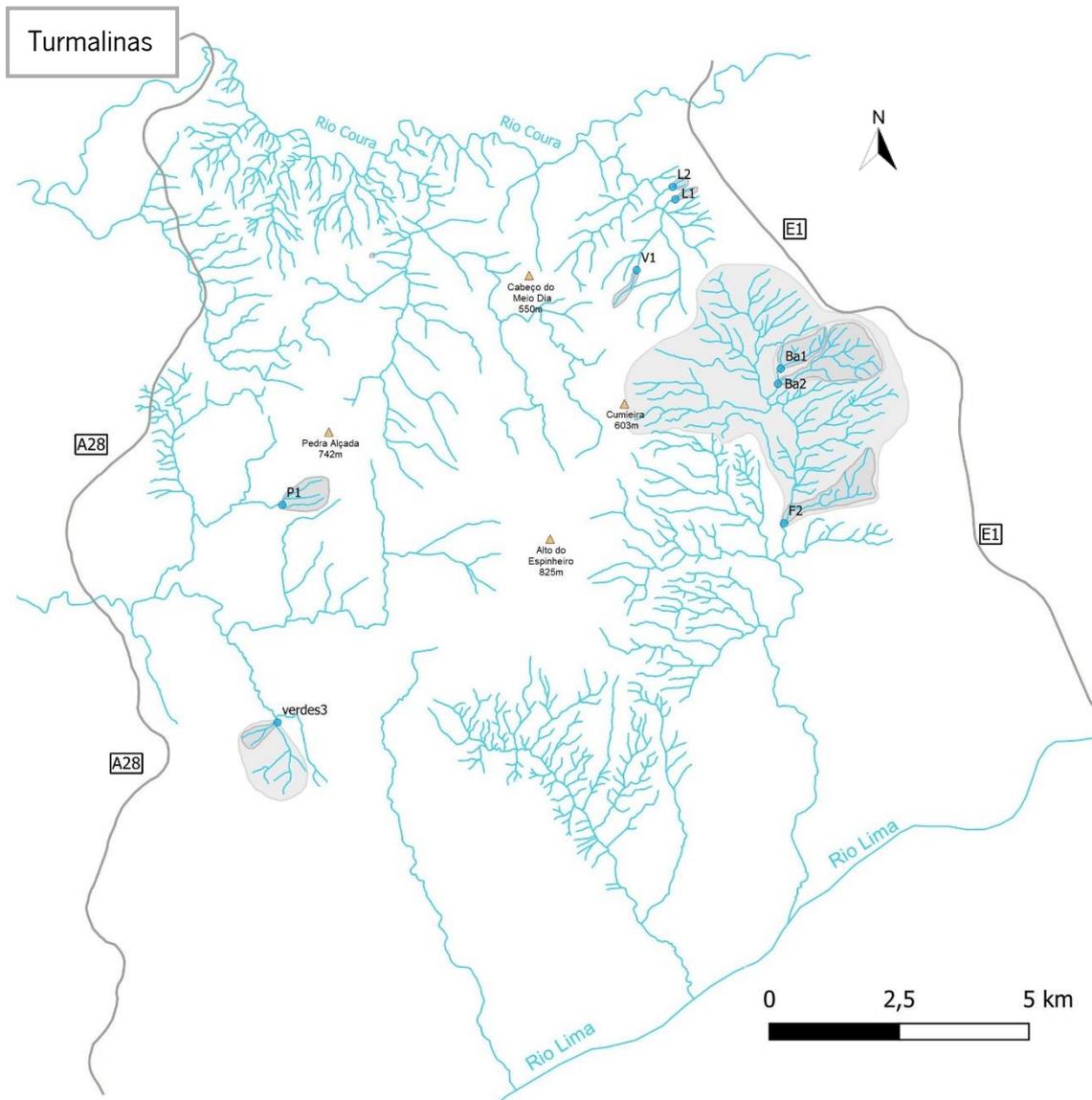
Figura 48- Bacias de influência da Cassiterite, evidenciado nos sedimentos de linhas de água, colhidos.



Legenda:

-  Linhas de água principais
-  Principais eixos viários
-  Pontos de colheita de concentrados com partículas de Nb-tantalatos
-  Vértices geodésicos de referência
-  } Bacias de proveniência provável das partículas índice

Figura 49- Bacias de influência de Nb-tantalatos, evidenciado nos sedimentos de linhas de água, colhidos.



Legenda:

-  Linhas de água principais
-  Principais eixos viários
-  Pontos de colheita de concentrados com partículas de turmalinas coloridas de assinatura LCT
-  Vértices geodésicos de referência
-  } Bacias de proveniência provável das partículas índice

Figura 50- Bacias de influência de Turmalinas, evidenciado nos sedimentos de linhas de água, colhidos.

Em termos gerais, do conjunto de distribuição de minerais indicadores, percebe-se que a subunidade da bacia alta do Rio Estorãos apresenta anomalias mineralométricas conjugadas, de praticamente todos os guias considerados.

No perfil de Rio Estorãos da figura, patente da Figura 51, na parte alta do perfil está a maior concentração de índices.

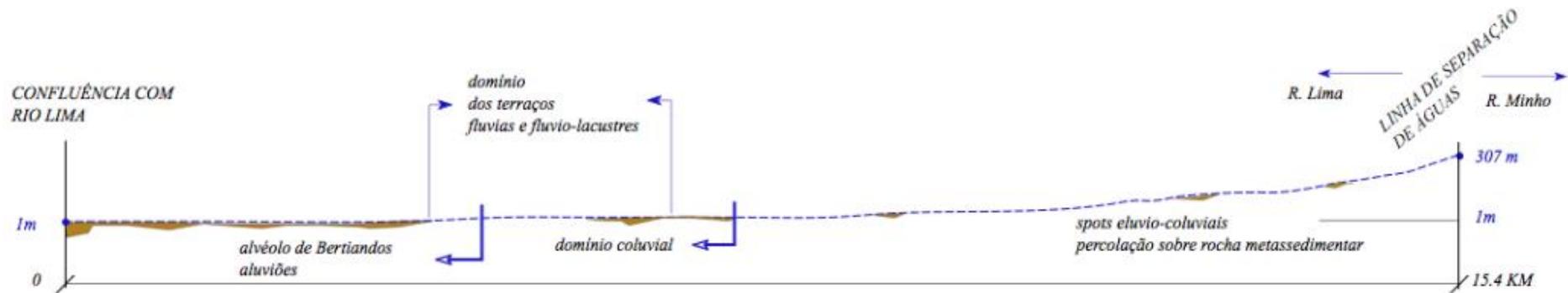


Figura 51- Ilustração do perfil do Rio Estorãos.

Olhando com mais detalhe para esta região (Figura 52), é possível estabelecer uma correspondência bastante estrita entre mineralizações primárias, já conhecidas em alguns pegmatitos graníticos, e veios de quartzo associados a corredores de cisalhamentos periplutônicos. Esta constatação não só constitui uma forma de ilustrar a eficiência do método mineralométrico, como também chama a atenção para uma possível ligação em contraste arqueológico, entre indícios mineralométricos e o frequente achado de pellets de escórias metalúrgicas antigas. Assim a mineralometria pode ser encarada como um método de prospeção arqueológica.

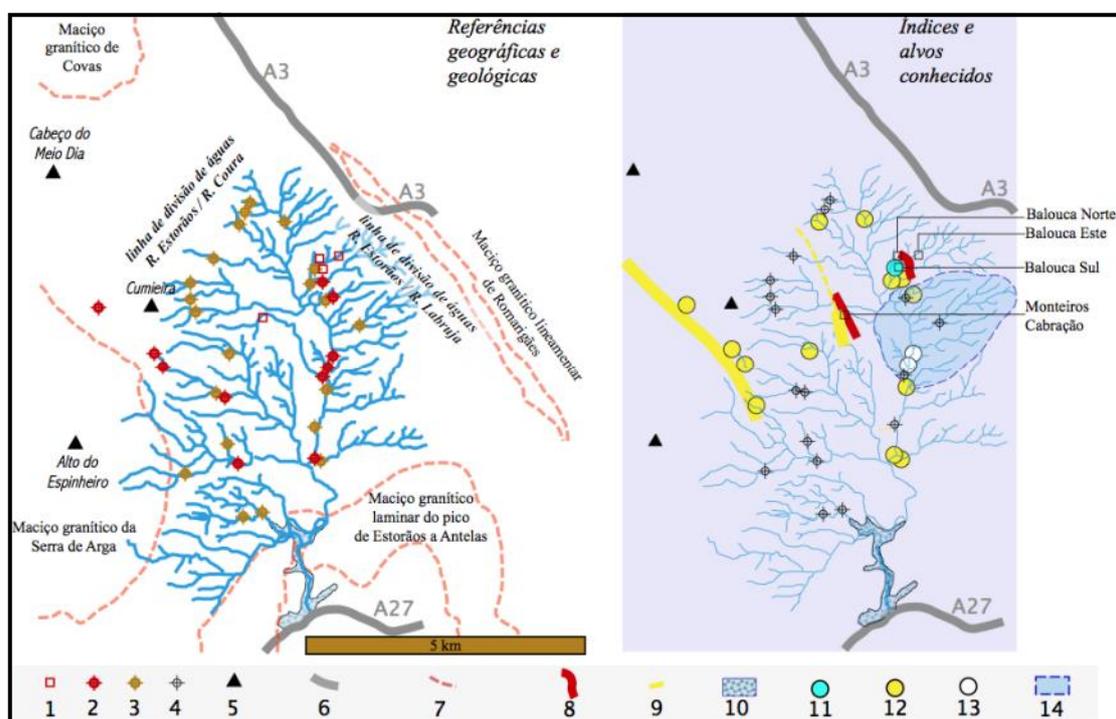
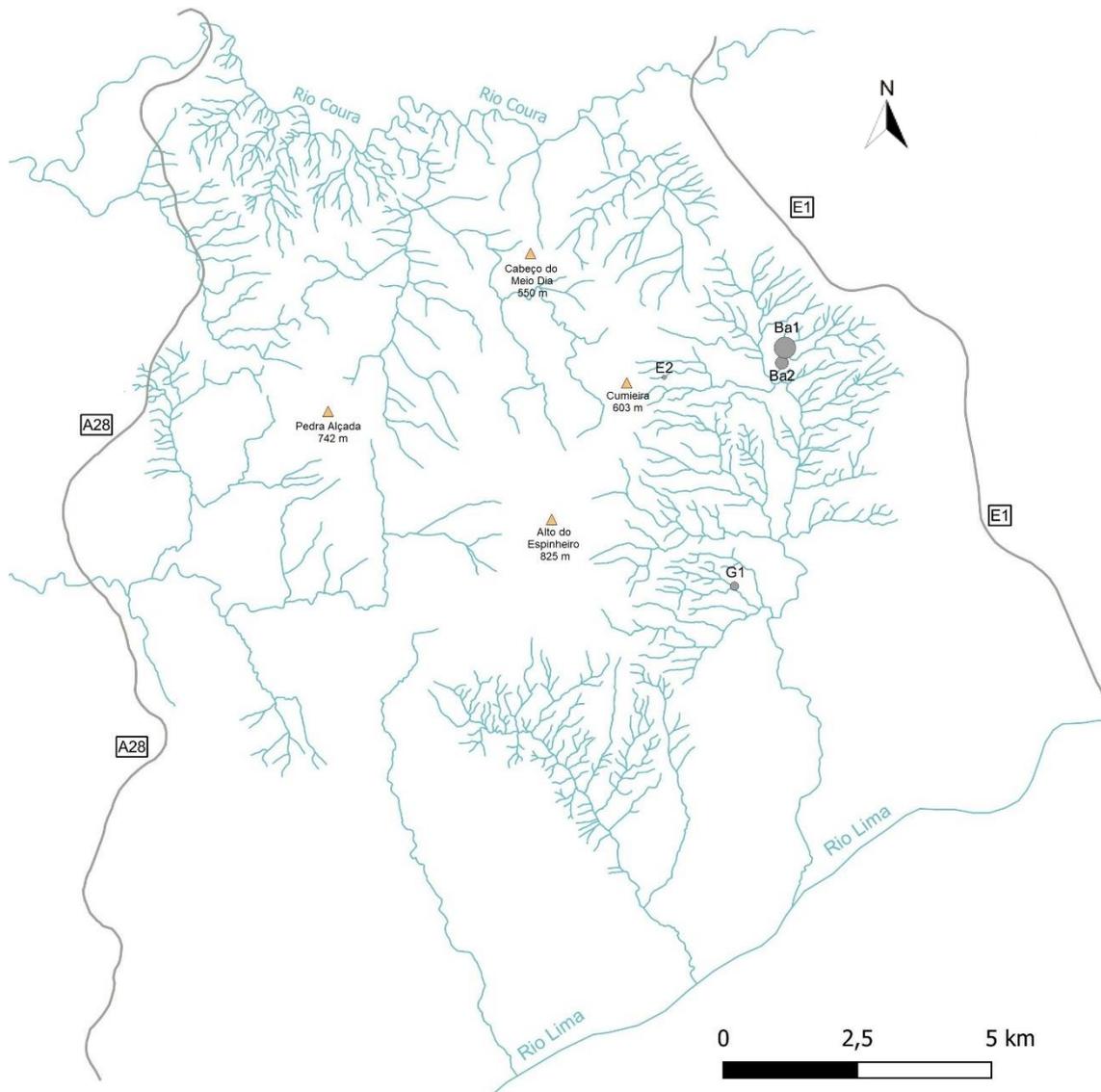


Figura 52- Subunidade hídrica, bacia alta do rio Estorãos - hipótese de correspondência entre indícios aluviais e alvos primários. **1** - locais de colheita de concentrados densos em aplito-pegmatito friável; **2** - locais de concentração à bateia em marmitas de linhas de água, nos anos 80 do século XX; **3** - locais de concentração à bateia no decurso deste estudo; **4** - deteção de minerais densos do fundo regional mineralométrico \pm cassiterite e óxidos de Ti, Nb e Ta; **5** - vértices geodésicos de referência; **6** - autoestradas; **7** - fronteiras de maciços graníticos; **8** - corredores com aplito-pegmatitos mineralizados com Li, Sn, Be, Nb e Ta; **9** - corredores com mineraizações de W, Zn, Au, Ag e Bi em veios de quartzo, por sua vez alojados em zonas de cisalhamento polifásico (a tracejado, propagação provável de uma das zonas, deduzida da mineralometria dos concentrado); **10** - cabeceira dos terrenos aluvionares do sistema Estorãos, possivelmente enriquecida em minérios densos; **11** - presença de indicadores mineralógicos densos de pegmatito de tipo LCT (mineralizado em Li, Cs e Ta) - microlite, tantalite e elbaita; **12** - presença de partículas de Au; **13** - presença de partículas de escórias de Sn - "tin slags"; **14** - região com possível ocorrência de forjas primitivas da metalúrgia do "Bronze" de potencial interesse arqueológico.

Ainda no caso da bacia alta do Rio Estorãos, revela-se uma outra utilidade de mineralometria de concentrados densos em sedimentos de linhas de água.

Trata-se do achado frequente de pellets de cartucho de caça em chumbo. Na Figura 53 ilustra-se a distribuição desses achados. Atendendo á interação entre pellets de chumbo e água de

escorrência fluvial, a prevalência de pellets da rede de drenagem proporciona uma primeira aproximação indicadora do estado de poluição metálica e eventual dispersão hidrogeoquímica de metais pesados.



Legenda:

- Linhas de água principais
- Principais eixos viários
- ▲ Vértices geodésicos de referência

Nº de pellets de chumbo de caça:

- 5
- 3
- 2
- 1

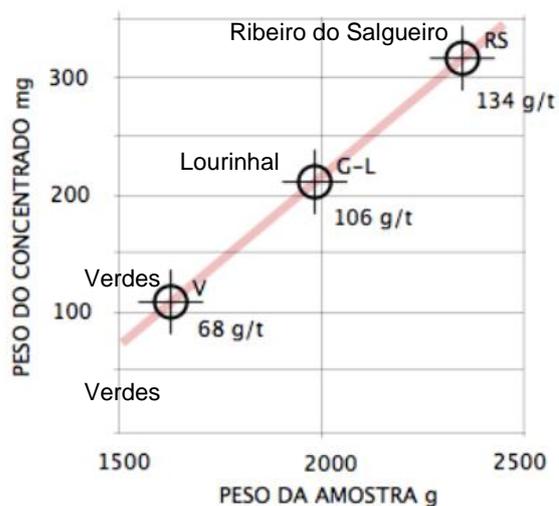
Figura 53- Distribuição espacial de pellets de chumbo de caça, presente nos sedimentos de linhas de água, colhidos. Estes com especial interesse a fim de entender a origem de uma possível contaminação de metais pesados.

8.4. Interpretação e Discussão de Resultados

Os resultados da pesquisa mineralométrica têm implicações a vários níveis de organização, algumas de cariz central, no contexto específico da prospeção mineralométrica, outras marginais, mostrando, mesmo assim algumas virtualidades.

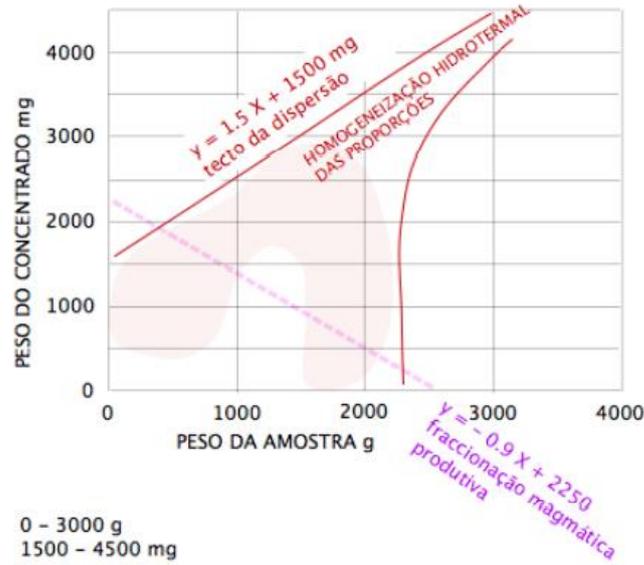
No Gráfico 1 sugere-se um destes exemplos através da relação entre a massa medida de concentrado, relativamente à massa total do material inicial, no caso de “tailings” de escombrelas de algumas minas mais importantes em lavra nos anos 50 de século passado (Alves 2014). Verifica-se naquela projeção que existe uma correlação positiva e quase uma proporcionalidade direta entre massa de concentrado e massa de material inicial. Uma explicação para este facto pode refletir uma constatação interesse tecnológico regional, a saber, que em geral, as lavarias com algum grau de mecanização tinham uma eficiência (em % de recuperação) similar, tendendo a que os filões explorados tinham teores também similares.

Gráfico 1- “Tailings de escombrela”



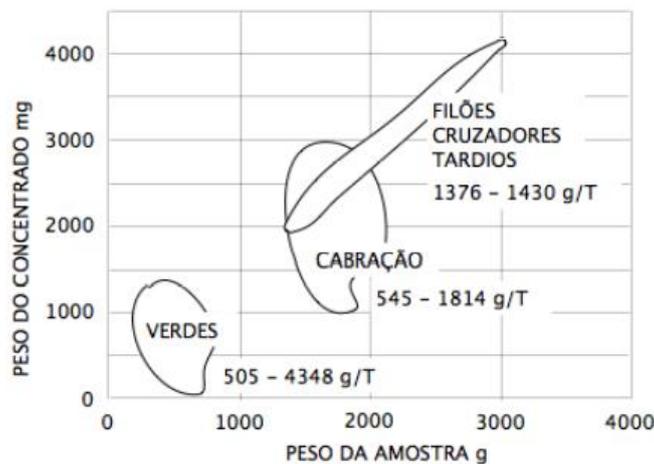
Considerando as massas de concentrado, relativamente às massas de depósito primário cominuído, muito em particular no caso dos aplito-pegmatitos, é possível deduzir correios de prospeção disseminantes dos tipos paragenéticos e das especializações metalogenéticas (Gráfico 2).

Gráfico 5- Aplito-pegmatitos e produtos de fracionamento e alteração hidrotermal relacionados.



No Gráfico 4 assinala-se que nos principais polos de extração de Sn±Nb-Ta, que decorreu até meados do século XX - Minas dos Verdes e da Cabração e filões com lepidolite e turmalina tardios, conhecidos como “cruzadores” (Alves 2014) – as razões de conteúdo variam entre 505/4348 e 1376/1438. Estes limites no que se refere aos jazigos pegmatíticos podem constituir, para condições produtivas, balizas empíricas que delimitam o âmbito de definição de alvos mineralométricos, tanto em materiais aplito-pegmatíticos como nas dispersões sedimentares que lhes correspondem.

Gráfico 7- Tipologia de indícios, para aplito-pegmatitos situados em polos principais de atividade extrativa passada e respetivas proporções de concentrados.



8.4.2. Balanço Composicional dos Conteúdos Mineralométricos Densos no Progresso da Sedimentação

No progresso da sedimentação, recorrendo aos mapas mineralométricos correspondentes parecem existir dois padrões evolutivos essenciais:

- Decréscimo de conteúdos densos em linhas de água, quando se passa de posições proximais, relativamente aos presumíveis depósitos primários, para posições distais, este decréscimo tem interesse prospetivo pois é equivalente a uma dispersão suscetível de ser perseguida até ao fulcro do alvo;

- Crescimento do conteúdo de minerais densos, quando se passa da parte alta das bacias de acolhimento, para a parte mais baixa onde podem surgir depósitos do tipo fluvial, tanto coluviais como até aluviais.

Para a dedução da proveniência dos conteúdos dos concentrados é fundamental uma comparação detalhada daquelas que ocorrem em “stream sediments” com as que ocorrem nos produtos de cominuição de depósitos primários, os quais podem constituir fontes primárias.

8.4.3. Classificação e Catalogação de Concentrados e Extratos Densos em Função das suas Proveniências

Os concentrados de minerais densos podem ser loteados em função dos seus conteúdos de minerais guias ou pistas (associações) de minerais que isoladamente podem não ter função indicadora, mas que em conjunto assumem essa função.

Estes lotes têm utilidades indicadoras que podem ser individualizadas e diagnósticas para determinado aspeto dos depósitos primários, que se procuram evidenciar – guias mineralógicas – ou então, só em combinações muito particulares têm eficácia indicadora – pistas mineralógicas:

- Cassiterite >> Columbite-Tantalite – pista para evidencia de aplito-pegmatitos estaníferos com ou sem mineralização de Li;

- Columbite-Tantalite >> - pista para evidência de aplito-pegmatíticos com mineralizações de Ta, Nb, Sn e provavelmente Li;

- Minerais raros de Nb e Ta – guias para evidência de aplito-pegmatitos do tipo LCT com lepidolite;
- Crisoberilo, Ganite e Nigerite – guias para evidência de aplito-pegmatitos mineralizados em Sn, Nb e Ta;
- Au nativo – guia para a presença de zonas de cisalhamento com mineralizações hidrotermais de metais preciosos ou metais básicos;
- Turmalinas coloridas – guias para a evidência de aplito-pegmatitos do tipo LCT com lepidolite ± espodumena;
- Reinite – guia para a presença de depósitos de W em rochas calcossilicatadas, protovulcanogénicas e protoexalativas;
- Alguns minerais de metamorfismo em combinação com minerais de metassumatismo – pistas para a presença de depósitos em rochas calcossilicatadas (W, Au, Bi);
- Granadas róseas claras – guia para a presença de aplito-pegmatitos granatíferos (granada industrial do tipo almandina).

9. Conclusões

Na região estudada observa-se uma correspondência e mesmo coincidência entre os conteúdos mineralométricos dos concentrados de minerais densos, extraídos de depósitos minerais (especialmente amostras em canal cominuídas) e os minerais pesados presentes em sedimentos de linha de água. Esta correspondência tem explicação na meteorização e erosão dos depósitos primários e tem uma expressão previsível tanto quando é observada em posições proximais como em posições distais.

Portanto no contexto geológico e geomorfológico da Serra de Arga e do CAPSA a mineralometria de metais pesados, em concentrados de linhas de sedimentos de linhas de água, é um método de prospeção eficaz e eficiente para detecção de depósitos de aplito-pegmatito e rochas calcossilicatadas.

9.1. Fundos Regionais e Anomalias Mineralométricas

Do conjunto abrangente de observações em microscopia de minerais pesados – em MOLD e MEV – foi possível sistematizar a existência de grupos fundamentais de fundos regionais mineralométricos com expressão nas associações de minerais pesados: fundo turmalínico, fundo granatífero, fundo misto e fundo quartzo-feldspático. Estes fundos regionais constituem o “background”, para lá do qual, se exprimem as anomalias que são representadas pela presença de clastos de minerais guias e pistas mineralógicas. O fundo quartzo-feldspático ocorre principalmente em posições proximais relativamente a manchas aflorantes de granitóides e surge com mais ou menos expressão consoante o apuramento indicado à prática manual da concentração. Em amostras padrão separadas em bromofórmio ele é praticamente inexistente. Parece existir uma prevalência de fundos regionais turmalínicos, ou mistos com mais turmalina, em áreas onde são mais frequentes as litologias de afinidade vulcanogénica e exalativa. Os fundos granatíferos prevalecem em drenagens onde o afloramento de rochas metassedimentares pelíticas é extrusivo.

As anomalias principais têm carizes diferenciados e sugerem a presença dos seguintes alvos: aplito-pegmatitos LCT, “skarns”, rochas calcossilicatadas, rochas vulcanogénicas e exalativas metamorizadas, veios de quartzo em zonas de cisalhamento com cinemática Varisca, áreas com

importância arqueológica no que respeita à metalurgia do bronze e incidência da acumulação de “pellets” de chumbo de caça, com impacto ambiental associado, relacionado com a provável contaminação de chumbo na rede de drenagem fluvial.

9.2. Pistas e Guias Mineralométricos

Tanto nos concentrados de rocha cominuída nos relativos a sedimentos de linhas de água, verificam-se as seguintes correspondências e pistagens:

- Generalizada ocorrência de turmalina escorlite-dravite – assinatura exalativa nas rochas regionais;
- Rara ocorrência de turmalina colorida ou acróica – assinatura típica de aplito-pegmatito LCT com lepidolite, ambligonite-montebrazite, ocasionalmente, petalite – espodumena;
- Rara ocorrência de Nb-Tantalatos raros – assinatura típica de linhagem pegmatítica LCT para paragénese muito evoluídas;
- Ocorrência de Cassiterite e Columbite-Tantalite – assinatura de generalidade dos aplito-pegmatitos mineralizados;
- Ocorrência de Columbite-Tantalite > Cassiterite – assinatura dos pegmatitos ricos em Ta, tais como alguns LCT mais evoluídos;
- Ocorrência de Au – zonas de cisalhamento auríferas e horizontes exalativos com sulfuretos intercalados nas sequências pelíticas;
- Ocorrência de Sheelite – mais eficaz que a volframite na sugestão de depósitos primários tungstíferos;
- Ocorrência de Reinite – sequência de rochas metavulcânicas, meta-exalativas e calcossilicatadas, mineralizadas com W, Au e Bi;
- Ocorrência de granada rósea clara – granada aplito-pegmatítica de interesse cerâmico com eventual mineralização de granada industrial.

9.3. Indicações para Montante e para Jusante das Anomalias

Do estudo combinado da drenagem e do carreamento sedimentar e com clara expressão na subunidade de drenagem do Rio Estorãos, retira-se que as anomalias na parte alta da Bacia são proximais, isto é, situam-se a escassa distância das fontes primárias dos sedimentos. Nas cotas mais baixas dos perfis fluviais, os valores altos de um conteúdo minaralométrico, além da possibilidade anterior, podem antecipar já a ocorrência de algumas concretações do tipo plácer situadas a jusante em colúviões e aluviões.

10. Bibliografia

- Alves, R.** (2007). Modelos de Equilíbrio Património - Potencialidade na Valorização de Depósitos Minerais Sub-Económicos - Aplicação ao Ordenamento do Território. Tese de Mestrado, Univ. Minho, 123 p.
- Alves, R. C.** (2014). Contribuição para um Sistema de Gestão Integrada de Sítios Mineiros do Nw de Portugal. Tese de Doutoramento, Universidade do Minho, Braga.
- Cerny, P.** (1991). Rare-element Granitic Pegmatites. Part 1: Anatomy and internal evolution of pegmatite deposits. Part II: Regional to Global Environments and Petrogenesis. *Geoscience Canada*, 18, pp. 68-81.
- Cerny, P., & Ercit, T.** (2005). Classification of granitic pegmatites revisited. *Can. Mineral.*, 43, pp. 2005-2026.
- Devismes, P.** (1978). Atlas photographique des minéraux d'alluvions. Paris, B.R.G.M, 203p.
- Devismes, P.** (1986). Détermination rapide des minéraux lourds des alluvions et des roches: utilisation pour l'inventaire minéralogique et la recherche minière. Documents BRGM 106. 82 p.
- Dias, P. A. e Leal Gomes, C.,** (2007). Estudo da natureza protolítica das formações do Serro – Serra de Arga, Minho, Portugal – Contributo para o conhecimento da poligénese vulcanosedimentar dos terrenos Silúricos. XV Semana de Geoquímica/ VI Congresso Ibérico de Geoquímica (Vila Real).
- Dias, P. D.** (2011). Análise estrutural e paragenética de produtos litológicos e mineralizações de segregação metamórfica : estudo de veios hiperaluminosos e protólitos poligénicos silúricos da região da Serra de Arga (Minho). Tese de Doutoramento, Universidade do Minho, Braga, 464 p.
- Iglésias, M.; Ribeiro, A.** (1981). Position stratigraphique de la Formation Ollo de Sapo dans la region the Zamora (Espagne) -Miranda do Douro (Portugal). *Comum. Serv. Geol.*, Lisboa, 67(1), pp. 141-146.

- Leal Gomes, C. e Lopes Nunes, J. E.** (1990). As paragénese correspondentes à mineralização litinífera do campo aplito-pegmatítico de Arga-Minho (Norte de Portugal). Memórias e Notícias, Publicações do Museu Laboratório Mineralogia e Geologia, Universidade de Coimbra, nº 109, p. 131-166.
- Leal Gomes, C.** (1994). Estudo estrutural e paragenético de um sistema pegmatóide granítico - O campo filoniano de Arga - Minho (Portugal). Tese de Doutoramento; Univ. Minho, Braga, 695 p.
- Leal Gomes, C. e Lopes Nunes, J. E.** (2003). Análise paragenética e classificação dos pegmatitos graníticos da cintura Hercínica centro-ibérica. A geologia de engenharia e os recursos geológicos, Coimbra - Imprensa da Universidade, II, p. 85-109.
- Leal Gomes, C., coord.** (2008). Minutas de revisão da folha 1C – Caminha da Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000.
- Lima, F.** (1996). Itinerários Geológicos do Alto-Minho - Estudo de locais de interesse geológico. Tese de Mestrado, Universidade do Minho, Braga, 215 p.
- Lima, F.** (2006). Caracterização e Estratégias de Valorização Sustentável e de Ocorrências Geológicas com Importância Patrimonial. Tese de Doutoramento, Univ. Minho, 336 p. (Volume de Anexos: Guia de LIGs, 116p.)
- Pereira, E, coord.,** (1989). Folha 1, Minho. Carta Geológica de Portugal 1/200.000. Serviços Geológicos de Portugal.
- Pereira M.** (2015). Paragénese contrastantes no campo pegmatítico de Arga (NW de Portugal) – Diversidade e Equilíbrio. Tese de Mestrado, Universidade do Minho, Braga.
- Ribeiro, A.; Pereira, E.** (1986). Flake tectonics in the NW Iberia Variscides. *Maleo*, 2(13), p. 38.
- Skipp L. G.; Brownfield I.** (1993). Improved density gradient separation techniques using Sodium Polytungstate and a comparison to the use of other heavy liquids. U.S. Geological Survey.
- Teixeira, C. e Assunção, C.** (1962). Carta Geológica de Portugal (1:50 000), Folha 1 – C (Caminha). Serv. Geol. de Portugal, Lisboa.

Teixeira, C. e Assunção, C. (1962). Carta Geológica de Portugal (1:50 000), Folha 1 – C (Caminha).
Serv. Geol. de Portugal, Lisboa.

Ribeiro, A.; Pereira, E. (1986). Flake tectonics in the NW Iberia Variscides. *Maleo*, 2(13), p. 38.