

# PROSPEG

PROJECTO DE PROSPECÇÃO,  
ANÁLISE DISTANCIADA  
E DETECÇÃO REMOTA  
DE PEGMATITOS









# PROSPEG

Projecto de Prospeção,  
Análise Distanciada  
e Detecção Remota de Pegmatitos



# ficha técnica

**Título**

PROSPEG - Projecto de prospecção, análise distanciada e detecção remota de pegmatitos

**Edição**

Sinergeo - Soluções Aplicadas em Geologia, Hidrogeologia e Ambiente, Lda.

**Autores**

Sinergeo, Lda. e Universidade do Minho

**Coordenação e autoria do texto base**

Capítulos I, II, III e IV: Patrícia Dias

Capítulo V: Bruno Pereira | Patrícia Dias

Capítulo VI: Bruno Pereira

**Equipa de Trabalho**

Bruno Pereira

João Azevedo

Jorge Oliveira

Patrícia Dias

Carlos Leal Gomes

Jacinta Marta Fernandes

José Carvalho

**Design Gráfico**

Pedro Cunha

Jorge Faria

**Impressão e Acabamento**

Tipoprado - Artes Gráficas, Lda.

**Data**

Outubro 2013

**Depósito Legal**

365870/13

**Tiragem**

100 exemplares

# Índice

Resumo	8
Agradecimentos	10

## **CAPÍTULO I** INTRODUÇÃO

<b>I.1 Interesse e enquadramento do projecto</b>	<b>12</b>
I.1.1 Ajuste dos métodos de prospecção geológica à pesquisa de pegmatitos	12
I.1.2 Conceptualização da abordagem distanciada à prospecção de pegmatitos	14
I.1.3 Objectivos gerais	15
<b>I.2 Enquadramento da prospecção e extracção de recursos pegmatíticos em Portugal</b>	<b>15</b>
<b>I.3 Selecção e enquadramento de áreas de estudo para acções de prospecção estratégica</b>	<b>18</b>
I.3.1 Elementos de enquadramento geográfico, geomorfológico e vegetação	18
I.3.2 Elementos de enquadramento geológico	22
I.3.2.1 Tectónica e Domínios estruturais	22
I.3.2.2 Contexto geológico em áreas seleccionadas	24
I.3.2.3 Divisões regionais de pegmatitos	28
I.3.2.4 Províncias e faixas mineiras	31
I.3.3 Selecção de áreas para implementação de rotinas de prospecção	31
<b>I.4 Tipologia de dados e protocolos metodológicos</b>	<b>31</b>
I.4.1 Dados prévios	32
I.4.2 Dados adquiridos	33

## **CAPÍTULO II** ENQUADRAMENTO OROGÉNICO DOS PEGMATITOS

<b>II.1 Modelos de implantação de pegmatitos</b>	<b>36</b>
<b>II.2 Entidades esperadas em análise distanciada</b>	<b>39</b>

<b>II.3 Enquadramento geológico e estrutura dos campos pegmatíticos nas áreas seleccionadas</b>	<b>43</b>
II.3.1 Enquadramento geológico e mineiro da área A - Ponte da Barca-Terras de Bouro	43
II.3.1.1 Enquadramento geológico na escala 1:50 000	43
II.3.1.2 Tipologia e distribuição dos pegmatitos	44
II.3.2 Enquadramento geológico e mineiro da área B1 - Chaves	47
II.3.2.1 Enquadramento geológico na escala 1:50 000	47
II.3.2.2 Tipologia e distribuição dos pegmatitos	48
II.3.3 Enquadramento geológico e mineiro da área D - Viseu-Satão	50
II.3.3.1 Enquadramento geológico na escala 1:50 000	51
II.3.3.2 Tipologia e distribuição dos pegmatitos	52
II.3.4 Enquadramento geológico e mineiro da área E - Guarda	54
II.3.4.1 Enquadramento geológico na escala 1:50 000	54
II.3.4.2 Tipologia e distribuição dos pegmatitos	55
<b>II.4 Indicadores geológico-estruturais e geomorfológicos de aproximação a áreas de pesquisa</b>	<b>57</b>
II.4.1 Faixas e maciços graníticos produtivos	57
II.4.2 Delimitação de áreas de pesquisa por integração de elementos geológico-estruturais e geomorfológicos	58
<b>CAPÍTULO III</b>	
TRATAMENTO DE IMAGENS DE SATÉLITE	
<b>III.1 Operações de processamento digital de imagens</b>	<b>62</b>
<b>III.2 Selecção de imagens e fotointerpretação</b>	<b>63</b>
III.2.1 Área A - Ponte da Barca	63
III.2.2 Área B1 - Chaves	66
III.2.3 Área D - Viseu-Satão	68
III.2.4 Área E - Guarda	70
<b>III.3 Classificação de imagens</b>	<b>72</b>
III.3.1 Área A	72
III.3.2 Área E	75
<b>CAPÍTULO IV</b>	
INVESTIGAÇÃO GEOLÓGICA EM ÁREAS DE PESQUISA	
- FUNDAMENTAÇÃO PARA A LOCALIZAÇÃO DE FUIROS DE SONDAGEM	
<b>IV.1 Selecção de áreas alargadas de pesquisa</b>	<b>78</b>
<b>IV.2 Investigação geológica na Área A - Ponte da Barca</b>	<b>79</b>
IV.2.1 Área de pesquisa de Azias	80
IV.2.2 Área de pesquisa de Germil	83
IV.2.3 Área de pesquisa de Mata da Galinheira/Castelo da Pena	86
<b>IV.3 Investigação geológica na Área B1 - Chaves</b>	<b>88</b>
<b>IV.4 Investigação geológica na Área D - Satão-Aguiar da Beira</b>	<b>91</b>
IV.4.1 Área de pesquisa de Salgueiro	92
IV.4.2 Área de pesquisa de Assunção Sul	96
<b>IV.5 Investigação geológica na Área E - Guarda</b>	<b>100</b>
IV.5.1 Área de pesquisa de Quinta Cimeira	101
IV.5.2 Área de pesquisa de Águas Belas	103



<b>IV.6 Implicações do programa de sondagens</b>	<b>107</b>
<b>IV.7 Guias estruturais e litológicos para a prospecção de pegmatitos</b> - generalização resultante do levantamento geológico em áreas de pesquisa	<b>107</b>
<b>CAPÍTULO V</b>	
SONDAGENS E MODELIZAÇÃO 3D	
<b>V.1 Logs de sondagem - resultados</b>	<b>110</b>
<b>V.2 Colunas graníticas de pegmatitização produtiva</b>	<b>113</b>
V.2.1 Análise de transições granito-pegmatito	
V.2.2 Implicações	114
<b>V.3 Modelização tridimensional</b>	<b>115</b>
V.3.1 Introdução	115
V.3.2 Resultados	117
V.3.3 Conclusões	122
<b>CAPÍTULO VI</b>	
CARACTERIZAÇÃO ESPECTRAL DE MASSAS PEGMATÍTICAS E LITOLOGIAS ENCAIXANTES ESPACIALMENTE RELACIONADAS	
<b>VI.1 Introdução</b>	<b>124</b>
VI.1.1 Reflectância espectral	124
VI.1.2 Resolução espacial	125
VI.1.3 A cor como indicador	125
<b>VI.2 Objectivo 125</b>	
<b>VI.3 Métodos e materiais utilizados</b>	<b>126</b>
VI.3.1 Colheita de dados	126
VI.3.2 Tratamento de dados	128
VI.3.3 Resultados	128
<b>VI.4 Tratamento dos resultados</b>	<b>129</b>
VI.4.1 Resultados espectrais	130
VI.4.2 Tabelas de correlação	130
VI.4.3 Classes de meios e materiais observados	132
VI.4.4 Cor de Munsell	132
VI.4.5 Influência da cobertura por líquenes	132
<b>VI.5 Análise das assinaturas espectrais</b>	<b>132</b>
VI.5.1 Análise das curvas espectrais médias de amostras pegmatíticas	133
VI.5.2 Análise das curvas espectrais médias por área de estudo	134
<b>VI.6 Conclusões</b>	<b>137</b>
Referências Bibliográficas	139

# Resumo

**N**o âmbito das actividades de I&DT da empresa Sinergeo, Lda., o projecto PROSPEG (nº11480), dedicado à investigação em prospecção e pesquisa e pegmatitos graníticos, co-financiado pelo "ON.2 - O Novo Norte e QREN através do fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER), resultou de uma co-promoção com a Universidade do Minho.

É objectivo geral do projecto o desenvolvimento de programas de prospecção e pesquisa de pegmatitos no território português, utilizando como via fundamental para a primeira aproximação a áreas de pesquisa, metodologias de análise distanciada e detecção remota. Justifica-se a investigação neste domínio pelas dificuldades de implementação de outros métodos geofísicos e geoquímicos, dado o deficiente contraste entre pegmatito e encaixante. Por outro lado, a inscrição da análise distanciada e detecção remota em programas de prospecção estratégica de pegmatitos, também se afigura vantajosa

em termos da relação custo/benefício e da extensão e densidade da cobertura que permite.

Em estágio estratégico as acções de prospecção incidiram sobre um conjunto de áreas, reconhecida ou hipoteticamente férteis no que respeita à ocorrência de pegmatitos com interesse económico.

Essas áreas podem ser encaradas como compartimentos da Província Pegmatítica Varisca do Norte e Centro de Portugal onde ocorrem pegmatitos com uma grande diversidade intrínseca, estrutural, morfométrica, mineralógica e económica, representando simultaneamente diferentes níveis estruturais de colocação e de exumação dos conjuntos e corpos pegmatíticos individuais.

Os suportes escolhidos para a análise distanciada foram imagens multiespectrais dos sensores LANDSAT e SPOT e ainda imagens disponibilizadas pelo Google Earth Pro. Estas foram submetidas a tratamento, através de processamentos digitais que incluíram a ampliação de contraste, a combinação RGB de bandas espectrais, a

análise em componentes principais e a classificação Maxver de imagens. A conjugação destas técnicas permitiu tornar mais evidentes padrões geométricos, cromáticos, texturais e espectrais da expressão superficial de pegmatitos e seus indicadores de prospecção.

Combinando aqueles procedimentos de processamento com indicações relativas a faixas e maciços produtivos, provenientes da análise sobre a distribuição regional de corpos nas áreas consideradas e aproveitando critérios empíricos geológico-estruturais e geomorfológicos, foi possível seleccionar um conjunto de áreas mais restritas sobre as quais se desenvolveram trabalhos de investigação geológica. Estes compreenderam numa primeira fase cartografia geológica a escalas 1:5000, como via para a identificação de sectores com índices pegmatíticos em situação potencialmente económica, a investigar mediante sondagens.

A partir destes levantamentos, alguns guias estruturais e litológicos condicionantes da presença de pegmatitos em contexto intra-granítico, também puderam ser discriminados. A direcção N30°E, tardi-Varisca, parece condicionar de forma estrita a instalação dos corpos com maior volume no Norte e Centro de Portugal. Por outro lado também se nota que a distribuição dos pegmatitos revela um carácter coincidente com sectores de maior diversificação e heterogeneidade litológica, reconhecendo-se as seguintes fácies tendentes para pegmatitos: leucogranitos com grão fino com biotites nodulares, amarelcidos por lixiviação com influência supergénica; fácies com tendência leucocrata com diferenciações difusas pegmatíticas; fácies microporfiróides com evidências de fluxo; fácies miarolíticas pontuadas por bolhas pegmatíticas; leucogranitos portadores de cordierite e granada; biotititos estabelecidos na superfície de contacto entre fácies graníticas e granitos porfiróides enrubescidos por hematitização hidrotermal a supergénica.

O programa de prospecção pontual com sondagens levado a cabo foi em alguns casos bem-sucedido, tendo-se chegado a intersectar em profundidade uma bolsada pegmatítica com dimensão apreciável. Noutros casos foi possível delimitar em profundidade o desenvolvimento de corpos conhecidos, sujeitos a exploração no passado, e aí aumentar o quantitativo de reservas potenciais. Nos casos em que se recorreu a métodos destrutivos de furação, adoptou-se de forma inovadora, como forma de obter correspondentes colunas de sondagem, a filmagem de furos combinada com a análise mineralométrica de cuttings.

Como subsídios do programa de sondagens também se refere a optimização de modelos geométricos e conceptuais de pegmatitos, os quais podem representar conjecturas paradigmáticas passíveis de extrapolação aos campos portugueses e desta forma apoiar subsequentes programas de prospecção pontual.

Também a partir dos logs de sondagem, aqui encarados como colunas graníticas produtivas em pegmatitos, foi possível inferir sobre tendências de fracçãoação, segregação e fluxo, capazes de fomentar o aparecimento de magmas leucograníticos transicionais e pegmatíticos, que podem posteriormente evoluir in situ ou ser mobilizados e libertados para corredores estruturais. As tendências parecem ser em alguns casos oscilatórias com ritmos bem definidos na organização das cúpulas, e do ponto de vista da detecção remota as fácies resultantes são à partida perceptíveis, na medida em que representam tipos cromáticos extremos e contrastantes, com expressão cartográfica mais extensiva do que os corpos pegmatíticos.

Como linha de investigação inovadora, capaz de apoiar a prospecção de pegmatitos através de detecção remota, ainda se obtiveram medidas de reflectância de produtos litológicos pegmatíticos e seus encaixantes produtivos. O correspondente levantamento realizou-se com recurso a um espectrorradiómetro e os espectros obtidos foram organizados numa base de dados específica. Estes podem ser correlacionados com determinadas oscilações espectrais nas imagens de satélite constituindo assim um acervo útil a utilizar no processamento de imagens, designadamente multi- e hiperespectrais. Da análise efectuada aos espectros, verificou-se que os respeitantes a massas de quartzo se revelaram mais distintos. Também foi possível separar do ponto de vista espectral encaixantes leucograníticos e testar a influência da cobertura do substracto exumado por líquenes. Verificou-se que a partir de percentagens de recobrimento de 35%, o sinal espectral é efectivamente homogeneizado, impossibilitando a discriminação litológica.

Considerando o crescente valor estratégico, económico e tecnológico atribuído aos recursos pegmatíticos e atendendo à inadequação de muitos outros métodos de prospecção, vislumbra-se aplicabilidade efectiva para as metodologias aqui exploradas.

# Agradecimentos

Pelo seu contributo na concretização deste projecto, a equipa técnica do PROSPEG apresenta o seu agradecimento a algumas pessoas, instituições e empresas:

Dra. Ana Marques  
Dr. Paulo Castro  
Dr. Paulo Bravo  
Eng. Paulo Morgado  
Dr. Miguel Potes  
Prof. Maria João Costa  
Dra. Daniela Catalão  
Junta de Freguesia de Azias  
Junta de Freguesia de Ferreira de Aves  
Junta de Freguesia de Vilas Boas  
Junta de Freguesia de Pinheiro  
Junta de Freguesia de Maçainhas  
Junta de Freguesia de Germil  
Junta de Freguesia de Cibões  
Junta de Freguesia de Vilela do Tâmega  
Direcção Geral de Energia e Geologia (DGEG)  
Instituto de Conservação da Natureza e Biodiversidade (ICNB)  
Instituto Empresarial do Minho (IEM)  
Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG)  
Felmica - Minerais Industriais, S.A.  
José Aldeia Lagoa & Filhos, S.A.  
Aldeia & Irmão, S.A.  
Areias e Britas da Barca, Lda.

# 1 capítulo



Introdução

# Introdução

## I.1 Interesse e enquadramento do projecto

No âmbito das actividades de I&DT da empresa Sinergeo Lda., o projecto PROSPEG, dedicado à investigação em prospecção e pesquisa de pegmatitos graníticos, co-financiado pelo “ON.2 - O Novo Norte” e QREN através do Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER), resulta de uma co-promoção com a Universidade do Minho (Departamento de Ciências da Terra e Centro de Investigação Geológica, Ordenamento e Valorização de Recursos) tendo sido consultora a empresa Geologia Geotecnia Consultores, Lda.

É objectivo geral do projecto o desenvolvimento de actividades de prospecção suportadas por metodologias articuladas e em interface de prospecção geológica convencional, apoiada na cartografia litológica e estrutural, e de análise distanciada, entendida como domínio que congrega a fotogeologia e a detecção remota pelo tratamento de imagens de satélite (Figura I.1).

A integração destas metodologias segue a estrutura funcional da prospecção de depósitos minerais; assenta fundamentalmente na manipulação escalar e procura ter carácter preditivo para ocorrências pegmatíticas aflorantes e subaflorantes com massas úteis económicas, visando situações de potencial interesse desde o contexto intra-granítico até ao contexto exo-granítico.

Os depósitos alvo incluem recursos cerâmicos e mineralizações de metais raros. As áreas de intervenção correspondem a compartimentos da Cadeia Varisca Ibérica, no território português.

Atendendo às dificuldades de implementação de outros métodos geofísicos e geoquímicos, dado o deficiente contraste entre jazigo e rochas hospedeiras, a inscrição da análise distanciada e detecção remota em programas de prospecção estratégica de pegmatitos, poderá ser vantajosa em termos da relação custo/benefício e da extensão e densidade da cobertura que permite.

Considerando o crescente valor estratégico, económico e tecnológico atribuído aos recursos pegmatíticos, vislumbra-se alguma aplicabilidade efectiva para as metodologias aqui exploradas.



Figura I.1

Diagrama sinóptico sobre as valências do projecto.

### I.1.1 Ajuste dos métodos de prospecção geológica à pesquisa de pegmatitos

A prospecção de depósitos minerais segue metodologias sistemáticas e é definida por fases – estratégica, tática e pontual. Os seus vectores e estrutura funcional estão reunidos por exemplo na obra de Chaussier e Morer (1992). O seu intuito é a descoberta de depósitos e o planeamento do seu aproveitamento.

Em fases estratégicas e táticas a aproximação aos fulcros de interesse tem âmbito regional e admite o recurso a métodos geofísicos, geoquímicos e fotogeologia. Às escalas pontuais, após aproximação aos índices, a melhor compreensão dos depósitos e suas características beneficia do controle com sondagens.

Se no caso de depósitos de minérios metálicos os métodos geoquímicos e geofísicos são considerados de grande utilidade desde fases estratégicas até táticas, beneficiando grandemente o acesso a índices mineiros, no caso dos depósitos pegmatí-

tos a inexistência de contrastes físicos e químicos consistentes relativamente às rochas hospedeiras dificulta a prospecção geofísica e geoquímica. Como impedimentos à utilização dos métodos refere-se a baixa percentagem de constituintes com resposta magnética e a baixa densidade e volume das suas massas.

Não obstante, o alcance dos seus contributos pode ser maior em depósitos com maiores volumes. Trueman e Černý (1982) consideram por exemplo a gravimetria eficiente na delimitação do pegmatito de Tanco (Bernic Lake, Manitoba). Relativamente ao fundo regional, constataram anomalias positivas gravimétricas sobre as unidades internas litíferas deste corpo e anomalias negativas na superfície de contacto com o encaixante (Figura I.2-A).

De aplicação em fases pontuais, também surgem descritos alguns procedimentos que fazem uso de métodos geofísicos. Paterson e Cook (2002) consideram por exemplo a utilização do radar de grande utilidade no que respeita à detecção de cavidades abertas em pegmatitos miarolíticos.

O quimismo das rochas encaixantes afectadas por fenómenos de alteração hidrotermal durante a formação dos depósitos é abordado por exemplo em Beus e Sitnin (1968). Neste trabalho desenvolvido sobre o distrito pegmatítico de Bernic Lake (Manitoba, Canadá), recorrem à litogeoquímica para delimitar fulcros de influência metassomática dependentes de pegmatitos, manifestados por altos conteúdos de Li, Rb e Cs (Figura I.2-B). Consideram que o seu desenvolvimento é mais pronunciado na dependência de pegmatitos evoluídos mineralizados em Ta e perante encaixantes metassedimentares.

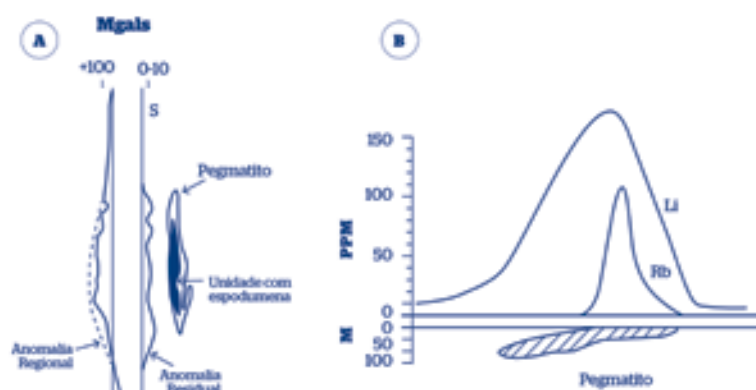


Figura I.2

Exemplos adaptados de Trueman e Černý (1982) sobre a aplicação de métodos geoquímicos e gravimétricos à prospecção do pegmatito de Tanco (Bernic Lake, Manitoba).

Zonas de greisenização e albitização também representam termos considerados produtivos designadamente na aproximação a depósitos estaníferos. Alguns critérios petrográficos de utilização empírica e mesonormas subjacentes ao diagrama Q-F para aproximação a cúpulas alteradas de granitos, estabelecem os vectores de prospecção com base na análise química, a utilizar em fases táctica e pontual da abordagem aos depósitos (p. ex. Charoy, 1979).

Métodos de geoquímica de solos surgem descritos por exemplo em Galeschuk e Vanstone (2007), como adequados à prospecção de pegmatitos evoluídos, portadores de metais raros.

Programas de mineralometria aplicados em fases estratégicas proporcionam segundo Trueman e Černý (1982) os suportes de decisão técnica mais consistentes relativamente ao prosseguimento da actividade de prospecção. A delimitação de áreas de pesquisa usa como critério a avaliação quantitativa de óxidos e silicatos densos pegmatíticos (cassiterite, Nb-tantalatos, turmalina, berilo e espodumena), recuperados a partir de sedimentos de leito.

Não se conhecem contudo exemplos formalizados e procedimentos de rotina na abordagem à prospecção de pegmatitos, continuando a descoberta de depósitos a valer-se principalmente de programas de cartografia geológica e estrutural e, a termo, o teste de índices mediante sondagens.

Nesta perspectiva e como via para a discriminação litológica e estrutural capaz de revelar indicadores úteis para prospecção, recorre-se generalizadamente à fotogeologia (fotografias aéreas e imagens de satélite). Os seus termos e concepções, estabelecidos por exemplo em Scanvic (1993), são ainda usados generalizadamente a escalas regionais.

Como obra de referência, o trabalho de Ray (1960) apresenta os fundamentos da fotogrametria e do ponto de vista utilitário explicita os critérios de apreciação de imagens, que podem ser usados na definição de atributos litológicos e estruturais. São termos de apreciação e classificação: o tom (como medida qualitativa de reflectância), a cor, textura, padrão, forma e tamanho, usados normalmente em conjugação.

Relativamente à prospecção de pegmatitos pode dizer-se que a fotointerpretação é usada de forma difusa (ex. Pereira, 2009; Minnaar, 2006), fazendo uso da pesquisa e qualificação de padrões, cores e texturas em particular em regiões com boa visibilidade de contornos e contrastes pegmatito/encaixante.

Ultimamente a detecção remota através de métodos automáticos de classificação de imagens começa a ser explorada como via para a prospecção de corpos aflorantes (Silva, 2009). Os rasgos mineralógicos dos compósitos magmáticos residuais tornam viável a sua detecção em imagens hiperespectrais (p. ex. Hyperion). Nesta acepção, é possível a discriminação de paragénese de alteração designadamente unidades de substituição internas pegmatíticas, em corpos com grandes volumes e extensões aflorantes. Peng et al. (2011) propõem a utilização conjugada destas imagens com imagens de radar para a definição de índices pegmatíticos em regiões com importante cobertura vegetal.

Esta via permanece contudo pouco explorada no sentido de se encontrarem sinais remotos com coerência intrínseca e conversíveis em protocolos de aplicação em programas de prospecção geológica de pegmatitos.

A generalizar-se porém o seu uso, ganha ênfase a investigação das assinaturas espectrais alusivas a minerais e associações de minerais pegmatíticos e seus encaixantes produtivos. As correspondentes medidas de reflectância recolhidas com recurso a espectroradiómetros (de uso no terreno e em laboratório), abonam elementos de classificação de imagens e validação de índices. Alguns trabalhos recentes declaram esta linha de investigação aplicada à prospecção de pegmatitos (ex. Peng et al., 2011; Silva, 2009, Justo et al., 2012).

### 1.1.2 Conceptualização da abordagem distanciada à prospecção de pegmatitos

Os depósitos pegmatíticos possuem uma organização em enxames e cortejos filonianos (Černý, 1982) - conjuntos de corpos estruturalmente e/ou petrogeneticamente relacionados - os quais possuem a escalas regionais:

- **uma organização espacial** mais ou menos regular no seio da estrutura dos plutões graníticos hospedeiros e relativamente à fonte granítica parental.
- **um encaixante mais favorável** - massas litológicas correspondentes a termos de fraccionação granítica que podem tender para os pegmatitos, ou bancadas metassedimentares com comportamento reológico mais favorável ao acolhimento; funcionalmente consideram-se unidades produtivas.

Estes atributos que decorrem da análise de modelos conceptuais genéticos e interpretativos, fornecem pistas para a prospecção e descoberta de índices de pesquisa os quais podem vir a configurar depósitos com produção praticável, após teste com sondagens. Como tal são entendidos como guias ou indicadores de prospecção.

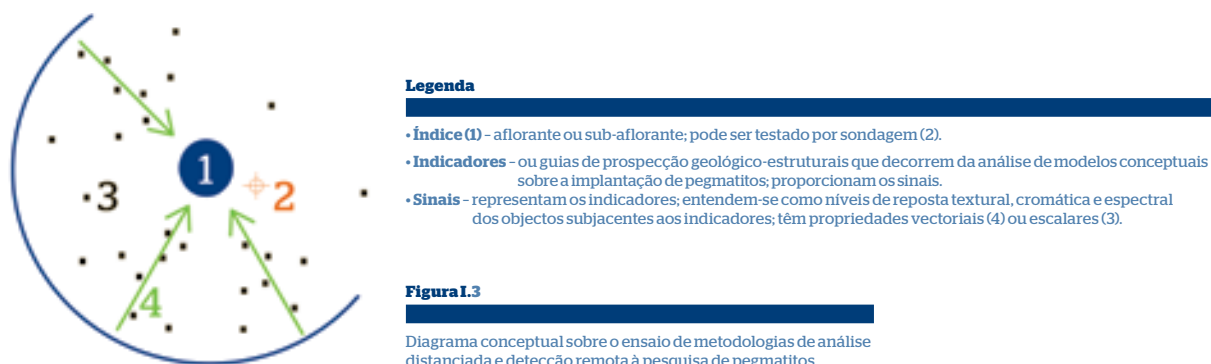
Conceptualmente é à partida previsível, que em alguns casos os seus objectos podem ser constatados nas imagens remotas. Ao proporcionarem um conjunto de sinais específicos, com determinado nível de resposta, são em princípio susceptíveis de discriminação numa exploração metódica e sistemática das imagens (Figura 1.3).

Alguns sinais podem ser encarados como vectores, apontando no sentido dos índices; outros expressam uma simples variação da magnitude do indicador subjacente a um índice; têm comportamento escalar, independente da direcção.

Os sinais podem decompor-se em repostas texturais, cromáticas, morfológicas e espectrais que não só descrevem a informação que procede dos guias como também representam a influência interferente da vegetação e produtos de meteorização, consequentes de diferentes interacções água-rocha e mineral-rocha (halos cromatizantes, argilas e óxidos com diferentes graus de humidade).

Assim, sob critérios funcionais separam-se sinais intrínsecos e extrínsecos aos indicadores. Os últimos podem apresentar-se como os mais difíceis de compreender, e destinar inclusivamente a ineficiência dos métodos de detecção remota. As ferramentas de realce de imagens podem ser conjugadas no sentido de os tornarem mais perceptíveis.

A análise distanciada como método de prospecção para uma aplicação fundamental à escala regional, deve organizar-se assim, no sentido da pesquisa de sinais que sejam indícios seguros e evidentes da presença de pegmatitos.





### I.1.3 Objectivos gerais

Consideram-se os seguintes objectivos seguidamente hierarquizados pelo alcance dos seus contributos para a utilidade do projecto:

- 1 - conversão de guias de prospecção ou indicadores em sinais remotos de resposta morfológica, cromática, textural e espectral que sejam indícios seguros e evidentes da presença de pegmatitos, a encarar como ferramentas de prospecção de corpos pegmatíticos em fase estratégica.
- 2 - definição e introdução de detalhe aos critérios de prospecção - geológicos, geomorfológicos e estruturais - de pegmatitos no território português através da pesquisa de estruturas, encaixantes favoráveis, e configurações geométricas sugestivas de relações credíveis granito-pegmatito.
- 3 - obtenção de dados espectrais identificativos de pegmatitos e litologias férteis ou indicadoras da presença de pegmatitos.
- 4 - dedução de modelos 3D conceptuais sobre a organização e morfologia de corpos a partir de levantamentos geológicos de detalhe e sondagens, que sejam representativos do condicionamento tectónico-orogénico de pegmatitos na Cadeia Varisca Ibérica.
- 5 - intersecção de jazigos mediante sondagens na faixa de 50 m mais superficiais - objectivo último do programa de prospecção.

## I.2 Enquadramento da prospecção e extracção de recursos pegmatíticos em Portugal

Em Portugal o investimento mineiro em prospecção, pesquisa e exploração de pegmatitos graníticos tem tido como objectivo principal a produção de quartzo, feldspato e massas minerais de apetência cerâmica (mesclas aplito-pegmatíticas indiferenciadas com Li).

Os mercados receptores da matéria-prima são fundamentalmente nacionais tendo em perspectiva o abastecimento das indústrias cerâmicas e do vidro e a produção de silício metálico e ferrosilício. Definiram-se em alguns casos reservas de berilo que vieram a aprovisionar indústrias metalúrgicas externas.

As Tabelas I.1 e I.2 e a figura I.4-A fornecem uma perspectiva sobre depósitos pegmatíticos com produção actual no território português. Segundo dados da DGEG (Direcção Geral de Energia e Geologia), para o período de 2011, contam-se 35 concessões com lavra activa e 21 com lavra suspensa. As produções declaradas pelos concessionários são relativamente baixas. A DGEG organiza-os em duas componentes produtivas - produção inferior a 50000 ton/ano (classe A) e superior a 50000 ton/ano (classe B). Concretamente a concessão de Vila Seca, em Viseu, representa o único depósito de tipo B com produção superior a 5000 ton/ano e registo de trabalhos subterrâneos. O tipo de extracção normalmente adoptado é o céu aberto, e do ponto de vista da produção são generalizadas operações de selecção manual para apuramento das fracções úteis do depósito (quartzo, feldspato potássico e feldspato sódico), na frente de desmonte, após fragmentação/redução do calibre. Em fase de beneficiação, empregam-se ultimamente equipamentos de separação óptica.

Na tabela I.3 listam-se os contratos e pedidos de prospecção e pesquisa para intenções de aproveitamento de recursos minerais pegmatíticos. A sua distribuição cartográfica fica representada no mapa da figura I.4-B.

A exploração, prospecção e pesquisa segue o regime estabelecido pela Lei de base para os recursos naturais (DL 90/90), e os procedimentos legais enquadrados pelo diploma DL 88/90:

- DL 90/90 - lei base para os recursos naturais - regime jurídico de regulação e aproveitamento de bens naturais - depósitos minerais, recursos hidrominerais e recursos geotérmicos do domínio público.
- DL 88/90 - legislação sobre prospecção, pesquisa e exploração de depósitos minerais naturais.

Em Portugal as possibilidades de aproveitamento de Li metálico a partir de minerais de Li em pegmatitos têm sido equacionadas (p. ex. em 2011 dedicou-se a este tema o simpósio Iberoeka). A ocorrência comprovada de petalite, espodumena, lepidolite e fosfatos de Li, os quais têm sido encarados como materiais cerâmicos, beneficiando o processo fundente industrial, anima esta intenção de aproveitamento, a qual embora sem cotação actual competitiva relativamente à produção de carbonato de Li a partir de precipitados salinos, hectorite hidrotermal e jadarite vulcanogénica-exalativa, é justificada pelo crescimento da procura (Leal Gomes, 2011).

Segundo o mesmo Autor a exploração e prospecção de recursos pegmatíticos em território português também deverá atender à ocorrência de quantidades importantes de metais, designadamente, Ta, Nb e Sn em pegmatitos com reservas de materiais cerâmicos, sob a perspectiva de um aproveitamento integral do depósito e combinado de diversas substâncias.

Segundo dados da DGEG, apenas os depósitos de Alvarrões, Formigoso, Cubos e Lagares nas tabelas I.1, I.2 e I.3 consideram este aproveitamento.

## I. Introdução

Cadastro	CONCESSÃO	CONCESSIONÁRIO	Depósito	Produto final	Localização	
					Concelho	Freguesia
1612	BOQUEIRÃO	SOPRED - SOCIEDADE DE PROTECÇÃO, RECUPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO MINEIRO DO VALE DA GAIA, S.A.	Sn, Feld	Fedspato, Areia	Guarda	Gonçalo
724	TAPADA DOS MORTUORIOS				Guarda	Gonçalo
854	LAMEIRA 2				Guarda	Gonçalo
746	LAMEIRA 1				Guarda	Gonçalo
C-133	ABEGÕES *	FELMICA - MINERAIS INDUSTRIAIS, S.A.	Qz, Feld		Viseu	Real, Germil, Trancoselos, C. de Penalva
C-111	ALLIÓ	JOSÉ ALDEIA LAGOA & FILHOS, S.A.	Qz, Feld	Pegmatito	Ribeira da Pena	Canedo
C-8	ALVARRÕES	MOTAMINERAL - MINERAIS INDUSTRIAIS, S.A.	Li, Sn	Pegmatito de Lítio	Guarda	Gonçalo, Seixo Amarelo e Vela
C-117	ATALAIA **	SILICÁLIA PORTUGAL - INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE AGLOMERADOS DE PEDRA, S.A.	Qz	Felspato	Almeida	Vilar Formoso
C-64	BAJOCA	FELMICA - MINERAIS INDUSTRIAIS, S.A.	Feld, Qz	Felspato	Vila Nova de Foz Côa	Almenda
C-35	BICHA	SOCIEDADE MINEIRA CAROLINOS, LDA.	Qz	Quartzo	Trancoso	Freches
C-98	CABEÇO DA ARGEMELA	UNIZEL - MINERAIS, LDA.	Qz, Feld	Feldspato	Covilhã e Fundão	Barco
C-57	CASTANHO	PEGMATÍTICA - SOCIEDADE MINEIRA DE PEGMATITES, LDA.	Feld	Pegmatito e Lítio	Guarda	Gonçalo
C-101	CASTELO N.º1	FELMICA - MINERAIS INDUSTRIAIS, S.A.	Qz, Feld	Feldspato	Mangualde e Penalva do Castelo	Travanca de Tavares
C-15	COVÃO	ALDEIA & IRMÃO, S.A.	Qz, Feld	Feldspato	Guarda	Vela e Benespera
C-51	FORTE DA CAL	FELMICA MINERAIS INDUSTRIAIS, S.A.	Qz, Feld	Quartzo	Sabugal	Bendada
C-123	FORMIGOSO *		Qz, Feld, Li, Ta	Fedspato	Ponte Lima	Cabração
C-91	FRAGUIÇAS	UNIZEL - MINERAIS, LDA.	Feld, Qz	Fedspato	Celorico de Basto	Agilde
C-70	GONÇALOS SUL	JOSÉ ALDEIA LAGOA & FILHOS, S.A.	Qz, Feld	Feldspato e Lítio	Guarda	Gonçalo
C-108	GONDIÃES	FELMICA - MINERAIS INDUSTRIAIS, S.A.	Qz, Feld, Li	Pegmatito e Lítio	Boticas e Cabeceiras de Basto	Gondiães
C-12	GRALHEIRA	GRALMINAS - MINEIRA DA GRALHEIRA, S.A.	Be, Feld, Qz	Feldspato	Sátão e Aguiar da Beira	Vila Longa
C-122	LANCHAIS	FELMICA - MINERAIS INDUSTRIAIS, S.A.	Feld, Qz	Caulinos	Sabugal	Agua Belas e Ombas
C-88	MADALENA		Qz, Feld	Feldspato	Sátão	Ferreira de Aves
C-45	MATA DA GALINHEIRA	ROCÁVIA - ROCHAS DE VIANA, LDA.	Qz, Feld	Quartzo	Ponte da Barca	Vila Chã (S. João)
C-100	MINA DO BARROSO	IMERYS CERAMICS PORTUGAL, S.A.	Feld, Qz	Pegmatito Lítio	Boticas	Covas de Barroso
C-32	PESTARENGA	GRALMINAS - MINEIRA DA GRALHEIRA, S.A.	Qz, Feld	Fedspato	Sátão	Ferreira de Aves
C-92	QUINTA DO QUELHAS	FELMICA - MINERAIS INDUSTRIAIS, S.A.	Qz, Feld	Fedspato	Guarda	Benespera
C-82	REAL		Qz, Feld	Fedspato	Penalva do Castelo	Real
C-86	SANGAS-SABRO	JOSÉ ALDEIA LAGOA & FILHOS, S.A.	Feld, Qz	Fedspato	Gouveia	Melo
C-134	SEIXALVO *	FELMICA - MINERAIS INDUSTRIAIS, S.A.	Qz, Feld, Li		Ponte de Lima	Cabração
C-22	SEIXOSO	UNIZEL - MINERAIS, LDA.	Qz, Feld	Areias Feldspáticas	Felgueiras, Amarante	Borba de Godim e Telões
C-21	SENHORA DA ASSUNÇÃO	SOBAL - SOCIEDADE DE BRITAS E AREIAS, S.A.	Qz, Feld, Be	Feldspato	Sátão	Ferreira D'Aves
C-93	VALE GRANDE	JOSÉ ALDEIA LAGOA & FILHOS, S.A.	Qz, Feld	Feldspato	Tondela	Molelos e Dardavaz
C-94	VELA NORDESTE			Pegmatito	Guarda	Vela
C-71	VENTURINHA	FELMICA - MINERAIS INDUSTRIAIS, S.A.	Qz, Feld	Feldspato	Sátão e Penalva do Castelo	Romãs
C-83	VILA SECA	FELMICA - MINERAIS INDUSTRIAIS, S.A.	Qz, Feld	Areias Feldspáticas	Mangualde	Chãs de Tavares, Travanca de Tavares

**Tabela I.1**

Inventário de concessões mineiras com lavra activa em 2011, sobre depósitos pegmatíticos. \*em arranque; \*\*em exploração experimental. Fonte: DGEG (consulta em 15-05-2013). Abreviaturas: Qz - quartzo, Feld - feldspato, Be - berílio, Sn - estanho, Li - lítio, Ta - tántalo, Caul - caulino

Cadastro	CONCESSÃO	CONCESSIONÁRIO	Depósito	Localização	
				Concelho	Freguesia
C-102	ALAGOAS	JOSÉ ALDEIA LAGOA & FILHOS, S.A.	Qz, Feld	Almeida	Freineda
C-42	BENESPÉRA		Qz, Feld	Guarda	Benespera
C-43	CASTANHO SUL	FELMICA - MINERAIS INDUSTRIAIS, S.A.	Feld, Qz	Guarda	Gonçalo
C-101	CASTELON <sup>01</sup>	PEGMATITICA - SOCIEDADE MINEIRA DE PEGMATITES, LDA.	Feld, Qz	Sátão	Vila longa
C-56	COMPANHEIRO				
C-34	CUBOS	SOCIEDADE MINEIRA CAROLINOS, LDA.	Ber, Li, Sn, W, Ta, Qz, Feld	Mangualde	Mesquitela e Mangualde
C-31	FRONTEIRA	GRALMINAS - MINEIRA DA GRALHEIRA, S.A.	Qz, Feld	Fronteira	Fronteira
C-63	LAGARES	FELMICA - MINERAIS INDUSTRIAIS, S.A.	Sn, Feld, Qz	Vila Nova de Paiva	Queiriga
C-110	LOUSAS	MINAS DA PEDRA MOURA, LDA.	Qz, Feld, Li	Boticas	Dornelas
C-44	PEDRA DA MOURA *		Qz, Feld	Ponte da Barca	Touvedo (Salvador)
C-30	PEDRAS PINTAS	QUARTEX - SOCIEDADE MINEIRA DO ALENTEJO, LDA.	Qz, Feld	Montemor-o-Novo	Lavre
C-124	PORTO VIEIRO	FELMICA - MINERAIS INDUSTRIAIS, S.A.	Feld, Qz, Li	Ponte Lima	Cabaço
C-40	QUINTA CIMEIRA		Qz, Feld	Sabugal e Belmonte	Maçainhas e Bendada
C-28	SMATIAS	GRALMINAS - MINEIRA DA GRALHEIRA, S.A.	Qz, Feld	Beja	São Matias
C-96	SALGUEIRAL	JOSÉ ALDEIA LAGOA & FILHOS, S.A.	Qz, Feld	Viseu	Torredeita e Couto de Baixo
C-7	SEIXINHOS	FELMICA - MINERAIS INDUSTRIAIS, S.A.	Feld, Qz	Gouveia	São Paio
C-67	SERRADO 1		Qz, Feld	Belmonte	Maçainhas
C-68	SERRADO 2		Qz, Feld	Belmonte	Maçainhas
C-24	TOJAL	PEGMATITICA - SOCIEDADE MINEIRA DE PEGMATITES, LDA.	Caul	Mangualde	Chãs de Tavares
C-47	VELA	JOSÉ ALDEIA LAGOA & FILHOS, S.A.	Qz, Feld	Guarda	Vela
C-87	VIGIA *	FELMICA - MINERAIS INDUSTRIAIS, S.A.	Qz, Feld	Aguar da Beira	Aguar da Beira

Tabela I.2

Inventário de concessões mineiras com lavra suspensa em 2011, sobre depósitos pegmatíticos. \*em recuperação paisagística. Fonte: DGEG (consulta em 15-05-2013).

Cadastro	TITULAR	Área	Substância	Situação Actual	Distrito	Concelho
MNPPPO301	FELMICA - MINERAIS INDUSTRIAIS, S.A.	Freixiosa	Qz e Feld	Pedido	Viseu	Penalva do Castelo e Mangualde
MNPPPO195	JOSÉ ALDEIA LAGOA & FILHOS, S.A.	Aldeia	Qz, Feld e Li	Pedido	Viana do Castelo	Caminha e Viana do Castelo
MNPPPO164	JOSÉ ALDEIA LAGOA & FILHOS, S.A.	Cabanas	Qz, Feld e Li	Pedido	Viana do Castelo	Ponte de Lima
MNPPPO194	JOSÉ ALDEIA LAGOA & FILHOS, S.A.	Vilarinho	Qz, Feld e Li	Pedido	Viana do Castelo	Caminha, Vila Nova de Cerveira e Ponte de Lima
MNPPPO193	JOSÉ ALDEIA LAGOA & FILHOS, S.A.	Ledo	Qz, Feld e Li	Pedido	Viana do Castelo	Vila Nova de Cerveira e Paredes de Coura
MNPPPO011	FELMICA - MINERAIS INDUSTRIAIS, S.A.	Lameirões	Feld. e Qz	Concedido	Braga	Vieira do Minho e Fafe
MNPPPO071	GRALMINAS - MINEIRA DA GRALHEIRA, S.A.	Vale de Mouro	Qz	Concedido	Guarda	Trancoso
MNPPPO246	JOSÉ ALDEIA LAGOA & FILHOS, S.A.	Vilas Boas	Feld. e Qz	Em Publicitação	Vila Real	Chaves
MNPPPO297	ALDEIA & IRMÃO, S.A.	Vilar de Cunhas	Qz e Feld.	Em Publicitação	Braga e Vila Real	Cabeceiras de Basto e Montalegre
MNPPPO212	JOSÉ ALDEIA LAGOA & FILHOS, S.A.	Famalicao	Feld. e Li	Concedido	Guarda	Guarda
MNPPPO0312	IMERYS CERAMICS PORTUGAL, S.A.	Antigo	Qz, Feld. e Li	Concedido	Vila Real	Boticas
MNPPPO1812	ALDEIA & IRMÃO, S.A.	Porto Covato	Qz e Feld.	Concedido	Braga	Cabeceiras de Basto
MNPPPO1712	ALDEIA & IRMÃO, S.A.	Matagão	Qz, Feld. e Li	Concedido	Guarda	Guarda
MNPPPO2212	FELMICA - MINERAIS INDUSTRIAIS, S.A.	Dornas	Feld. e Qz	Concedido	Braga	Amares
MNPPPO3812	SIFUCEL - SÍLICAS, S.A.	Laje de Prata	Qz e Feld.	Concedido	Portalegre	Nisa
MNPPPO3812	SIFUCEL - SÍLICAS, S.A.	Laje de Prata	Qz e Feld.	Concedido	Portalegre	Nisa e Crato
MNPPPO4112	FARIA LOPES & ALDEIA, S.A.	Bastelos	Qz e Feld.	Concedido	Braga	Fafe
MNPPPO3512	ALDEIA & IRMÃO, S.A.	Canedo - Covas	Qz, Feld. e Li	Concedido	Vila Real	Ribeira de Pena e Boticas

Tabela I.3

Inventário relativo a contratos e pedidos de prospeção e pesquisa à data de 15-05-2013. Fonte: DGEG.

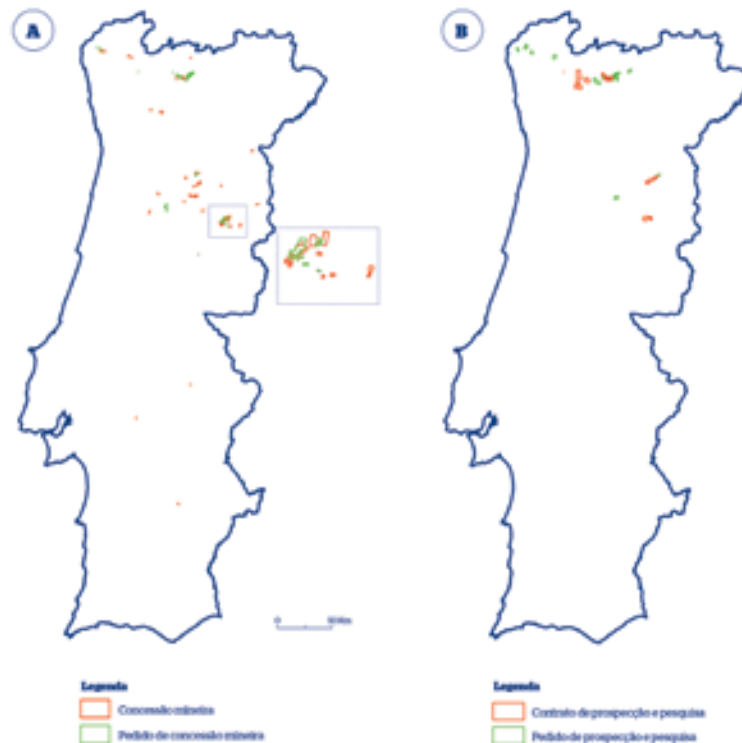


Figura I.4

Mapas de distribuição de concessões e áreas sujeitas a prospecção mineira (referíveis às listagens das tabelas I.1, I.2 e I.3); fonte DGE, (2013)

### I.3 Selecção e enquadramento de áreas de estudo para acções de prospecção estratégica

Para ensaio de metodologias de fotointerpretação e detecção remota à pesquisa de pegmatitos, e, em fase de prospecção estratégica, a primeira aproximação aos índices é regional, incidindo sobre um conjunto de áreas abrangentes do ponto de vista da cobertura territorial, que são, reconhecida ou hipoteticamente férteis no que respeita à ocorrência de pegmatitos com interesse económico comprovado.

Assim, nas abordagens preliminares concentraram-se os trabalhos de prospecção em áreas com vestígios numerosos de actividade extractiva para produção de quartzo e feldspato cerâmicos. Estas são à partida consideradas mais promissoras no que respeita à possível detecção de corpos de grandes dimensões superficiais e sub-superficiais.

Definiu-se um conjunto inicial de áreas de intervenção distribuídas no Norte, Centro e Sul do país que se designaram por A (Ponte da Barca-Terras de Bouro), B1 (Chaves), B2 (Tâmega), B3 (Murça), C (Penedono-Armamar), D (Viseu-Satão), E (Guarda-Belmonte), F (Idanha-a-Nova), G (Torrão-Montemor).

Pela delimitação das áreas procura-se representar, a maior diversidade possível de relações de intrusão pegmatito-encaixante e de filiação, granito-pegmatito, e expressar diferentes níveis de exumação e estruturais de colocação dos enxames e corpos (seja bolsadas ou filões). Contemplam-se pegmatitos cerâmicos e enriquecidos em metais raros das tipologias LCT e NYF de Černý (1982), com uma grande diversidade intrínseca, estrutural, paragenética e mineralógica, o que pode reflectir uma maior diversidade de situações e possibilidades de detecção distanciada, pressupondo que as suas propriedades consideradas pertinentes para a evidência remota possam manifestar algum sinal susceptível de ser analisado neste contexto.

#### I.3.1 Elementos de enquadramento geográfico, geomorfológico e vegetação

As áreas seleccionadas para estudo têm as coordenadas geográficas identificadas na tabela I.4.

Do ponto de vista administrativo abrangem os distritos de Viana do Castelo, Braga, Vila Real, Viseu, Guarda, Castelo Branco, Évora e Santarém.

A dimensão das áreas está compreendida entre 179 Km<sup>2</sup> e 397 Km<sup>2</sup> (tabela I.5), considerando-se estas, coberturas abrangentes mais adequadas à prospecção sustentada por análise distanciada.

A sua posição geográfica é dada no mapa da figura I.5.

	NW		NE		SW		SE	
	Long.	Lat.	Long.	Lat.	Long.	Lat.	Long.	Lat.
<b>A</b>	8°25'30"	41°49'45"	8°11'52"	41°49'47"	8°25'25"	41°42'29"	8°11'52"	41°42'29"
<b>B1</b>	7°33'47"	41°44'17"	7°21'51"	41°44'21"	7°33'58"	41°32'41"	7°21'57"	41°32'56"
<b>B2</b>	7°52'03"	41°38'57"	7°39'26"	41°38'55"	7°52'03"	41°30'02"	7°39'31"	41°30'04"
<b>B3</b>	7°37'14"	41°25'22"	7°25'32"	41°25'24"	7°37'14"	41°19'27"	7°25'43"	41°19'23"
<b>C</b>	7°33'43"	41°06'23"	7°19'17"	41°06'17"	7°33'49"	40°55'59"	7°19'25"	40°55'53"
<b>D</b>	7°45'12"	40°53'23"	7°30'57"	40°53'19"	7°45'15"	40°44'56"	7°30'57"	40°44'55"
<b>E</b>	7°22'42"	40°28'35"	7°05'04"	40°28'25"	7°22'46"	40°20'35"	7°05'00"	40°20'29"
<b>F</b>	7°17'17"	40°05'56"	7°00'31"	40°05'54"	7°17'22"	39°57'01"	7°00'38"	39°56'50"
<b>G</b>	8°19'03"	38°49'01"	8°04'37"	38°49'02"	8°19'04"	38°40'39"	8°04'38"	38°40'41"

Tabela I.4

Coordenadas dos vértices das áreas seleccionadas - coordenadas geográficas no datum WGS84.

	Dimensão (Km <sup>2</sup> )	Distrito	Cartas militares	Carta geológicas (50k)
<b>A</b>	Ponte da Barca-Terras de Bouro 253	Viana do Castelo, Braga	29, 30, 42, 43	5B Ponte da Barca
<b>B1</b>	Chaves 353	Vila Real	47, 61	6B, 6D Chaves, Vila Pouca de Aguiar
<b>B2</b>	Tâmega 287	Braga, Vila Real	59, 60, 73, 74	6C, 6D Cabeceiras de Basto, Vila Pouca de Aguiar
<b>B3</b>	Murça 179	Vila Real	88, 89, 102, 103	Não publicada
<b>C</b>	Penedono - Armamar 389	Viseu, Guarda	139, 140, 149, 150	14B, 15A Moimenta da Beira, Vila Nova de Foz Côa
<b>D</b>	Satão-Aguiar da Beira 313	Viseu, Guarda	158, 159, 168, 169	14D Aguiar da Beira
<b>E</b>	Guarda-Belmonte 369	Guarda, Castelo Branco	214, 215, 225, 226	18C Guarda
<b>F</b>	Idanha-a-Nova 397	Castelo Branco	257, 258, 269, 270	Não publicada
<b>G</b>	Torrão-Montemor 322	Évora, Santarém	422, 423, 436, 437	35B, 36A, 35D, 36C Mora, Pavia, Montemor-o-Novo, Arraiolos

Tabela I.5

Cobertura cartográfica e divisões administrativas das áreas seleccionadas.



Figura I.5

Posição geográfica e divisões administrativas das áreas seleccionadas para estudo.

As componentes fisiográficas mais relevantes em cada área encontram-se na figura I.6.

O Modelo Digital de Terreno para o território português foi obtido a partir da altimetria do satélite ASTER- SRTM/C-SAR (Shuttle Radar Topographic Mission/ Synthetic Aperture Radar) da NASA.

De uma maneira geral as áreas seleccionadas correspondem a regiões montanhosas, marcadas por elevações que se desenvolvem até aos 1300 m.

Pela figura I.6 constata-se que as áreas do Norte e Centro Norte apresentam semelhanças no que respeita à altimetria.

Nas áreas A e B2 as elevações desenvolvem grandes desníveis e vertentes de forte declive. As correspondentes amplitudes altimétricas estão indicadas na tabela I.6.

As áreas F e G correspondem a regiões de cotas mais baixas, as quais se desenvolvem até aos 700m em C e até aos 400 m em G.

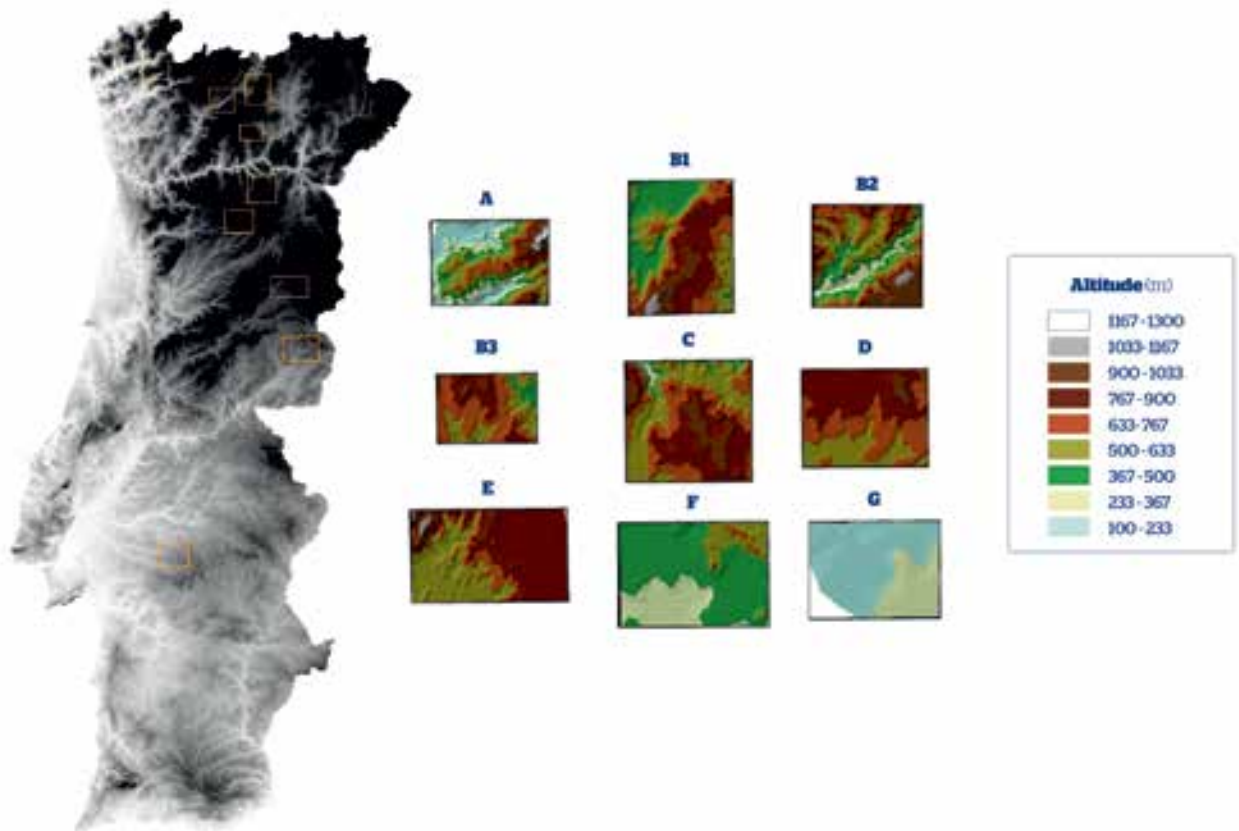
Os principais cursos de água desenvolvem-se em vales encaixados controlados estruturalmente. Esta organização fisiográfica é imposta pela estruturação tardi- Varisca, que formula os principais desligamentos megascales e pela neotectónica que os reactiva.

## I. Introdução

São determinantes da fisiografia, lineamentos de azimuth NE-SW nas áreas A e B2, e com orientações NNE-SSW e trajectos rectilíneos nas áreas B1, D e E. Estas direcções e as cumeadas dos maciços surgem truncadas por fracturas E-W. A direcção NW-SE parece influenciar mais estritamente as restantes áreas Beirãs. As tendências de ordenamento territorial, designadamente a ocupação do solo, foram ponderadas pela necessidade de se encontrarem índices de exumação superficial - parâmetro que qualifica a % de recobrimento do substracto litológico.

Os mapas de aptidão e usos do solo segundo a carta ocupação do solo do Atlas do Ambiente de 1980, encontram-se na figura I.7. Nestes, o tecido urbano é incluído em usos complexos (áreas de intervenção antrópica) e ocupa de forma descontínua parte importante das áreas. Em particular as áreas B1 e G manifestam percentagens de ocupação deste tipo extraordinariamente altas. As áreas A, B2, D e E distinguem-se pela menor definição espacial da ocupação complexa. Aqui e na generalidade das áreas distribuídas pelas regiões Norte e Centro, o aproveitamento agrícola surge organizado em ambiente de minifúndio predominando os espaços de uso florestal (com pinhal e eucaliptal) ou não florestados (rocha nua). As percentagens de ocupação são discriminadas na tabela I.6.

Na área G, de Montemor, com menores declives e transição para clima mediterrâneo com influência sub-tropical, a presença de mantos de alteração evoluídos traduz-se no recobrimento efectivo do substracto litológico, o que pressupõe uma menor probabilidade de êxito na aproximação sustentada por análise distanciada e detecção remota. Os mantos de alteração são policromáticos predominando os tons ocres.



**Figura I.6**

Modelo digital de terreno para o território português com implantação das áreas de estudo (delimitadas por rectângulos laranja). Fonte - SRTM/C-SAR, NASA.



	Altitude		A (%)	F (%)	U (%)	C	IES
	Min.	Max.					
A	1322	25	20	75	5	PN/BC	<b>3</b>
B1	1126	354	10	35	65	BC	<b>1</b>
B2	1194	186	15	77.5	7.5	-	<b>3</b>
B3	1022	445	20	50	30	-	<b>2</b>
C	950	264	10	65	25	-	<b>2</b>
D	942	553	25	67.5	7.5	BC	<b>2</b>
E	1140	469	20	70	10	PNT/BC	<b>3</b>
F	748	273	10	60	30	BC	<b>2</b>
G	214	131	15	40	45	-	<b>1</b>

Tabela I.6

Quadro síntese sobre as tendências de ordenamento do território nas áreas seleccionadas; percentagens de ocupação aproximadas por estimativa visual: A (% de área agrícola), F (% de área florestal), U (% área urbana/complexa), C (estatuto de conservação); IES (Índice qualitativo de exumação superficial)  
-1 - baixo; 2 - intermédio, 3 - alto.

Na tabela I.6 definem-se as classes qualitativas de exumação superficial ponderadas a partir das percentagens de ocupação e uso do solo, as quais fazem antever melhores condições para o desenvolvimento de operações mais bem sucedidas de detecção remota nas áreas A, B2 e E.

A análise efectuada não teve contudo em conta as coberturas por líquenes e musgos que podem ser extensivas nas rochas exumadas; estas ao produzirem a homogeneização do sinal remoto também diminuem as possibilidades de discriminação do substrato na abordagem distanciada (p. ex. Garcia, 1994; Rabaça, 2001).

Reconhecendo-se um depósito, a sua explorabilidade é também função dos condicionalismos que introduzem os instrumentos de ordenamento territorial.

Na figura I.8 apresentam-se as zonas que em Portugal constituem áreas de conservação (segundo os cadastros de 1980 e 1991 do Atlas do Ambiente). A protecção legal destes espaços, impede a actividade extractiva e inclui restrições às actividades de prospecção que tenham subjacentes movimentações de terras e sondagens.

Pelo cruzamento da informação cartográfica (Fig. I.8-A) pode reconhecer-se a sobreposição do Parque Nacional de Peneda Gerês na área de Ponte da Barca (A) e do Parque Natural da Serra da Estrela na área da Guarda (E).

A distribuição de zonas de protecção especial para as aves e biótopos CORINE apresenta a mesma abrangência geográfica e inclui um número mais alargado de espaços (Fig. I.8-B). Ficam condicionadas por estes estatutos de protecção as áreas B1, D e F, sem que contudo se conheçam impedimentos à prospecção e aproveitamento de recursos.

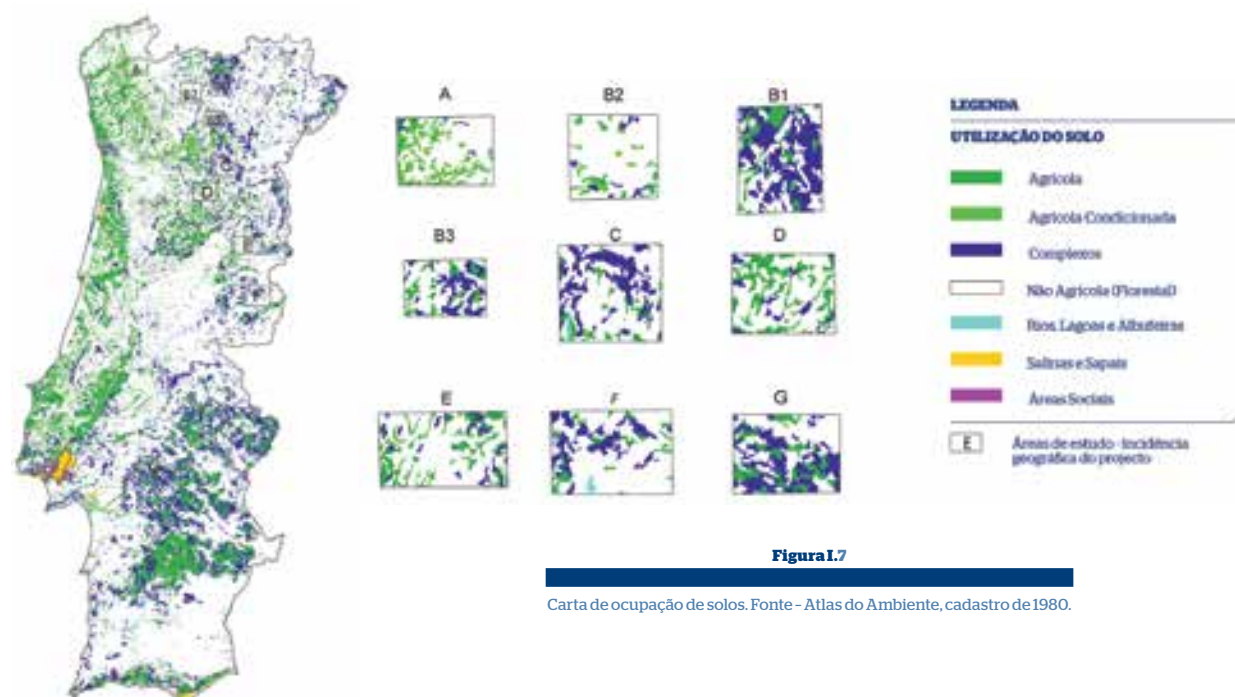


Figura I.7

Carta de ocupação de solos. Fonte - Atlas do Ambiente, cadastro de 1980.

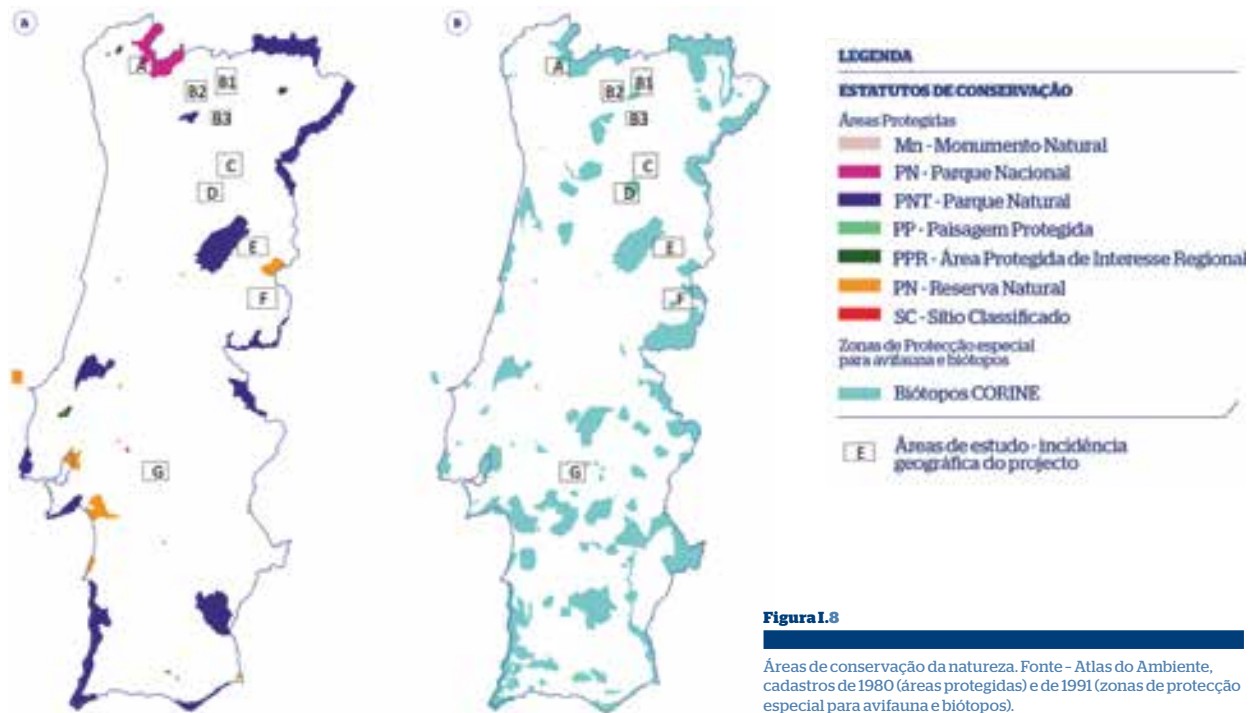


Figura I.8

Áreas de conservação da natureza. Fonte - Atlas do Ambiente, cadastros de 1980 (áreas protegidas) e de 1991 (zonas de protecção especial para avifauna e biótopos).

### I.3.2 Elementos de enquadramento geológico

Estabelece-se e desenvolve-se o enquadramento geológico geral das áreas de estudo a partir dos seguintes critérios de apreciação:

- Tectónica e domínios estruturais;
- Cartografia geológica apreciada na escala 1:50 000;
- Divisões regionais de pegmatitos;
- Províncias e faixas mineiras

#### I.3.2.1 Tectónica e Domínios estruturais

As áreas seleccionadas fazem parte do Maciço Ibérico, constituído no território português por formações poligénicas do Proterozoico Superior até ao Carbónico e rochas granitóides que as intruem. A Orogenia Varisca (entre o Devónico e o Pérmico) impõe-lhes a sua estruturação.

A compartimentação do Maciço Ibérico em zonas com estrutura e contexto paleogeográfico diferenciado, com limites propostos por Lotze (1945) e revistos em Julivert et al. (1974) e Farias et al. (1987), define o nível de enquadramento de 1ª ordem.

Segundo estas divisões as áreas estudadas inscrevem-se na Zona Galiza Trás-os-Montes (ZGT) (áreas A, B1, B2 e B3), na Zona Centro Ibérica (ZCI) (áreas C, D, E e F) e na Zona de Ossa Morena (ZOM) (área G), conforme se apresenta na figura I.9.

Reconhecem-se as seguintes características fundamentais dos terrenos assim compartimentados (ex. Ribeiro, 2013):

- **ZCI** - abrange as sequências litoestratigráficas autóctones, sem transporte tectónico identificável na Orogenia Varisca; compreende fácies turbidíticas, relativamente homogéneas, atribuídas ao Complexo Xisto-Grauváquico Proterozóico e Câmbrico, e os metassedimentos Ordovícicos e Silúricos;

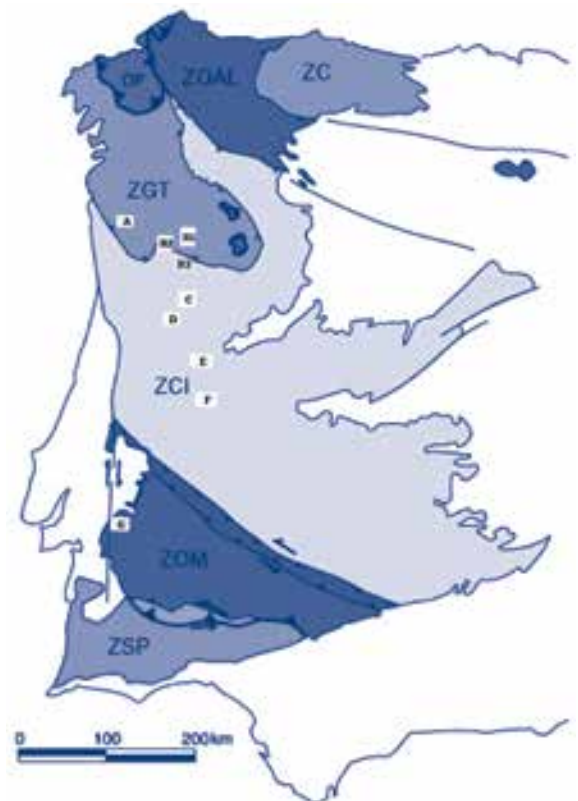


Figura I.9

Localização das áreas na compartimentação do Maciço Ibérico.



- **ZGTM** - inclui os complexos parautoctones e alóctones do N de Portugal, carreados sobre a ZCI, formados pela sobreposição e empilhamento de unidades paleogeográficas contrastantes separadas por carreamentos. Considera-se que a tectónica tangencial Varisca apresenta alcance restrito no parautoctone, afectando terrenos com afinidades à ZCI. Os terrenos alóctones compreendem as sucessões ofiolíticas transmontanas e integram terrenos continentais mais antigos, transportados por obducção durante a Orogenia Varisca;
- **ZOM** - complexa, inclui formações poligénicas do Proterozoico Superior até ao Paleozoico e os complexos ofiolíticos Sul Portugueses.

A sua organização estrutural resulta da definição de 3 fases de deformação na Orogenia Varisca, segundo a proposta de Ribeiro (2013):

- **1º fase (D1)** - compressiva, origina dobras de eixo NW-SE com plano axial vertical na ZCI e com vergência diferenciada nos terrenos parautoctones. Na ZOM atribuem-se a esta fase carreamentos subhorizontais, ligados à obducção dos complexos ofiolíticos do sector Sul Português (com sentido para N a NE).
- **2ª fase (D2)** - tangencial, induz cavalgamentos sub-horizontais com formulação de mantos-dobra nos terrenos parautoctones e a obducção dos complexos ofiolíticos Centro-Transmontanos. Na ZOM ocasiona dobras deitadas e carreamentos com transporte para WSW a SW.
- **3ª fase (D3)** - atinge o conjunto das Zonas desenvolvendo-se na sua dependência dobras com planos axiais subverticais.

Concomitantemente com a fase D3 definem-se a nível megaescalar corredores e zonas de cisalhamento dúcteis-frágeis e frágeis de plano vertical e azimuth NNE-SSW (p. ex. a falha Régua-Verin). Ainda são retomadas nesta fase, em regime transcorrente, estruturas anteriores possivelmente formuladas em D1 ou D2 (p. ex. a zona de cisalhamento Vigo-Régua).

O espessamento crustal relacionado com a colisão Varisca, teve como consequência a produção de magmas graníticos por anatexia. Decorre na 3ª fase, a instalação dos principais granitos com os quais se relacionam os pegmatitos, hospedados ou intruídos na sua periferia.

Ferreira et al. (1987) classifica-os segundo o seu período de instalação relativamente à fase D3 em granitos ante-, sin- e tardi a pós-D3. A distribuição geográfica, adaptada de Ribeiro e Coke (2006), é dada na figura I.10. Na tabela I.7 fornecem-se algumas referências petrográficas e idades.

Classificação	Fácies comuns	Idades U-Pb
Granitóides tardi a pós-D3	- granitos biotíticos, biotito-moscovíticos e de duas micas por vezes porfiróides; - granitos essencialmente biotíticos frequentemente porfiróides; - gabros, dioritos, monzodioritos quártzicos e granodioritos.	310-290 Ma
Granitóides sin-D3	- leucogranitos e granitos de duas micas com deformação variável; - granodioritos e granitos biotíticos com deformação variável.	320-310 Ma
Granitóides ante-Variscos	- granitóides do Proterozoico Superior ao Paleozoico Inferior (ortogneisses).	-

**Tabela I.7**

Classificação geotectónica, petrográfica e cronológica dos granitos do Norte e Centro de Portugal (retirado de Azevedo e Aguado, 2013).

Adaptando trabalhos de revisão recentes sobre a tipologia e petrogénese de granitos no Norte e Centro de Portugal (Azevedo e Aguado, 2013 e Noronha et al., 2013), referem-se as seguintes características fundamentais:

- **Granitos sin-D3 (ou sintectónicos)** - são contemporâneos da formulação dos principais dobramentos da fase D3, ocupando as suas zonas de charneira com azimuth NW-SE; incluem granitos biotíticos e granodioritos, volumetricamente menores, e fácies de duas micas, predominantes, peraluminosas, de tipo S, atribuídas à fusão parcial hidratada de níveis mesocrustais.
- **Granitos tardi a pós-D3 (ou tardi-tectónicos)** - intrusivos nos plutões sin-D3; incluem granodioritos e granitos biotíticos monzoníticos, em geral porfiróides, portadores de encraves máficos microgranulares, com baixa peraluminosidade e sem deformação evidente. Representam magmas de tipo I ou transicionais I-S produzidos por hibridização de magmas cristais com magmas básicos provenientes da crosta inferior e manto, processo que no contexto da Cadeia Varisca

tendeu a ser favorecido, em contexto de colapso orogénico, por delaminação da astenosfera. Ainda incluem granitos biotítico-moscovíticos, mais tardios, de afinidade crustal mais marcada, por hipótese atribuídos a processos de fraccionação desenvolvidos a partir daqueles.

- **Granitos pós-D3 (ou pós-tectónicos)** - correspondem a fácies biotíticas geralmente porfíroides, sub-alcálinas, de tipo I, organizando plutões concentricamente zonados, discordantes relativamente às estruturas regionais e granitos antecedentes. Representam magmas provenientes da crosta inferior, com contribuição do manto, instalados em níveis estruturais superiores (6 a 7 Km).

Uma análise da distribuição dos maciços relativamente a grandes estruturas Variscas do Norte e Centro de Portugal encontra-se em Dias e Coke (2006). Os Autores propõem as seguintes megaestruturas e eixos fundamentais, encarando-os como anisotropias crustais formuladas durante as fases extensionais do Paleozoico inferior, e sugerem o seu papel fundamental sobre as coordenadas de implantação dos granitos Variscos:

- **Zona de cisalhamento Vigo-Amarante-Régua** - com orientação NW-SE, controla a instalação dos plutonitos circunscritos sintectónicos e maciços tarditectónicos;
- **Eixo Monção-Mondim-Murça-Moncorvo** - a representar a instalação e alongamento dos maciços sintectónicos de duas micas em Trás-os-Montes;
- **Eixos Porto-Viseu-Guarda e Chaves-Miranda do Douro** - alinhamentos menores assinalados por granitos de duas micas sintectónicos;
- **Falha Régua-Verin** - estrutura megaescalar tardi-D3, com reactivação polifásica, de azimute NNE-SSW, que controla a instalação dos granitos pós-tectónicos do maciço de Vila Pouca de Aguiar.

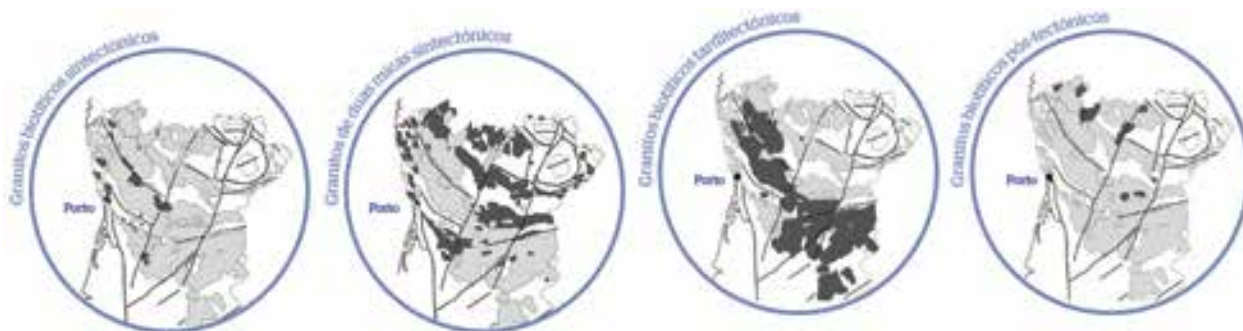


Figura I.10

Distribuição dos granitos sin, tardi e pós-tectónicos no Norte e Centro de Portugal (segundo Ribeiro et al. 1990 adaptado por Dias e Coke, 2006).

### I.3.2.2 Contexto geológico

A cartografia geológica na escala 1:500 000 de Oliveira et al (1992) estabelece o enquadramento geológico necessário das áreas seleccionadas, apoiando a discriminação de fácies granitoides nos domínios considerados e desenvolvendo a litoestratigrafia dos terrenos da ZCI, ZGTM e ZOM, abrangidos pela delimitação das áreas.

Nas áreas do Norte e Centro de Portugal reconhecem-se em contacto granitos sin, tardi e pós-tectónicos. Nas áreas A, B2 e B3 os granitos sin-tectónicos são os que têm maior representação e correspondem a fácies de duas micas. Reconhecem-se ainda na área A conjuntos de granitos e granodioritos sin a tardi-tectónicos e granitos monzoníticos porfíroides tardi-D3 (Figuras I.11 e I.12-BC).

Outros granitos espacialmente relacionados com estas áreas são pós-tectónicos, fundamentalmente biotíticos e em geral porfíroides. Têm maior representação na cartografia da área B1 (Chaves), instalados segundo a falha Régua-Verin (Figura I.12-A).

Os granitos tardi a pós-tectónicos, compreendendo fácies biotíticas com tendência porfíroide e granitos moscovítico-biotíticos, predominam nas áreas Beirãs (C, D, E e F). Nas áreas D e F reconhecem-se também espacialmente relacionados quartzodioritos e granodioritos biotíticos coevos (Figuras I.13, 14).

Na área G estão representados dioritos, gabros, tonalitos e granitos biotíticos porfíroides sintectónicos em contacto com granodioritos e tonalitos tardi-tectónicos (Figura I.15). Neste sector os granitos têm quimismo adaquítico (Lima et al., 2012).

Em qualquer das áreas consideradas, ocorrem a intersectar os granitos, numerosos filões de rochas básicas. Designadamente, na cartografia das áreas A e E, estão mesmo representados alguns filões possantes (figuras I.11 e 13). Correspondem

a rochas doleríticas albitizadas, microsienitos calco-alcalinos quartzíferos, lamprófiros de composição diorítica e microdioritos anfibólicos. Segundo Teixeira (1981), em estudo sobre a petrologia e geocronologia de filões deste tipo na região das Beiras, atribuem a sua colocação ao Mesozoico relacionando-os com a actividade vulcânica motivada pela abertura do Oceano Atlântico. Obtiveram idades pelo método K/Ar entre 189±9Ma e 226±2 Ma.

As unidades litoestratigráficas parautoctones da ZGTM são poligénicas; estão representadas nas áreas B1, B2 e B3 pelo Domínio Estrutural de Carrizado (Silúrico), descrito na carta 1:500 000 como xistos superiores, inferiores, quartzitos e tufos ácidos (figura I.12).

Na ZCI, localizam-se nas áreas C, D, E e F, as formações do Quartzito Armoricano e Valongo, Ordovícicas e as formações inseridas no Complexo Xisto-Grauváquico: Câmbricas, de Excomungada, Desejosa e Santa Justa, Neoproterozoicas de Bateiras, e as formações indiferenciadas do grupo das Beiras. Correspondem a sequências fundamentalmente detríticas de afinidade turbidítica.

Na área F surgem ainda discriminados depósitos arenosos e conglomeráticos distribuídos segundo depressões tectónicas Cenozoicas (figura I.14).

Na organização da área G as formações encaixantes dos granitóides compreendem vulcanitos básicos, xistos e filitos do Complexo Vulcano-sedimentar de Moura - Santo Aleixo, de idade Ordovícica-Silúrica, e conjuntos de rochas gneissicas e migmatíticas Proterozóicas.



**Figura I.11**

Mapa geológico do sector de Ponte da Barca - Terras de Bouro (Área A) - adaptado da Carta geológica de Portugal, Folha Norte, na escala 1:500 000 (Oliveira et al, 1992).

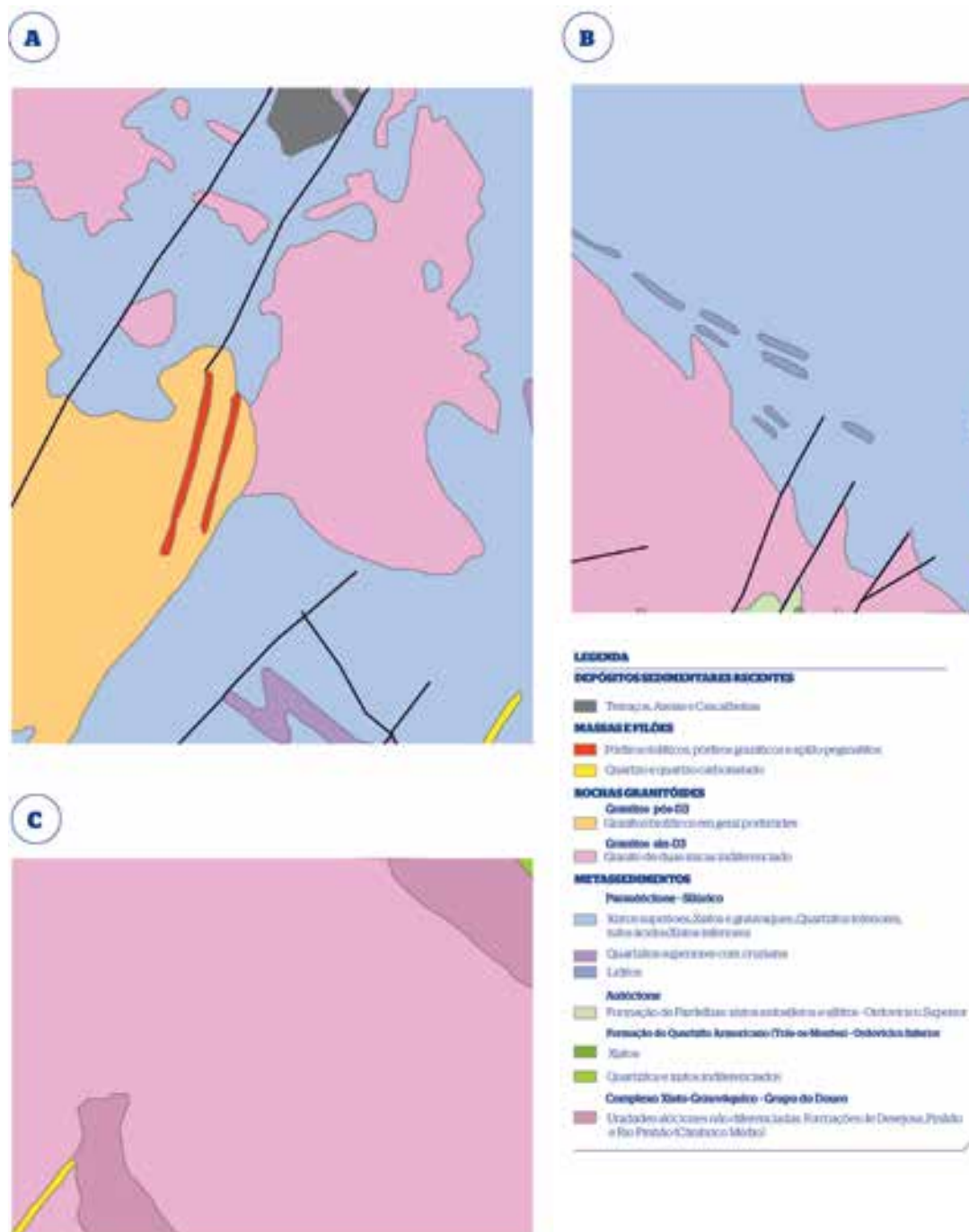


Figura I.12

Mapas geológicos dos sectores de Chaves (B1), Tâmega (B2) e Murça (B3) - adaptado da Carta geológica de Portugal, Folha Norte, na escala 1:500 000 (Oliveira et al, 1992).

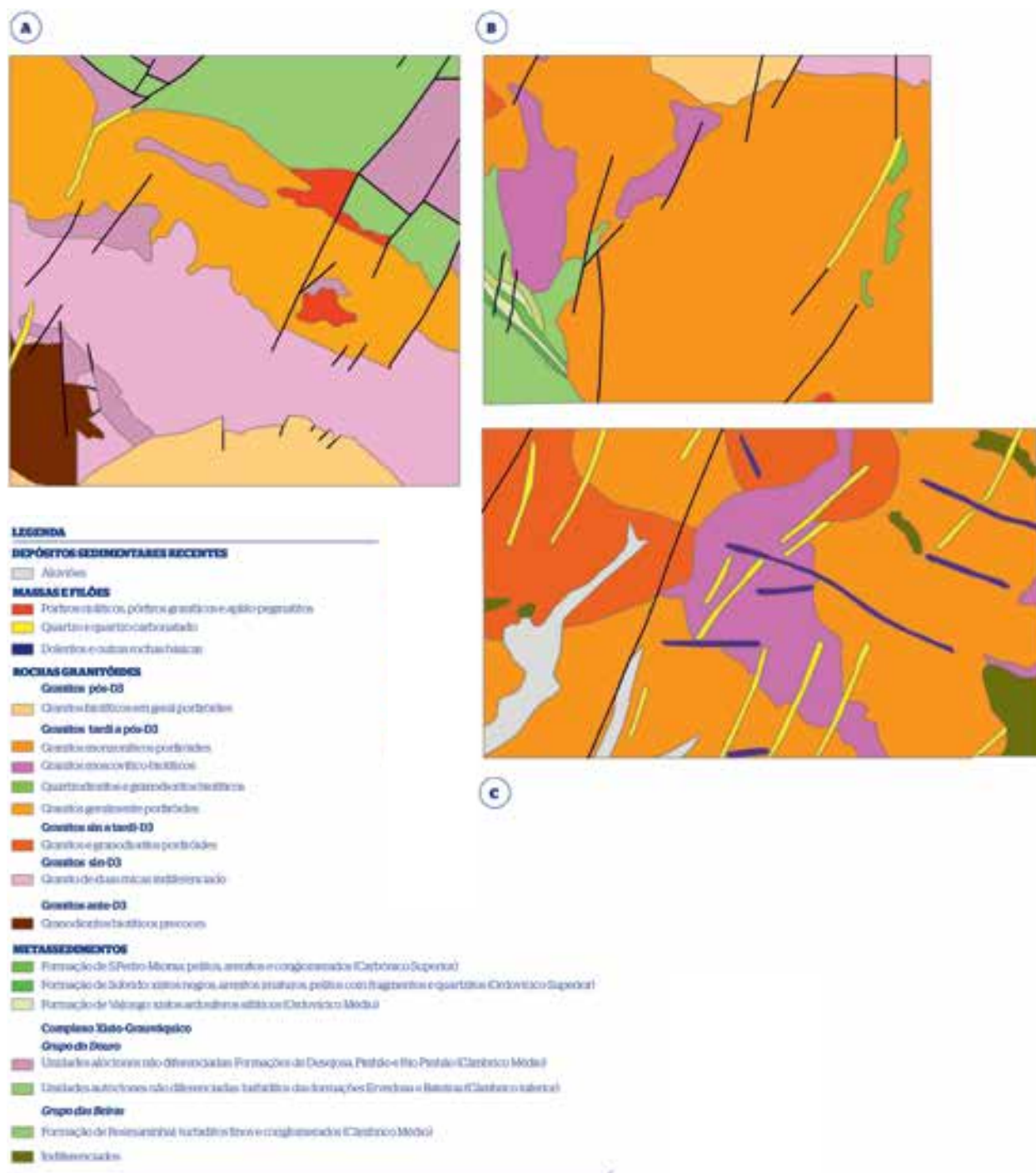


Figura I.13

Mapas geológicos dos sectores de Penedono-Armamar (C), Viseu-Safão (D) e Guarda (E) - adaptado da Carta geológica de Portugal, Folha Norte, na escala 1:500 000 (Oliveira et al, 1992).



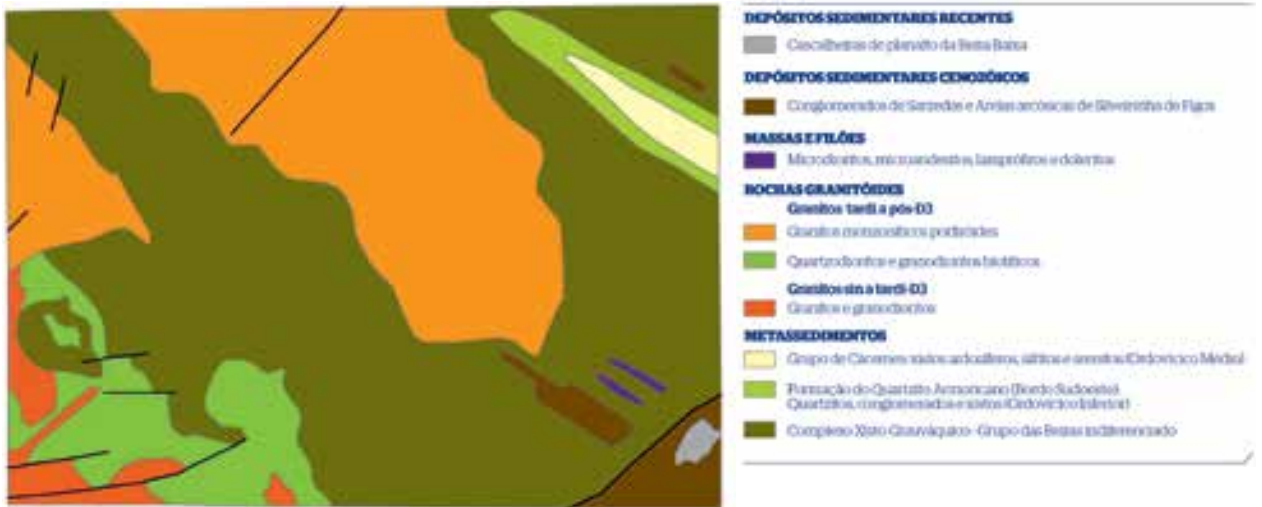


Figura I.14

Mapa geológico do sector de Idanha-a-Nova (F) - adaptado da Carta geológica de Portugal, Folha Norte, na escala 1:500 000 (Oliveira e Pereira, 1992), na escala 1:500 000 (Oliveira et al, 1992).

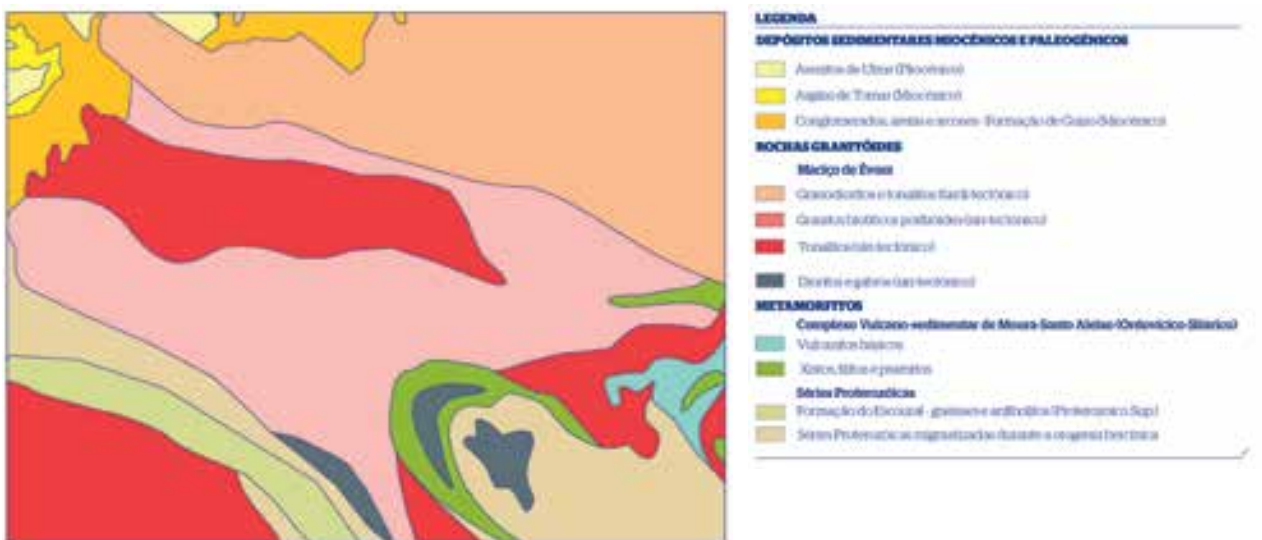


Figura I.15

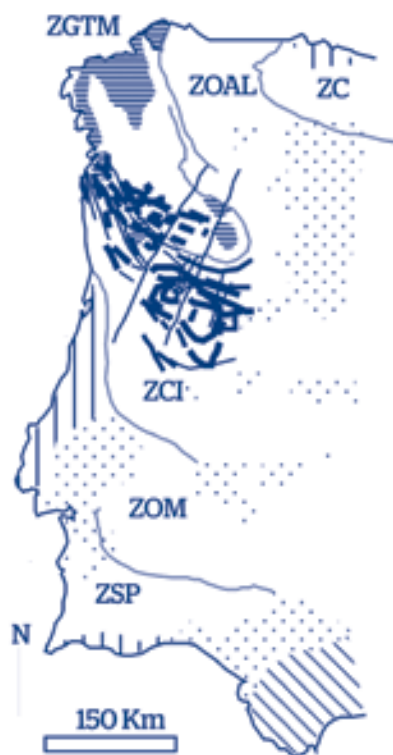
Mapa geológico do sector de Torrão-Montemor (G) - adaptado da Carta geológica de Portugal, Folha Sul, na escala 1:500 000 (Oliveira et al, 1992).

### I.3.2.3 Divisões regionais de pegmatitos

No Norte e Centro de Portugal a maioria dos pegmatitos surge num espaço cartográfico mais ou menos coincidente com os limites propostos para a Zona Centro Ibérica da Cadeia Varisca Ibérica. Nesta acepção, Leal Gomes (1994) e Leal Gomes e Nunes (2003), introduzem para a organização regional dos pegmatitos no Norte e Centro de Portugal as divisões Província Pegmatítica Varisca e Cintura Pegmatítica Centro-Ibérica (CPCI), adaptando o esquema de subdivisões avançadas por Černý (1982). Retomam ainda as restantes divisões consideradas por aquele Autor, com as adaptações inerentes ao carácter peculiar das estruturas e composições encontradas em pegmatitos. Apresentam-nas da seguinte forma:

- **Província pegmatítica Varisca** - corresponde à divisão mais englobante, incluindo todos os pegmatitos distribuídos no Maciço Ibérico de alguma forma relacionados com o metamorfismo e as instalações granitoides Variscas.

- **Cintura pegmatítica Centro-Ibérica (CPCI)** - abrange os pegmatitos principalmente distribuídos na ZCI e os afloramentos situados nos terrenos parautoctones da ZGT, considerando porém que os pegmatitos são alóctones na ZGT, dependendo mais estritamente da granitização e dissipação de calor Varisca que é mais extensiva na ZCI. A atitude e trajectória do seu alongamento cartográfico acompanha o do Arco Ibero-Armoricano e o alongamento dos maciços graníticos sin e tardi-tectónicos (Figura I.16).
- **Campo pegmatítico ou aplito-pegmatítico** - designa agrupamentos pegmatíticos que ocorrem em proximidade espacial, relacionados ou não geneticamente com uma intrusão granítica comum, mas estruturalmente condicionados por ela. Abrange pegmatitos e aplito-pegmatitos bem como outros veios e filões de génese variada potencialmente pegmatóides - segregações metamórficas hiper-aluminosas, veios de quartzo, massas ou corpos originados por alteração deutérica, filões hipabissais micrograníticos e pórfiros. Os campos são predominantemente intra ou exo-graníticos, conforme abarquem pegmatitos com instalação no seio das massas graníticas ou encaixados em sucessões metassedimentares. Função da complexidade evolutiva do plutonito gerador, incluem um ou mais enxames pegmatíticos.
- **Enxame pegmatítico ou aplito-pegmatítico** - descreve um conjunto de pegmatitos cogenéticos cuja implantação está relacionada com uma etapa evolutiva, bem definida, do plutonito parental e/ou com um campo de tensões regional e local bem delimitado na cronologia Varisca. Cabe nesta divisão a noção de grupo pegmatítico, usada mais recentemente (p. ex. Trabulo et al 1995; Leal Gomes et al., 2009; Dias et al. 2009) para descrever pares de pegmatitos intra-graníticos acoplados. Nestes, frequentemente um dos corpos representa um estado mais avançado da fraccionação do grupo.



#### LEGENDA

##### DISTRIBUIÇÃO DOS PEGMATITOS

- Eixos de alongamento dos campos pegmatíticos da Província Varisca
- Lineamentos principais da Cintura Pegmatítica Centro-Ibérica com influência sobre a génese e evolução dos pegmatitos

Figura I.16

Posição dos campos pegmatíticos na Cintura Pegmatítica Centro-Ibérica (CPCI) (adaptado de Leal Gomes e Lopes Nunes, 2003).

- **Corpo pegmatítico ou aplito-pegmatítico** - refere uma porção litológica com composição granítica residual com os minerais principais quartzo, feldspato e moscovite, podendo manifestar grande diversidade de fácies e paragéneses acessórias. Tem aparência mais ou menos homogénea no caso de corpos com coexistência de fácies aplíticas e pegmatíticas. Outros corpos são heterogéneos e heterogranulares com zonalidade interna, estabelecida por fraccionação centrípeta, e organizada segundo os esquemas da figura I.17, em zona marginal, de bordo, zona intermédia e núcleo (fundamentalmente quartzoso). A morfologia, paragéneses e mineralizações são atributos de um corpo. Separaram-se do ponto de vista morfológico, corpos irregulares, referidos como bolsadas, e corpos tabulares ou filonianos. Ao nível das mineralizações específicas ajustam-se às tipologias LCT (com Li, Cs, Ta) ou NYF (com Nb, Y e F), segundo a proposta de Černý (1982).

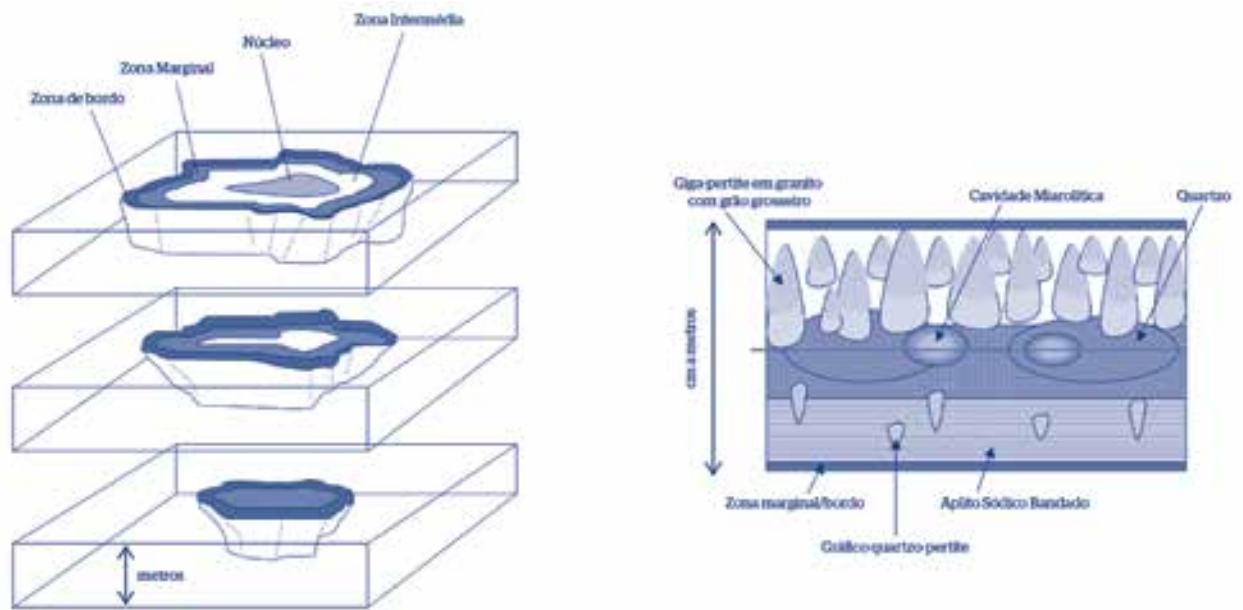


Figura I.17

Atributos morfológicos e zonalidade interna de corpos pegmatíticos - exemplos conceptuais adaptados de London (2008).

Desta forma, as áreas de incidência do projecto podem ser encaradas como compartimentos da Província Pegmatítica Varisca e da Cintura Pegmatítica Centro Ibérica; representam sectores de campos onde ocorrem pegmatitos distintos do ponto de vista estrutural e paragenético, em situação intra e exo-granítica, organizados segundo enxames e grupos com uma grande diversidade estrutural, morfométrica, mineralógica e económica.

No contexto português a instalação dos granitos sin e tardi tectónicos é responsável pela diversidade de corpos pegmatíticos que resultam da fracçãoção daqueles magmas graníticos.

Generalizadamente, os que surgem hospedados nos granitos, correspondem predominantemente a pegmatitos de grandes dimensões com potencialidade cerâmica e sem enriquecimento significativo em metais raros. Relacionam-se mais estritamente com granitos biotíticos porfiróides, tardi a pós-tectónicos relativamente à 3ª fase de deformação Varisca, manifestando localização cupular. Correspondem a corpos desde pouco a fortemente zonados, localmente miarolíticos com unidades de substituição volumosas que compreendem fosfatos e sulfuretos. Na sua maioria os corpos pegmatíticos intra-graníticos adquirem formas irregulares, em bolsada. São menos predominantes geometrias, mais regulares, filonianas.

Em contexto exo-granítico, instalados em torno de plutões graníticos circunscritos de duas micas sintectónicas, preponderam aplito-pegmatitos, organizados em enxames filonianos. Os aplito-pegmatitos instalados neste contexto, com termos fortemente evoluídos, manifestam especialização LCT marcada e são enriquecidos em metais raros. Os minerais de Li com ocorrência comprovada são a petalite, espodumena e a lepidolite. O Sn, Nb e Ta constituem as mineralizações dominantes.

Nos compartimentos seleccionados, a divisão regional campo pegmatítico é o nível de organização mais adequado para discriminar os pegmatitos. Também é o nível de organização fundamental na aplicação da análise distanciada e detecção remota.

Referem-se os seguintes trabalhos, com contributos de alcance e incidência diferenciados, para a definição dos campos pegmatíticos nas áreas de estudo:

- **Área A** - Campo pegmatítico de Ponte da Barca-Terras de Bouro (Silva, 2002);
- **Área B2** - Campo pegmatítico de Barroso-Alvão (Lima, 2000; Martins e Lima, 2011);
- **Área D** - Campo pegmatítico do Alto Vouga (Lobato, 1971; Trabulo et al., 1995 e Guimarães, 2012),
- **Área E** - Campo aplito-pegmatítico de Guarda-Belmonte: enxames de Seixo Amarelo Gonçalo (Ramos, 1998), Pega -Sabugal (Silva, 2006) e Bendada (Correia Neves, 1960).
- **Área G** - Campo pegmatítico de Ciborro (Lima et al, 2013)

Para as áreas onde se implementaram rotinas de prospecção e pesquisa desde o contexto estratégico até tático, a discriminação estrutural e diagnóstico paragenético apresentado por estes Autores será abordada (ver capítulo II).



### I.3.2.4 Províncias e faixas mineiras

À província Pegmatítica Varisca sobrepõem-se outras divisões regionais estabelecidas para os depósitos representados na Carta Mineira Portuguesa de Thadeu (1965). Este autor retomando os eixos de mineralização avançados por Neiva (1944), propõe a divisão Província Metalogenética tungsténio-estanífera Setentrional, a qual abrange os filões pegmatíticos, aplito-pegmatitos e greisens exo-graníticos mineralizados com Sn-Nb-Ta. Também se incluem aqui filões de quartzo mineralizados com W que maioritariamente resultam da reactivação transcorrente de caixas pegmatíticas no período tardi-Varisco.

O ciclo extractivo dedicado ao Sn e W da 2ª metade do século XX norteou a pesquisa destes filões no Norte e Centro de Portugal.

Aquele Autor também classifica a Província Uranífera Portuguesa e as suas divisões nas regiões Beirãs (Sub-província Uranífera das Beiras) em: Faixa Viseu-Tondela-Gouveia (distrito mineiro da Urgeiriça), Faixa Moimenta-Trancoso-Celorico da Beira (distrito mineiro e entre Guarda) e Faixa Guarda-Belmonte-Sabugal (distrito mineiro da Guarda). Os filões mineralizados em U prospectados pela Junta de Energia Nuclear na década de 70, também decorrem em alguns casos da reactivação hidrotermal tardia de filões pegmatíticos ocorrendo nestes a precipitação de autunite e torbernite.

### I.3.3 Seleção de áreas para implementação de rotinas de prospecção

Se por um lado o estado actual de conhecimento sobre cada uma das áreas seleccionadas é bastante diferente, por outro lado, como se viu na tabela I.6, os correspondentes índices de exumação superficial obtidos para cada uma delas antecipam possibilidades ou capacidades de resposta diferenciadas na análise distanciada de sinais identificativos da presença de pegmatitos.

A conjugação destas condicionantes motivou que se elegessem como áreas principais de estudo relativamente às quais se empreenderam programas de prospecção geológica com levantamentos de campo, as áreas A, B1, D e E. Também se considera encontrarem-se nestas áreas maior pulverização de explorações em pegmatitos e corpos com mais altos quantitativos de reservas, mantendo-se actualmente o interesse mineiro (ver figura I.4).

Nas restantes áreas - B2, B3, C, F e G - as perspectivas de detecção de jazidas são previsivelmente menores. Como tal, destinaram-se a um ensaio dos métodos de análise remota explorados, a realizar a termo do projecto.

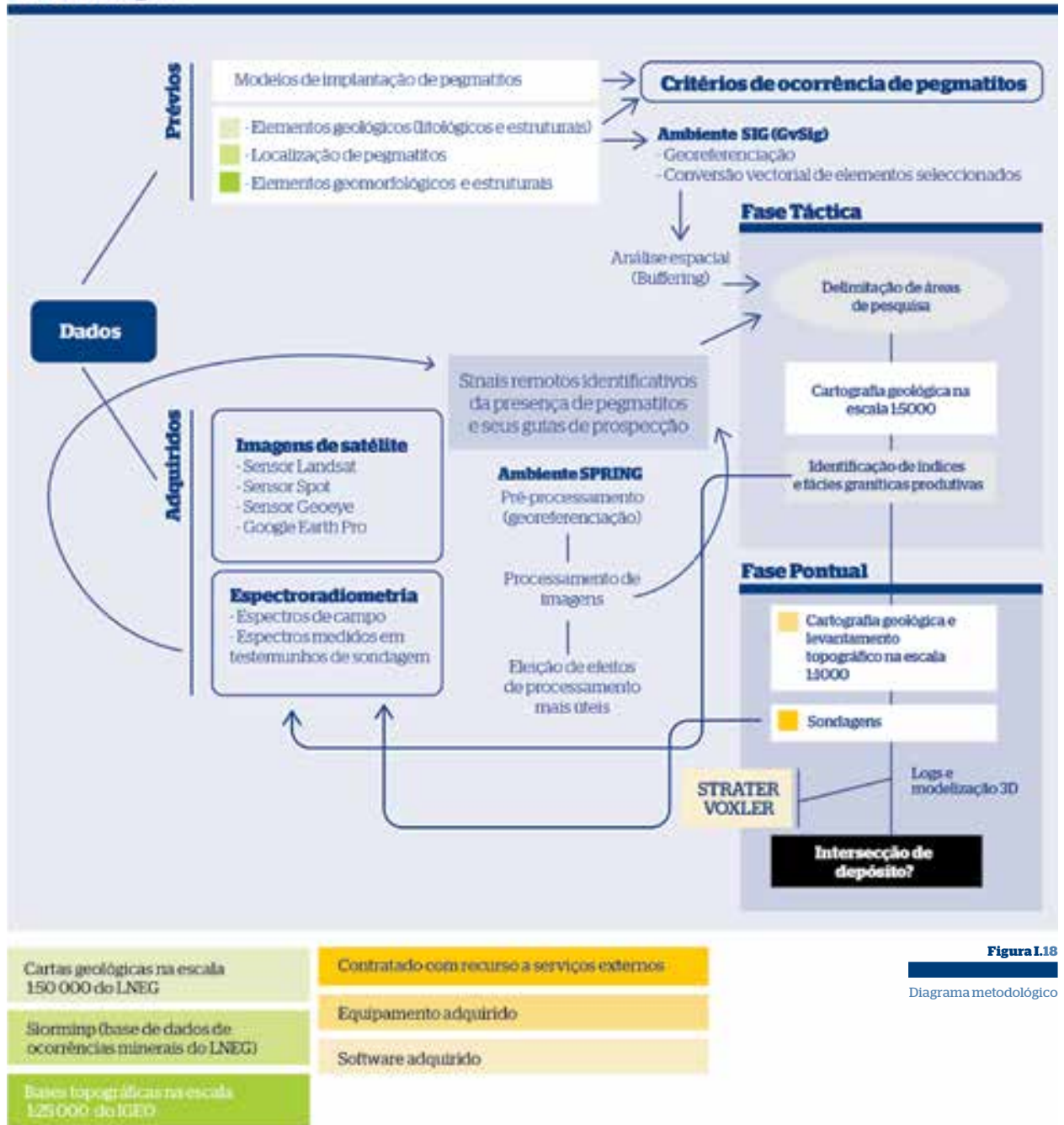
## I.4 Tipologia de dados e protocolos metodológicos

A prospecção mineira articulada por valências situadas ao nível da detecção remota e prospecção geológica, como proposta de aproximação menos convencional à pesquisa de depósitos pegmatíticos, envolveu uma grande diversidade de dados, métodos e técnicas de análise.

Descrevem-se aqui os dados - de partida e adquiridos - que utilizados em conjugação e submetidos a uma ordem de consulta e análise segundo o esquema da figura I.18, permitiram a delimitação de áreas de pesquisa e o estabelecimento de programas de prospecção, desde escalas estratégicas até pontuais. Estes envolveram cartografia geológica a escalas 1:5000 e 1:1000, levantamentos topográficos e sondagens, com vista à intersecção de depósitos.

A recolha de dados de reflectância (espectroradiometria) de materiais pegmatíticos e fácies encaixantes produtivas, detectados pela cartografia geológica e sondagens nas áreas de pesquisa, surge como linha de investigação desenvolvida a termo do projecto, a qual teve como objectivo principal a constituição de uma base de dados espectral.

**Fase Estratégica**



**Figura I.18**  
Diagrama metodológico

**I.4.1 Dados prévios**

Os dados relevantes de partida provêm por um lado de bases cartográficas - geológicas e topográficas - e acervos mineiros. A partir destes e por revisão dos modelos de implantação conceptuais de pegmatitos, e dados publicados relativamente aos campos pegmatíticos, estabelece-se a primeira aproximação estratégica a faixas e maciços produtivos em pegmatitos, nas áreas seleccionadas.

A informação geológica, da responsabilidade dos Serviços Geológicos de Portugal (LNEG), encontra-se publicada na Carta Geológica de Portugal na escala 1:50 000.

O registo topográfico consultou-se a partir das cartas militares à escala 1:25 000, publicadas pelo Instituto Geográfico do Exército.

O conhecimento sobre a distribuição de ocorrências pegmatíticas realizou-se por consulta do acervo mineiro do Siorminp da responsabilidade do LNEG. O conceito de índice ou ocorrência é adoptado pelo Siorminp, referindo qualquer mineralização ou concentração mineral passível ou não de aproveitamento económico. A maioria das ocorrências, foram alvo de exploração no passado, representando concessões mineiras abandonadas. Estas surgem organizadas na correspondente base de dados pela substância ou substâncias que constituem a mineralização útil do depósito.

Estes elementos foram extraídos, sujeitos a georreferenciação e conversão vectorial com o software GvSIG (de acesso gratuito, Anguix et al, 2008), reunindo-se em documentos SIG passíveis de manipulação. O sistema de projecção empregue foi o datum WGS 84.

## I.4.2 Dados adquiridos

Adquiriu-se o seguinte conjunto de imagens de satélite:

- imagens disponibilizadas pelo Google Earth Pro;
- imagens do sensor Landsat (disponibilizadas gratuitamente no website da Nasa);
- imagens do satélite SPOT (adquiridas junto da empresa SPOTIMAGE);
- imagens do satélite GEOEYE (adquiridas junto da empresa GEOEYE).

As imagens têm as características apresentadas nas tabelas I.8 e I.9 e a cobertura cartográfica da figura I.19.

Na manipulação e implementação de operações de processamento das imagens fez-se uso do software SPRING (de acesso gratuito, Câmara et al, 1996, e Santos et al, 2010). Os procedimentos utilizados retomam as bases metodológicas estabelecidas em várias referências de especialidade (ex. Gupta, 2003; Sabins, 2007; Chuvieco, 1996).

A recolha de medidas espectrais, efetuou-se com recurso a serviços externos, contratados junto da Universidade de Évora. Utilizou-se o equipamento portátil FieldSpec UV/VNIR da Analytical Spectral Devices (ASD), para obtenção de medidas de reflectância e transmitância calculadas por comparação com uma referência branca.

O espectroradiómetro empregue tem uma resolução espectral de 3 nm até 700 nm e um tempo de integração ajustável manualmente de 17 ms até vários minutos. Quando utilizado sem qualquer acessório adicional, a luz é captada com um ângulo de observação de 25°. Este ângulo pode ser reduzido ou aumentado conforme a dimensão da amostra a ser analisada, o ângulo de observação e a distância.

Os ajustes técnicos do equipamento estão descritos na tabela I.10.

	ETM+ (Landsat 7)	HRVIR (SPOT 5)	Geoeye
Lançamento	15/04/1999	4/03/2002	6/09/2008
Situação actual	Inactivo (2003)	Activo	Inactivo
Tipo de plataforma	Espacial (satélite a 705 Km de altitude)	Espacial (satélite a 823 Km de altitude)	Espacial (satélite a 648 Km de altitude)
Tipo de órbita	Heliossíncrona, circular e quase polar	Heliossíncrona, circular e quase polar	Heliossíncrona
Cobertura espacial (área de varrimento) - tamanho da cena	185 x 170 Km	60 x 60 Km até 80 Km	15 x 15 Km até 50 x 300 Km
Inclinação	98,2°	98,7°	98°
Tempo de duração da órbita	98,9 minutos	101,4 minutos	98 minutos
Horário de passagem (Equador)	10:00 A.M.	10:30 A.M.	10:30 A.M.
Resolução espectral	8 bandas	5 bandas	5 bandas
Resolução espacial	B1 - 30 m B2 - 30 m B3 - 30 m B4 - 30 m B5 - 30 m B6 - 60 m B7 - 30 m B8 (PAN) - 15 m	B1 - 10 m B2 - 10 m B3 - 10 m B4 - 10 m M (PAN) - 5 m	B1 - 1,65 m B2 - 1,65 m B3 - 1,65 m B4 - 1,65 m M (PAN) - 0,41 m
Resolução radiométrica	8 bits	8 bits	
Resolução temporal	16 dias	26 dias no nadir, 2-3 dias com vista não nadiral	
Data de varrimento - imagens utilizadas	12-02-2004	11-06-2009	19-10-2009

**Tabela I.8**

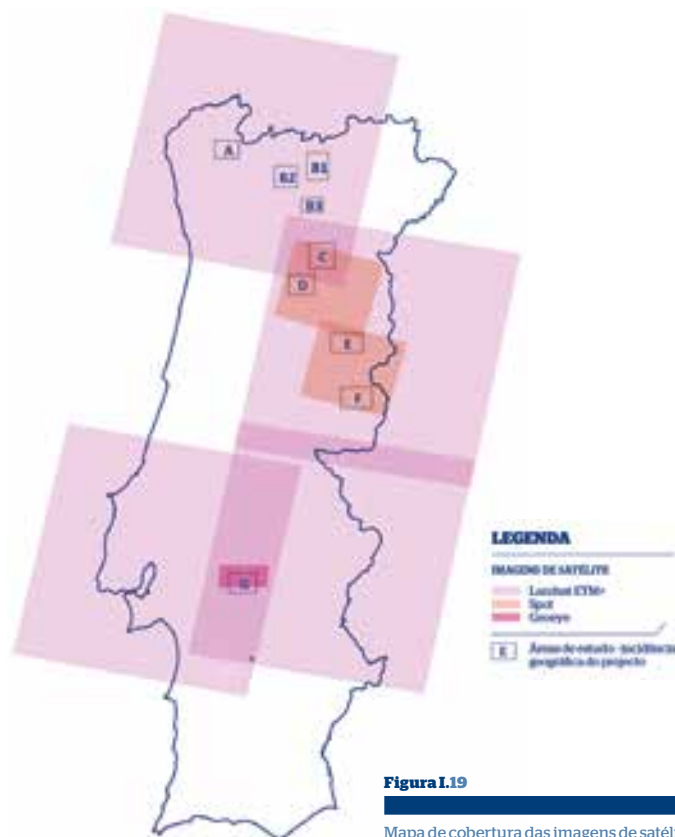
Atributos para os sensores e imagens de tipologia Landsat, Spot e Geoeeye utilizadas.

## I. Introdução

Domínio do espectro		ETM+ (Landsat 7)	HRVIR (SPOT 5)	Geoeye
Visível	Azul	B1 - 0.45-0.515 um		B1 - 0.45-0.51 (azul)
	Verde	B2 - 0.525-0.605 um	B1 - 0.50-0.59 um	B2 - 0.51-0.58
	Vermelho	B3 - 0.63-0.69 um	B2 - 0.61-0.68 um	B3 - 0.655-0.690
Infra-vermelho	Infra-vermelho próximo	B4 - 0.75-0.90 um	B3 - 0.78-0.89 um	B4 - 0.78-0.92
	Infra-vermelho médio	B5 - 1.55-1.75 um	B4 - 1.58-1.75 um	
	Infra-vermelho térmico	B6 - 10.4-12.5 um		
	Infra-vermelho médio	B7 - 2.09-2.35 um		
Pancromático	Pancromático	B8 (PAN) - 0.52-0.90 um	M (PAN) - 0.61-0.68 um	M (PAN) - 0.45-0.80

**Tabela I.9**

Cobertura territorial das imagens de satélite utilizadas



**Figura I.19**

Mapa de cobertura das imagens de satélite utilizadas.

Domínio espectral	325 - 1075 nm
Resolução espectral	1 a 3 nm (3.5 nm aos 700 nm)
Tempo de integração	17 ms a vários minutos
Taxa de colecta	0.7 espectros/segundo (iluminação solar)
Ruído (radiância)	$5.0 \times 10^{-9}$ W/cm <sup>2</sup> /nm/sr aos 700 nm
Precisão	$\pm 5\%$ aos 400-900 nm
Ângulo de observação	1, 10, 25 e 180°
Peso	1.2 Kg

**Tabela I.10**

Características do espectroradiómetro portátil FieldSpec UV/VNIR.

# 2 capítulo



Enquadramento  
orogénico dos pegmatitos

# Enquadramento orogénico dos pegmatitos

São estabelecidos neste capítulo os modelos conceptuais sobre a implantação de pegmatitos. Estes reúnem critérios de ocorrência e proporcionam uma visão sobre formas de organização possíveis de corpos e enxames, os quais podem servir de base à constituição de paradigmas organizacionais e secções bidimensionais conspícuas de relações pegmatito - rocha encaixante, susceptíveis de serem vislumbrados pela observação de imagens remotas. Com esta perspectiva discutem-se os indicadores e seus sinais específicos, esperados em contexto de análise distanciada.

Ainda são apresentados o enquadramento, estrutura e paragéneses dos campos pegmatíticos nas áreas de estudo seleccionadas, incluindo a distribuição de índices a partir da base de dados do Siorminp. Retomam-se trabalhos prévios sobre os campos, os quais fornecem elementos utilizáveis numa previsão sobre a distribuição de corpos e organização de enxames, relativamente aos granitos encaixantes e relativamente às estruturas de deformação que condicionam o seu acolhimento. Esta previsão organizacional vem apoiar a demarcação de faixas e maciços produtivos a atender no tratamento das imagens de satélite.

## II.1 Modelos de implantação de pegmatitos

Os modelos conceptuais que foram sendo propostos para explicar a colocação de conjuntos pegmatíticos e a distribuição dos seus enxames exploram relações cinemáticas - campos de tensões actuantes que influenciam as geometrias dos corpos - ou relações petrogenéticas - de filiação granito-pegmatito. Ao possuírem coerência intrínseca e reprodutibilidade convertem-se em indicadores de grande eficiência e aplicação em programas de prospecção. Tal como afirmam Trueman e Černý (1982), este nível de entendimento é imprescindível às conjecturas tridimensionais que constituem ponto de partida à previsão sobre a localização de pegmatitos ocultos.

No modelo de Černý (1982), a partir das tendências principais de fraccionação dos pegmatitos relativamente aos stocks graníticos parentais e usando como indicadores associações mineralógicas específicas e a mineraloquímica de fases essenciais e acessórias, propõe que a localização das instalações de conjuntos pegmatíticos e a disposição cartográfica de campos obedece a uma zonografia condicionada pela distância à fonte granítica parental. Os pegmatitos situados nas porções apicais de cúpulas plutónicas e peri-graníticos são pouco evoluídos. As possibilidades de enriquecimento em metais raros e diversificação textural e paragenética (aumento do nº de zonas internas primárias e diversidade e extensão das unidades tardias metassomáticas) são incrementadas pela distância ao granito gerador, na propagação do magma para o encaixante. Irregularidades impostas a esta distribuição ocorrem sob efeito da influência de anisotropias locais e contexto estrutural envolvente. A transição granito-campo filoniano é gradual, propagada em direcções vertical a subhorizontal, e define-se segundo a figura II.1.A. A maior diferenciação dos corpos em posições distais explica-se por fraccionação e enriquecimento em voláteis, testemunhando ainda condições de mais baixa temperatura de cristalização.

O modelo cinemático de intrusão-consolidação pegmatítica de Brisbin (1986) sugere a influência da pressão litostática (sensível à profundidade), a configuração dos campos de tensões locais e o contexto metamórfico envolvente, sobre as formas, dimensões e atitudes dos pegmatitos. Na crosta superior, em ambientes sujeitos a baixas pressões confinantes com prevalência de condições frágeis e constricção dirigida relativamente baixa, anisotropias como fracturas, clivagem, xistosidade ou estratificação, produzem direcções preferenciais de resistência mínima à intrusão, acolhendo pegmatitos com morfologia tabular e orientação preferencial normal relativamente à direcção compressiva. Em níveis mais baixos da crosta a pressão litostática em regime dúctil promove a intrusão dos pegmatitos de forma irregular (figura II.1 B).

Este modelo aplica-se mais estritamente a corpos exo-graníticos e compreende-se melhor quando a intrusão de magmas pegmatíticos decorre num episódio compressional orogénico bem definido, sem interferência de estruturas de deformação prévias que alterem as relações de tensão. Também não tem em conta a reactivação polifásica de estruturas, que concorrem para alterar os padrões morfológicos finais.

No contexto da Cadeia Varisca Ibérica com várias fases de deformação e instalação polifásica sintectónica de corpos graníticos, com constricções locais dirigidas e interferentes relativamente à abertura de espaços dilatacionais de acolhimento, a aquisição de morfologias não segue estritamente o modelo de Brisbin (Leal Gomes e Nunes, 2003). Estes Autores, considerando também diferentes estados evolutivos da implantação dos plutonitos parentais, adaptam a matriz de organização filoniana conceptual de Philips (1972, 1974) e Roberts (1970), à colocação de cortejos de corpos pegmatíticos filonianos em torno de stocks graníticos circunscritos, tomando como exemplo o campo



aplito-pegmatítico da região da Serra de Arga no Minho (Norte de Portugal). Relativamente àqueles modelos de referência, originalmente formulados para explicar a sequenciação de atitudes de filões injectados em ambientes subvulcânicos anorogénicos, permissivos e isotrópicos, sugerem a importância da expansão lateral apical do plutonito, apresentada nos modelos de Philips (1972 e 1974), para compreender as geometrias dos pegmatitos que atravessam o contacto dos granitoides com as formações metassedimentares encaixantes. Estes assumem a configuração de sills subparalelos ao contacto do granito, apresentando-se subhorizontais em localizações distais (mais afastadas relativamente ao plutonito) e inclinados no sentido do granito quando nele enraizados (enxames peri-graníticos do tipo cone-sheet). A influência mais preponderante do deslocamento do magma granítico perto do maciço, e do campo de tensões regional em localizações distais (criando espaços dilatacionais de acolhimento) ajuda a compreender esta configuração. Na figura II.1 C apresenta-se o esquema conceptual adaptado do trabalho de Leal Gomes e Nunes (2003). Neste esquema, a colocação de corpos pegmatíticos tabulares horizontais a tecto das cúpulas graníticas, está por sua vez dependente da relaxação interna dos stocks graníticos implantados em *uplifting*, explicando-se segundo o modelo de Brisbin (1986), para instalações em condições frágeis.

Em contraponto aos modelos anteriores de implantação filoniana é menos conhecida a organização da instalação de bolsadas, em contexto intra-granítico. Não obstante, alguns trabalhos recentes de Leal Gomes e Nunes (2003), Leal Gomes (2010) e Guimarães (2012), reúnem aspectos que podem indicar tendências de aquisição de forma e estrutura interna em pegmatitos. Usando noções de morfoscopia e morfometria referíveis a secções tridimensionais e analisando dispositivos mesoescolares de estruturação (independentes do tamanho dos corpos e portanto invariáveis do ponto de vista escalar) observados em pegmatitos da CPCI, propõem tendências de colocação e sequenciação de formas e dimensões estabilizadas na organização de cúpulas graníticas, defendendo a sua utilidade para a definição de níveis de implantação das bolsadas pegmatíticas. Nestes trabalhos, invocam o modelo cinemático de Brun e Pons (1981), sobre a evolução de instalações granitoides por “balloning” em zonas de cisalhamento, para explicar a ascensão dos diferenciados pegmatíticos segundo formas tendencialmente diapíricas. Pressupõem a possibilidade de mobilização persistente e policíclica de magmas de composição mais ácida (mais quentes) para o núcleo das câmaras plutónicas, os quais por um processo de origem gravitacional (stress de flutuabilidade ou buoyancy) ou detidos por uma interface rígida, podem, após paragem do deslocamento vertical, sofrer expansão lateral. A partir destes e por diferenciação podem evoluir para bolsadas pegmatíticas. O deslocamento no interior das câmaras graníticas faz-se por contraste de densidade e viscosidade entre o magma ácido rarefeito ou pegmatítico e o magma granítico com uma taxa mais elevada de cristalização e por isso mais denso e viscoso. As geometrias de corpos pegmatíticos que resultam de mobilizações ascensionais surgem classificadas como de tipo bolha pegmatítica (geometrias embrionárias), ampulheta, gota invertida ou turnip e haltere. A última, observada em corpos morfologicamente amadurecidos, simula a expansão lateral a um que está sujeito o plutonito parental. Estas geometrias podem conter dispositivos protuberantes hemisféricos e piramidais sugestivos do deslocamento ascensional. O modelo conceptual apresentado em Guimarães (2012) é dado nas figuras II.1.D e E.

Relativamente à potencialidade de se gerarem magmas pegmatíticos no interior de colunas graníticas sujeitas a diferenciação, autores como Silva (2002) e Leal Gomes e Nunes (2003), têm invocado o papel de processos de “mixing-mingling” - hibridização dos magmas graníticos por mistura com magmas mais básicos - para explicar a distribuição de bolsadas pegmatíticas com alinhamento condicionado a determinados corredores de proliferação de encraves microgranulares máficos. Os correspondentes enxames de encraves podem assumir expressão megascalares, definindo padrões coerentes com as trajectórias de injeção dos diferenciados pegmatíticos. Relativamente à produtividade pegmatítica, está em causa a transferência de conteúdos de elementos depressores de liquidus e mineralizadores - higromagmáfilos e voláteis - aos magmas félsicos, incrementando o seu potencial gerador de pegmatitos (Leal Gomes e Nunes, 2003).





A possibilidade de enclausuramento de porções de magma com enriquecimento em fluidos, nas proximidades das zonas apicais das câmaras plutónicas, também é apontada, por exemplo em Guimarães (2012), como determinante da potencialidade pegmatítica. Os processos de enriquecimento em voláteis tendentes para a sobressaturação fluida e conducentes à sua libertação explicam-se por mecanismos de “degassing” (ex. Candela, 1997). Estabelecem que a libertação dos componentes voláteis, conducente à nucleação e crescimento de bolhas de fases fluidas, que evoluem no sentido da formação de cavidades abertas à medida que o magma cristaliza, ocorre num magma que ascende para níveis superiores da crosta, por diminuição na pressão litostática e da temperatura (quando a pressão de componentes voláteis contidos no magma excede a pressão litostática). A descompressão é mais eficiente em termos da libertação dos componentes voláteis, desencadeando imiscibilidade fluida durante a ebulição primária. Outra parte do fluido é libertada após o início da cristalização, durante a ebulição secundária. As bolhas de fluido podem ficar preservadas durante o arrefecimento rápido da câmara magmática, convertendo-se em cavidades revestidas ou não por minerais. O stress hidráulico resultante da libertação do conteúdo volátil é responsável pelo deslocamento ascendente das bolhas e traduz-se no desenvolvimento de fracturas de descompressão hidráulica ortogonais ao deslocamento (Dias et al., 2013).

Um estudo sobre a análise geométrica e reconstituição cinemática das estruturas colectoras de compósitos magmáticos residuais em campos pegmatíticos do Norte de Portugal encontra-se em Leal Gomes (2010). Encarando-as como sistemas de alimentação policíclica de magmas, são capazes de veicular a instalação de magmas pegmatíticos, os quais evoluem por fraccionação, gradual ou directa, “in situ” ou em fluxo.

Na Cadeia Varisca Ibérica os ambientes de drenagem e acolhimento são fundamentalmente originados pela propagação do campo de tensões nos episódios tardi-Variscos durante o início do uplifting. Correspondem a estruturas transtensivas, dúcteis-frágeis, desenvolvidas durante a consolidação dos magmas ou decorrentes da reactivação de estruturas anteriores, precoces na estruturação da Cadeia Varisca Ibérica. Os maiores volumes pegmatíticos estão situados em junções triplas e nós dilatacionais de redes de cisalhamento. Se estes alinhamentos condicionam certamente a maioria dos pegmatitos verdadeiramente filonianos, podem contudo não condicionar as bolsadas mais ou menos isodiamétricas intra-graníticas.

As morfologias dos corpos e geometrias das interfaces internas observadas em ambiente endogranítico estabelecem-se na tipologia da figura II.2, conforme a proposta de Leal Gomes (1995).

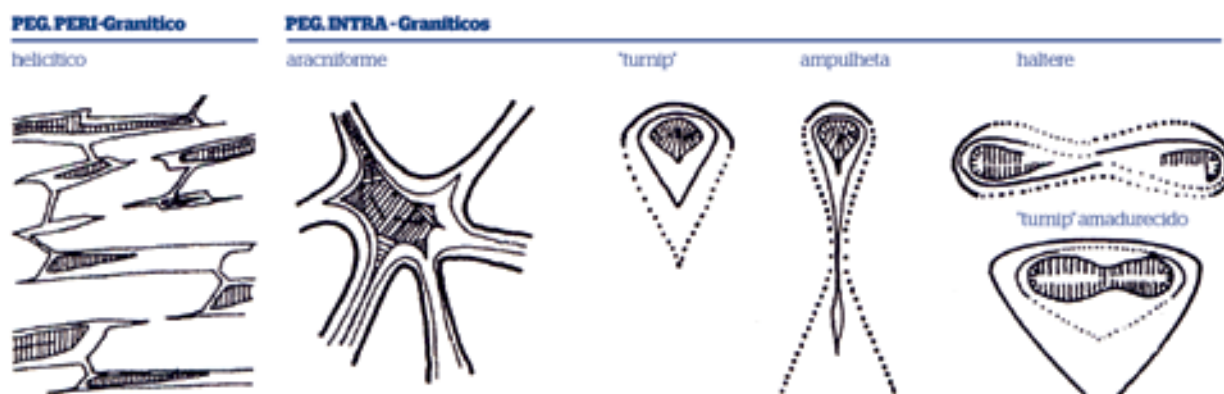


FIGURA II.2

Secções verticais representativas de morfologias externas e geometria das interfaces internas observadas em pegmatitos da CPCI (adaptado de Leal Gomes, 1995).

## II.2 Entidades esperadas em análise distanciada

Para contextos intra-graníticos, os modelos anteriores estabelecem uma cinemática de colocação essencialmente dependente de fluxo a baixa viscosidade, em porções cupulares dos plutões graníticos sujeitos a um enriquecimento em voláteis. Desta forma, a pesquisa e evidência de cúpulas graníticas exumadas deve orientar as intenções da prospecção através da análise distanciada.

A distribuição dos pegmatitos segundo um posicionamento cupular relativamente aos granitos parentais pode ser revelada pela presença de “roof-pendants” e stoped-blocks - porções de rocha encaixante incorporadas por colapso dos tectos das câmaras. A proximidade da cúpula também é revelada, por exemplo, pelo contacto entre dois ou mais granitos.

Admitindo que a produtividade pegmatítica se relacione com processos de contaminação produzidos pela interacção de diferentes tipos de magma durante a ascensão nas câmaras, também se procurará valorizar pela análise

## II. Enquadramento orogénico dos pegmatitos

distanciada a pesquisa de corredores de mistura de magmas capazes de serem revelados por faixas de concentração ou proliferação de enclaves.

Por outro lado também se espera que perto dos níveis estruturais de colocação dos enxames, a fraccionação granítica fique expressa na aquisição de heterogeneidades litológicas no interior dos plutonitos. Assim, os granitóides podem ser atípicos nas proximidades dos locais de diferenciação. Tal como defendem Cameron et al. (1949) citado por Silva (2002), em contexto intra-granítico, as transições granito-pegmatito tendem a ser gradacionais, expressando-se por exemplo sob a forma de uma perda do carácter porfiróide do granito numa faixa de transição para a zona mural pegmatítica.

Assim, a pesquisa de mudanças de fácies e outras irregularidades dos corpos plutónicos hospedeiros, por exemplo foliações que expressem condições de fluxo magmático, pode permitir estabelecer sectores de maior produtividade. Estas podem ser perceptíveis em análise remota por terem uma expressão cartográfica mais extensiva do que os corpos pegmatíticos.

O número de corpos, o tipo de morfologias e dimensões susceptíveis de serem encontrados em cada sector, vão depender dos níveis estruturais de colocação expressos nos maciços exumados e expostos em consequência da erosão. A possibilidade de deslocamentos e reajustes associados a grandes acidentes com rejeito vertical (do tipo horst-graben), faz com que possam estar representados na compartimentação das áreas, mais do que um nível desses modelos.

Também é objectivo do programa de prospecção na sua valência distanciada a pesquisa das direcções de fraturação, que correspondem a estruturas preferenciais de alojamento. Reconhece-se à partida que a atitude tardi-Varisca NE-SW, desenvolvida durante a consolidação dos magmas graníticos parentais, deverá ser representativa do alojamento dos principais grupos pegmatíticos nas áreas consideradas.

Algumas das expressões geométricas típicas do acolhimento de pegmatitos podem ser relacionáveis com as secções e arranjos bidimensionais da figura II.3.

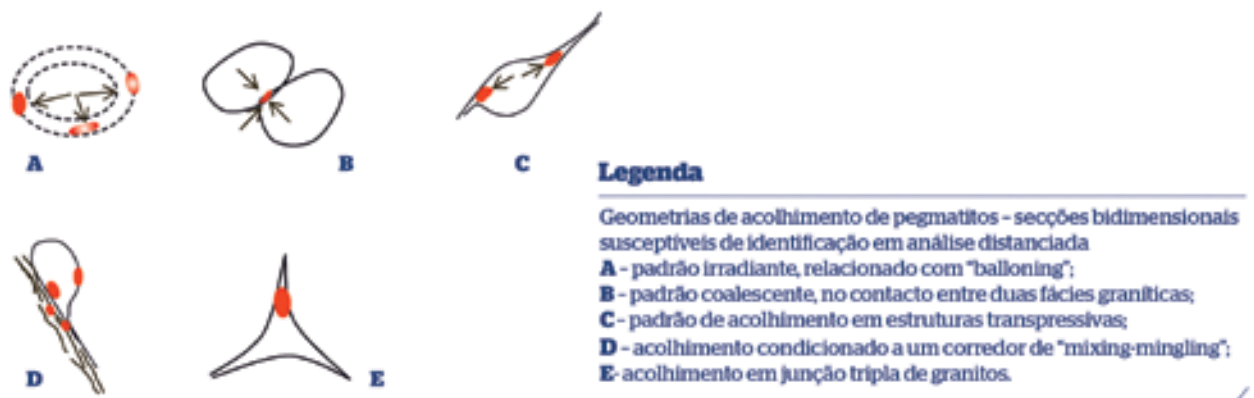


Figura II.3

Arranjos bidimensionais representativos de situações de colheita de pegmatitos em contexto intra-granítico - padrões geométricos passíveis de discriminação em análise distanciada

Em prospecção táctica, a previsão sobre a morfologia dos corpos e o andamento das massas em profundidade dependem do reconhecimento de tendências de forma tridimensionais. Na figura II.4 apresenta-se a título de exemplo a reconstituição geométrica de um pegmatito explorado na região de Ponte da Barca, a partir da qual se deduzem secções bidimensionais ou plantas. Estas também identificam a expressão superficial dos corpos nas imagens de satélite.

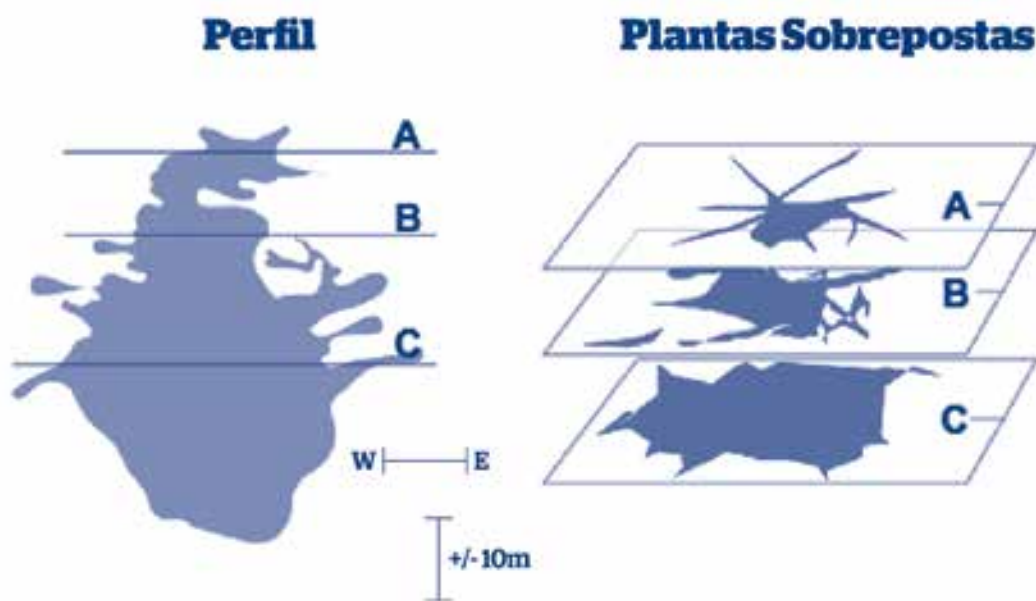


FIGURA II.4

Secções bidimensionais representativas de formas de pegmatitos - plantas deduzidas a partir da reconstituição 3D do pegmatito da Senhora da Paz em Ponte da Barca (adaptado de Guimarães, 2012).

A partir das imagens de satélite, as possibilidades de discriminação dos referidos guias de prospecção e das secções bidimensionais dependem da identificação dos seguintes sinais, explicitados em Ray (1960):

- **Tons de cinzento** - medida de reflectância expressa numa escala de cinzentos;
- **Cor** - naturais ou artificiais, obtidas pela conjugação de bandas espectrais, as quais proporcionam melhor resolução de contrastes em fotointerpretação;
- **Textura** - entendida como a frequência de variação de tonalidades na imagem. Avaliada com base em granulometrias de tons cinzentos, é produzida por conjuntos de objectos muito pequenos para se distinguirem individualmente nas imagens. Resulta da conjugação dos parâmetros tom, forma, tamanho e padrão. Por exemplo, o espaçamento entre linhas de água resulta num efeito textural.
- **Padrão** - entendida como o arranjo espacial ordenado (bidimensional) de características geológicas, topográficas ou decorrentes da vegetação. Alguns padrões, expressos como linhas curvas ou rectas nas imagens, representam falhas, diaclases, filões e superfícies de estratificação.
- **Forma** - na sua definição: "forma espacial relativamente a um contorno ou periferia constante" (Ray, 1960).
- **Conjugação dos elementos anteriores** - alguns critérios indicadores surgem identificados nas imagens por mais do que um atributo.

O diagrama da figura II.5 explicita os critérios úteis na prospecção de pegmatitos, indicando-se para cada caso os atributos e formas distanciadas de os pôr em evidência.

Ao possuírem tendência leucocrata, pegmatitos aflorantes, leucogranitos férteis e fácies de transição granito-pegmatito, poderão manifestar nas imagens, tons claros, expressando valores altos de reflectância. Da mesma forma overburdens com floating pegmatítico e colúvios de partida pegmatítico, também poderão manifestar o mesmo sinal.

A pesquisa de halos de alteração que afectam os volumes encaixantes, resultantes da mobilidade de elementos lítófilos também pode fazer uso da pesquisa de tons, claros no caso de albitizações e moscovitizações pervasivas ou mais escuros no caso de turmalinizações.

Também se considera a possibilidade de se virem a discriminar mudanças de fácies graníticas, usando como critério variações nos padrões de cobertura - por exemplo, variações do comportamento reológico indicadas pela orientação e densidade da rede de diaclasamento. Por outro lado, baixas granulometrias de tons cinzentos podem ser identificativas de granitos com grão fino.

Os corredores de mistura de magmas podem ser assemelhados a faixas, evidenciadas por um padrão linear, de textura heterogénea e heterogranular e tendência mais escura (de baixa reflectância), pela pulverização do granito com encraves homoeogenos meso e melanocratas.

## II. Enquadramento orogénico dos pegmatitos

As principais direcções estruturais relativamente às quais se deu o acolhimento dos pegmatitos, contemplam-se pela identificação, nas imagens, de padrões lineares.

Nesta abordagem, ressaltam-se contudo os seguintes aspectos:

- **Falsos positivos** - objectos que proporcionam sinal remoto similar ao que identifica afloramentos de pegmatitos e seus indicadores - por exemplo, remobilizações antrópicas de solos superficiais em terreno granítico e zonas caulinizadas dos maciços, com tendência leucocrata.
- **Máscaras específicas** - pegmatitos e seus indicadores sem evidências distanciadas, por estarem disfarçados por terrenos de cobertura que proporcionam sinais não identificáveis (por exemplo, vegetação).

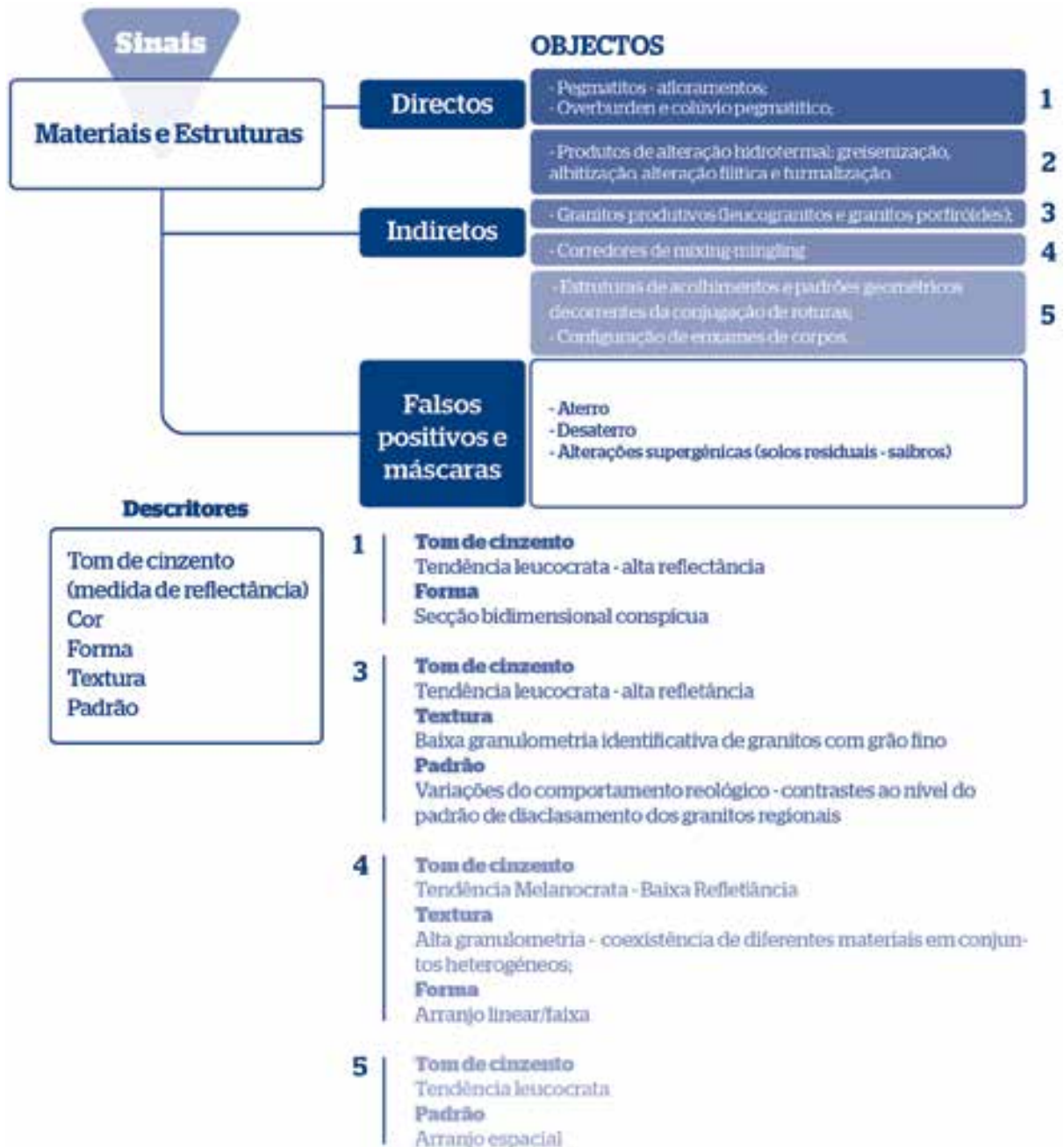


FIGURA II.5

Diagrama conceptual sobre os atributos remotos dos pegmatitos e seus indicadores de prospecção, passíveis de serem reconhecidos pela observação de imagens de satélite.

### II.3 Enquadramento geológico e estrutura dos campos pegmatíticos nas áreas seleccionadas

O enquadramento que se desenvolve sobre as áreas seleccionadas no capítulo I (áreas A, B1, D e E) decorre da integração da informação geológica obtida a partir da cartografia geológica publicada na escala 1:50000, das coordenadas dos índices pegmatíticos consultadas do Siorminp e da sistematização de dados recolhidos em trabalhos prévios sobre os pegmatitos aí aflorantes.

Tem-se em vista o reconhecimento de tendências preferenciais de distribuição de corpos, que vêm a apoiar a demarcação de faixas produtivas.

#### II.3.1 Enquadramento geológico e mineiro da área A - Ponte da Barca-Terras de Bouro

Os pegmatitos que ocorrem na região de Ponte da Barca são, essencialmente, bolsadas intra-graníticas, mais ou menos isodiamétricas ou irregulares, de dimensões variáveis (Silva, 2002). Trata-se de corpos zonados com quartzo muito abundante ( $Qz > Fk$ ) sem grandes unidades tardias e com unidades internas hiperaluminosas que na classificação de Ginsburg et al. (1979) correspondem a pegmatitos cerâmicos, predominantemente potássicos (Silva, 2002).

##### II.3.1.1 Enquadramento geológico na escala 1:50 000

A cartografia geológica relativa à área em estudo encontra-se na folha 5-B - Ponte da Barca - à escala 1:50000, de Teixeira et al. (1974).

Aí encontram-se representados granitos de duas micas sin a tardi-tectónicos, predominantemente biotíticos, inferidos como calco-alcalinos, que incluem conjuntos de fácies predominantemente porfiróides e granitos sin-tectónicos, não porfiróides, referidos como alcalinos.

A distribuição das manchas de fácies contrastantes, tal como se observa na carta 5B, apresenta-se, por decalque e conversão vectorial, na figura II.6.



FIGURA II.6

Mapa geológico na escala 1:50 000 do sector de Ponte da Barca-Terras de Bouro com implantação dos índices pegmatíticos consultados da base de dados do Siorminp.

A Sul, o granito porfiróide de grão grosso ou médio a grosso ( $\gamma^{Tg}$ ) é predominante. Do ponto de vista petrográfico apresenta fenocristais de feldspato alcalino com cor branca, dimensão grosseira e padrões de zonalidade concêntrica. Os conteúdos de biotite são variáveis. A alteração hidrotermal e supergénica é geradora de sericitização e argilização dos



feldspatos e ocasionalmente epidoto. A biotite apresenta exsudação de ilmenite, magnetite e pirrotite manifestando substituição por clorite (Teixeira et al., 1975). Relacionam-se com estas fácies, alguns encraves microgranulares de composição intermédia, dioríticos a tonalíticos. Na sua área de afloramento notam-se ainda sectores de grande concentração de corpos básicos filonianos equivalentes a lamprófiros e microdioritos (Teixeira et al., 1975). A dispersão de atitudes dos filões organiza-se em famílias de azimutes ENE-SSW, NE-SW e NW-SE.

Na mesma figura II.6, a Norte, afloram granitos não porfiróides com variabilidade petrográfica significativa. Importantes modificações na granulometria levam a separar fácies de grão médio a grosseiro ( $\gamma'g$ ) das fácies com grão médio a fino ( $\gamma'm$ ). Também se reconhecem ocasionais faixas de encraves de rochas metassedimentares representadas perto do limite entre granitos porfiróides e não porfiróides.

### II.3.1.2 Tipologia e distribuição dos pegmatitos

Na área de Ponte da Barca reconhece-se a existência de numerosas explorações desactivadas que incidiram sobre corpos de natureza pegmatítica para produção consistente de quartzo. Algumas destas explorações foram convertidas mais recentemente para a produção de agregados, a partir dos granitos hospedeiros. Outras constituem jazigos em actividade - Pedra da Moura e Mata da Galinheira. Vistas parciais sobre estes desmontes encontram-se na figura II.7. Na figura II.6 apresenta-se a sua distribuição.

Na tabela II.1 discriminam-se as ocorrências e fornecem-se as correspondentes coordenadas geográficas.

Dados sobre a morfologia, estrutura interna e paragénesis de alguns corpos encontram-se tratados em Silva (2002), os quais foram considerados na preparação da tabela II.2.

Este autor, estabelecendo analogias morfológicas e mineralógicas, para conjuntos de corpos, separa os seguintes grupos pegmatíticos: tipo Seixas, tipo Pedra da Moura e tipo Penacova.

Concessão	Nº concessão	Localidade	X	Y
Pedra da Moura	3530, 3531, 3533 / C44	Vila Chã (S. João Baptista), Azias e Touvedo	553687	4626319
Trajaco, Seixo Branco, Entre Águas, Golfeiro e Penedo do Filho (Seixas)	1147p, 3500	Vila Chã (S. João Baptista)	555730	4626890
Mata da Galinheira	3617 / C45	Vila Chã (S. João Baptista)	556693	4625650
Monte do Castelo da Pena	3534 / C45	Vila Chã (S. João Baptista)	556400	4624897
Alto da Baraceira	1157p	Vila Chã (S. João Baptista)	557900	4624912
Penedo Redondo	3504	Germil	559250	4624876
Cruz	3532	Azias	553107	4624364
Fonte Fria / Povoadura	1214p	Aboim da Nóbrega	552780	4622061
Carreira Velha	1017p	Mexães	556193	4620646
Carvalha	1053p	Germil	561139	4625895
Costa e cortinhas	1175p, 3596	Cibães e Brufe	562797	4625012
Travaços	3600	Vilar	562020	4617806

**TABELA II.1**

Lista de concessões atribuídas para exploração de quartzo e feldspato em pegmatitos do sector de Ponte da Barca - Terras de Bouro (Siorminp). Coordenadas no datum WGS84

<b>Tipologia</b>	Enxames endo-graníticos de tipo I, na classificação de Ginsburg et al. (1979), predominantemente quartzosos, filiados nos granitos de duas micas e biotíticos sin e tardi-tectónicos.
<b>Morfologia e morfoscopia</b>	Bolsadas, isodiamétricas a alongadas com estrutura interna zonada e contactos gradacionais com os granitos hospedeiros. Corpos com morfologia filoniana, lenticulares ou tabulares (mais raros).
<b>Estrutura interna/Zonalidade</b>	Os pegmatitos evidenciam uma zonalidade interna bem marcada com as seguintes unidades principais:  Zona marginal - normalmente pouco desenvolvida com minerais similares nas suas proporções aos minerais do granito periférico.  Zona mural - distingue-se pela maior granularidade dos cristais sendo frequente a existência de texturas gráficas e biotite pluricentimétrica organizada perpendicularmente ao limite da zona.  Zona intermédia - a granularidade dos cristais é sempre muito grosseira; separa-se uma zona externa onde o feldspato potássico predomina sobre o quartzo e a plagioclase e uma zona mais interna em que o quartzo é mais abundante que os feldspatos, os quais podem ocorrer sob a forma de giga-cristais individualizados. São típicas unidades com fosfatos e sulfuretos na interface entre a zona Intermédia e o núcleo.  Núcleo - é constituído por uma massa quase homogénea de quartzo que em alguns casos pode incluir grandes cristais de feldspato potássico. Em alguns corpos o quartzo nuclear tem coloração rósea. Com frequência observam-se cavidades miarolíticas de volume variável situadas nesta unidade ou na sua proximidade imediata, onde podem ocorrer cristais gigantescos de quartzo das variedades leitosa, hialina e fumada.  Unidades de substituição - resultam da substituição ou penetração das zonas anteriores por associações mineralógicas de alteração deutérica ou de precipitação hidrotermal; correspondem-lhes paragéneses extremamente diversificadas.
<b>Corpos paradigmáticos que tiveram produções mais significativas</b>	Seixas - explorado com vista à produção de quartzo e feldspato, com reservas cifradas em 500000 toneladas de pegmatito total; a lavra suspendeu-se no final da década de 80. Pedra da Moura - actualmente decorre a exploração de saibros graníticos e quartzo pegmatítico.
<b>Grupos pegmatíticos</b>	Pegmatitos do tipo Seixas Pegmatitos do tipo Pedra da Moura Pegmatitos do tipo Penacova

TABELA II.2

Síntese sobre a morfologia, estrutura e paragéneses dos pegmatitos no campo de Ponte da Barca (baseado em Silva, 2002).



FIGURA II.7

Panorâmicas parciais sobre os desmontes da Pedra da Moura (A) e Mata da Galinheira (B). Fotos referíveis ao ano de 2013.

A tabela II.3 descreve em pormenor e sob as perspectivas paragenética, morfológica e estrutural, os pegmatitos assim agrupados. Ainda se incluem como atributos a localização estrutural, tipo de fácies granítica hospedeira e a altitude.

Os pegmatitos de tipo Pedra da Moura são fundamentalmente bolsadas irregulares distribuídas no interior do granito de duas micas com grão grosseiro (p.ex. Mata da Galinheira) ou em zonas de cúpula ou de contacto com o granito biotítico porfiróide (p. ex. Pedra da Moura e Castelo da Pena). A morfologia é variável desde ampulheta a gota invertida. A sua mineralogia é complexa sendo notável o volume ocupado pelas unidades fosfatadas. Localizam-se às cotas de 540 a 650m.

Os pegmatitos explorados na Pedra da Moura estão organizados como um rosário de bolsadas irregulares alinhadas segundo direcção NW-SE. Aqui, tal como sugerem Leal Gomes et al. (2009), a presença de um “roof-pendent” metassedimentar e enxames de encraves com orientações de fluxo sugerem a proximidade da cúpula e são evidência de processos de contaminação em consequência de “mixing- mingling”. Segundo os mesmos autores, a orientação geral do corredor indica o sentido de injeção para NW dos diferenciados pegmatíticos.

Os pegmatitos aqui explorados são ricos em quartzo; o núcleo ocupa frequentemente 2/3 do volume podendo ser predominante a variedade rósea gemológica. Associações com fosfatos localizadas na transição entre a zona intermédia e o núcleo de quartzo podem corresponder a 10% do volume modal de pegmatito. O granito imediatamente encaixante corresponde a um leucogranito com granada e cordierite (Leal Gomes et al., 2009).

O acesso às frentes de desmonte da Mata da Galinheira, possível pela reactivação recente da mina, revelou importantes massas nucleares de quartzo róseo (visível na figura II.7B). As suas interfaces com a zona intermédia são muito ricas em fosfatos e sulfuretos. As unidades micáceas com moscovite, biotite e clorite também retêm conteúdos assinaláveis de sulfuretos, precipitados em planos de clivagem das micas. As unidades de preenchimento quartzoso seguem uma estruturação subhorizontal, sugerindo a provável repetição das caixas e a maior possibilidade de expansão lateral das massas em profundidade.

Os pegmatitos do tipo Seixas possuem morfologias tendencialmente aracneiformes e são caracterizados pela existência de cavidades mirolíticas nucleares de grande volume, revestidas por drusas de gigacristais de quartzo; as unidades tardias são constituídas por fosfatos de Fe e Mn, apatite e sulfuretos. Os pegmatitos de Seixas localizam-se às cotas mais baixas (250-350 m) em zona de contacto entre fácies graníticas de duas micas ( $\gamma^g$  e  $\gamma^m$ ).

Os pegmatitos do tipo Penacova são fundamentalmente corpos lenticulares essencialmente quartzosos com estrutura condicionada e afectada pela tectónica regional tardi-Varisca. A existência de unidades de substituição albíticas e micáceas com sulfuretos é característica. Estão instalados segundo corredores de cisalhamento NE-SW no interior do granito biotítico porfiróide (p. ex. Travaços) ou em roturas de acolhimento peri-cupolares de granitos de duas micas (p.ex. Penedo Redondo).



	Ocorrência	Morfologia	Comp. Mineral. (minerais acessórios)	Estrutura interna	Localização estrutural	Fácies granítica hospedeira	Altitude (m)
<b>PEGMATITOS DO TIPO PEDRA DA MOURA</b>	Pedra da Moura	Ampulheta	Berilo, óxidos de Nb-Ta-Ti, fosfatos primários (F-apatite ou isokite, triplite-zwieselite, trifilite-litiofilite) e secundários*; sulfuretos (pirite, galena, blenda, bismutinite, matildite), sulfossais e carbonatos (oligonite)	Rosário de bolsadas irregulares; pegmatitos heterogéneos assimetricamente zonados	Proximidade a um corredor de mixing-mingling e roof-pendant metassedimentar; contacto entre fácies graníticas	Granito de duas micas com grão grosseiro; zonas de transição para o pegmatito incluem fácies leucograníticas enriquecidas em granada e cordierite	550
	Mata da Galinheira	Gota invertida (turnip) com extravasamento apical dirigido a Sul	Pirite, ferrocolumbite, ilmenorútilo, apatite, xenotima, andaluzite, zircão, scheelite  Triplite-zwieselite, variscite, rockbridgeite e sulfuretos (pirite>arsenopirite>lolingite, calcopirite, blenda)	Pegmatito com unidades quartzosas internas tabulares subhorizontais	Interior da massa granítica	Granito de duas micas com grão grosseiro	540
	Monte do Castelo da Pena	Gota invertida com extravasamento apical	Pirite, arsenopirite, triplite, andaluzite	Pegmatito zonado	Zonas de cúpula ou de contacto entre diferentes litologias graníticas	Granito de duas micas com grão grosseiro	650
	Alto da Baraceira	Aracneiforme com extravasamento s para N36°W e N56°W	Cassiterite, triplite	Pegmatito Zonado	Zonas de cúpula ou de contacto entre diferentes litologias graníticas	Interface entre granitos de duas micas com grão grosseiro e com grão médio a fino	550
<b>SEIXAS</b>	Trajaco, Seixo Branco, Entre Águas, Golfeiro Penedo do Filho	Aracneiforme	Fosfatos de Fe e Mn, clorite, apatite, sulfuretos (pirite, galena, molibdenite)	Pegmatito zonado com cavidades miarolíticas de grande dimensão	Corredor de cisalhamento	Granito de duas micas com grão fino a médio	250-350
<b>PENACOVA</b>	Penedo Redondo (Vergaço)	Aracneiforme, assimétrica	Arsenopirite, pirite, volframite, apatite, scheelite	Pegmatito com zonalidade aproximadamente concêntrica	Rupturas pericupulares	Granito de duas micas com grão fino a médio	800
	Travassos	-	Pirite, apatite	Bolsadas heterogéneas de pequena dimensão com zonalidade aproximadamente concêntrica	Corredor de cisalhamento NE-SW	Granito biotítico porfiróide	790

TABELA II.3

Síntese morfológico-estrutural, tipologia composicional e localização estrutural dos corpos pegmatíticos de Ponte da Barca-Terras de Bouro (de acordo com Silva, 2002).  
 \* Inventário de fosfatos secundários nos pegmatitos da Pedra da Moura (Leal Gomes et al. 2009): em alteração de fosfatos primários, wolfeite, eosforite, fairfieldite, vivanite, hureaulite, sicklerite, heterosite, purpurite, frondelite-rockbridgeite, OH-apatite; e em preenchimentos vacuolares, childrenite, ritmanite, mitridaite, dufrenite, witmoreite, caxocnite, strunzite, jahnite, strengite, hureaulite II, cyrilovite, paravauxite, tynsleite, bermanite, fairfieldite II, kryhanovskiyte, laueite, stewartite, OH-ellestadite, hentschelite, kalunigite, Fe-sicklerite, messelite, litiofosfato, Mn-segelerite, litioforite, rockbridgeite-frondelite.

### II.3.2 Enquadramento geológico e mineiro da Área B1 - Chaves

Na região de Chaves, é paradigmático o pegmatito do Seixigal em Pereira de Selão o qual corresponde a um corpo de grande dimensão, explorado para a produção de quartzo e feldspato. A lavra iniciou-se em 1968 mantendo-se até 2000.

Trabalhos de referência sobre a paragénese, estrutura e mecanismo de instalação do pegmatito encontram-se em Pereira et al (1998) e Pereira (2005).

#### II.3.2.1 Enquadramento geológico na escala 1:50 000

A área B1 fica inscrita nas folhas 6B de Teixeira e Medeiros (1969) e 6D de Noronha et al. (1998) da carta geológica de Portugal na escala 1:50 000.

## II. Enquadramento orogénico dos pegmatitos

Segundo estas publicações, separam-se na área de estudo rochas granitoides, metassedimentos Paleozóicos e depósitos sedimentares recentes, com manchas discriminadas na figura II.8.

Os granitos aflorantes a Norte são fácies de duas micas sintectónicas com grão médio ou grosseiro tendencialmente porfiroides. Separam-se o granito de Santa Bárbara, com grão grosseiro, e o granito de Minhéu-Lagoa, com grão médio, o qual abrange fácies mais ricas em moscovite (p. ex. em São Pedro de Agostém).

A Sul estão representadas no interior do maciço postectónico de Vila Pouca de Aguiar, fácies graníticas biotíticas correspondentes a termos com grão médio a grosseiro porfiroides (Granitos de Pedras Salgadas e Vila Pouca de Aguiar) e fácies de duas micas com grão fino (Granito de Sabroso).

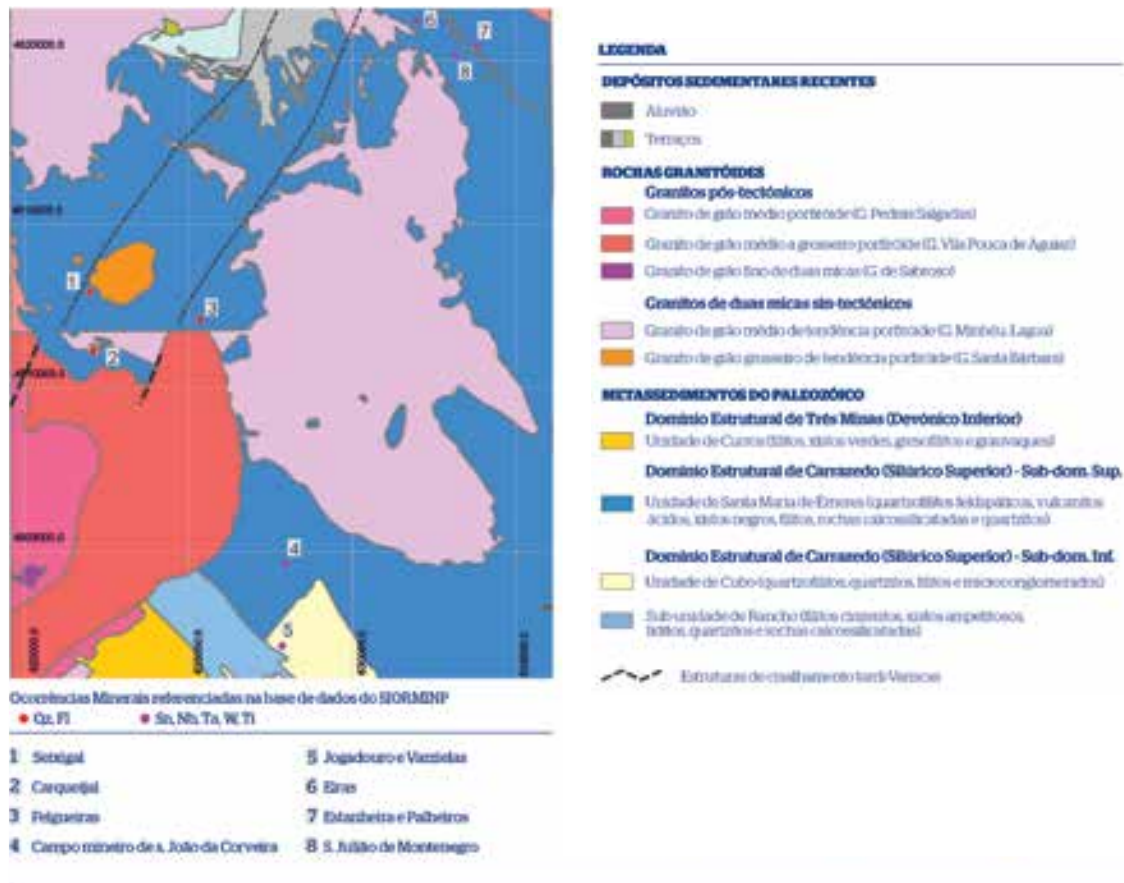


FIGURA II.8

Mapa geológico na escala 1:50 000 do sector de Chaves conforme Teixeira e Medeiros (1969) e Noronha et al. (1998).

As sequências metassedimentares encaixantes, descritas em Teixeira e Medeiros (1969) como complexos xisto-graníticos caracterizados por migmatitização e silicificação, surgem nas revisões cartográficas mais recentes de Noronha et al. (1998), atribuídas aos Domínios estruturais de Três Minas (Unidade de Curros, de idade Devónica) e de Carrazedo (Unidades de Santa Maria de Émeres, de Cubo e sub-unidade de Rancho, atribuídas ao Silúrico Superior). Com diversidade litológica significativa, incluem, filitos, grauvaques, quartzofilitos, metavulcanitos ácidos, xistos negros, rochas calcossilicatadas e microconglomerados.

Na carta geológica está bem delimitado o corredor estrutural NE-SW, correspondente à estrutura Régua-Verin tardi-Varisca, onde se localizam os granitos de Santa Bárbara e São Pedro de Agostém e, no seu prolongamento para Sul, o maciço postectónico de Vila Pouca de Aguiar (figura II.8).

### II.3.2.2 Tipologia e distribuição dos pegmatitos

Segundo o acervo do Siorminp contam-se apenas 3 as concessões atribuídas para exploração de quartzo e feldspato em pegmatitos do sector de Chaves - Seixigal, Carqueijal e Figueiras (Tabela II.4 e figura II.8).

São mais numerosas as ocorrências de Sn, Nb, Ta em filões pegmatíticos, aplito-pegmatíticos e greisens, de instalação exo-granítica (tabela II.5 e figura II.8). Trata-se de corpos de pequena espessura e rumos variáveis, tendo a exploração conhecida incidido em alguns casos sobre aluviões adjacentes.

Concessão	Nº da concessão	Localidade	X	Y
Seixigal	3465 / C85	Vilas Boas	622052	4613112
Carqueijal	1109p	Selhariz	622170	4611314
Falgueiras	3610	Moreiras	625460	4612247

TABELA II.4

Concessões atribuídas para exploração de quartzo e feldspato em pegmatitos do sector de Chaves (Siorminp). Coordenadas no datum WGS84.

Subst.	Concessão	Nº concessão	Localidade	X	Y	Depósito	Esp. Filões (m)	Atitude
Sn-Nb-Ta	Estanheira	2463, 2464	S. Julião de Montenegro	631709	4622108	$\pi$	0.60-3	E-W, verticais
Sn	Eiras	3243, 3244, 3245	Eiras e S. Julião de Montenegro	632066	4621412	$\pi, a$		
Sn-Nb-Ta	S. Julião de Montenegro	1847, 2462	S. Julião de Montenegro	633277	4620374	$\pi$	0.30-10	N 40 W, verticais
Sn-W	Estanheira e Palheiros	1445, 1736	S. Julião de Montenegro	633923	4620681	$\pi$	0.1-0.4	N 75 W
Sn-Ti	Jogadouro e Varzielos	2249, 2252, 2259	Carrazedo de Montenegro, Padrela, Tazem	627960	4602274	$\pi, q, a$	<15	NW-SE; NE-SW, verticais
Sn	Campo Mineiro de S. João da Corveira	1961, 2350, 2351, 3310, 3312, 3319	S. João da Corveira	628085	4604775	$\alpha\pi, g, a$	0.5-2.9	N O-45 W; 30-45 W e 20-40 E

TABELA II.5

Concessões atribuídas para exploração de minérios de Sn-Nb-Ta-W (cassiterite-columbite-tantalite-volframite) em filões pegmatíticos e aluviões do sector de Chaves (Siorminp). Descodificação do tipo de depósito -  $\pi$  (pegmatito),  $\alpha$  (aplito), a (aluvião), g (greisen), q (quartzo). Coordenadas no datum WGS84.

O pegmatito do Seixigal corresponde segundo Pereira (2005) a um corpo tabular, de atitude sub-horizontal com geometria do tipo "stocksneider". Está localizado num sector sujeito a colapso de cúpula, em posição intermédia entre o granito de Santa Bárbara (exogranito) e um granito biotítico postectónico, não aflorante, que o limita inferiormente (endogranito, intersectado por sondagem). O contacto do pegmatito com o endogranito é gradacional, com interfaces típicas de fraccionamento, levando a que se estabelecesse a hipótese de filiação do pegmatito neste granito. A partir dele, ter-se-ão produzido sucessivos acessos de diferenciados félsicos pegmatíticos que acabaram por preencher e selar reactivações dilatacionais, em sucessivas etapas de colapso de cúpula. O granito sintectónico de Santa Bárbara funcionaria como uma unidade tampão necessária para acomodar a distensão e conter a migração dos diferenciados graníticos residuais. O contacto com o exogranito é brusco e é discordante com as rochas metassedimentares regionais.

A ascensão dos magmas pós-tectónicos terá tido lugar nos últimos estádios da deformação transcorrente Varisca. O corredor Régua-Verin delimitado na figura II.8, representa possivelmente a zona de alimentação de 1ª ordem, a partir da qual se dá o acesso de magmas pós-tectónicos, capazes de emitirem diferenciados residuais.

Segundo Pereira (2005) a massa principal do pegmatito tem estrutura interna complexa, bandada paralelamente ao alongamento, com uma extensão máxima de 200 m, segundo E-W, e 20 metros de possança. As bandas dispõem-se em sequências de estruturação horizontal, muito regulares, com possança variável de centimétrica a métrica e que tende a diminuir de E para W. As bandas pegmatíticas individuais são homogéneas com estrutura interna em pente e compõem-se de cristais de feldspato alcalino e quartzo imbricados. Apresentam conteúdos variáveis de biotite, ilmenite e apatite. Na estruturação do pegmatito, reconhece-se ainda uma bolsada periférica com morfologia elipsóide a qual deverá ser proximal relativamente à principal conduta magmática, considerando-se que o acesso magmático às unidades estruturais anteriores se faz a partir desta bolsada enraizada a E-NE.

Os aspectos que descrevem a geometria e paragénesis do pegmatito do Seixigal reúnem-se na tabela II.6, de acordo com as indicações recolhidas em Pereira (2005).



**FIGURA II.9**

Imagem panorâmica sobre a corta mineira do Seixigal, à data de 2011.

<b>Tipologia</b>	Pegmatito cerâmico com geometria em “stocksheider” localizado no bordo SW do plutonito granítico sin a tardi-tectónico de Santa Bárbara, limitado inferiormente por um granito biotítico pós-tectónico, parental. Apresenta tendência mista NYF-(LCT) - subtipo peraluminoso fenacítico muito pouco especializado.
<b>Organização e Morfologia</b>	É composto, essencialmente, por duas unidades: - um corpo principal, tabular subhorizontal; - uma bolsada periférica enraizada a E-NE com morfologia elipsoidal, em posição proximal relativamente à principal conduta magmática. O aparelho apresenta-se segmentado devido a reactivação tectónica tardia.
<b>Dimensões</b>	O corpo maior tem 200 m de extensão máxima segundo E-W e 20 m de possança; a bolsada periférica tem eixo maior com 100 m sendo a menor dimensão 40 m.
<b>Estrutura interna e paragénese</b>	A massa principal do pegmatito tem estrutura interna complexa, bandada paralelamente ao alongamento. As bandas dispõem-se em seqüências de estruturação horizontal, com possança variável de centimétrica a métrica e que tende a diminuir de E para W. As bandas pegmatíticas individuais são homogéneas com estrutura interna em pente; compõem-se de cristais de feldspato alcalino e quartzo imbricados e apresentam conteúdos acessórios variáveis de biotite (+ilmenite), apatite e schorlrite. As unidades secundárias (venulares e massas de substituição discordantes) são marcadas por albite, moscovite, apatite, clorite e turmalina; são mais raros veios com quartzo-albite-cassiterite e brechas compostas de apatite+quartzo+pirite ou clorite+albite + pirite +/- blenda +/- titanite +/- tantite; em cavidades na brecha hidrotermal ocorre a associação quartzo+apatite + fenaquite +/- bertrandite +/- OH-herderite. A cloritização e a sericitização são vulgares em todas as unidades pegmatíticas e nos granitos encaixantes. Observa-se um bordo metassomático com enriquecimento em biotite e andaluzite porfiroblástica e venulação com quartzo-moscovite-turmalina.
<b>Exploração</b>	A lavra iniciou-se em 1968 mantendo-se até 2000.

**TABELA II.6**

Elementos de caracterização recolhidos em Pereira (2005) sobre o pegmatito do Seixigal, representativo do sector de Chaves

### II.3.3 Enquadramento geológico e mineiro da área D - Viseu-Satão

Na área referenciada por D (Viseu-Satão) reconhecem-se vários índices pegmatíticos intra e peri-graníticos com recursos cerâmicos e mineralização em metais raros.

Um trabalho de referência sobre as condições de aproveitamento do quartzo, feldspato e berilo e correspondentes diagramas de beneficiação, a partir de jazigos pegmatíticos das Beiras e sobretudo do seu pegmatito de maiores dimensões (pegmatito de Senhora de Assunção) encontra-se em Lobato (1971). A definição do campo pegmatítico do Alto Vouga deve-se a Trabulo et al. (1995), que propõe elementos para uma compartimentação em grupos e enxames.

### II.3.3.1 Cartografia geológica na escala 1:50 000

A folha 14-D da Carta Geológica de Portugal na escala 1:50000 de Teixeira et al. (1972) estabelece o enquadramento geológico da área de estudo. Distribuem-se preferencialmente neste compartimento granitos tardi-tectónicos que intruem formações do Complexo Xisto-Grauváquico Câmbrico e do Ordovícico, que ocupam o quadrante SW da área.

Os metassedimentos encaixantes distribuem-se segundo afloramentos de rumo geral NW-SE no extremo SE da zona de cisalhamento do Sulco Carbonífero Dúrico-Beirão (Iglésias e Ribeiro, 1981; Rodrigues, 1997). Do ponto de vista estratigráfico compreendem metapelitos, metagrauvaques e conglomerados do grupo do Douro (CXG, Câmbrico), quartzitos e xistos do Ordovícico e sedimentos intracontinentais de idade Carbónica (xistos carbonosos, metagrauvaques e quartzitos) (Figura II.10).

As fácies graníticas mais representadas, inseridas no maciço tardi-tectónico de Aguiar da Beira, compreendem granitos biotíticos porfiroides com granularidade que varia de média a grosseira e granitos de duas micas com grão médio. O granito de Ferreira de Aves, central relativamente à delimitação da área, corresponde a uma fácies de duas micas com biotite mais abundante, grão médio e carácter porfiroide. Inclui encraves máficos, micáceos e metassedimentares. Define um arco que coincide com o bordo oriental deste maciço. A folha 14-D reconhece-lhe “zonas de filões e massas aplito-pegmatíticas” e retalhos de pequenas dimensões formados por granito com grão fino representados no seu interior.

A Norte, a delimitação da área ainda abrange o maciço postectónico de Pera Velha e granitos de duas micas sintectónicos. A discriminação petrológica destes granitos encontra-se em Costa (2006).

Estão também representados a intersectar os granitos aflorantes, filões de rochas básicas com rumos mais frequentes N-S, NE-SW e NW-SE (figura II.10).

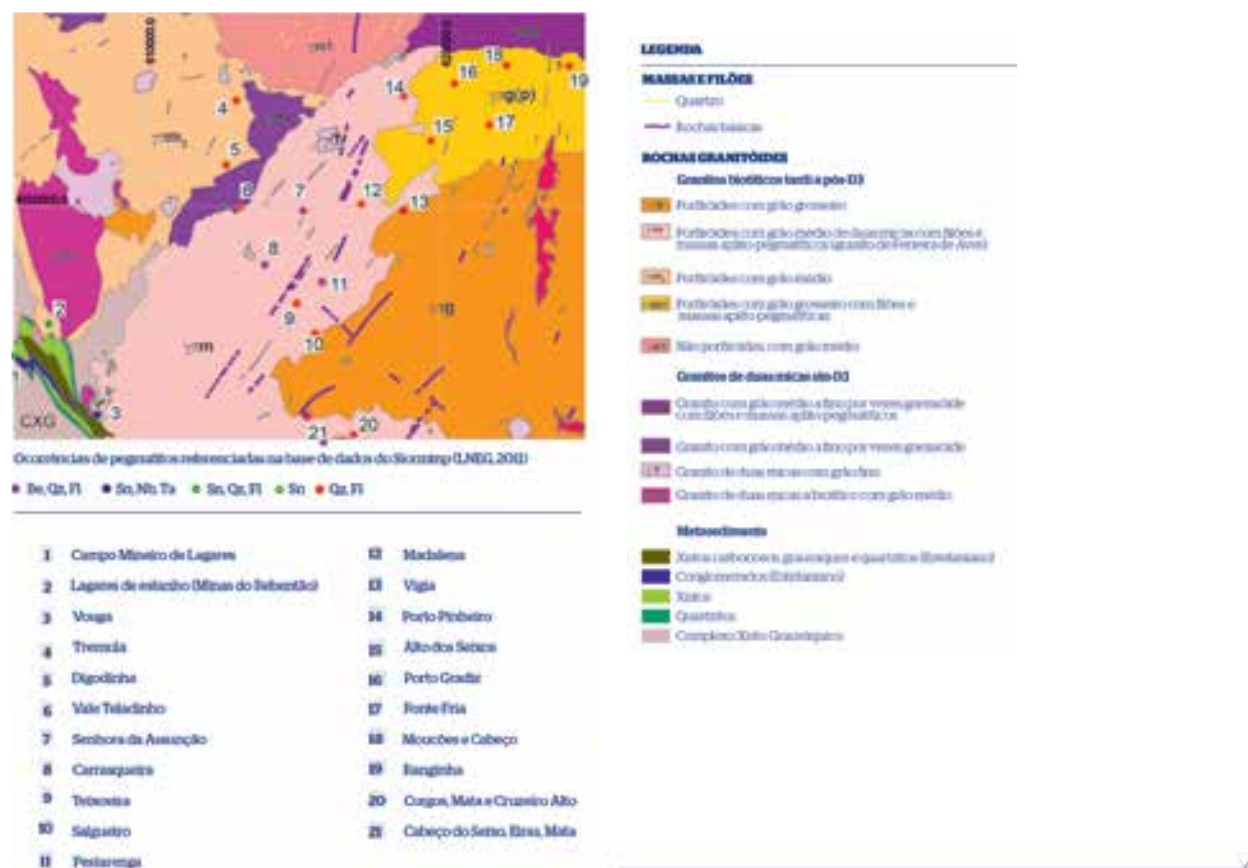


FIGURA II.10

Mapa geológico na escala 1:50 000 do sector de Aguiar da Beira (conforme Teixeira et al., 1972).



### II.3.3.2 Tipologia e distribuição dos pegmatitos

Neste compartimento os pegmatitos podem ocorrer em duas posições essenciais: endo-granítica e peri-granítica.

A distribuição das ocorrências minerais pegmatíticas encontra-se na figura II.10; na tabela II.7 estas surgem discriminadas pela substância alvo, localidade, concessionário, tipo de fácies granítica encaixante e patamar topográfico.

Os principais enxames e grupos mais representativos (isolados, acoplados ou em rosário) são intra-graníticos e estão inseridos nas fácies de duas micas porfiróides com grão médio a grosseiro do maciço de Aguiar da Beira. Encontram-se nesta situação por exemplo os pegmatitos de Senhora de Assunção e Pestarenga, com unidades extractivas instaladas para produção de quartzo, feldspato e berilo.

O grupo pegmatítico de Senhora de Assunção, compreende duas bolsadas lenticulares zonadas, expostas em dois desmontes que distam entre si 50 m (Trabulo et al., 1995). Pela dimensão e volume das massas úteis assume carácter chave no contexto do campo endo-granítico do Alto Vouga, considerando-se também representativo do enquadramento de outros pegmatitos com apetência cerâmica da região, podendo ser utilizado como modelo de caracterização mineralógica. Combinando as classificações de Ginsburg et al. (1979) e Cerny (1982) podem ser referidos como híbridos miarolíticos, com berilo, fosfatos e columbite-tantalite.

Segundo Trabulo et al. (1995) os pegmatitos da Senhora de Assunção e generalizadamente os que ocorrem hospedados na fácies de duas micas com grão médio (granito de Ferreira de Aves) apresentam localização mais profunda no contexto da estruturação do maciço, ocorrendo dispersos ou em conjuntos acoplados. Contrastam com a distribuição em enxames, com maior número de pegmatitos, que predomina no maciço a Sul, em fácies com grão grosseiro - enxames de Sezures-Dornelas e o de Trancozelos-Travanca de Tavares.

De acordo com os mesmos Autores a disposição dos corpos do grupo da Assunção segundo um eixo de orientação N25°E é concordante com as trajectórias das fluidalidades no sector, as quais acompanham grosseiramente o contorno do maciço. Os pegmatitos são heterogéneos fortemente zonados com abundantes massas quartzosas nucleares e frequentes massas de substituição mangano-ferríferas e litiníferas fosfáticas que ocorrem nas unidades mais tardias de fracção interna, situadas na transição entre a zona intermédia e o núcleo de quartzo (Leal Gomes, 1999). As unidades independentes reconhecidas estão discriminadas na tabela II.8.

Apresentam especialização em Be, Nb, Ta (Nb>Ta), Li, Mo e Ti o que se traduz em paragénese representadas por berilo (gigacristais na interface zona intermédia-núcleo), bertrandite, fenacite, OH-herderite, columbite-tantalite, molibdenite e ilmenite. O Li tem expressão nas unidades fosfatadas. O pegmatito Sul é o que apresenta maior diversidade mineralógica ao nível das fases fosfato, discriminando-se os fosfatos primários triplite-zwieselite, OH-herderite, trifilite-litiofilite e F-apatite e as seguintes associações descendentes pela evolução em liquidus, subsolidus e no estado supergénico: rockbridgeite, vayryneite, roscherite, childrenite, ambligonite-montebasite, brasilianite, augelite, lazulite-scorzalite, hureaulite, vivianite, sicklerite, heterosite, purpurite e OH-apatite (Leal Gomes e Azevedo, 2003).

Os sulfuretos também podem ser abundantes. Além da molibdenite aparecem referidas pirite, arsenopirite, calcopirite e blenda (Leal Gomes e Azevedo, 2003).

A morfologia das bolsadas em haltere sugere tratar-se de termos finais da evolução cinemática de implantação dos



Subst.	Ocorrência	Localidade	X	Y	Concessionária	Altitude
Qz_Fl_Be	Senhora da Assuncao - Varzea e Valdeireiras	Ferreira das Aves	615483	4520066	Sociedade Agrícola e Industrial Montanisco, Lda	780
Qz_Fl_Be	Preguica e Pestarenga	Ferreira das Aves	616107	4517673	José Pereira Barbosa Ramos	625
Be_Qz_Fl	Carrasqueira	Ferreira das Aves	614201	4518254	FELMICA - Sociedade Mineira da Carrasqueira, S.A	740
Qz_Fl	Madalena	Ferreira das Aves	617414	4520297	Felmica	750
Fl_Qz	Vigia	Agua da Beira	618832	4520075	Felmica	820
Qz_Fl	Teixoeira	Ferreira das Aves	615264	4516965	Indefinido	625
Qz_Fl	Salgueiro	Pinheiro e Ferreira das Aves	615874	4515971	Indefinido	655
Qz_Fl	Corgos, Mata e Cruzeiro Alto	Romães	617157	4512585	Indefinido	650
Qz_Fl_Be	Cabeço do Seixo, Eiras, Mata	Romas	616160	4512325	Indefinido	630
Qz_Fl	Pestarenga	Ferreira das Aves	616272	4518575	QUARTEX - Sociedade Mineira do Alentejo, Lda.	858
Qz_Fl	Vale Teladinho	Outeiro de Baixo	613382	4520196	Indefinido	
Qz_Fl	Alto dos Seixos	Aguiar da Beira	619759	4522408	SOCILICA - Soc. Mineira de Quartzo e Feldspato, Lda	870
Qz_Fl	Porto Gradiz	Gradiz	620540	4524316	Indefinido	890
Qz_Fl	Fonte Fria	Gradiz	619759	4522408	Indefinido	895
Qz_Fl	Moucoes e Cabeco	Gradiz	622283	4524933	Indefinido	750
Qz_Fl	Ranginha	Gradiz	624383	4524904	Indefinido	625
Qz_Fl	Paiva	Peva	611583	4525177	Albino Monteiro	770
Qz_Fl	Digodinha	Outeiro de Cima	612919	4521591	Indefinido	830
Qz_Fl	Tremula	Forles	613247	4523743	Arnaldo Manuel Paiva Simões	785
Sn	Ribeiro da Queiriga	Queiriga	605169	4516665	Indefinido	670
Sn_Nb_Ta	Fontainhas e Facho	Mioma	608602	4513250	Indefinido	650
Sn_Qz_Fl	Lagares de Estanho (Minas do Rebenhao)	Queiriga	606972	4516283	Indefinido	759
Sn	Vouga	Mioma	607994	4514094	Indefinido	650
Sn_Qz_Fl	Campo Mineiro de Lagares	Queiriga	605631	4515420	Areias da Queiriga, Lda	650

**Tipo de fácies granítica encaixante**

Intra-graníticos	Intra-graníticos	Intra-graníticos	Peri-graníticos
Localizados no interior do granito porfiróide com grão médio tardi a pós tectónico de Ferreira de Aves (ypm)	Localizados no interior do granito porfiróide com grão grosseiro tardi a pós tectónico (ypgp)	Localizados no interior do granito porfiróide com grão médio (ypm2)	Atravessando o contacto entre granitos porfiróides com grão médio tardi a pós-D3 e os metassedimentos do CXG.

TABELA II.7

Patamares topográficos:

600-700	700-800m	>800m
---------	----------	-------

Inventário relativo a ocorrências pegmatíticas na área D

pegmatitos, sujeitos a expansão lateral numa etapa terminal do seu percurso ascensional (Guimarães, 2012). A proximidade da cúpula é revelada pela presença de um “roof-pendant” e “stoped-blocks” a tecto da massa principal (Guimarães, 2012).

Os pegmatitos peri-graníticos, situados na parte SE da zona de cisalhamento do Sulco Carbonífero Dúrico-Beirão, incluem sills enraizados no granito porfiróide com grão médio e enxames de filões estaníferos ou estano-tungstíferos do distrito mineiro de Lagares (Neiva, 1944).

É representativo o grupo pegmatítico da Queiriga (também designado de Lagares de Estanho ou Mina do Rebenhão nos documentos de acervo mineiro). O corpo principal deste grupo tem atitude N20°W/45°E e 12 m de espessura média (Puga et al, 2003). Classifica-se pelos critérios de Černý e Ercit (2005), em tipo LCT-petalítico. Economicamente manifesta apetência cerâmica e mineralizações seguidamente ordenadas pela abundância Li>Be>Sn>Ta>Nb>W>Bi.

O campo mineiro de Lagares caracteriza-se por filões pegmatíticos e aplito-pegmatíticos com rumos E-W a N-S e NNW-SSE, pendores variáveis e possanças médias entre 0,1 e 1,5 m. No sector das Minas Velhas o acervo mineiro refere a ocorrência de filões de quartzo, os quais em trabalhos mais recentes de Dias et al. (2006), e pelo reconhecimento de conteúdos importantes de topázio nas suas paragénese, surgem descritos como topazitos, mineralizados com cassiterite, columbite-tantalite, volframite,

## II. Enquadramento orogénico dos pegmatitos

<b>TIPOLOGIA</b>	Combinando as classificações de Cameron et al. (1949), Ginsburg et al. (1979) e Černý (1982) os pegmatitos do campo do Alto Vouga podem ser referidos como intra-graníticos, miarolíticos, zonados, potássicos, com berilo, fosfatos, nióbio-tantalatos e minerais de Ti.
<b>MORFOLOGIA E MORFOSCOPIA</b>	O grupo pegmatítico de Senhora de Assunção compreende 2 bolsadas pegmatíticas acopladas. A forma de cada corpo é lenticular com um maior desenvolvimento subhorizontal, a partir do qual emergem várias protuberâncias com desenvolvimento vertical, dirigidas ao tecto da câmara granítica. O par pegmatítico apresenta uma disposição em haltere achatado, não sendo visível nos desmontes qualquer forma de continuidade ou ligação.
<b>Dimensões</b>	O desenvolvimento sub-horizontal do corpo maior do grupo da Senhora de Assunção alcança 100 m.
<b>ESTRUTURA INTERNA/ZONALIDADE</b>	Os pegmatitos evidenciam uma zonalidade interna bem marcada com as seguintes unidades principais: zona mural - quartzo feldspática com texturas gráficas - quartzo+feldspato potássico+ albite+moscovite+óxidos -zona intermédia quartzo-feldspática - com quartzo+feldspato potássico+berilo,ixiolite, columbite-tantalite e moscovite -zona intermédia feldspática - feldspato potássico+berilo, ixiolite, ilmenite, triplite zwiesselite, pirite - núcleo de quartzo - quase monomineralico - massas de substituição - mangano-ferríferas e litiníferas - clorite, pecheblenda, thornburnite +/- autunite, malaquite, eosforite, fosfosiderite, alluaudite, purpurite ou - lepidolite +/-quartzo - ou - caulinite - ou moscovite. -preenchimentos tardios de fracturas - argilosos, quartzosos, microclínicos, cloríticos e sulfuretados - quartzo+calcopirite, óxidos de Fe ou montmorilonite
<b>CORPOS PARADIGMÁTICOS QUE TIVERAM PRODUÇÕES MAIS SIGNIFICATIVAS</b>	Senhora de Assunção, Pestarenga, Vigia
<b>ENXAMES E GRUPOS PEGMATÍTICOS</b>	Sezures-Dornelas Trancozelos-Travanca de Tavares. Pegmatitos isolados ou em conjuntos acoplados (grupos) - p.ex. grupo da Senhora de Assunção

**TABELA II.8**

Discriminação estrutural e paragenética dos pegmatitos intra-graníticos no Maciço tardi a postectónico de Aguiar da Beira (de acordo com Trabulo et al., 1995)

rútilo, arsenopirite, ouro, electrum e bismuto. Segundo os mesmos Autores, têm como encaixantes turmalinitos com porfiroblastos de topázio interestratificados na Formação de Antas.

### II.3.4 Enquadramento geológico e mineiro da Área E - Guarda- Belmonte

Os pegmatitos pertencentes ao campo da Guarda são fundamentalmente filonianos, do tipo LCT complexo com metais raros (REL-LI), e estão alojados no interior de fácies graníticas tardi a pós-tectónicas.

#### II.3.4.1 Cartografia geológica na escala 1:50 000

Na folha 18-C da Carta Geológica de Portugal na escala 1:50 000 separam-se as seguintes fácies graníticas tardi-tectónicas (figura II.11):

- **Granitos moscovítico-biotíticos** - definem o maciço circunscrito aflorante na parte central da área - maciço de Fráguas-Pena Lobo.
- **Granitos monzoníticos porfiróides** - ocupam o restante espaço em redor daquele maciço - maciço de Belmonte-Pega.

Os metassedimentos, representados como manchas descontínuas no interior do granito monzonítico de Belmonte-Pega, pertencem ao Complexo Xisto-Grauváquico do grupo das Beiras.



FIGURA II.11

Mapa geológico na escala 1:50 000 do sector de Guarda-Belmonte (conforme Martins et al. Revisto por Teixeira, 1963).

### II.3.4.2 Tipologia e distribuição dos pegmatitos

A distribuição de ocorrências minerais pegmatíticas com actividade extractiva antiga e actual, para produção de quartzo e feldspato cerâmicos e produtivos em mineralizações de Li e Sn encontram-se representadas na figura II.11 e surgem discriminadas pelo tipo de substância na tabela II.9.

Os conjuntos mais representativos deste campo, que foram objecto de estudos prévios, afloram nas áreas de Gonçalo-Seixo Amarelo (Ramos, 1998; Ramos et al., 2006), Cabeço dos Poupos (Silva et al., 2003; Silva et al., 2006) e Bendada (Correia Neves, 1960).

Estes filões apresentam uma elevada potencialidade para a produção de filossilicatos de Li, quartzo e feldspatos.

Pela importância e representatividade destaca-se o pegmatito de Gonçalo, peculiar pela abundância de topázio azul e esverdeado.

Os pegmatitos são sobretudo intrusivos no granito biotítico porfiróide tarditectónico de Belmonte-Pega. Têm morfologia tabular e paragéneses evoluídas. Incluem filões subhorizontais e inclinados com estruturas aplíticas e pegmatíticas associadas (tabela II.10).

A especialização LCT mais marcante pode ser litínifera, com lepidolite ou amblygonite, ou berilífera expressando simultaneamente columbite e fosfatos.

A geração dos pegmatitos explica-se invocando os modelos de Brisbin (1986) para intrusões pegmatíticas epizonais em condições de “uplifting” e exumação, em ambientes sujeitos a baixas pressões confinantes. Nestas condições, em níveis superiores da crosta, a prevalência de condições frágeis promove a instalação de pegmatitos tabulares.

## II. Enquadramento orogénico dos pegmatitos

Substância	Ocorrência	Localidade	XDT73	YDT73	Empresa concessionária	Altitude
Qz_Fl	Quinta Cimeira	Maçainhas e Bendada	646561	4471335	Felmica	630
Qz_Fl	Serrado 1	Maçainhas	645857	4472483	Felmica	580
Qz_Fl	Serrado 2	Maçainhas	645460	4472662	Felmica	540
Qz_Fl	Covão	Vela	645252	4478468	Aldeia & Irmão, S.A	640
Fl_Qz	Castanho Sul	Gonçalo	639434	4474357	E.N.U. - Empresa Nacional de Urânio, S.A	525
Fl_Qz	Quinta do Queilhas	Benespera	645855	4476269	E.N.U. - Empresa Nacional de Urânio, S.A	580
Qz_Fl	Cabeço dos Poupos e Águas Belas	Lomba e Águas Belas	656799	4472083	EXMIN - Companhia de Indústria e Serviços, S.A	840
Qz_Fl_Li	Gonçalo Sul	Gonçalo	641092	4475544	José Aldeia Lagoa & Filhos, Lda.	530
Qz_Fl	Vela	Vela	642321	4477196	José Aldeia Lagoa & Filhos, Lda.	580
Qz_Fl	Vela Nordeste	Vela	643881	4479255	José Aldeia & Filhos, Lda.	540
Fl_Li	Castanho	Gonçalo	639040	4474776	PEGMATITICA - Sociedade Mineira de Pegmatites, Lda.	580
Qz_Fl	Fonte da Cal	Bendada	648665	4471762	Felmica	660
Qz_Fl	Quinta do Monteiro	Bendada	648909	4476304	Indefinido	780
Qz_Fl	Quinta do Monteiro e Peiteira	Bendada e Benespera	647918	4475395	Indefinido	770
Qz_Fl_Li	Lagedo, Quinta das Flores e Ponte da Vela	Vela	643282	4479149	Felmica	560
Li_Sn	Alvarrões	Gonçalo, Seixo Amarelo e Vela	642259	4481438	Sociedade Mineira Carolinos, Lda.	520
Li_Sn	Quinta do Lagedo	Vela	641315	4476828	José Aldeia Lagoa & Filhos, Lda.	780
Sn	Tapada da Deveza	Santana da Azinha	653163	4480846	Indefinido	840
Sn	Fr"guas e Quinta da Erva	Santana da Azinha	650294	4477818	Indefinido	860
Sn	Sítio das Laigeiras e Lamaeira do Bezerrinho	Baraçal	659441	4472858	Indefinido	850
Sn_Ti	Capela da Senhora do Bom Sucesso	Lomba	656572	4474880	Indefinido	780
Sn	Vieiros e Caldeirinhas	Sortelha	650788	4468174	Indefinido	490
Sn	Ribeira dos Moinhos	Bendada	647416	4470491	Indefinido	490
Sn	Quinta da Ribeira	Bendada	648295	4472599	Indefinido	540
Sn	Serra da Benespera	Benespera	646034	4478876	Indefinido	600
W_Sn	Fonte do Seixo	Carvalhal Meão	658435	4478598	Indefinido	803
Sn	Lombas	João Antão	650558	4481420	Indefinido	900
Sn	Santana	Santana da Azinha	651658	4481431	Indefinido	870
Sn	Campo Mineiro de Gaia (Maçainhas e Vale Mourão)	Gonçalo, Vela, Benespera, Belmonte, Maçainhas	643021	4475147	DRAMIN - Exploração de Minas e Dragagens, Lda.	530
Sn	Campo Mineiro de Monte do Vasco	Pousafoles do Bispo, Lomba, Pega e Vila Fernando	655265	4475567	Indefinido	776
Sn	Campo Mineiro da Paia	Aldeia de Santo António	659378	4469108	Indefinido	750
Sn	Terra Fundeira	Aldeia de Santo António	657089	4467986	Indefinido	790
U	Rei Fernando	Belmonte	642828	4469396	Applications Scientifiques du Radium	490
U	Esteval do Mouco	Maçainhas	644530	4474262	Oliveiras & Cardona, Lda.	630
U_Sn	Carvalheira e Codiceira	Belmonte	642599	4472293	António Mourão de Sousa	550
Sn_U	Borrega 2	Belmonte	643067	4470498	Oliveiras & Cardona, Lda.	525

### Descodificação de sombreados

Pegmatitos com massas económicas de feldspato e quartzo, em alguns casos com lepidolite.	Filões aplito-pegmatíticos com cassiterite e ou cassiterite + lepidolite	Filões de quartzo com cassiterite +/- volframite	Filões de quartzo ou aplito-pegmatíticos estaníferos e depósitos aluvionares (cassiterite, ilmenite-ferro titanado, por vezes columbite-tantalite)	Filões pegmatíticos com minerais de urânio
------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------

<500 m	500-700 m	700-900 m
<b>Patamares topográficos</b>		

**TABELA II.9**

Inventário relativo a ocorrências pegmatíticas na área E

No sector de Gonçalo - Seixo Amarelo, Ramos (1998) e Ramos (2010) descrevem soleiras aplito-pegmatíticas sub-horizontais com cerca de 3,5 m de possança instaladas em sistemas de fracturas NNE-SSW concordantes com o campo de tensões tardi-Varisco. Discriminam 3 tipos fundamentais de soleiras - estaníferas, mistas e litiníferas.

As primeiras surgem em níveis estruturais e topográficos inferiores apresentando estrutura simples, homogénea, e menor diversidade paragenética. Os corpos litiníferos apresentam como minerais tipomórficos da especialização lepidolite ou ambligonite-montebasite. Um inventário mineralógico representativo do enxame contempla as seguintes fases acessórias: petalite, zinwaldite, topázio, apatite, cassiterite, columbite-tantalite, microlite, zircão. O mesmo autor refere a

presença habitual de halos metassomáticos a afectar o granito encaixante na superfície de contacto com o pegmatito (de configuração paralela à atitude do filão) os quais têm como dimensão mais habitual 7 a 8 cm não excedendo 20 cm; expressam albitização, turmalinização, recristalização de quartzo, moscovitização dos feldspatos e substituição de biotite por zinwaldite.

Na região de Pega-Sabugal a especialização mais marcante é berilífera e são menos frequentes os filões mineralizados com lepidolite. Os enxames observados em Cabeço dos Poupos (Silva et al. 2006) organizam-se segundo atitudes variáveis; os filões inclinados a subverticais têm orientação média E-W a WNW-ESSE e os corpos sub-horizontais distribuem-se em torno da atitude média N10°E, 20°SE. Os corpos verticais apresentam espessura variável entre 10 cm e 15 m e desenvolvimento horizontal que pode alcançar 700 m. As soleiras possuem até 2.5 m de espessura e extensão aflorante que pode atingir os 200 m. Os pegmatitos apresentam geralmente zonalidade interna e organização bandada de fácies aplíticas e pegmatíticas. São predominantes nas superfícies de contacto a muro fácies aplíticas; estruturas tipicamente pegmatíticas desenvolvem-se principalmente em posições nucleares e a tecto. Nas zonas internas dos filões sujeitos a maior dilatação podem desenvolver-se alternâncias aplíticas e pegmatíticas de estilo rítmico. Os filões menos possantes não evidenciam normalmente organização zonada, correspondendo a fácies de imbricação aplítica e pegmatítica com gigacristais de feldspato potássico em comb-structure. A associação mineralógica de referência discriminada em Silva et al. 2006 inclui quartzo, ortoclase, microclina periticas, albite, moscovite, moscovite litinífera, turmalina, berilo, zircão, columbite-tantalite (ferrocolumbite, ferrotantalite), cassiterite, apatite e fosfatos de Fe-Mn (triplite, heterosite e eosforite). Halos centimétricos com zinwaldite metassomática também são típicos.

Modelizações geoquímicas de Ramos (1998), levaram a sugerir uma relação de filiação do campo de Gonçalo-Seixo Amarelo no granito moscovítico-biotítico de Pena Lobo. Já Silva et al. (2006) propõe a fraccionação do granito de Pega para gerar as composições observadas nos enxames de Cabeço dos Poupos.

Nos pegmatitos da Bendada a diversidade de fosfatos de Fe-Mn e Li é assinalável, sobretudo em unidades de substituição tardias distribuídas na interface zona intermédia-núcleo (Correia Neves, 1960). Os filões e massas aflorantes neste sector e designadamente os pegmatitos de Seixeira e Quinta da Ribeira, com berilo e lepidolite e mineralizados com cassiterite e columbite-tantalite, apresentam trífilito-litiofilite e triplite como fases fosfato primárias e associações secundárias representadas por purpurite, manganosicklerite, stewartite, fosfoserite, hureaulite, bermanite, rockbridgeite, vivianite, strunzite e wavelite. Os sulfuretos identificados incluem arsenopirite, molibdenite, pirite, calcopirite. Os minerais de urânio - uraninite, sabugalite, torbernite, autunite, metatorbernite e fosfuranilite - ocorrem sobretudo disseminados em preenchimentos quartzosos mais tardios.

<b>TIPOLOGIA</b>	Complexos de metais raros - LCT (REL-Li) - subtipos lepidolítico e com berilo-columbite-fosfatos (segundo a proposta de Černý e Ercit, 2005).
<b>MORFOLOGIA E MORFOSCOPIA</b>	Soleiras e filões inclinados a subverticais
<b>DIMENSÕES</b>	Filões inclinados e subverticais berilíferos com espessura de 10 cm até 15 m e extensão horizontal até 700 m. Soleiras berilíferas e lepidolíticas com 2.5 m de possança e extensão até 200 m.
<b>ESTRUTURA INTERNA/ZONALIDADE</b>	Fácies aplito-pegmatíticas homogéneas, com feldspato potássico em comb-structure, zonadas ou bandadas, por vezes com organização oscilatória de termos aplíticos e pegmatíticos. São típicos halos metassomáticos com zinwaldite na superfície de contacto granito-pegmatito e disposição bandada paralela ao filão. Atingem 7 a 8 cm em Gonçalo-Seixo Amarelo e 15 cm em Cabeço dos Poupos.
<b>ENXAMES E GRUPOS PEGMATÍTICOS</b>	Gonçalo-Seixo Amarelo Pega-Sabugal Bendada

TABELA II.10

Discriminação estrutural e paragenética dos pegmatitos intra-graníticos na área E (de acordo com Ramos, 1998 e Silva et al. 2006).

## II.4 Indicadores geológico-estruturais e geomorfológicos de aproximação a áreas de pesquisa

### II.4.1 Faixas e maciços graníticos produtivos

Pela análise dos quadros geoestruturais de ocorrência dos depósitos pegmatíticos e distribuição espacial dos seus afloramentos em relação com as manchas graníticas e estruturas de deformação, deduzem-se para as áreas seleccionadas as seguintes faixas e maciços produtivos:

### a) Área A

- a concentração cartográfica de índices pegmatíticos é mais consistente ao longo da interface estabelecida entre granitos de duas micas e granitos biotíticos porfíroides, a qual parece ser equivalente a um corredor de implantação de dois granitos comagmáticos com um granito posterior.
- os pegmatitos da Pedra da Moura ocorrem na proximidade de um corredor de mixing-mingling, estabelecido perto daquele contacto apical.
- alguns pegmatitos com geometrias aracneiformes parecem estar controlados por corredores de cisalhamento com direcção NE-SW.



FIGURA II.12

Representação gráfica da distribuição dos pegmatitos de Ponte da Barca em função da altitude, distância a contactos e distância a falhas (retirado de Silva, 2002). -no trabalho de Silva (2002) a avaliação combinada da geologia e geomorfologia mediante estudo estatístico permitiu sugerir a existência de um patamar topográfico produtivo situado entre os 200 e 650 m de altitude. No que respeita à distância a acidentes tectónicos com expressão megaescalar este autor definiu dois domínios, um que compreende uma faixa de ocorrência situada entre 0 e 600 m e outro entre 800 e 1200 m. Intervalos de distância semelhantes verificam-se relativamente às distâncias aos contactos mais próximos (interface litológica mais próxima do índice) (figura II.12).

### b) Área B1

- pela definição do pegmatito do Seixigal como um corpo do tipo stocksheider com complexo endo-granito - exogranito - e pela relação de filiação que se estabelece entre o pegmatito e a fácies endogranítica posttectónica, sugere-se o papel fundamental da estrutura Régua-Verin sobre a instalação de pegmatitos com o mesmo condicionamento tectónico.

### c) Área D

- os principais índices pegmatíticos distribuem-se no interior do granito de Ferreira de Aves, o qual poderá manifestar heterogeneidade de fácies, sugerida pela existência de retalhos de pequenas dimensões formados por granito com grão fino, tal como se representa na carta geológica publicada.
- a existência de um roof-pendant a tecto dos pegmatitos da Senhora de Assunção faz sugerir que a superfície exumada do granito de Ferreira de Aves corresponda a uma zona de cúpula.

### d) Área E

- a partir da revisão bibliográfica, estabelecem-se como pegmatitos potenciais neste sector corpos filonianos com especialização berilífera ou litífera, orientados predominantemente segundo as direcções estruturais NNE-SSW e E-W.
- o granito de Belmonte-Pega parece mais fértil, apresentando maior concentração cartográfica de índices pegmatíticos.

## II.4.2 Delimitação de áreas de pesquisa por integração de elementos geológico-estruturais e geomorfológicos

A primeira aproximação às áreas de pesquisa resultou da utilização de alguns critérios geológico-estruturais e geomorfológicos empíricos, de ocorrência de pegmatitos, os quais puderam ser extraídos a partir de cartas geológicas e bases topográficas. Admitiram-se os seguintes critérios, identificados na Tabela II.11:

- **proximidade a lineamentos contínuos** - estruturas de deformação foram identificadas em cartas topográficas do IGEO na escala 1:25 000, a partir da topografia. Marcaram-se e converteram-se em ficheiros vectoriais as estruturas lineares com continuidade superior a 5 Km.



- **proximidade a cumeadas contínuas a lineamentos contínuos e interrompidas por lineamentos oblíquos** - eixos de cumeadas alongadas foram identificadas em cartas topográficas do IGEO na escala 1:25 000. Na sua marcação considerou-se unir por linha os pontos cotados, representados na superfície topográfica.

- **áreas delimitadas por corpos básicos filonianos** - os corpos básicos foram extraídos da cartografia geológica na escala 1:50 000 e convertidos em linhas vectoriais; embora se considerem tardios supõe-se que tenham aproveitado na sua instalação estruturas antigas reactivadas.

- **proximidade a índices e ocorrências conhecidas** - revelados da base de dados do Siorminp, foram importados para ambiente SIG como ficheiros de pontos.

Após levantamento das situações descritas, por decalque a partir da cartografia militar e geológica publicada e conversão vectorial, operou-se no software GvSIG a sua intersecção espacial (“buffering”). Com este objectivo, converteram-se as linhas e os pontos em polígonos, extrapolando-se as seguintes distâncias de influência: cumeadas e lineamentos (400 m), filões de rocha básica (350 m) e índices pegmatíticos (750 m). Dessas intersecções resultaram as áreas a vermelho na figura II.13, que ao cumprirem todos os critérios definidos, correspondem a locais com ordem de favorabilidade superior para a detecção de alvos de interesse. Algumas delas viriam a corresponder a áreas de pesquisa.

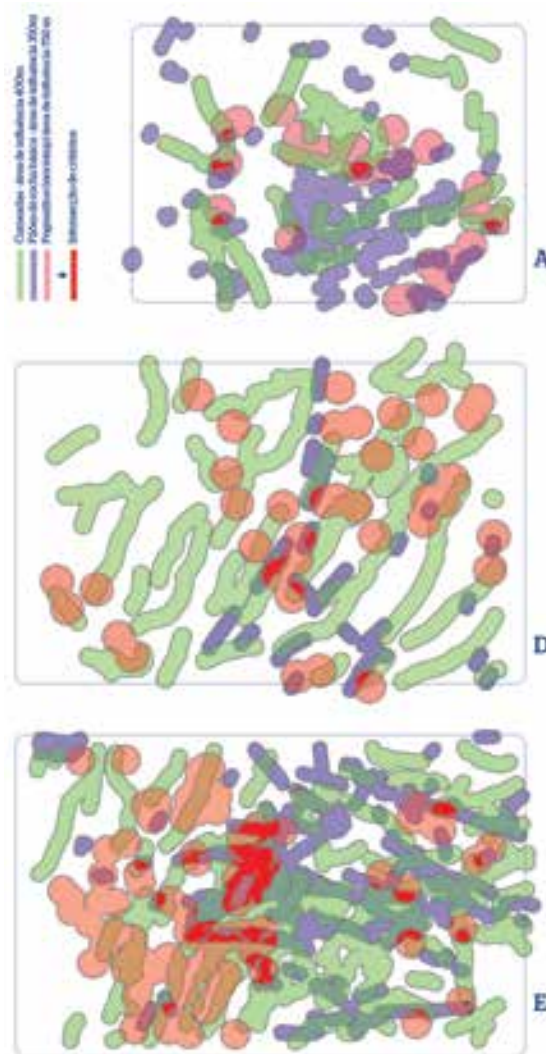
A abordagem adoptada também se encontra esquematizada na figura II.14, tomando como exemplo a área D. Seleccionou-se por esta via a área de Salgueiro.

	<b>Critério indicador</b>	<b>Base de dados e/ou método de aproximação</b>
<b>Geológico-estrutural</b>	Proximidade a índices e ocorrências pegmatíticas conhecidas	Siorminp
	Inclusão em maciços e faixas produtivas	Relação entre a distribuição de ocorrências e a cartografia das fácies graníticas (cartografia geológica na escala 1:50 000)
	Proximidade a estruturas de deformação frágeis (lineamentos contínuos)	Cartografia militar na escala 1:25 000
	Áreas delimitadas por corpos básicos filonianos	Cartografia geológica na escala 1:50 000
<b>Geomorfológico-estrutural</b>	Cumeadas alongadas contíguas a lineamentos contínuos (combinação 1)	Cartografia militar na escala 1:25 000
	Combinação 1 interrompida por lineamentos oblíquos	
<b>Indicadores de conjugação</b>	Intersecções de critérios obtidos com as aproximações anteriores	Buffering GvSIG

TABELA II.11

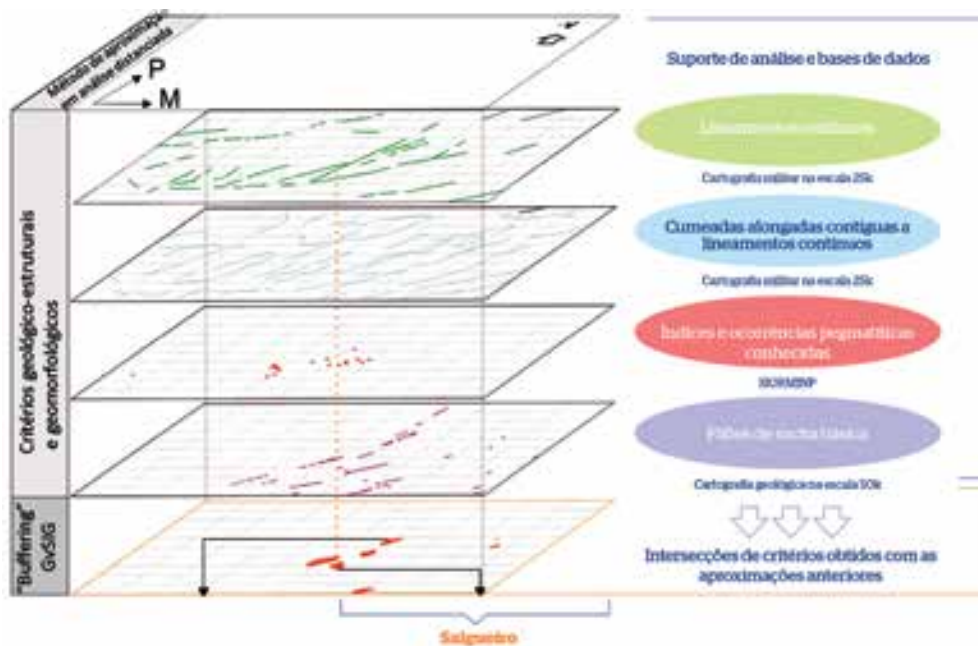
Critérios geológico-estruturais e geomorfológicos favoráveis à ocorrência de pegmatitos em contexto endo-granítico.

## II. Enquadramento orogénico dos pegmatitos



**FIGURA II.13**

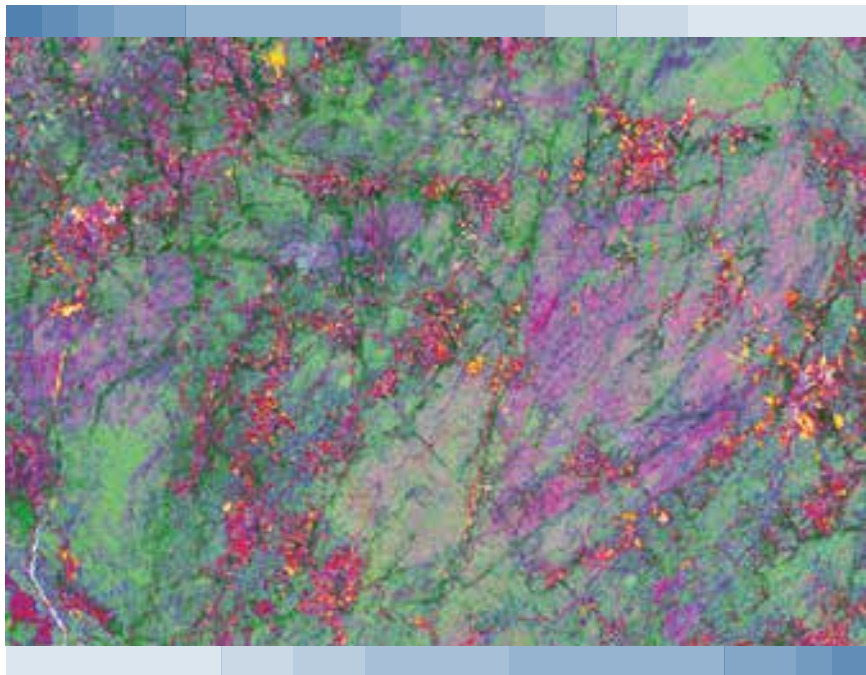
Resultados das intersecções de critérios geológico-estruturais e geomorfológicos nas áreas de estudo.



**FIGURA II.14**

Esquemática da abordagem metodológica adoptada na delimitação do sector de pesquisa de Salgueiro (área D).

# 3 capítulo



Tratamento de imagens  
de satélite

## Tratamento de imagens de satélite

Explanado o condicionamento tectónico-orogénico da ocorrência de corpos e enxames nos campos pegmatíticos considerados, importa agora identificar os sinais subjacentes aos seus indicadores nas imagens de satélite.

Conforme se discutiu anteriormente e utilizando os atributos desenvolvidos no diagrama da figura II.5 (capítulo II), procuram-se nas imagens contrastes cromáticos, texturais, parâmetros de forma, índices de reflectância expressos em escalas de cinzento e padrões geométricos decorrentes da conjugação de roturas, que representem sinais remotos identificativos de corpos e guias de prospecção.

Faixas e maciços considerados mais férteis nas áreas consideradas para estudo também foram identificados anteriormente, por análise da distribuição de corpos pegmatíticos relativamente às principais manchas cartográficas e estruturas regionais. Estes focalizam à partida a atenção na observação sistemática das imagens. Os contrastes úteis aqui detectados conduziram à selecção de imagens e orientaram as tarefas de processamento digital das imagens Landsat e Spot que se apresentam neste capítulo.

O trabalho de fotointerpretação e tratamento de imagens aqui desenvolvido teve como objectivo último a identificação de alvos e a selecção de áreas de pesquisa a submeter a investigação geológica e prospecção pontual. As técnicas de processamento empregues correspondem àquelas que proporcionaram melhores resultados relativamente à identificação de sinais remotos com significado para a prospecção de pegmatitos e como tal propõe-se o seu uso mais generalizado na abordagem distanciada, que aqui se equaciona como via para a prospecção de pegmatitos.

### III.1 Operações de processamento digital de imagens

As operações de processamento digital realizadas sobre as imagens Landsat e Spot incluíram as seguintes técnicas:

**- realce de bandas individuais por ampliação de contraste** - aplicou-se generalizadamente a expansão linear dos histogramas das bandas Landsat e Spot iniciais para promoção de contraste.

Os histogramas identificam o número de pixéis que têm um determinado valor de cinzento no intervalo 0-255 (8-bit grayscale).

**- combinação RGB de bandas espectrais** - obtiveram-se imagens em cor natural e falsa cor pela combinação de 3 bandas individuais previamente realçadas por ampliação de contraste.

As imagens em cor natural resultam da atribuição das 3 cores primárias (azul, verde e vermelho) às bandas 1, 2 e 3, respectivamente, as quais contêm dados do domínio visível do espectro electromagnético. A notação será RGB321. Nas imagens falsa-cor, pelo menos uma das bandas consideradas situa-se fora do domínio visível do espectro, tendo-se-lhe atribuído uma cor RGB.

**- análise em componentes principais** - obtiveram-se imagens de componentes principais (CP) a partir das bandas 1, 2, 3, 4, 5, 7 do satélite Landsat e das bandas 1, 2, 3 e 4 do satélite SPOT.

As imagens de componentes principais fundamentam-se na forte correlação que pode existir entre as diferentes bandas, nas quais a informação se repete. Desta forma resume-se um grupo de variáveis num novo conjunto mais pequeno sem perder uma parte significativa da informação. As CP ordenam esta informação separando o ruído da informação mais repetida. Os dados reconhecidos no conjunto das bandas iniciais são sintetizados criando novas bandas em função da sua correlação. Estas novas bandas são independentes entre si e não correlacionadas. Desta forma, as diferenças entre os materiais podem detectar-se com maior facilidade (Chuvieco, 2000).

**- classificação espectral supervisionada de imagens** - aplicada nos casos em que se afigurava expectável a repetição de padrões espectrais pegmatíticos ou relevantes para a identificação dos seus indicadores; os seus pixéis identificativos foram sujeitos a selecção e os seus intervalos de reflectância categorizados. Elegeu-se a classificação Maxver - algoritmo de máxima verosimilhança.

O algoritmo da máxima verosimilhança avalia a variância e a covariância das categorias de padrões de resposta espectral quando classifica um pixel desconhecido. Para isso, assume-se que a distribuição da nuvem de pontos que forma a categoria dos dados de treino é Gaussiana (distribuição normal). Assumida essa suposição, a distribuição de um padrão de resposta espectral da categoria pode ser completamente descrita por um valor de média e pela matriz de covariância. Com esses parâmetros, é possível calcular a probabilidade estatística de um dado pixel pertencer a uma classe particular. Como resultado, obtém-se uma imagem em que cada pixel assume o valor da classe onde foi inserido.

## III.2 Selecção de imagens e fotointerpretação

Da aplicação das operações descritas, resultou um conjunto numeroso de imagens. Esse conjunto foi sujeito a uma selecção, tendo como critério a ocorrência de sinais mais evidentes, capazes de traduzirem relações credíveis entre pegmatito e encaixante. Seguidamente, apresentam-se os resultados dessa selecção, realizando-se sobre cada imagem uma análise descritiva e comentário à sua utilidade.

### III.2.1 Área A - Ponte da Barca

Na área de Ponte da Barca deduziu-se pela análise da distribuição de corpos pegmatíticos, uma faixa com maior concentração de índices, considerada mais fértil, correspondente ao contacto litológico estabelecido na cartografia publicada na escala 1:50000, entre granitos porfiróides sin a tardi-tectónicos e granitos não porfiroides com grão fino a médio sintectónicos (ver fig.II.6, capítulo II).

A identificação de um corredor de mixing-mingling estabelecido perto daquele contacto apical, na mina da Pedra da Moura, levou a que se considerasse critério útil para a prospecção, propondo-se a sua pesquisa em contexto da análise de imagens.

Constatou-se ainda a importância do acolhimento de corpos com morfologias aracneiformes na proximidade de corredores estruturais e junções de roturas.

A selecção de imagens e as interpretações efectuadas orientaram-se para a pesquisa daqueles critérios directores.

Na imagem do Google Earth (figura III.1) são perceptíveis dois compartimentos ou sectores de aspecto diferenciado (a e b), com contrastes que decorrem da menor cobertura vegetal na mancha granítica a Norte. São visíveis as cortas mineiras dos pegmatitos de Pedra da Moura e Seixas correspondentes aos desmontes de maior envergadura na região e define-se com boa resolução na imagem o contacto fértil estabelecido entre granitos porfiroides e granitos com grão médio a grosseiro (c). O seu traçado surge segmentado a oeste por uma estrutura megaescalar N30°E (d).

Os padrões estruturais mais relevantes ficam bem evidenciados na imagem correspondente à banda 8, pancromática, do satélite Landsat (figura III.2).

Nesta imagem, o compartimento designado pela letra A, parece corresponder a um sector de junção de um corredor de cisalhamento NE-SW com roturas NW-SE e WNW-ESSE, o qual coincide com a localização do pegmatito de Cruz (b). A densidade e o padrão de roturas aqui evidenciado estabelecem o interesse deste sector, o qual já surgiu demarcado na análise prévia que conjugou critérios geológico-estruturais e geomorfológicos (ver figura II.13).

Pela combinação RGB das bandas 1, 2 e 3 - imagem em cor natural apresentada na figura III.3 - são perceptíveis alinhamentos curvilíneos localizados na faixa de interface mais fértil. Estes correspondem a limites ou linhas de variação cromática e textural dos objectos à superfície, com desenho concêntrico, observando-se uma vizinhança entre estas configurações e a distribuição dos pegmatitos explorados da Mata da Galinheira (a) e Monte do Castelo da Pena (b).

Na imagem correspondente à 2ª componente principal (CP2, figura III.4), também surgem em evidência aquelas configurações. Os alinhamentos curvilíneos assim evidenciados têm geometria por hipótese relacionada com uma implantação do tipo ballooning, motivada por contrastes de densidade e viscosidade dos magmas graníticos intrusivos. Estes alinhamentos parecem controlar a implantação de bolsadas pegmatíticas determinando a sua localização na periferia dos conjuntos de alinhamentos.

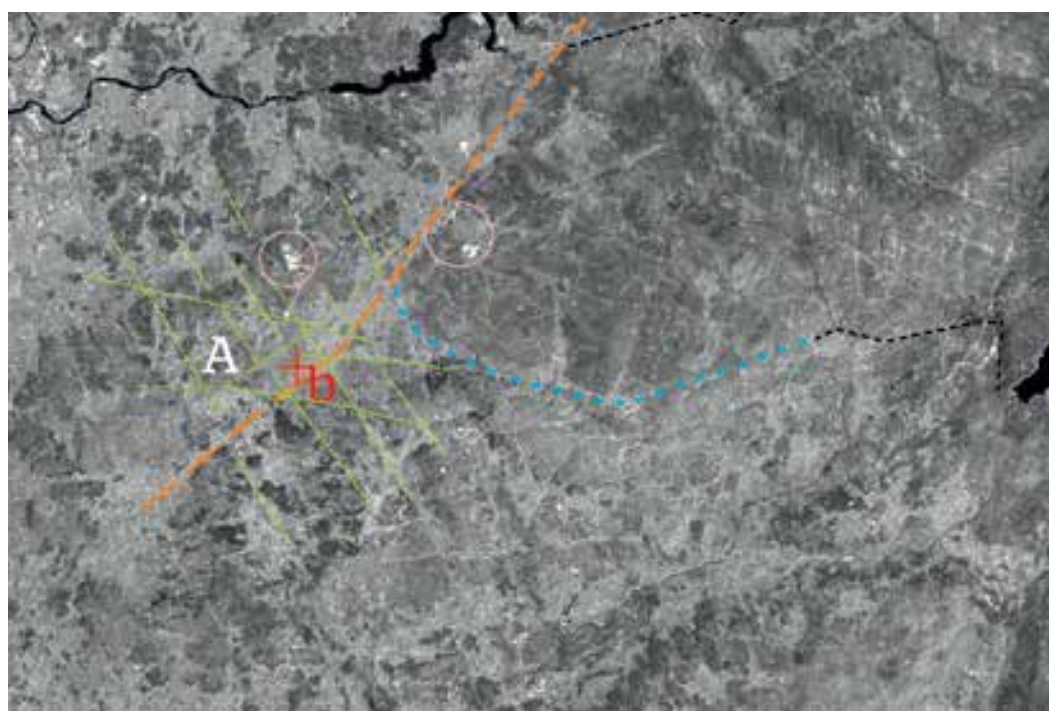
A 3ª componente principal (figura III.5) dá conta no mesmo sector de uma distribuição heterogénea de manchas representadas por variações das intensidades de cinzento, as quais podem expressar contrastes litológicos produzidos por fácies diferenciadamente reflectantes no interior do granito que se adivinha à partida fértil ao hospedar os pegmatitos da Mata da Galinheira, Castelo da Pena e Seixas. Heterogeneidades composicionais e/ou presença de encraves e roof-pendants nas fácies graníticas exumadas, podem eventualmente explicar o padrão cromático observado.





**FIGURA III.1**

Imagem do Google Earth Pro relativa à área A - Ponte da Barca-Terras de Bouro



**FIGURA III.2**

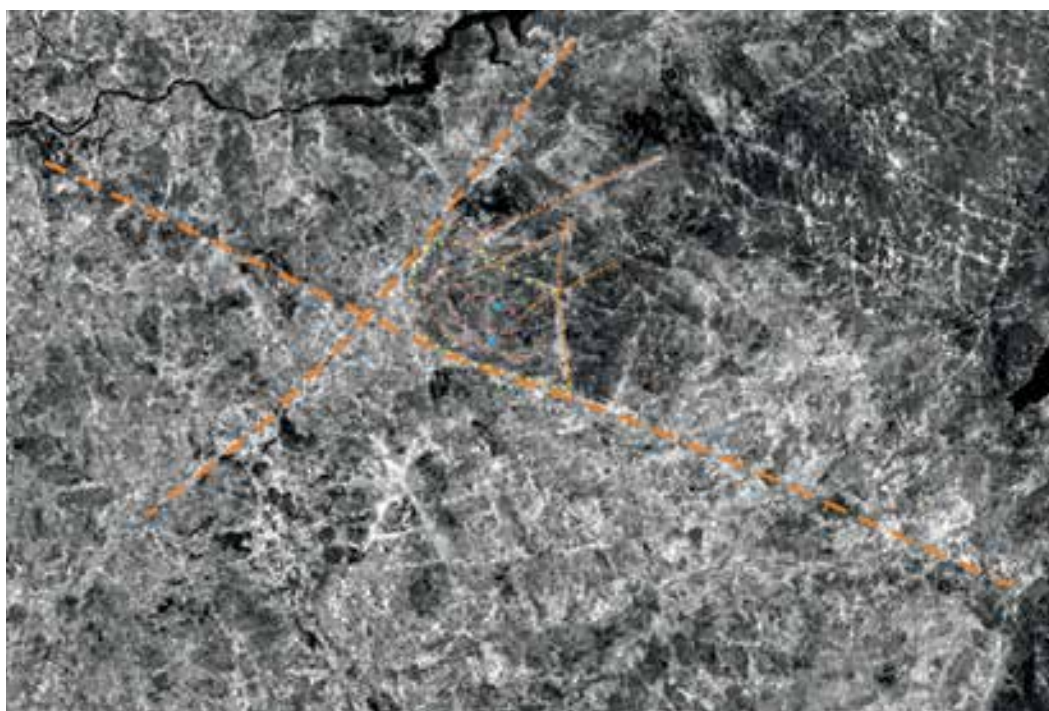
Imagem correspondente à banda pancromática (banda 8) do Satélite Landsat (área A)





**FIGURA III.3**

Imagem em cor natural obtida pela combinação RGB das bandas 3, 2 e 1 (RGB321) para a área A



**FIGURA III.4**

Imagem correspondente à 2ª componente principal obtida a partir das bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 do satélite Landsat (Área A)



**FIGURA III.5**

Imagem correspondente à 3ª componente principal obtida a partir das bandas do satélite Landsat relativa à área A

#### III.2.2 Área B1 - Chaves

Pela revisão sobre o condicionamento tectónico da implantação do pegmatito do Seixigal e utilizando como referência o trabalho de Pereira (2005) pôs-se em evidência a relação genética deste corpo com os granitos postectónicos que intruem segundo a megaestrutura Régua-Verin de azimute NNE-SSW. A proximidade ao plutonito de Santa Bárbara também parece condicionar a localização do corpo na periferia deste granito (ver figura II.8).

Procurou-se atender a este contexto geotectónico na análise das imagens de satélite.

Na imagem do Google Earth (figura III.6-A) percebe-se a ocupação urbana que já se afigurava proeminente na análise sobre os estatutos de ordenamento territorial realizada no capítulo I (tabela I.6).

Não obstante algumas imagens Landsat selecionadas, seguidamente apresentadas, expõem contrastes razoáveis para alguns elementos litológicos e estruturais.

A banda 8 do satélite Landsat realçada por ampliação de contraste (figura III.6-B) manifesta boa resolução para o traçado de estruturas. Define-se com resolução na imagem a megaestrutura Régua-Verin orientada NE-SW, a qual se percebe estar segmentada por estruturas de azimute N-S. Este padrão de fracturação repete-se na envoltória do pegmatito do Seixigal, cuja corta é visível na imagem, observando-se a sua localização na intersecção de duas estruturas N30°E e N-S.

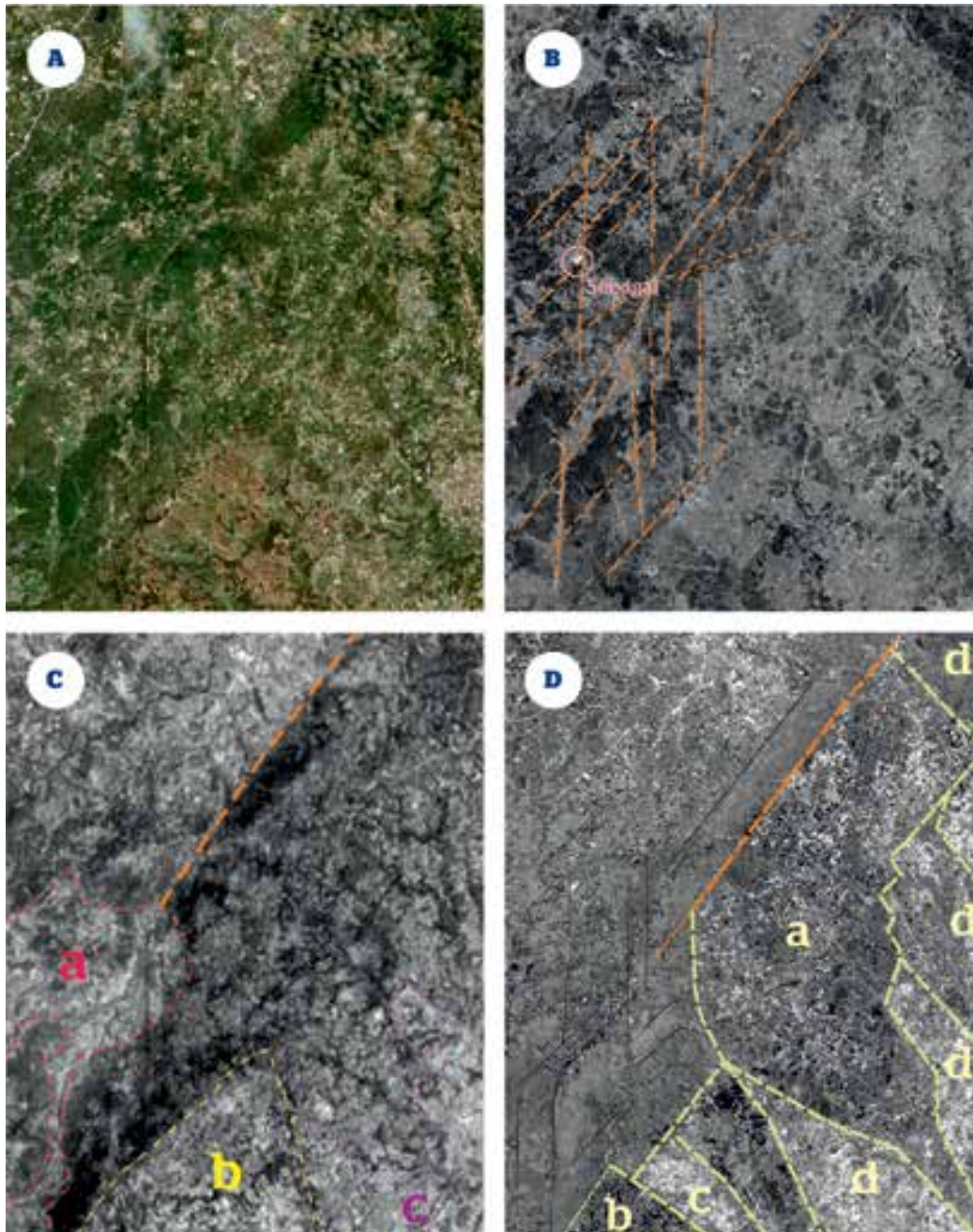
A imagem correspondente à banda 6 do satélite Landsat (figura III.6-C) também evidencia o traçado da megaestrutura Régua-Verin e reproduz em certa medida o desenho das formações representadas nas cartas geológicas 6B e 6D (ver figura II.8). Utilizando variações das intensidades de cinzento evidenciam-se os seguintes compartimentos representados com tons claros na imagem, correlacionados com as seguintes formações representadas na carta geológica:

- granitos postectónicos (a);
- metassedimentos indiferenciados dos domínios estruturais de Três Minas e de Carrazedo (b);
- metassedimentos do subdomínio superior de Carrazedo (c).

A 3ª componente principal (figura III.6-D) melhora a discriminação das formações metassedimentares representadas a Sul e separa-as do granito de duas micas sintectónico de Minhéu-Lagoa. O desenho cartográfico correlaciona-se com as cartas geológicas da seguinte forma:



- granito sintectónico de Minhéu-Lagoa (a)
- Unidade de Curros do Domínio Estrutural de Três Minas e sub-unidade de Rancho do subdomínio inferior de Carrazedo (b)
- Unidade de Cubo do subdomínio inferior de Carrazedo (c)
- Unidade de Santa Maria de Émeres do Sub-domínio superior de Carrazedo (d) - a mancha correspondente, representada a Este do granito de Minhéu-Lagoa, manifesta contudo na imagem uma compartimentação em blocos limitados estruturalmente, o que se poderá traduzir numa maior heterogeneidade das fácies representadas nas cartas publicadas.



**FIGURA III.6**

Imagens relativas à área BI: A - Google Earth Pro; B - banda 8 do satélite Landsat; C - banda 6 do satélite Landsat; D - 3ª componente principal

### III.2.3 Área D - Viseu-Satão

Utilizando como referência as indicações provenientes da análise sobre a distribuição dos pegmatitos no sector de Viseu (capítulo II), procurou-se à partida valorizar pela análise de imagens o sector de afloramento do granito de Ferreira de Aves. Os principais índices pegmatíticos distribuem-se no interior deste maciço, o qual manifesta também na cartografia geológica publicados retalhos de pequenas dimensões formados por granito com grão fino (ver figura II.10). Estas fácies representam conceptualmente unidades produtivas, as quais podem ter uma expressão mais abrangente e potencialmente surgir discriminadas nas imagens do Google Earth, Landsat e Spot disponíveis.

Na imagem do Google-Earth (figura III.7) separam-se na área de Viseu, 3 compartimentos com afloramentos graníticos menos sujeitos à influência da cobertura vegetal (1, 2 e 3). O sector central corresponde grosseiramente aos limites definidos na cartografia geológica para o maciço de Ferreira de Aves (1). Nesta imagem ainda é visível o desmante sobre o pegmatito de Senhora de Assunção (a) e o principal acidente tectónico NNE-SSW que compartimenta o maciço e condiciona o curso do Rio Vouga (b).

Os 3 domínios graníticos expressos na imagem do Google Earth também surgem bem discriminados na imagem correspondente à 1ª banda do satélite Landsat (figura III.8). Observa-se aqui que os principais acidentes tectónicos que compartimentam o maciço de Ferreira de Aves têm orientação N30°E a NNE-SSW e NW-SE.

Na mesma figura III.8, outra divisão aparente, corresponde a uma estrutura de 1ª ordem NW-SE (a) que separa dois sectores, NE e SW, com padrões de roturas distintos. Observa-se maior densidade de roturas a NE, segundo as direcções NNE-SSW e NE-SW. A SW, as manchas graníticas têm uma aparência mais homogénea, menor granulometria dos níveis de cinzento e estruturas frágeis esbatidas. Contrastes deste tipo podem indiciar variações composicionais das fácies graníticas representadas nos dois sectores do maciço de Ferreira de Aves.

Na imagem correspondente à banda 6 (figura III.9) o compartimento SW manifesta tons claros, reflectantes no infra-vermelho térmico. Sobre as manchas de alta reflectância distinguem-se organizações internas circulares as quais podem sugerir um zonamento concêntrico das fácies plutónicas. São mais claras as faixas circulares periféricas assinaladas na figura.

Estes compartimentos surgem bem demarcados, em tons escuros de cinzento, na imagem correspondente à 3ª componente principal (figura III.10).

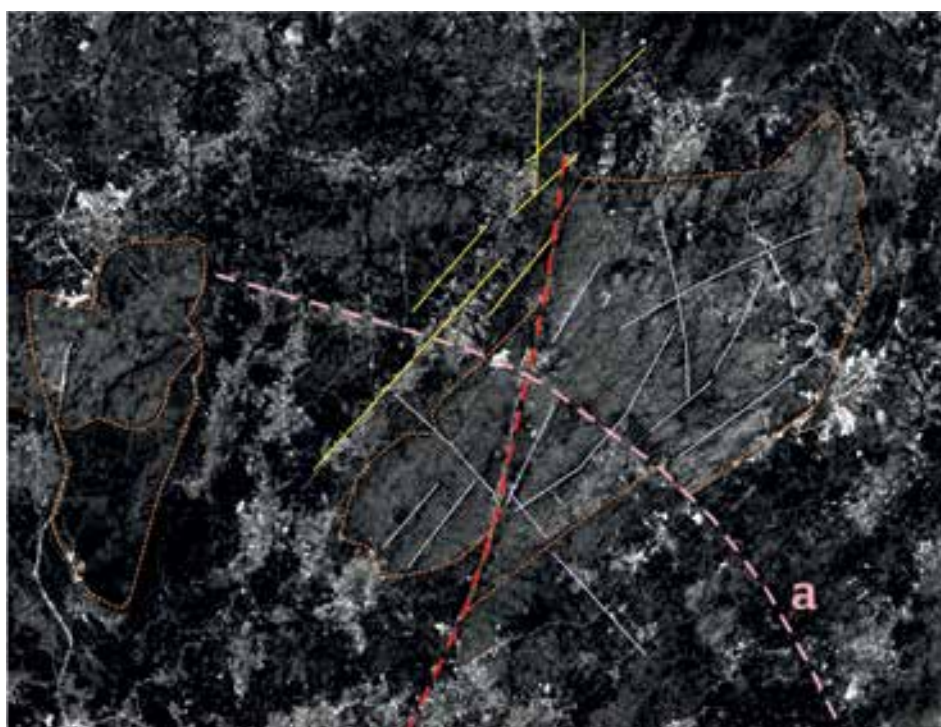
Um destes sectores abrange a área de Salgueiro (a) que se delimitou previamente na figura II.14 (capítulo II) por aproximação geológico-estrutural e geomorfológica. Outro compartimento propaga-se para Sul do pegmatito da Senhora de Assunção (b).



FIGURA III.7

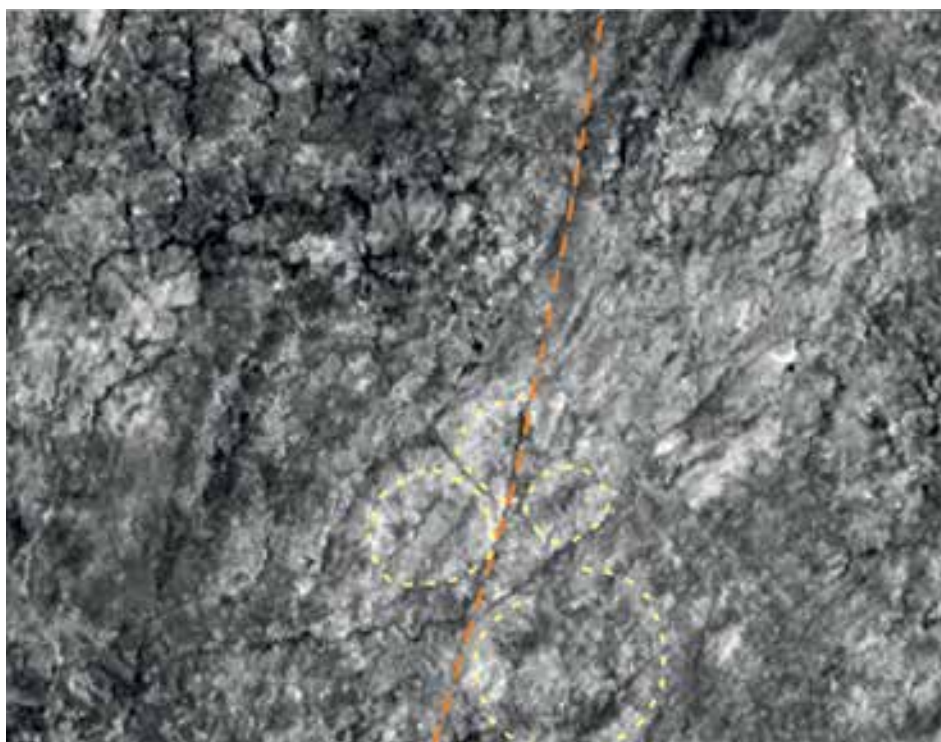
Imagem do Google Earth-Pro relative à área D





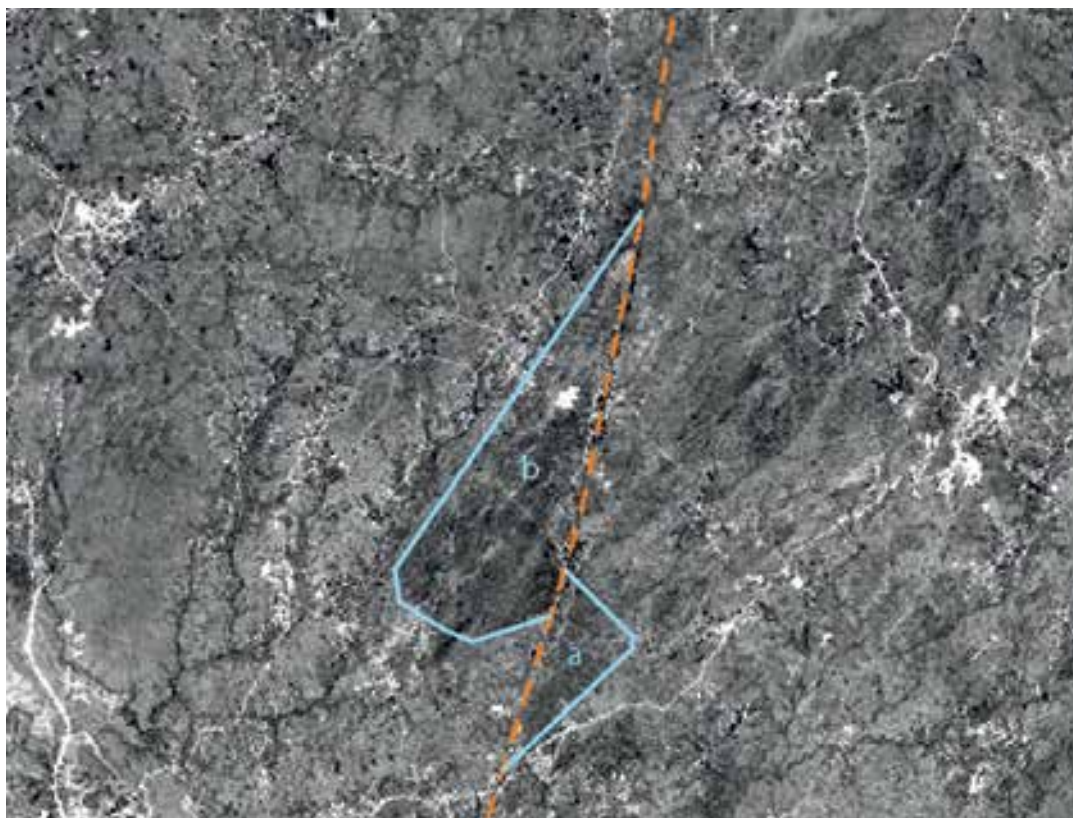
**FIGURA III.8**

Imagem correspondente à banda 1 do satélite Landsat - área D



**FIGURA III.9**

Imagem correspondente à banda do satélite Landsat (área D)



**FIGURA III.10**

3ª componente principal obtida a partir das bandas do satélite Landsat (área D)

#### III.2.4 Área E - Guarda

A partir da revisão bibliográfica estabeleceram-se como alvos potenciais no sector da Guarda filões aplito-pegmatitos berilíferos e litiníferos orientados NNE-SSW e E-W, subhorizontais e subverticais, verificando-se à partida maior concentração cartográfica de depósitos no interior do granito de Belmonte-Pega.

A continuidade dos depósitos na superfície de afloramento é um aspecto relevante do campo pegmatítico, afigurando-se maiores, as possibilidades de detecção distanciada de corpos aflorantes aproveitando critérios de forma e tom. Assim, texturas heterogéneas e padrões cromáticos de alta reflectância nas bandas do espectro visível podem ser considerados à partida indicadores úteis da presença de pegmatitos.

Nesta área de estudo a detecção remota de filões pegmatíticos também beneficia da escassa cobertura vegetal que deverá permitir uma boa exposição de ocorrências.

As principais estruturas que compartimentam a área surgem bem representadas na imagem do Google Earth (figura III.11). Têm orientações NNE-SSW e WNW-SSE.

Na imagem correspondente à combinação RGB das bandas 751 do satélite Landsat (figura III.12) demarca-se um sector designado pela letra A que apresenta padrão cromático e textural distinto das massas envolventes. Surge colorido em tons de vermelho e azul significando maior reflectância dos materiais subjacentes nas bandas 7 e 1. O correspondente carácter leucocrata dos afloramentos fica evidenciado na imagem do Google Earth. Por outro lado este sector abrange a área designada de Cabeço dos Poupos (b) que na cartografia de Silva et al. (2006) corresponde a uma área de grande densidade de afloramento de filões aplito-pegmatíticos.

Aproveitando a maior resolução espacial das imagens captadas pelo satélite SPOT, percebe-se que aquele padrão heterogéneo parece resultar da intersecção de objectos lineares expressos nas imagens, e como tal é credível supor que se relacionem com afloramentos de corpos filonianos. Na eventualidade de corresponderem a enxames de corpos, estes ficam bem patentes nas imagens que resultam da combinação RGB das bandas 1, 2 e 4 do satélite SPOT (RGB 124) (figura III.13).





**FIGURA III.11**

Imagem do Google Earth Pro relativa à área E



**FIGURA III.12**

Composição colorida RGB751 do sector E

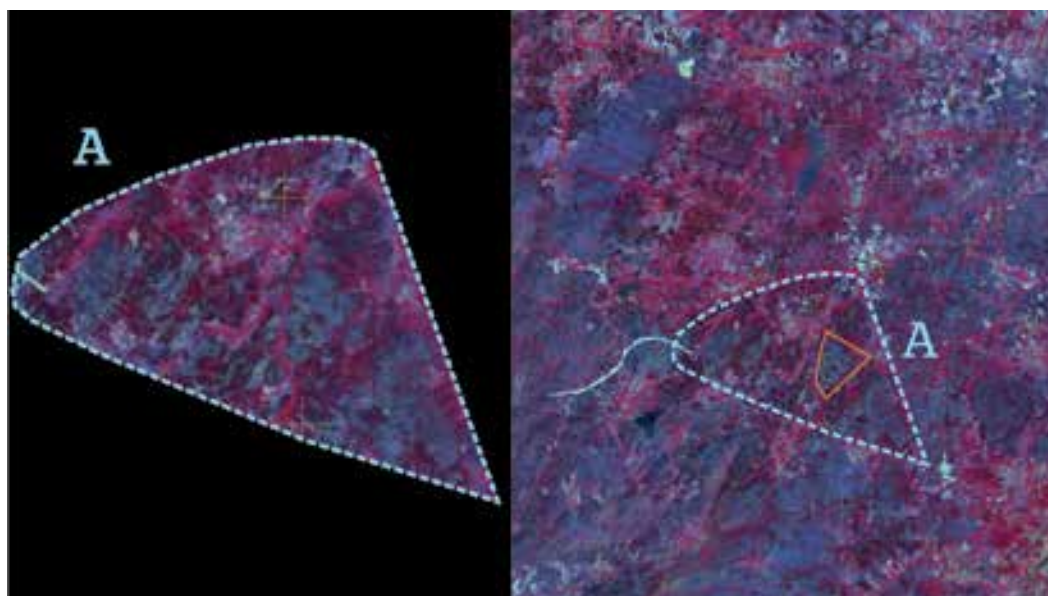


FIGURA III.13

Imagem RGB124 obtida pela combinação de bandas do satélite SPOT

### III.3 Classificação de imagens

A possibilidade de repetição de padrões espectrais pegmatíticos na área E e de configurações geométricas sugestivas de uma implantação de tipo balloning na área A, levou a que se equacionasse nestes sectores a utilização da classificação Maxver.

#### III.3.1 Área A

A fotointerpretação da imagem obtida pela combinação RGB das bandas 3, 2 e 1 revelou na área A padrões de alinhamentos curvilíneos localizados na faixa granítica produtiva, os quais pelo desenho circular, parecem testemunhar contrastes relacionados com uma ascensão magmática por balloning.

Nas figuras III.3 e III.4 verificou-se existir alguma correlação espacial entre a localização dos pegmatitos e os invólucros mais periféricos dos conjuntos de alinhamentos.

Segundo esta hipótese, os alinhamentos observados podem então corresponder a imagens de fluidalidades convolutas, expressando trajectórias de fluxo, e assim representar domínios diferenciados de “clustering” de fenocristais nas fácies graníticas exumadas.

Aplicando a classificação Maxver à imagem resultante da combinação RGB321 e utilizando como guias para atribuição de pixéis as indicações provenientes da fotointerpretação, obteve-se a imagem com cores artificiais da Fig. III.14-A (cenário 1).

Estão aí representadas com 3 cores contrastantes, manchas que do ponto de vista espectral melhor correspondem aos granitos porfiríoides (1) e aos granitos de grão médio a fino (2) representados na carta geológica 5B, e por inferência a domínios diferenciados de “clustering” de fenocristais (3).

A extracção de lineamentos a partir da imagem obtida por classificação realça os alinhamentos curvilíneos notados nas observações anteriores, permitindo deduzir ainda outras situações com a mesma expressão geométrica que não eram aparentes sem a imagem tratada.

A restituição do cenário 1 à morfologia em Google-Earth (figura III.14-B, cenário 2) parece ser compatível com o modelo proposto, apoiando a existência de fluidalidades planares ou plano-lineares concêntricas intersectadas pela superfície topográfica em níveis elevados.

Com o intuito de obter um cenário 3D para a organização de plumas de “balooning” e sua estruturação face às superfícies erosivas actuais, operou-se, uma manipulação em Google Earth Pro com distorção do cenário 2 para um contexto 3D que é apresentado na Fig. III.15. A simulação das relações de intrusão sugere o condicionamento tectónico responsável pela deslocação das trajectórias de fluxo, segundo um alinhamento gerado em regime dúctil, NE-SW. Esta hipótese sugeri-



da anteriormente por Silva (2002) para explicar o extravasamento lateral para S das bolsadas pegmatíticas em gota invertida na Mata da Galinheira e Monte do Castelo da Pena, parece agora também controlar a implantação e conformação de plumas de "balloning" intra-granítico.

Verifica-se ainda que as organizações de alinhamentos curvilíneos observados à escala da manipulação das imagens de satélite, não são espúrias podendo eventualmente ser reconhecidas em contexto mesoescalar. A verificar-se válida a invariância escalar, Guimarães e Leal Gomes (2010) documentam um dispositivo em afloramento, também em Ponte da Barca, em que as geometrias limite, curvilíneas, que separam domínios diferenciados de "clustering" de fenocristais, poderiam ser do mesmo tipo genético das que se observam em análise distanciada (Fig. III.16).

Assim, a existência de trajectórias de fluxo, mais ou menos convolutas relacionadas com modelos de implantação por balloning, e a possibilidade da sua detecção em análise distanciada pode ser uma via para a detecção remota de bolsadas pegmatíticas.

Esta hipótese, é, petrogeneticamente, coerente, pois pressupõe a possibilidade de fraccionação mais eficaz, onde sob condicionamento tectónico, é mais intensa a deslocação dos fundentes e diferenciados deles resultantes por fraccionação, nas câmaras magmáticas.

As áreas da Galinheira (a) e Germil (b), assinaladas na figura III.14, foram seleccionadas para investigação geológica por correspondem a sectores onde são evidentes os referidos padrões de alinhamentos.

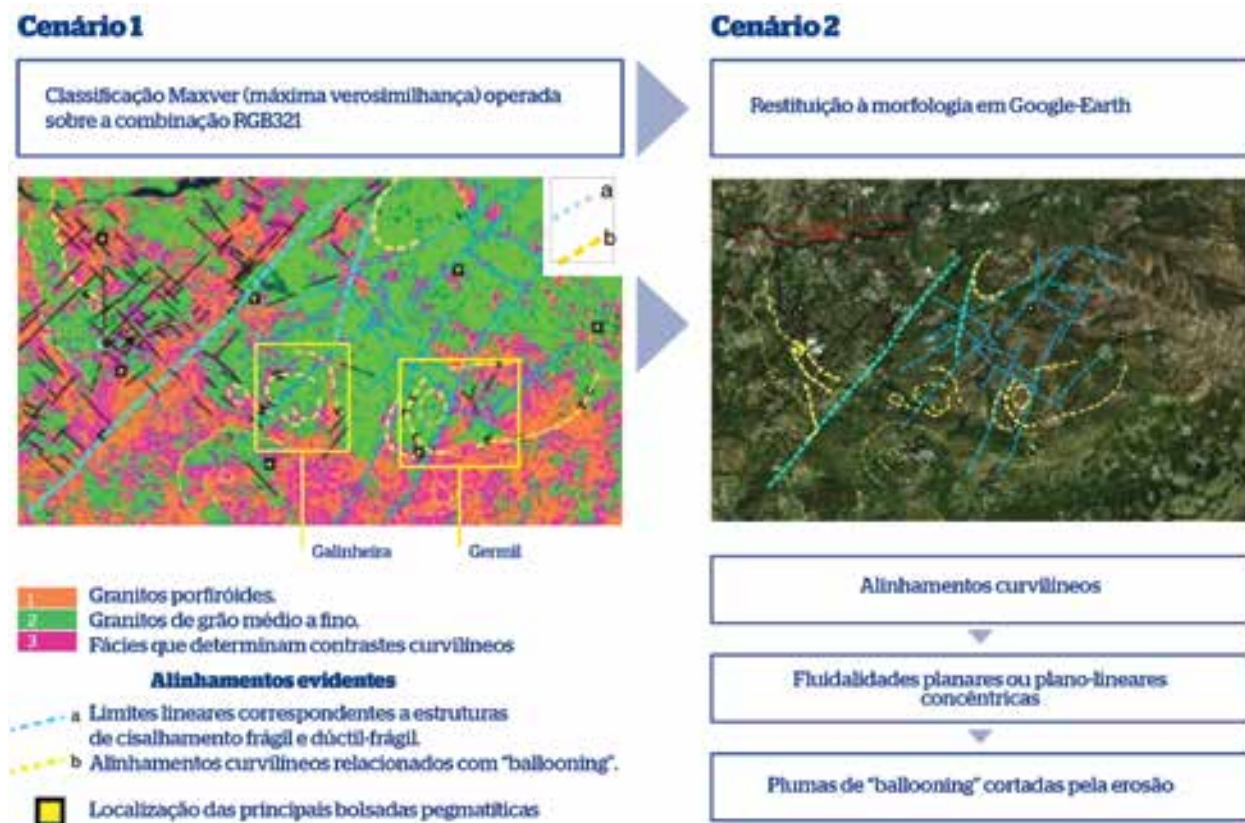
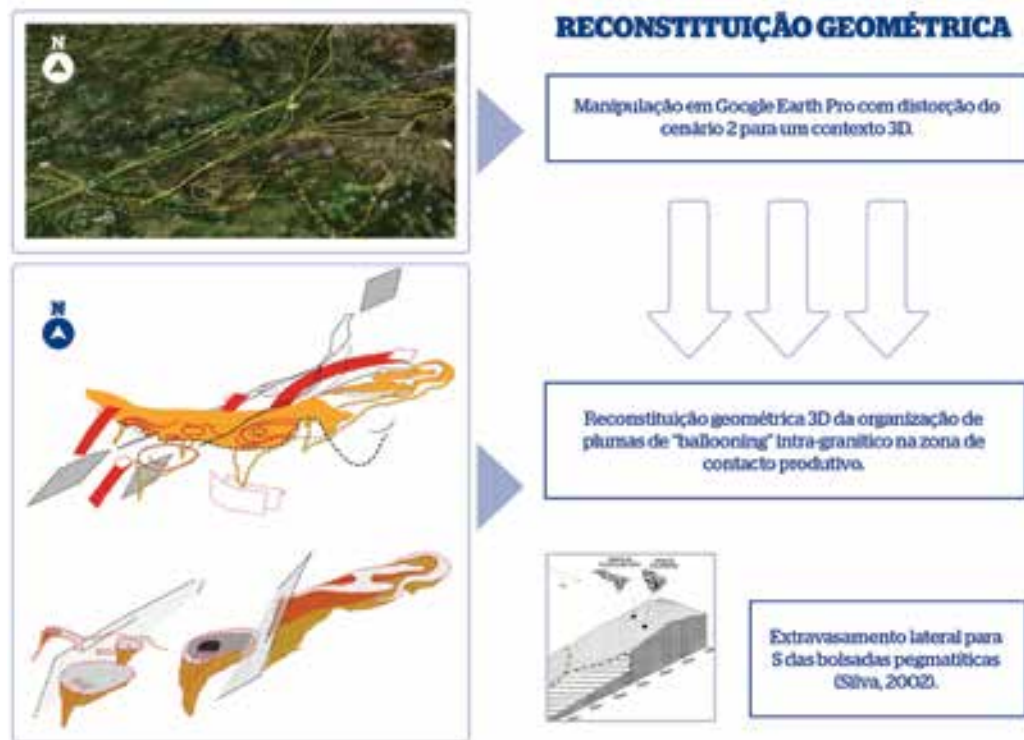


FIGURA III.14

Classificação Maxver de imagens e fotointerpretação em interfaces produtivas - dedução de eventuais plumas de "balloning" produtivo que parecem controlar a implantação e conformação das bolsadas pegmatíticas na sua periferia (cenário 2). O cenário 3 resulta da restituição do cenário 2 à imagem do Google-Earth. A área classificada está delimitada na figura III.3



**FIGURA III.15**

Reconstituição geométrica 3D da organização de plumas de "ballooning" intra-granítico na zona de contacto produtivo, deduzidas a partir de alinhamentos curvilíneos perceptíveis em análise distanciada.



**FIGURA III.16**

Dispositivo mesoescalar com evidência de domínios diferenciados de "clustering" de fenocristais, observado em Castelo de Aboim (Guimarães e Leal Gomes, 2010)

### III.3.2 Área E

Na área da Guarda a fotointerpretação de imagens Landsat e Spot permitiu identificar padrões texturais e cromáticos eventualmente relacionáveis com enxames filonianos aplito-pegmatíticos.

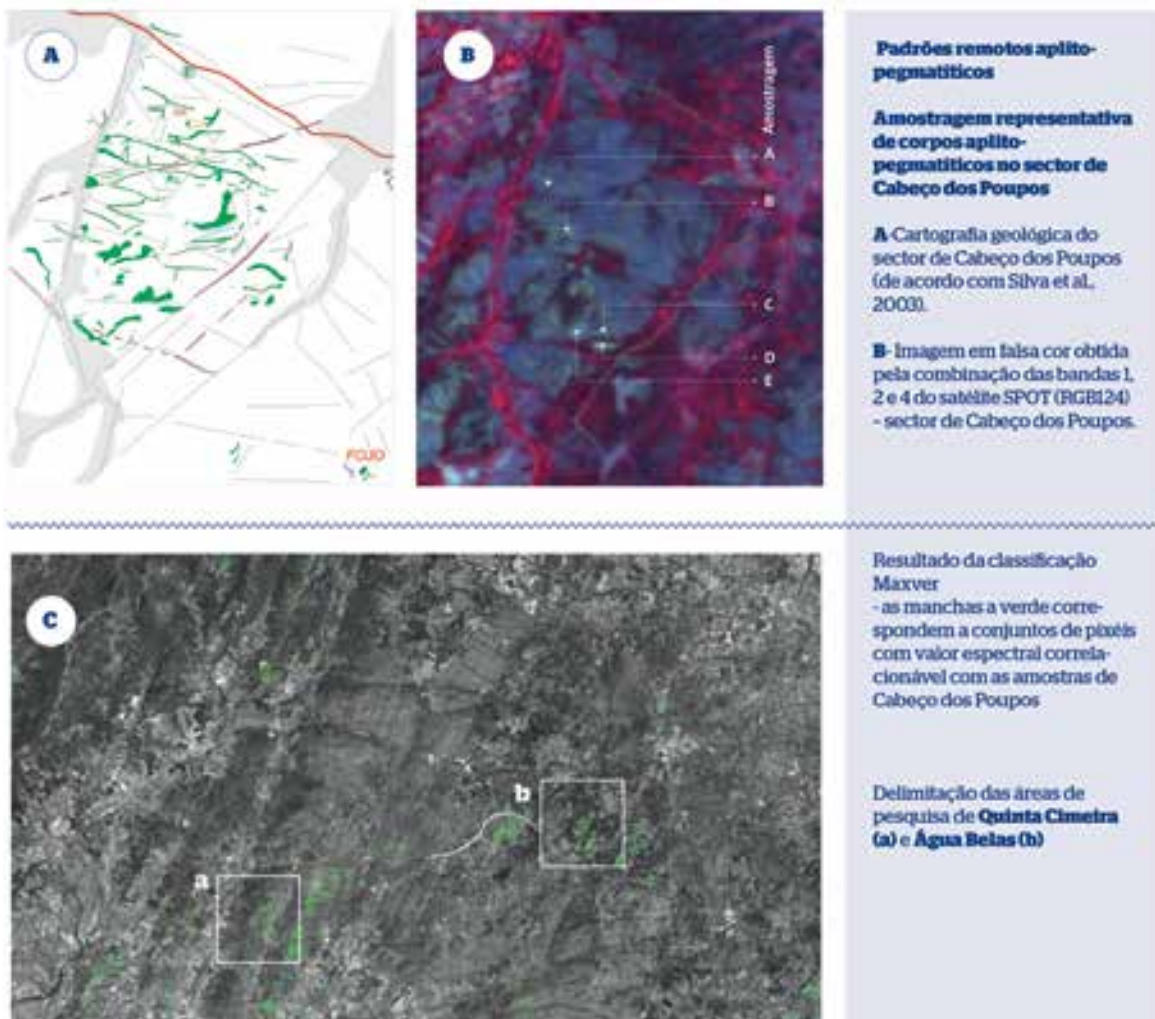
Esta ideia comprova-se quando se compara a cartografia publicada em Silva et al. (2003) para o sector de Cabeço dos Poupos, com os padrões detectados nas imagens (figura III.17-A e B). Os tons claros que se identificam na imagem Spot correspondem com boa aproximação aos filões cartografados.

Desta forma, e pela possibilidade de se amostrarem com exactidão pixéis representativos de padrões espectrais pegmatíticos, considerou-se a utilização da classificação Maxver, como via para a detecção de padrões relacionáveis noutros sectores da área de estudo.

As amostras utilizadas na classificação, têm valores espectrais próximos dos que são próprios dos pegmatitos, assinando-se na figura III.17-B.

Na figura III.17-C apresenta-se o resultado da classificação, para limiares de correlação superiores a 90%. Percebe-se a distribuição cartográfica das manchas classificadas sobretudo em redor do maciço de Fráguas e especialmente segundo um corredor transversal de direcção WSW-ENE. O sinal obtido por esta via pode ser decomposto em duas tipologias - lineamentar, relacionado com a estrutura e em mancha, induzido pela cobertura, eventualmente composicional.

A selecção das áreas de pesquisa de Águas Belas e Quinta Cimeira, a destinar a estudo geológico com vista à prospecção de filões úteis pegmatíticos, decorreu desta análise, reconhecendo-se nestes locais alta dispersão de padrões remotos aplito-pegmatíticos (figura III.18). Uma análise sobre a tipologia do sinal aqui obtido encontra-se na tabela III.1.



**FIGURA III.17**

Evidência por classificação Maxver de padrões remotos aplito-pegmatíticos na área da Guarda



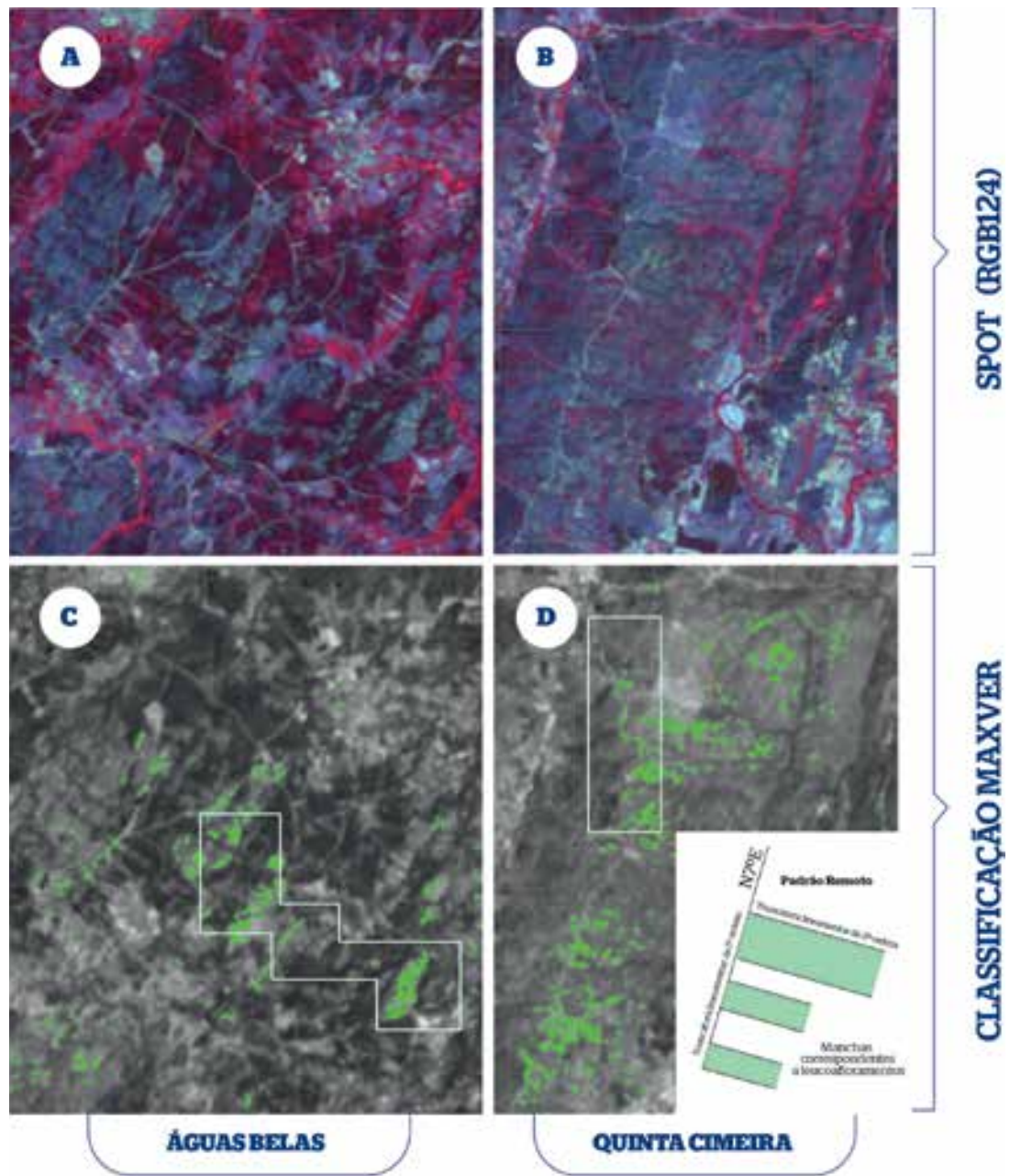


FIGURA III.18

Evidência de padrões remotos aplito-pegmatíticos e distribuição das manchas resultantes da classificação Maxver (a verde), nos sectores de Águas Belas e Quinta Cimeira

Área de pesquisa	Tipologia do Sinal obtido por classificação Maxver
QUINTA CIMEIRA	Padrão lineamentar N70E truncado por zonas mais ou menos alongadas heterogéneas (manchas correspondentes a leucoaflorescências (?)) delimitadas por truncaturas de 2ª ordem.
ÁGUAS BELAS	Padrões diversos: sigmoidal muito denso, lineamentar, elíptico heterogéneo e elíptico pouco denso.

TABELA III.1

Tipologia do sinal obtido por classificação Maxver nas áreas de Quinta Cimeira e Águas Belas - referível à fig. III.18



# 4 capítulo



Investigação geológica em  
áreas de pesquisa  
- fundamentação para a  
localização de furos de sondagem

## Investigação geológica em áreas de pesquisa - fundamentação para a localização de furos de sondagem

### **IV.1** Seleção de áreas alargadas de pesquisa

A partir das matrizes e procedimentos de análise desenvolvidos nos capítulos anteriores, recorrendo a critérios geológico-estruturais-geomorfológicos e resultados da sua conjugação por buffering em GvSIG (abordagem esquematizada na figura II.13, capítulo II) e através da fotointerpretação de texturas, estruturas e alinhamentos em imagens remotas directas e filtradas e procedimentos automáticos para evidência de pixéis indicativos da presença de pegmatitos estabelecidos por classificação Maxver (capítulo III), elegeram-se um conjunto de áreas favoráveis, mais restritas, consideradas promissoras relativamente à detecção de pegmatitos e intersecção de jazidas económicas subaflorantes.

As valências dos programas que suportaram a selecção recapitulam-se na tabela IV.1.

Nestes compartimentos realizaram-se levantamentos geológicos na escala 1:5000, que vieram a apoiar a selecção de locais de pesquisa. Nestes, desenvolveu-se cartografia geológica a escalas de maior pormenor (1:1000), com levantamento topográfico, e produziram-se modelos 3D conceptuais, de previsão sobre a distribuição das massas úteis em profundidade, a investigar mediante sondagens à percussão e à rotação.

Áreas alargadas de pesquisa		Critérios de selecção de áreas	Valência do programa
A	<b>AZIAS</b>	Corredores de cisalhamento e respectivos ambientes dilatacionais. Local no cruzamento de corredores de cisalhamento NW-SE e NE-SW com roturas WNW-ESSE favorável à ocorrência de bolsadas aracniformes.	Fotointerpretação de imagens Landsat; Buffering GvSIG
	<b>GERMIL</b>	Proximidade a uma bolsada pegmatítica explorada - pegmatito de Cruz. Contacto produtivo entre granitos de duas micas sin-tectónicas e granitos biotíticos porfiróides sin a tardi-tectónicos.	Fotointerpretação e classificação Maxver
	<b>MATA DA GALINHEIRA/CASTELO DA PENHA</b>	Zona com lineamentos curvilíneos, concêntricos, correspondentes à expressão em afloramento de plumas de ascensão magmática diferenciada por "ballooning". Contacto produtivo entre granitos.	Fotointerpretação e classificação Maxver
B1	<b>PEREIRA DE SELÃO</b>	Local no interior de corredor de cisalhamento tardi-Varisco NE-SW com ambientes dilatacionais associados capazes de veicular magmas pós-tectónicos.	Condicionamento tectónico da implantação do pegmatito de Seixigal e fotointerpretação
		Proximidade ao pegmatito do Seixigal (corpo de grande dimensão do tipo "stocksheider"). Local no cruzamento de estruturas N30°E e N-S.	
D	<b>SALGUEIRO</b>	Critérios geológicos/geomorfológicos/estruturais: proximidade ao índice pegmatítico de Salgueiro, inclusão no maciço produtivo de Ferreira de Aves, delimitação por corpos básicos filonianos e proximidade a cumeada alongada contígua a lineamento contínuo e interrompida por lineamento oblíquo.	Buffering GvSIG Fotointerpretação de imagens Landsat
	<b>ASSUNÇÃO SUL</b>	Contraste cromático/textural dentro da massa granítica produtiva com orientação geral circular, revelado a partir da banda 6 e CP3 do satélite Landsat. Proximidade ao pegmatito da Senhora de Assunção. Proximidade a outros índices pegmatíticos menores.	Fotointerpretação de imagens Landsat
E	<b>QUINTA CIMEIRA</b>	Continuidade espectral. Zona com alta dispersão de padrões aplito-pegmatíticos na classificação MAXVER de conjuntos de pixéis correspondentes a afloramentos de aplito-pegmatitos do sector de Cabeço dos Poupos.	Classificação MAXVER de imagens SPOT
	<b>ÁGUAS BELAS</b>	Continuidade espectral. Zona com alta dispersão de padrões aplito-pegmatíticos na classificação MAXVER (90%) de conjuntos de pixéis correspondentes a afloramentos de aplito-pegmatitos do sector de Cabeço dos Poupos. Critérios geológico-estruturais e geomorfológicos: proximidade ao enxame de Cabeço dos Poupos, proximidade a cumeada alongada contígua a lineamento contínuo e delimitação por filões de rocha básica.	Classificação MAXVER de imagens SPOT Buffering GvSIG

TABELA IV.1

Síntese dos critérios utilizados na selecção de áreas alargadas de pesquisa para desenvolvimento de cartografia na escala 1:5000

O planeamento e fundamentação geológica do programa de sondagens, com vista à intersecção de jazidas pegmatíticas subaflorantes, relata-se neste capítulo. Apresentam-se as localizações correspondentes e indicam-se as profundidades alcançadas em cada caso.

Estipularam-se distâncias máximas de perfuração de 40 a 50 m, considerando-se estas limites de viabilidade de potenciais explorações. Caso a caso, as perfurações atingiram profundidades decididas por monitorização.

## IV.2 Investigação geológica na Área A - Ponte da Barca

Na área de Ponte da Barca concentraram-se os trabalhos de pesquisa em três áreas mais restritas: Azias, Germil e Mata da Galinheira/Castelo da Pena.

Os blocos seleccionados encontram-se representados no mapa da figura IV.1, implantados sobre a base geológica com legenda reportada à figura II. 6.

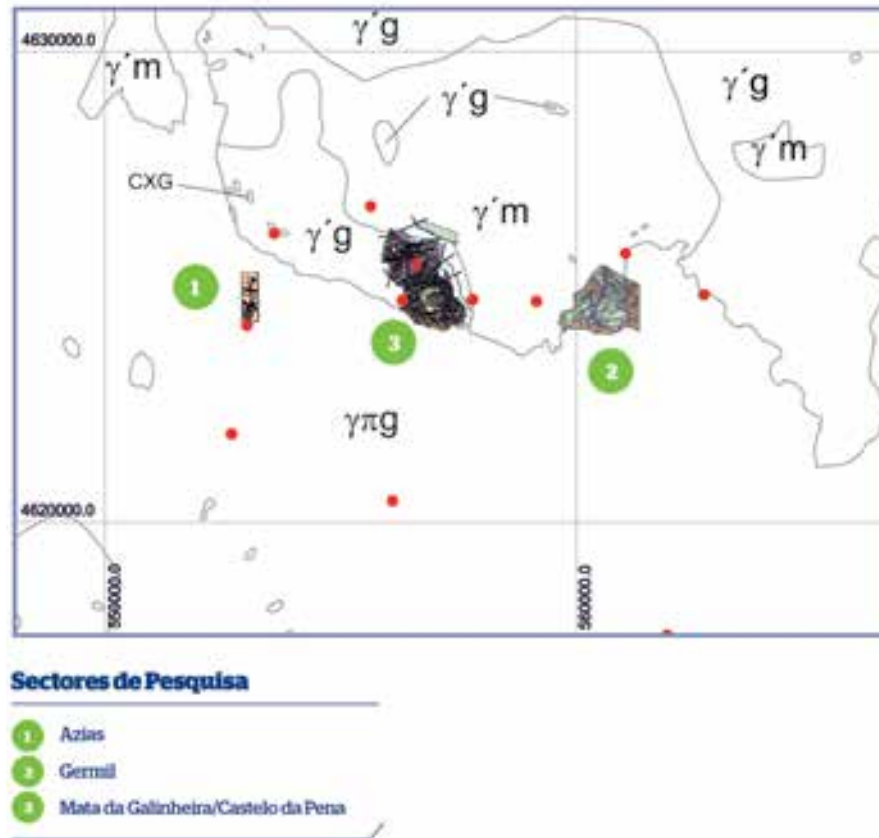


FIGURA IV.1

Localização dos sectores de pesquisa na área de Ponte da Barca - Azias, Galinheira/Monte do Castelo da Pena e Germil

### IV.2.1 Área de pesquisa de Azias

Na área de Azias vislumbra-se um condicionamento tectónico favorável, pela ocorrência de uma bolsada pegmatítica explorada (pegmatito de Cruz) hospedada num granito porfiróide com grão grosseiro, perto da junção de um corredor de cisalhamento sin-D3 NNW-SSE (alinhamento paralelo ao desligamento de Vigo-Régua) com estruturas tardi-(D3-D4) orientadas N30°E e WNW-ESE, perceptíveis na fotointerpretação de imagens Landsat filtradas (ver fig. III.2, capítulo III).

Sob condicionamento tectónico, a implantação dos pegmatitos parece aproveitar os cisalhamentos e suas conjunções favorecendo o desenvolvimento de geometrias aracneiformes.

Neste sector de pesquisa conjugam-se ainda os critérios de aproximação explorados na figura II.13.

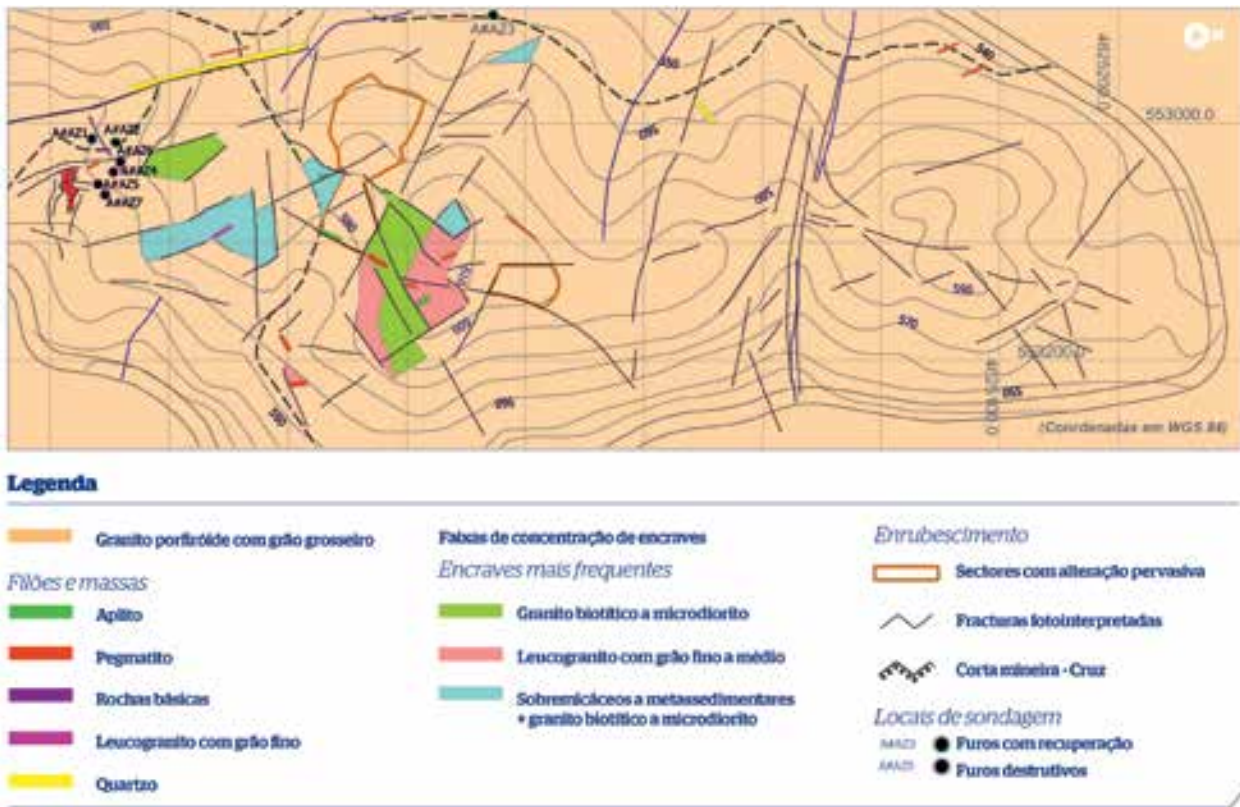
Levantamentos cartográficos nas escalas 1:5000 e 1:1000 (Figura IV.2) na envolvência do pegmatito explorado revelaram a existência de filões aplíticos e pegmatíticos pouco possantes perto de faixas de concentração de encraves, sugerindo ainda que podem ser favoráveis à produtividade pegmatítica nestes corredores estruturais, processos de contaminação em consequência de "mixing" e "mingling".

Os encraves predominantes são metassedimentares e xenólitos sobremicáceos, encraves arredondados a elipsoidais heterogéneos de tendência meso a melanocrata de grão fino e ainda de fácies leucograníticas com grão fino a médio (figura IV.3-E). Corresponde-lhes uma distribuição que acompanha grosseiramente a topografia às cotas mais altas e as direcções de fracturação N22°W. Na sua periferia o granito encaixante apresenta fenómenos de alteração localizados que se manifestam pelo enrubescimento pervasivo dos megacristais e da matriz (figura IV.3-D).

Os filões aplíticos (figura IV.3-C) ocorrem segundo as direcções de fracturação N30°E.

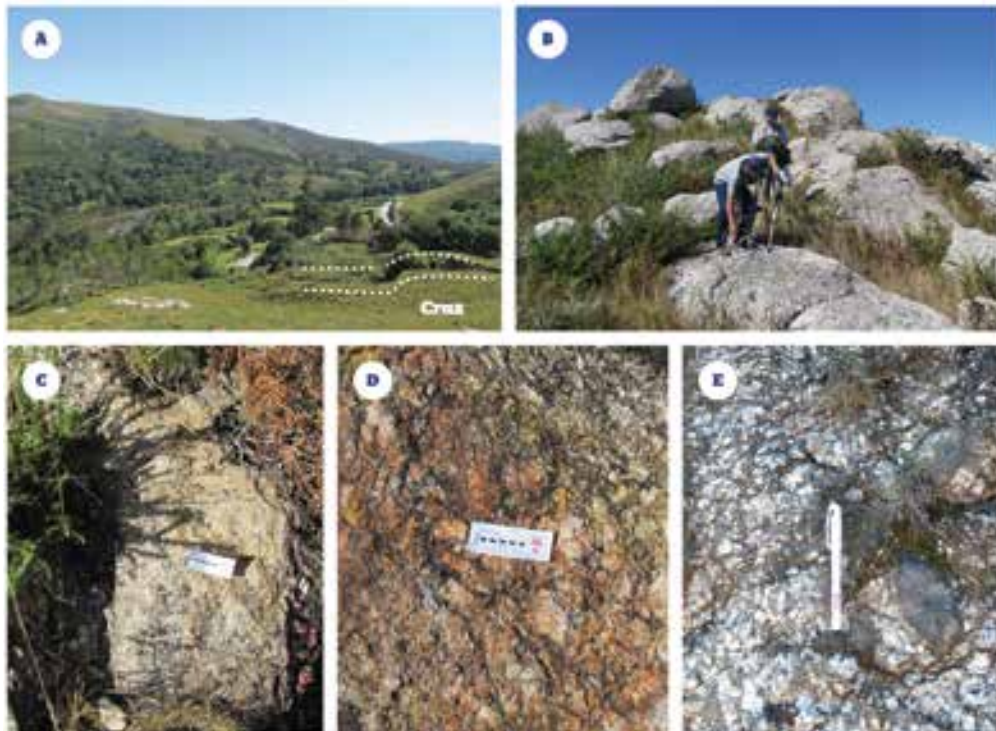
Uma previsão tridimensional sobre a organização de bolsadas pegmatíticas relativamente às principais estruturas de deformação e faixas de "mingling" apresenta-se na figura IV.4.





**FIGURA IV.2**

Mapa geológico obtido pelo levantamento na escala 1:5000 do sector de Azias. Incorporam-se no desenho das faixas de maior concentração de encraves, observações decorrentes do levantamento geológico na escala 1:1000



**FIGURA IV.3**

Vistas parciais e aspectos texturais relevantes observados na área de pesquisa de Azias (ver comentários no texto)

Conjugando os critérios de produtividade assinalados, localizaram-se no sector de Azias 3 furos de sondagem com recuperação de testemunho e 4 furos destrutivos.

Os “spots” seleccionados têm as coordenadas patentes na tabela IV.2 e estão representados no mapa da figura IV.2. Nestes locais as perfurações atingiram as profundidades declaradas na tabela IV.2.

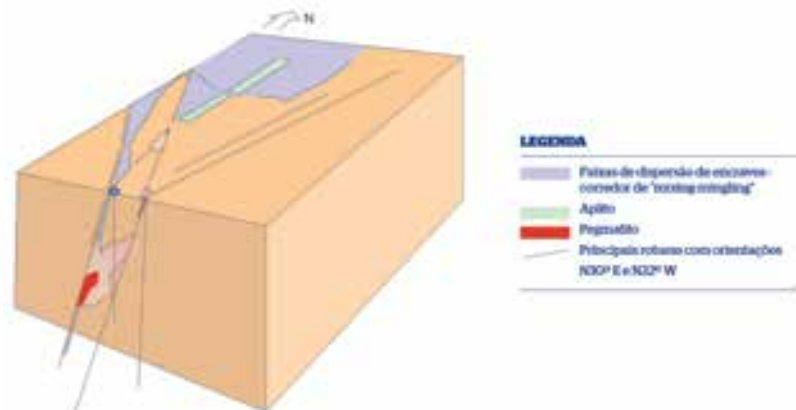


FIGURA IV.4

Previsão sobre a organização de bolsadas pegmatíticas no sector de Azias - simulação tridimensional

Área de estudo	Sector de Pesquisa	Atribuição	M	P	Profundidade (m)	Tipo de sondagem
A	Azias	A#AZ1	-19044.68	233321.52	30	R
		A#AZ2	-19041.48	233341.49	30	R
		A#AZ3	-19145.30	233660.68	36	R
		A#AZ4	-19016.49	233339.24	31	D
		A#AZ5	-19006.62	233326.13	31	D
		A#AZ6	-19025.43	233345.33	37	D
		A#AZ7	-18997.56	233332.05	21	D
	Germil	A#G1	-11261.04	233157.92	30	R
	Galinheira/ Castelo da Pena	A#CP1	-15480.89	233546.66	50	R

TABELA IV.2

Identificação das sondagens projectadas na área A com indicação da localização (coordenadas no datum 73) e das profundidades atingidas na furação; R - sondagem com recuperação de carote; D - sondagem à percussão (destrutiva)

Na tabela IV.3 detalham-se os motivos que levaram à selecção dos locais de perfuração em Azias.

**A#AZ1, A#AZ2, A#AZ4, A#AZ5, A#AZ6, A#AZ7**

-Sector na periferia do pegmatito da Cruz na continuidade de uma faixa alongada de proliferação de encaves de rochas com composição intermédia a máfica paralela a alinhamentos N22°W para onde convergem estruturas N30°E com alojamento de filões aplíticos e estruturas N70°E preenchidas por filões de rochas básicas.

**A#AZ3**

-Local no desenvolvimento de uma estrutura megaescalar orientada N22°W com preenchimento quartzoso; o alinhamento com o pegmatito da Cruz a Sul, faz prever uma certa continuidade entre bolsadas pegmatíticas localizadas num nível estrutural comum; neste corredor e segundo uma faixa com 70 m reconhecem-se em continuidade: faixas de encaves de rochas metassedimentares (possível "roof-pendant"), encaves de rochas máficas, até à expressão de bolsadas menores pegmatíticas que podem evoluir por coalescência na faixa de 40 m mais superficiais.

TABELA IV.3

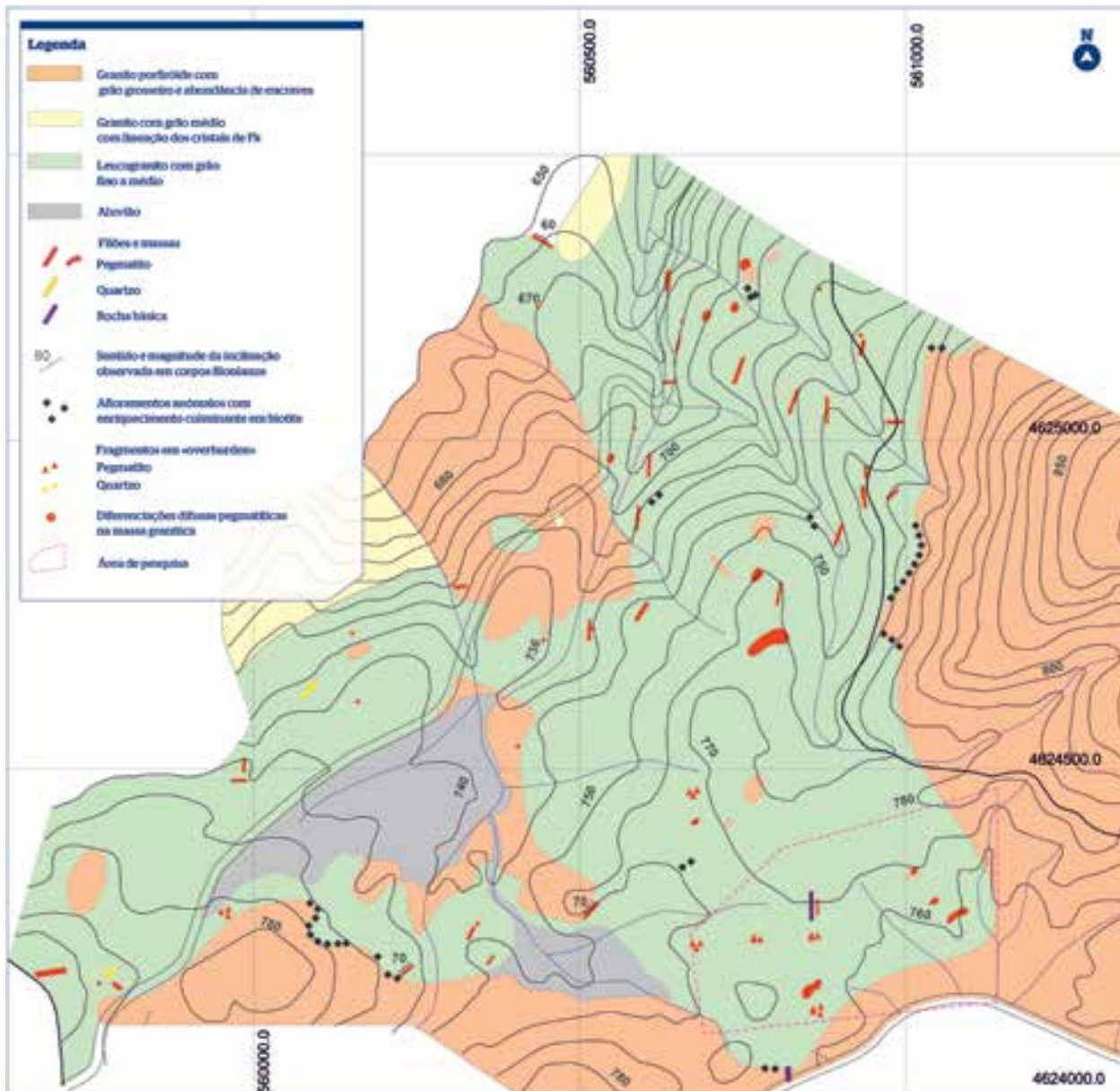
Principais influências do programa de pesquisa que motivaram a selecção dos locais de perfuração no sector de Azias



### IV.2.2 Área de pesquisa de Germil

A área de Germil localiza-se perto da interface granítica considerada produtiva para a distribuição de corpos no sector de Ponte da Barca (ver cap. II), ocorrendo aí em contacto granitos porfiróides e granitos com grão fino a médio (figura IV.6-A).

Revelou na cartografia geológica à escala 1:5000 (figura IV.5) vários índices pegmatíticos aflorantes no interior de fácies com grão fino a médio. Alguns corpos mais possantes possuem carácter hiperaluminoso muito marcado, com andaluzite abundante expressa nas paragénese (figura IV.6-B). Outros correspondem a filões aplito-pegmatíticos subverticais com espessura inferior a 1 m (figura IV.6-E).



**FIGURA IV.5**

Mapa geológico na escala 1:5000 da área de Germil com a localização do sector chave submetido a pesquisa

Entre o granito porfiróide e a fácies com grão fino os contactos são graduais observando-se localmente encraves da fácies de grão fino no interior do granito porfiróide (figura IV.6-C).

Fenómenos de “filter-pressing” também são típicos do contacto entre o granito porfiróide e a fácies com grão fino a médio; expressam-se pelo enriquecimento progressivo em biotite na fácies porfiróide da faixa de contacto e manifestam aspecto segregacional, “shlierenítico” por vezes com tendência bandada (fig. IV.6-D); os conteúdos de biotite aqui localizados podem alcançar valores modais próximos de 70%.

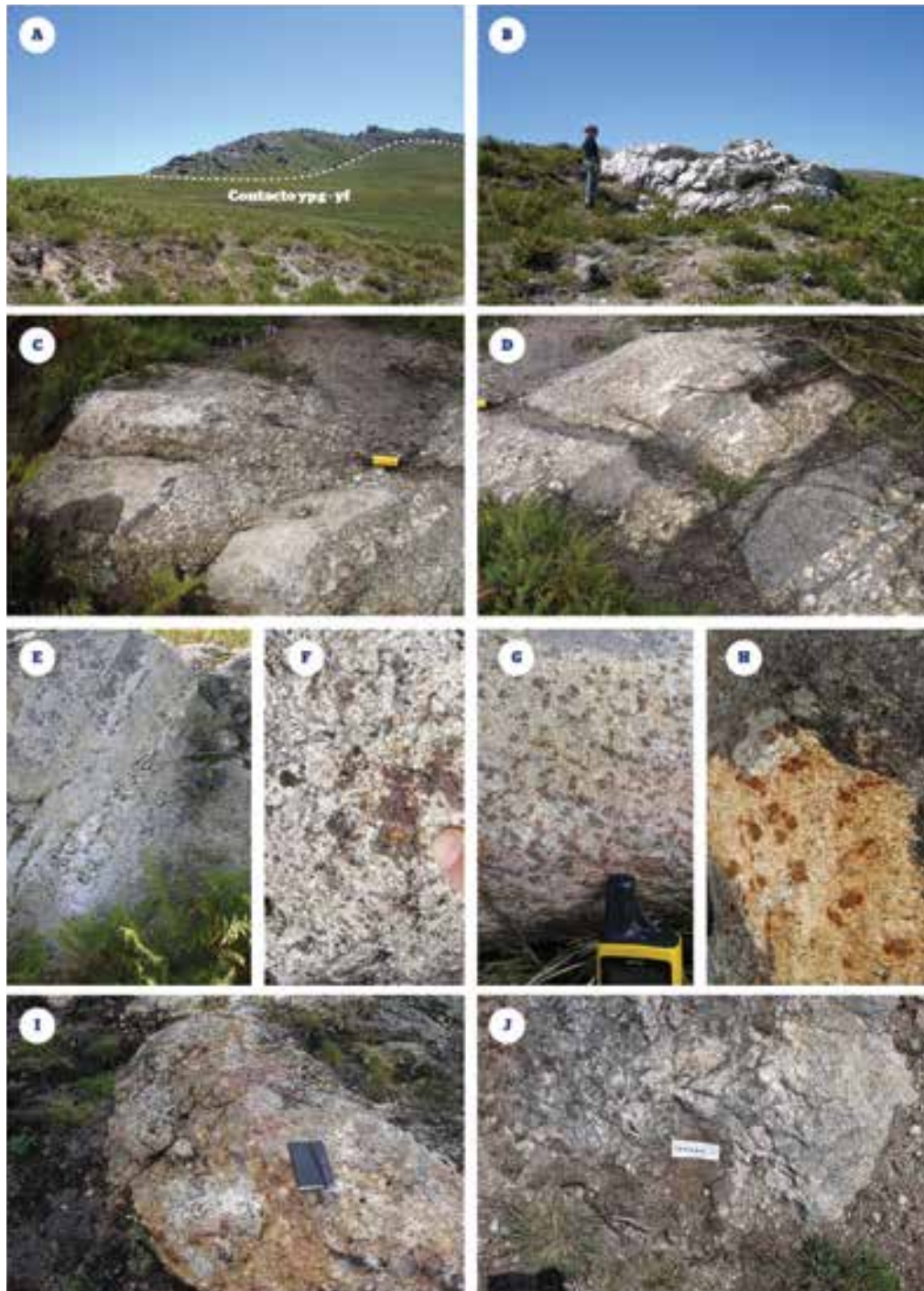


FIGURA IV.6

Documentação de afloramentos particulares, pegmatitos e texturas representativas de fácies graníticas vizinhas dos pegmatitos, detectados na área de pesquisa de Germil



Em consonância com o carácter hiperaluminoso dos pegmatitos, o granito com grão fino hospedeiro é localmente portador de cordierite e granada (figura IV.6-F). As biotites apresentam-se tipicamente descoloridas e cloritizadas (figura IV.6-G) e são típicas tendências de amarelecimento da massa granítica originadas por alteração hidrotermal e lixiviação com influência supergénica do Fe a partir de cristais de biotite e a fixação tardia do Fe sob a forma de preenchimentos vacuolares (figura IV.6-H).

No compartimento seleccionado para cartografia geológica na escala 1:1000 (figura IV.7), detectaram-se 3 “spots” com recobrimento por escombros pegmatítico, colocando-se a hipótese de corresponderem a desmontes prévios colmatados. Neste sector afloramentos de uma fácies leucogranítica pegmatóide constituem uma cintura endo-granítica estabelecida no contacto com o granito porfiróide, que circunscreve aqueles desmontes. Esta fácies enriquecida em moscovite e pegmatito gráfico (figura IV.6-I e J) poderá ser transicional em direcção às bolsadas, a partir da qual evoluem por fraccionação in situ, gradual e directa.

Segundo estes critérios propõe-se neste local a realização de um furo de sondagem com recuperação de testemunho, o qual poderá vir a intersectar uma bolsada na faixa dos 30 m mais superficiais (fig. IV.7., tab. IV.2).

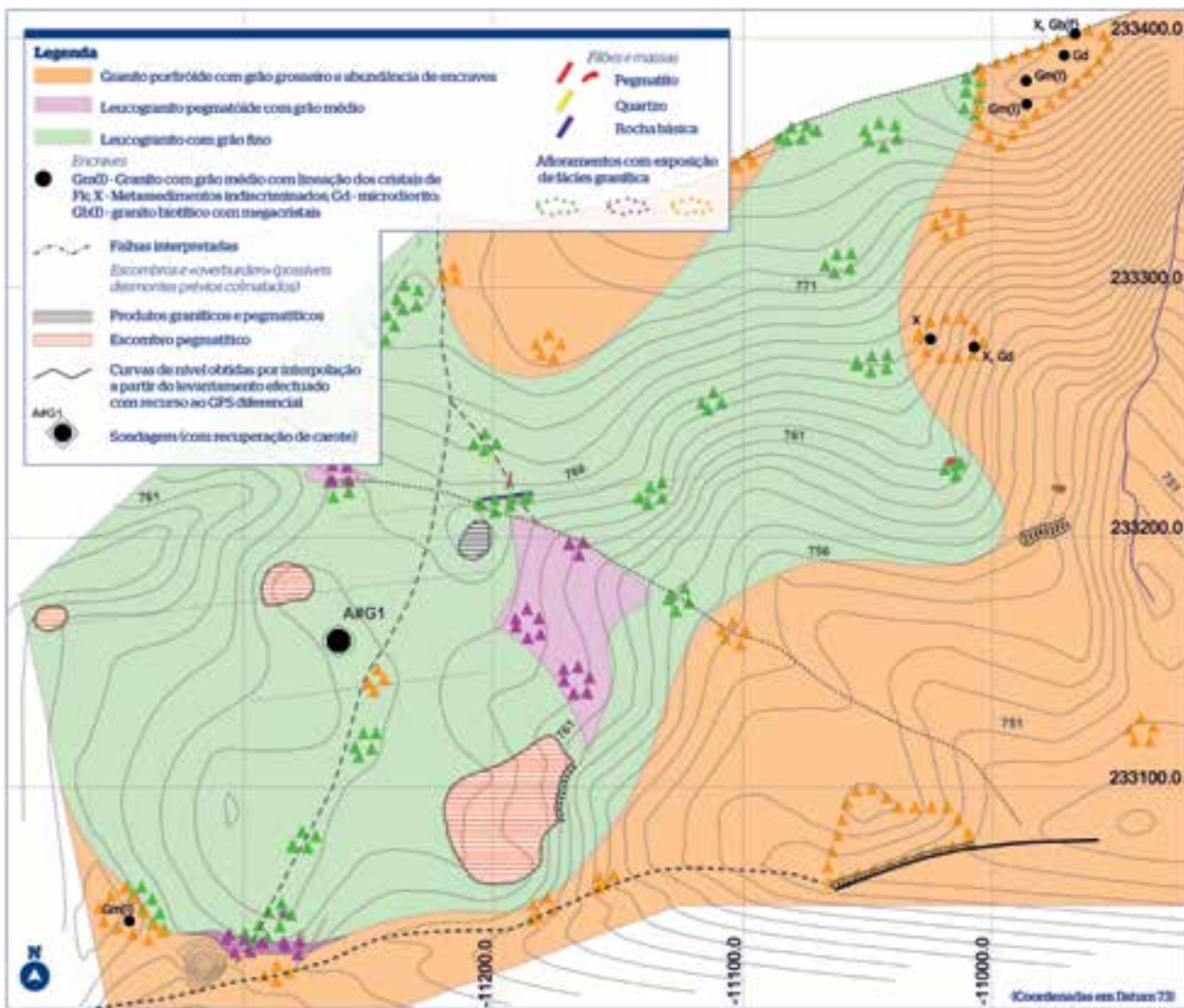


FIGURA IV.7

Mapa obtido por levantamento geológico e topográfico na escala 1:1000 no sector chave de Germil com implementação do local de sondagem

**A#G1**

- Espaço com eventuais desmontes prévios em pegmatito e fortes indícios de diferenciação granitóide.

- Condicionamento tectónico responsável por rupturas com orientação geral ENE-WSW marcadas pela atitude de filões de corpos básicos e de quartzo, capazes de acomodar a distribuição de bolsas pegmatíticas (incluindo o pegmatito de Vergaço explorado a W); esta direcção pode corresponder a uma orientação de fluxo, injeção e deformação hidráulica, veiculadora da erosão.

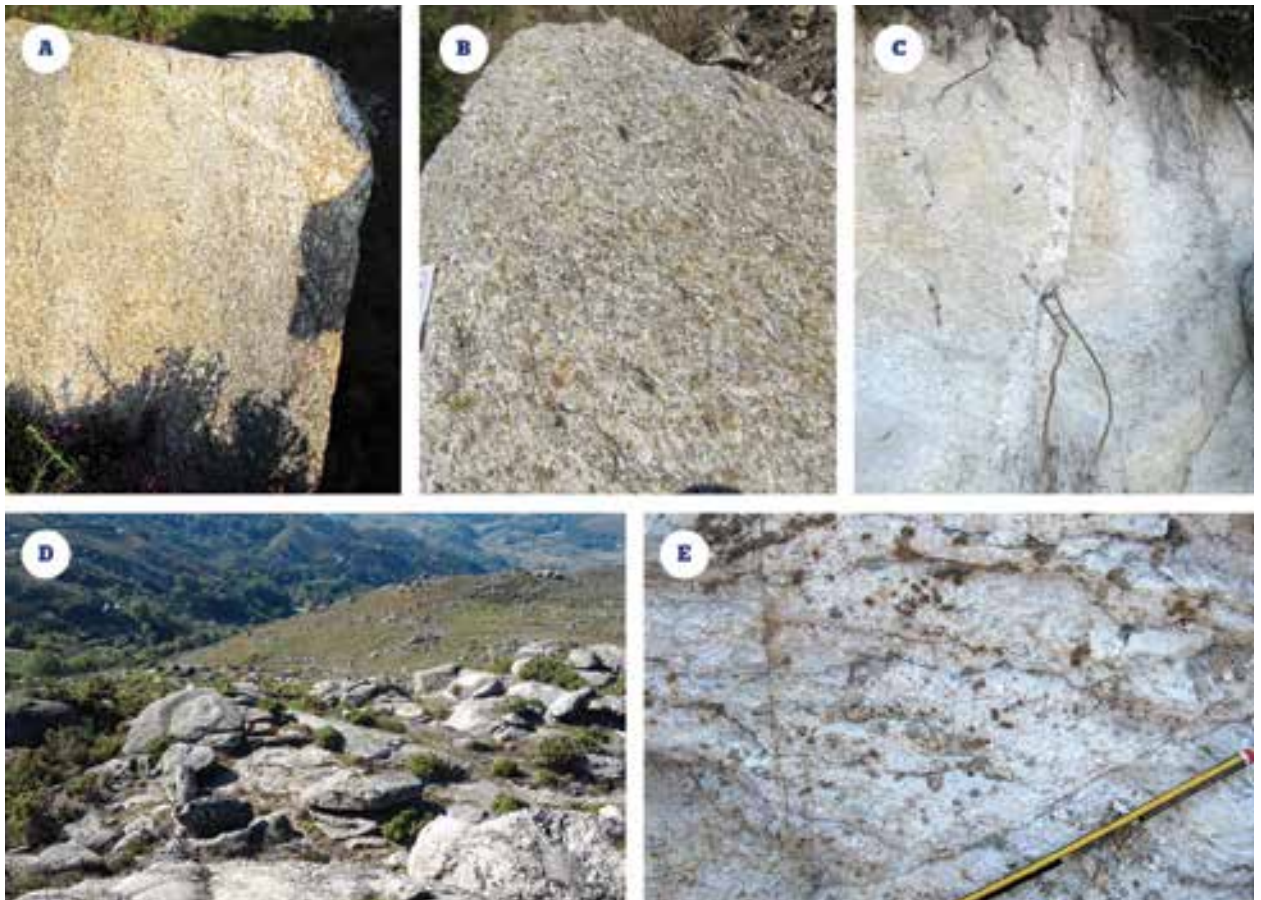
**TABELA IV.4**

Principais valências do programa de pesquisa que motivaram a selecção dos locais de perfuração no sector de Germil.

### IV.2.3 Área de pesquisa de Mata da Galinheira/Castelo da Pena

Neste sector observa-se a transição gradual entre o granito com grão médio e uma fácies porfiróide com fenocristais de feldspato potássico de pequena dimensão que surgem a definir uma lineação penetrativa e cuja disposição cartográfica aproximadamente aureolar e cupular relativamente aos granitos envolventes se parece relacionar com algumas geometrias estabelecidas à distância (ver cap III). Nesta fácies lineamentar (figura IV.7-A,B e C), o arranjo geométrico dos fenocristais de Fk expressa fluidalidades lineares e planares estabelecidas a baixa viscosidade, com continuidade suficiente para o estabelecimento de componentes de fluxo magmático, os quais deverão ser paralelos à ascensão dos magmas e à propagação de conjuntos pegmatíticos.

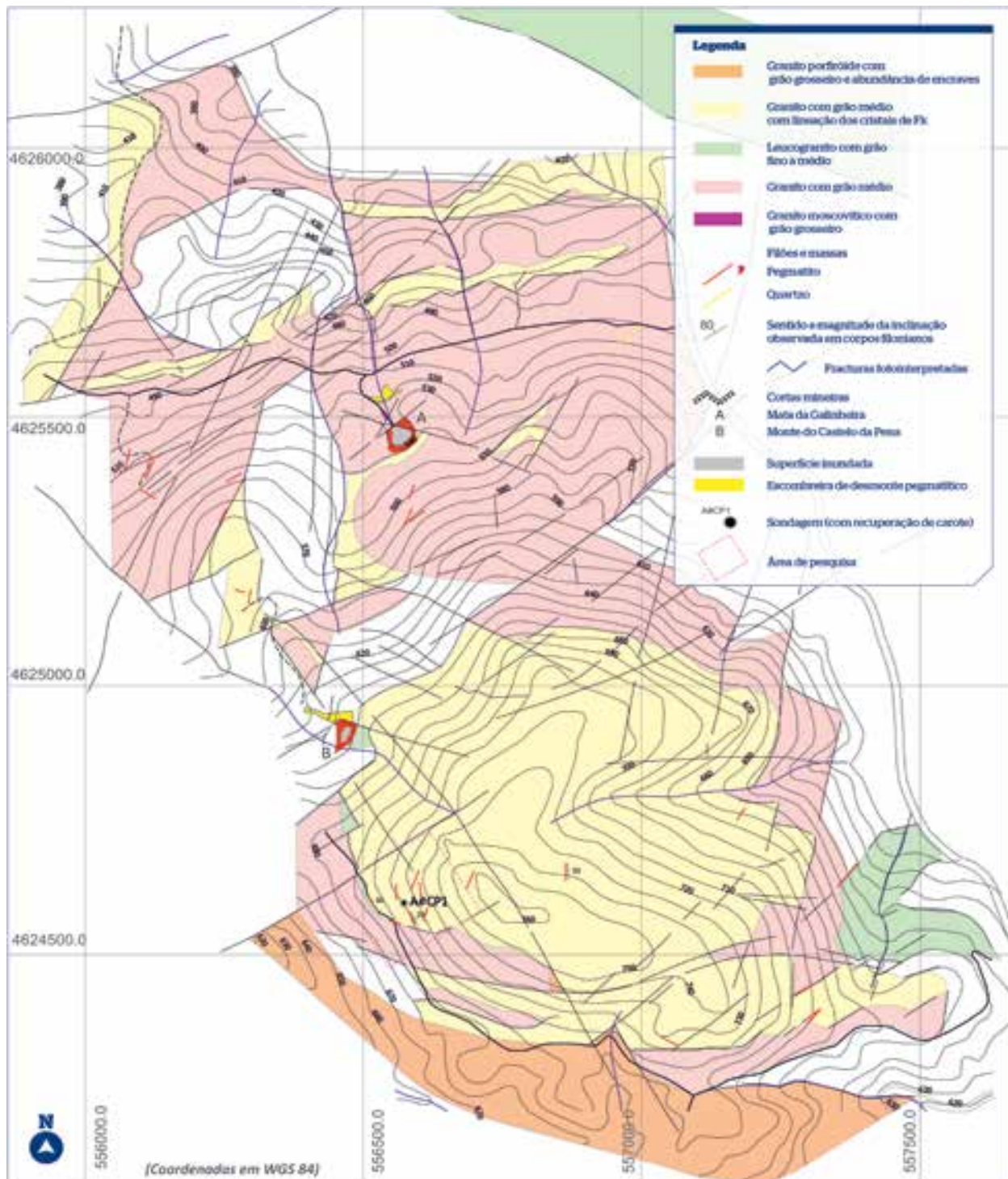
No mapa da figura IV.8 constata-se que os pegmatitos explorados da Mata da Galinheira (A) e Monte do Castelo da Pena (B) parecem possuir uma relação bem definida com esta interface granítica.



**FIGURA IV.8**

Aspectos petrográficos e afloramentos relevantes observados no sector da Mata da Galinheira/Monte do castelo da Pena (ver comentários no texto)





**FIGURA IV.9**

Mapa geológico da área da Mata da Galinheira/Monte do Castelo da Pena - levantamento na escala 1:5000.

Na mesma figura delimita-se a Sul um sector de afloramento de filões fracamente inclinados (figura IV.7-D), hospedados no granito microporfiróide perto do contacto apical produtivo, os quais poderão corresponder a corredores convergentes de percolação preferencial de diferenciados, apicais relativamente a uma bolsada em profundidade.

Um filão intersectado no caminho, inclinado 50° para E, manifesta eminentemente fácies pegmatóides típicas de unidades de bordo, com biotite nodular (figura IV.7-E). A sondagem de pesquisa aqui localizada, designada A#CP1, encontra-se assinalada na figura IV.8 e tem as coordenadas indicadas na tabela IV.2. Estima-se que alcance uma profundidade mínima de 50 m por forma a atravessar o contacto granítico mais fértil.

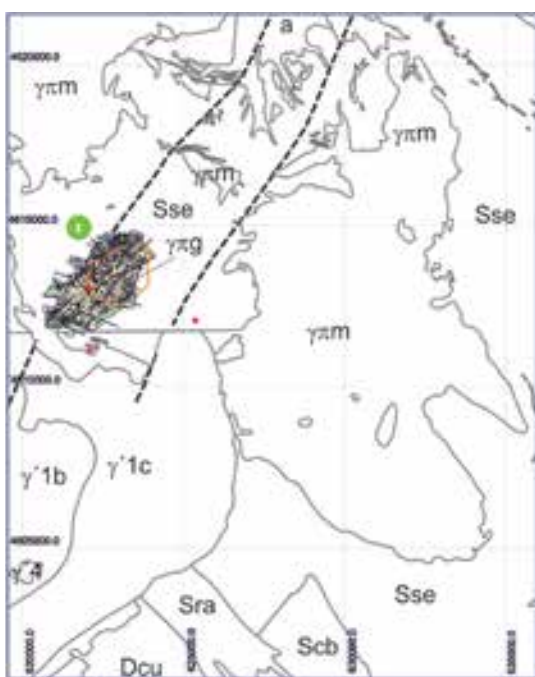
**A#CP1**

- Sector de afloramento de enxames de filões pegmatíticos fracamente inclinados perto de um corredor fluidal, em ambiente de contacto granítico, cuja atitude acompanha a topografia.

**TABELA IV.5**

Principais influências do programa de pesquisa que motivaram a selecção dos locais de perfuração no sector da Mata da Galinheira/ Castelo da Pena.

**IV.3 Investigação geológica na Área B1 - Chaves**



**Sector de Pesquisa**

- Pereira do Selão

**FIGURA IV.10**

Figura IV.10 - Localização do sector de pesquisa de Pereira do Selão na área de Chaves. Legenda conforme a figura II.8.

A possibilidade de detecção de pegmatitos com instalação análoga ao corpo do Seixigal surge como objectivo principal do programa de prospecção.

Com base neste paradigma operou-se a balizagem do programa de prospecção e a aproximação suportada por cartografia de pormenor ao corredor de cisalhamento tardi-Varisco de rumo N30°E da figura IV.10 e à proximidade ao plutonito de Santa Bárbara.

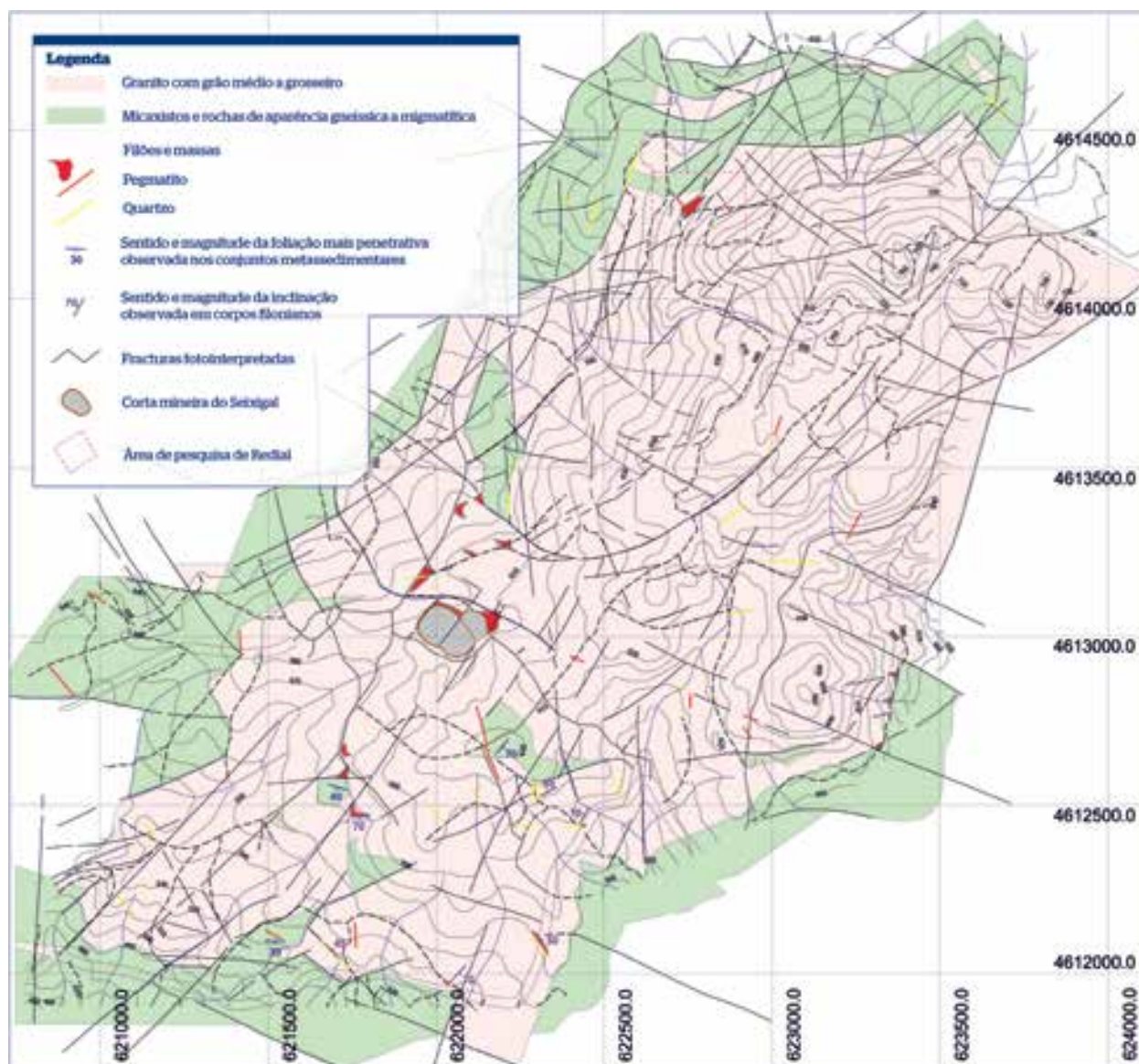
O programa de cartografia geológica aqui levado a cabo (fig. IV.11) além de permitir a discriminação dos limites entre granito e metassedimentos e a marcação das principais estruturas dúcteis-frágeis, ainda proporcionou o acesso a alguns corpos pegmatíticos aflorantes.

No local de Redial ocorre um corpo tabular subhorizontal numa faixa peri-granítica próxima do contacto com as formações metassedimentares encaixantes, que manifesta estruturas bandadas de colapso e unidades internas preenchidas pelo granito biotítico ressurgente. A possibilidade de se tratar de um fulcro pegmatítico do tipo "stocksheider" com complexo endo-granito pós-tectónico/exo-granito análogo ao pegmatito do Seixigal levou a que se concentrassem aqui trabalhos de cartografia e topografia a escalas de maior pormenor (1:1000) capazes de suportar a marcação de sítios de sondagem (Fig. IV.12).

Alguns aspectos mais marcantes dos afloramentos pegmatíticos de Redial que ao mesmo tempo sugerem semelhanças com o corpo do Seixigal são:

- a proximidade ao contacto com rochas metassedimentares encaixantes;
- o acolhimento do pegmatito em forma de corpo tabular subhorizontal;
- a presença de rupturas planares paralelas aos contactos, mais intensamente desenvolvidas nas zonas de bordadura;
- estrutura interna bandada típica de colapso de cúpula com "open-filling" (figura IV.13-C);
- unidades internas com endogranito intersticial (figura IV.13-D);
- turmalinização venular no contacto granítico.





**FIGURA IV.11**

Mapa geológico correspondente à área de Pereira de Selão - levantamento na escala 1:5000

Os locais determinados para perfuração têm as coordenadas patentes na tabela IV.6 e encontram-se representados no mapa da figura IV.12.

Uma previsão sobre a disposição tridimensional do corpo pegmatítico de Redial que se prevê vir a ser intersectado nas perfurações apresenta-se na figura IV.12.

Outros compartimentos com afloramento de massas pegmatíticas subhorizontais detectados no programa de cartografia geológica também se afiguram promissores (ver fig. IV.11). Designadamente, a periferia da corta mineira do Seixigal, manifesta uma dispersão de índices que se incluem no mesmo corredor estrutural N30°E propagado entre os pegmatitos do Seixigal e Redial, os quais possuem morfologia tabular e eventual alastramento em profundidade.

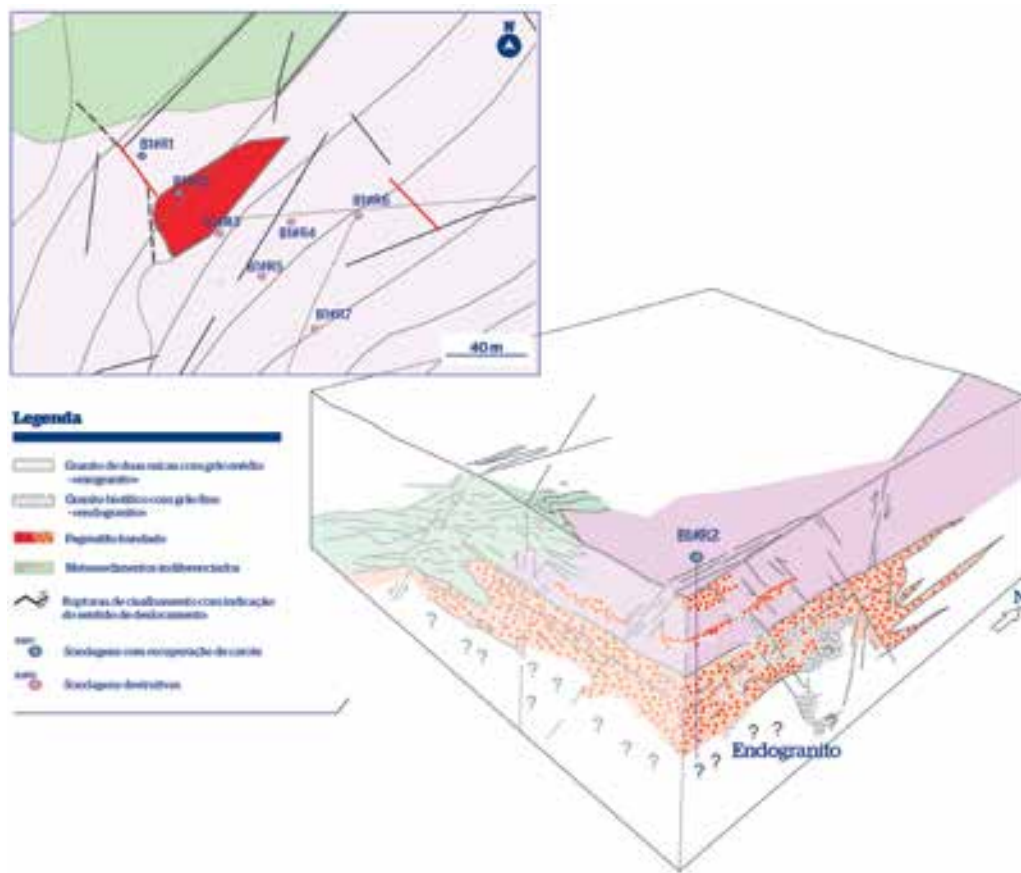


FIGURA IV.12

Localização das sondagens e previsão sobre a disposição tridimensional do pegmatito de Redial

Área de estudo	Sector de Pesquisa	Atribuição	M	P	Profundidade (m)	Tipo de Sondagem
B1	Redial	B1#R1	50586.61	222575.64	30	R
		B1#R2	50605.43	222556.44	37.5	R
		B1#R3	50626.22	222535.23	34	D
		B1#R4	50663.29	222540.86	37	D
		B1#R5	50648.00	222513.00	31	D
		B1#R6	50698.33	222543.50	31	D
		B1#R7	50674.73	222484.72	33	D

TABELA IV.6

Identificação das sondagens projectadas na área B1 com indicação da localização (coordenadas no datum 73) e das profundidades atingidas na furação; R - sondagem com recuperação de carote; D - sondagem à percussão (destrutiva).

**B1#R1 e B1#R2**

-Afloramento de um filão subhorizontal com estrutura interna bandada e endogranito intersticial.

**B1#R3, B1#R4, B1#R5, B1#R6 e B1#R7**

-Localizações em afloramento granítico a cotas mais elevadas para investigação da propagação lateral e em profundidade da massa tabular anterior.

TABELA IV.7

Principais influências do programa de pesquisa que motivaram a selecção dos locais de perfuração no sector da Redial



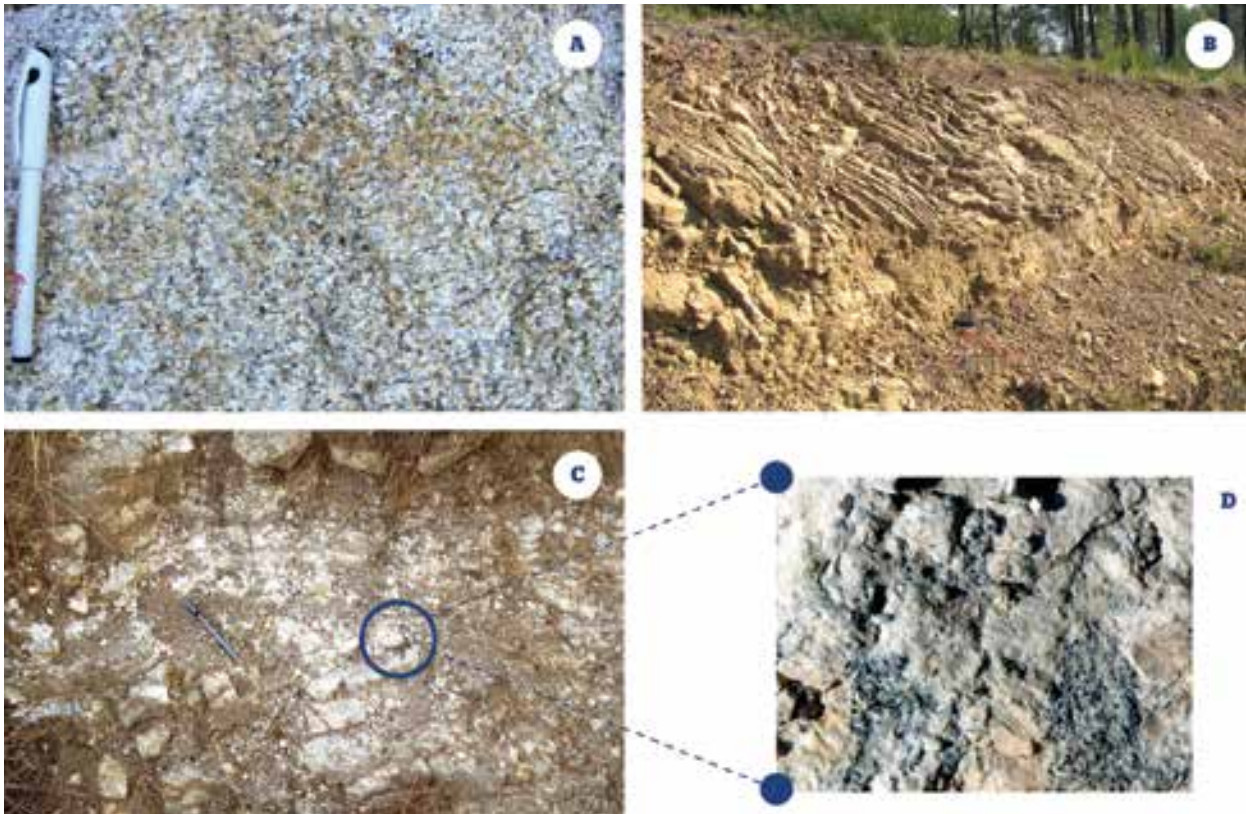


FIGURA IV.13

Ilustração de afloramentos representativos do granito de Santa Bárbara (A), metassedimentos envolventes (B) e pegmatito de Redial (C)

#### IV.4 Investigação geológica na Área D - Satão-Aguiar da Beira

Nesta área de estudo a selecção de locais de pesquisa baseou-se por um lado em critérios geomorfológicos e estruturais, considerando-se situações mais favoráveis à ocorrência de bolsadas pegmatíticas, as localizações próximas a cumeadas alongadas contíguas a lineamentos contínuos e interrompidas por lineamentos oblíquos, simultaneamente próximas de índices pegmatíticos e de filões de rochas básicas.

Após levantamento destes critérios indicadores por decalque a partir da cartografia militar e geológica publicada, operou-se no software GvSIG a sua intersecção espacial ("buffering"), obtendo-se polígonos correspondentes a sectores mais ou menos restritos que viriam a corresponder a áreas chave de estudo.

O local de Salgueiro provém de um programa com esta valência.

A área que se convencionou designar de Assunção Sul vizinha do grupo pegmatítico mais representativo com o mesmo nome, resultou da observação remota nesse sector de padrões cromáticos e texturais contrastantes, com desenho aproximadamente circular.

Na figura IV.14 localizam-se os dois sectores submetidos a investigação geológica.

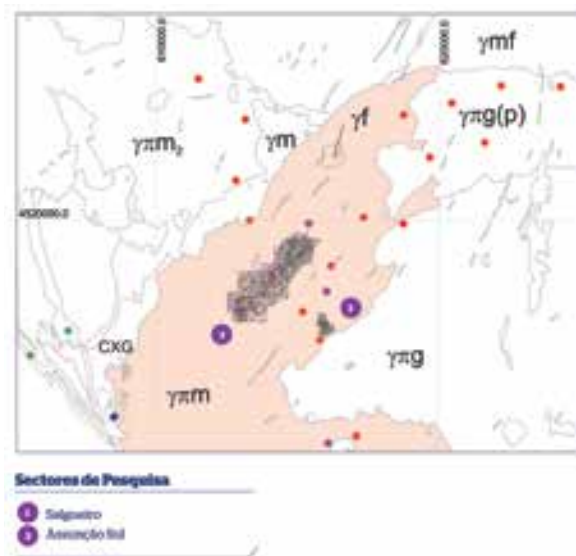


FIGURA IV.14

Figura IV.14- Localização dos sectores de pesquisa de Assunção Sul e Salgueiro na área D. Legenda conforme a figura II.10.

#### IV.4.1 Área de pesquisa de Salgueiro

Em Salgueiro o granito aflorante é porfiróide com grão médio a grosseiro.

A cartografia geológica na escala 1:5000 permitiu discriminar fenómenos de “clustering” de fenocristais nos granitos levando a separar fácies graníticas inhomogéneas (figura IV.15), as quais manifestam alguma proximidade com a distribuição de enxames de filões pegmatíticos pouco possantes.

As lineações fluidais marcadas pela concentração de megafeldspatos potássicos manifestam uma tendência vertical (figura IV.16-A e B), e são subparalelas à atitude de alguns cisalhamentos sugerindo a influência do campo de tensões de D3 sobre a implantação dos granitos.

No seio da fácies porfiróide ainda se observam pequenos afloramentos de um granito com grão fino.

A sul da área detectou-se um compartimento com pelo menos 4 índices pegmatíticos submetidos a pesquisa no passado, mediante a abertura de poços menores não referenciados na base de dados do Siorminp (figuras IV.15 e IV.16-C), os quais revelaram paragénese muito ricas em quartzo (incluindo gigacristais de quartzo fumado) e berilo brechóide hidrotermal, típicas da evolução final de diferenciados pegmatíticos evoluídos. O levantamento geológico detalhado deste sector apresenta-se na figura IV.17-A; as coordenadas dos desmontes sugerem a existência de um alinhamento de bolsadas segundo E-W, perto de uma interface entre o granito porfiróide e um granito com grão fino (contacto que inclina 20° para Norte), numa faixa com cobertura detritica, sugerindo simultaneamente a maior alterabilidade dos materiais aflorantes.

Esta organização a investigar mediante sondagens (furos com as atribuições D#S2, D#S3, D#S4 e D#S5; tab.IV.8) admite duas situações possíveis (figura IV.17-B):

- eventual banda pegmatítica (corpo tabular) a partir da qual emergem estruturas protuberantes convexas fundamentalmente quartzosas que cristalizam a tecto da faixa pegmatítica, assente sobre uma faixa de granito com grão fino subhorizontal.

- conjunto de bolsadas individualizadas e evoluídas do ponto de vista paragenético com morfologia aproximadamente esférica, podendo por coalescência propagarem-se lateralmente. Assume-se esta organização na conjectura tridimensional da figura IV.17-C.

No interior do granito porfiróide envolvente são frequentes filões pegmatíticos subverticais e subhorizontais segundo uma organização que faz prever a repetição e alargamento das estruturas tabulares em profundidade. O acolhimento em corpos horizontais parece ser mais possante do lado E do sector cartografado (Fig. IV.17-A e IV.16-D e E) o que levou a localizar aí um furo de sondagem (D#S1, fig. IV.17-C e tab. IV.4).

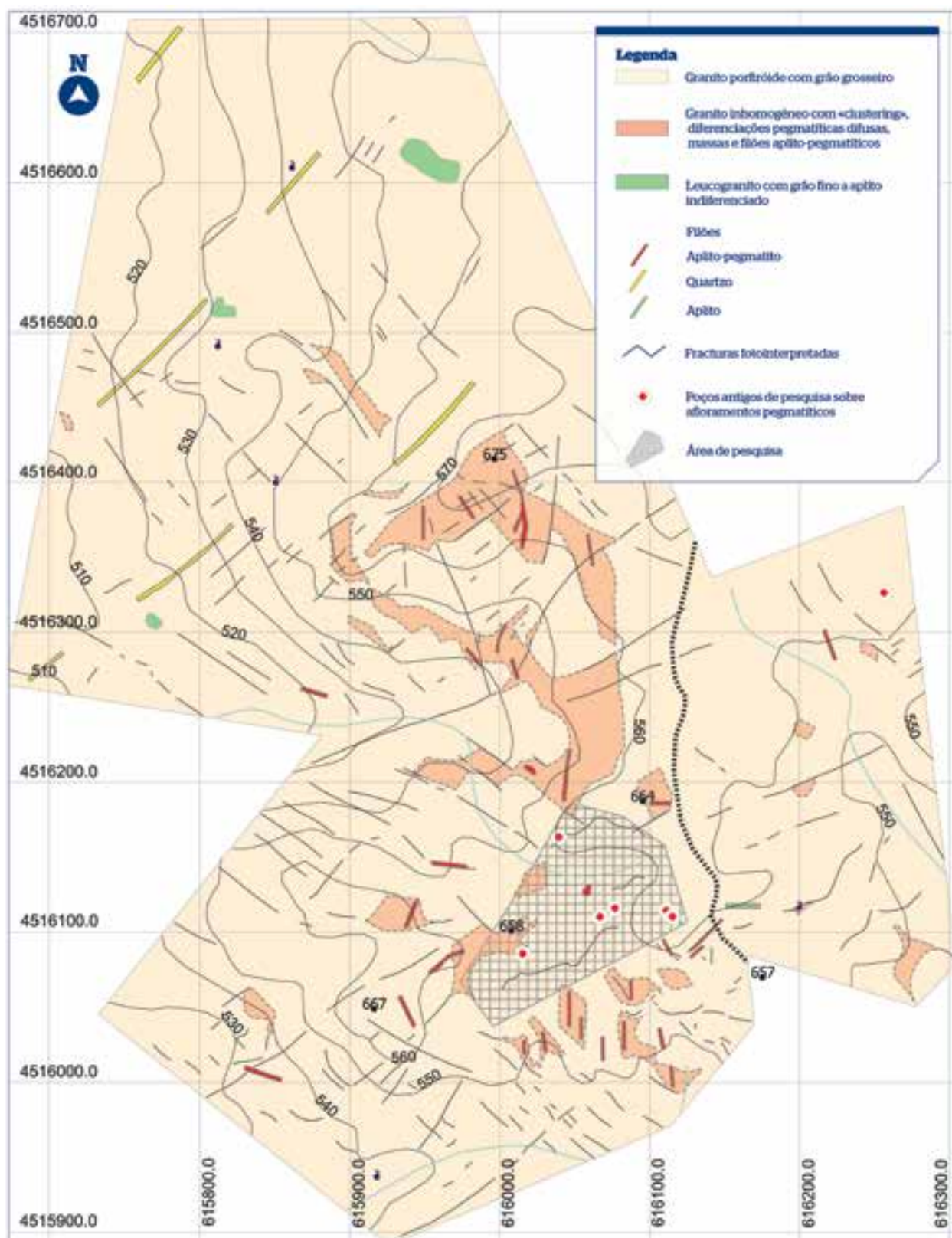
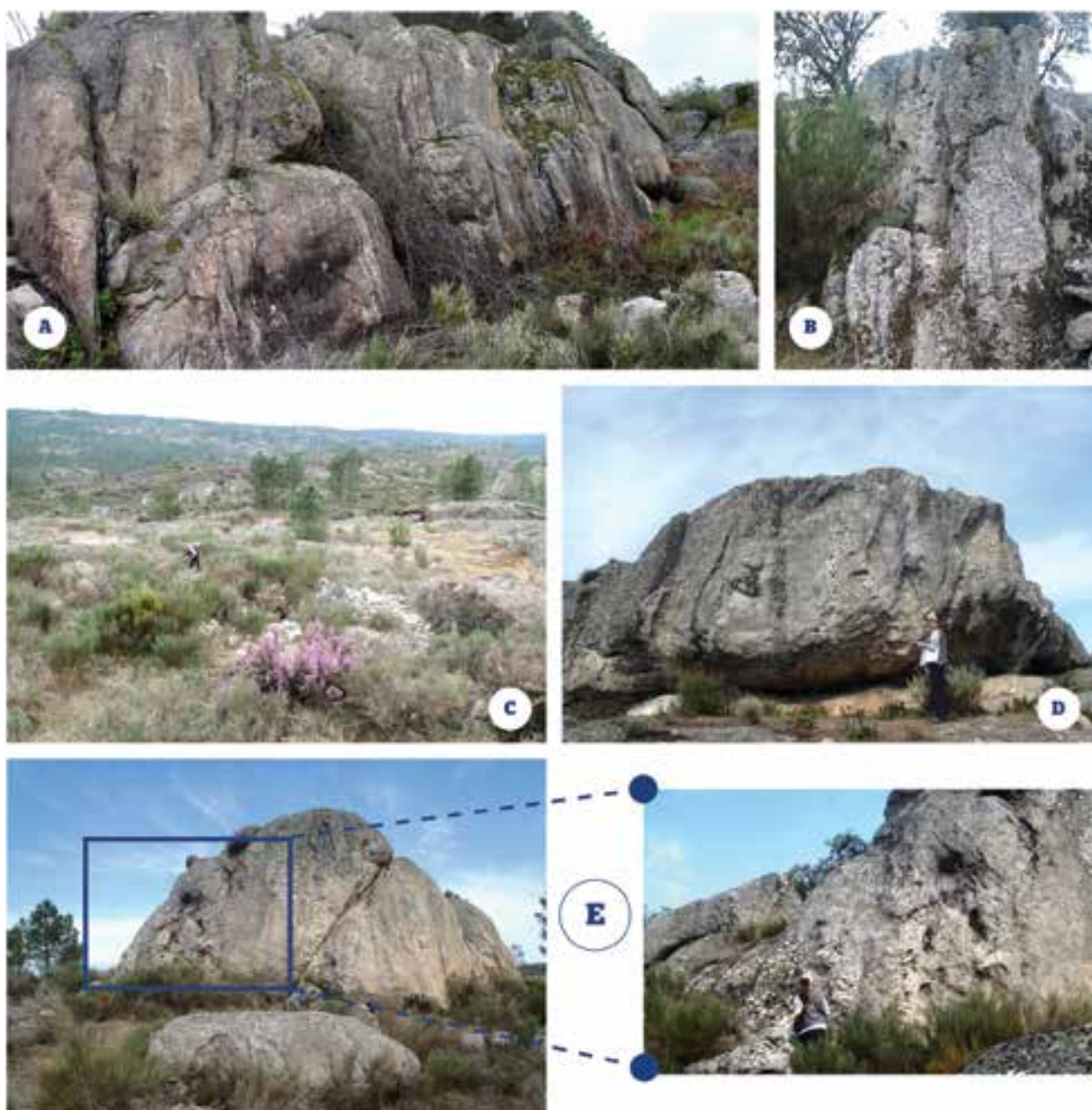


FIGURA IV.15

Mapa geológico correspondente ao sector de Salgueiro - levantamento na escala 1:5000

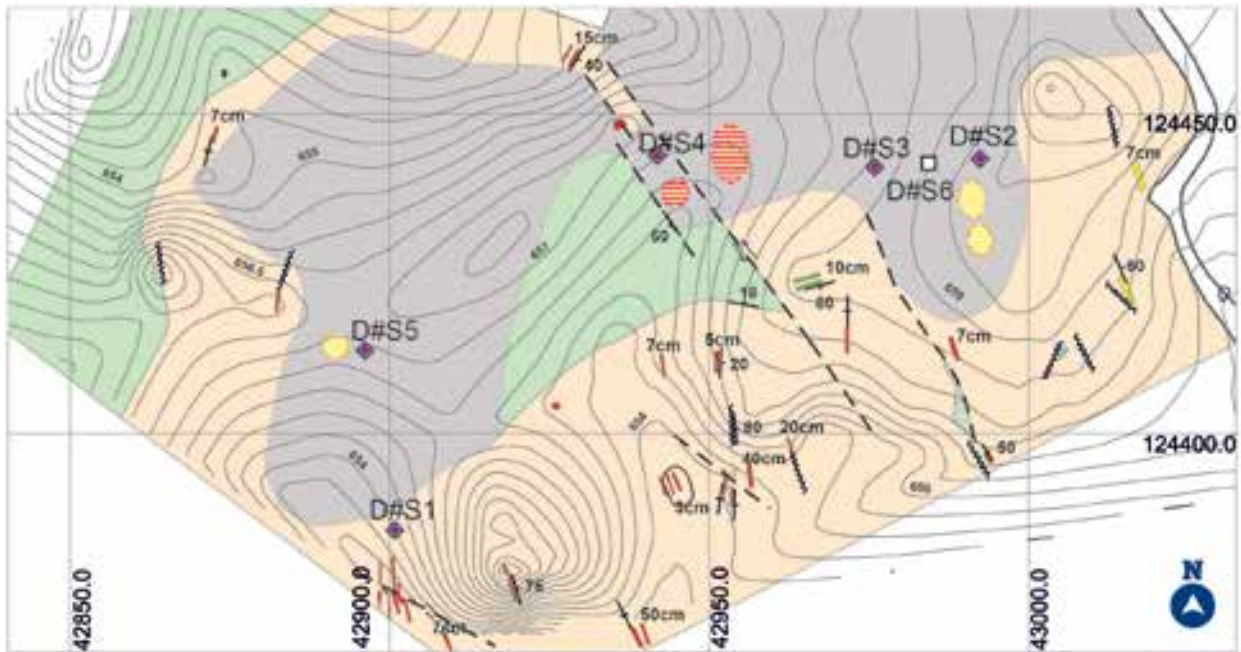




**FIGURA IV.16**

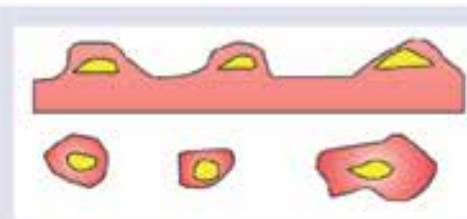
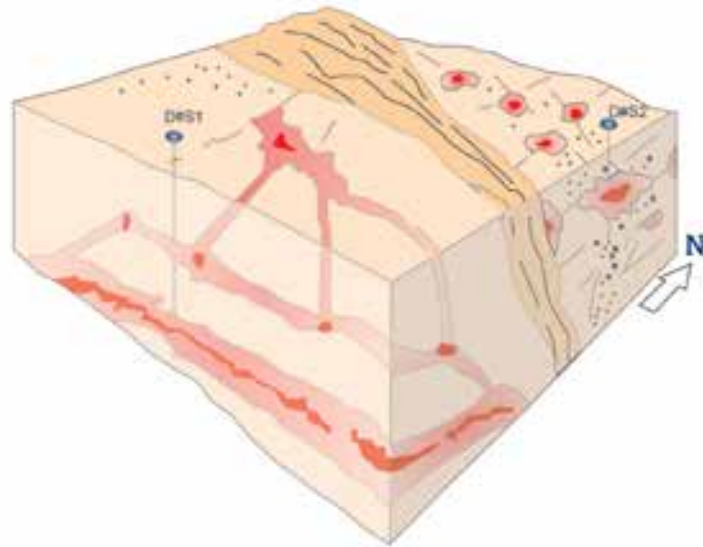
Fotografias ilustrativas de afloramentos com aspectos chave petrográficos e organizações de filões comentados no texto





**Legenda**

- Granito porfírico com grão grosseiro
- Leucogranito com grão fino
- «overburden»
- Filões e massas
- Pegmatito
- Quartzo
- «clustering» de fenocristais
- Sentido e magnitude da inclinação observada em corpos filonianos
- Fraturas fotointerpretadas
- Poços antigos de pesquisa em afloramento pegmatítico
- Zonas intermódia e marginal aflorantes
- Núcleo de quartzo aflorante
- Curvas de nível obtidas por interpolação a partir do levantamento efectuado com recurso ao GPS diferencial
- Sondagens destrutivas
- Sondagem carotada
- Bolsadas pegmatíticas
- Filões com organização apical



Corpo pegmatítico tabular a partir do qual emergem estruturas protuberantes convexas fundamentalmente quartosas

Conjunto de bolsadas individualizadas e evoluídas do ponto de vista paragenético com morfologia aproximadamente esférica

**FIGURA IV.17**

Mapa geológico correspondente ao sector de Salgueiro - levantamento na escala 1:1000

#### IV.4.2 Área de pesquisa de Assunção Sul

Como se pode constatar no mapa da figura IV.19 a área de interesse cobre uma cumeada alongada (NNE-SSW) com altitude máxima de 770 m e abrange fácies graníticas porfiróides com grão grosseiro e fácies fundamentalmente leucocratas com grão fino.

O sector é compartimentado por um tectónica complexa expressa em rupturas de direcção N30°E, E-W e N45°W. As últimas podem estar preenchidas por filões de rochas básicas e parecem delimitar sectores onde predominam pegmatitos com geometrias e organizações internas distintas, desde tabulares em São Matias, a bolsadas irregulares na Carrasqueira até à disseminação de numerosos corpos esféricos de pequena dimensão - bolhas pegmatíticas - em Fraga.

Colocando-se a hipótese das morfologias das bolsadas poderem estar relacionadas com a profundidade de instalação na câmara magmática, ocorrendo segundo uma organização definida na heterogeneidade litológica das cúpulas graníticas (ver figura II.1-E; Guimarães, 2012), é credível supor em Assunção Sul a coexistência na mesma superfície topográfica actual de níveis estruturais de colocação distintos.

Este panorama resultaria por hipótese de deslocamentos verticais motivados por tectónica distensiva mais recente, segundo direcções NW-SE.

Área de estudo	Sector de Pesquisa	Atribuição	M	P	Profundidade (m)	Tipo de Sondagem
	Salgueiro	D#S1	42900,82	124384,91	36	D
		D#S2	42992,43	124443,02	30	D
		D#S3	42975,40	124441,19	48	D
		D#S4	42941,41	124442,53	33	D
		D#S5	42896,10	124412,97	33	D
		D#S6	43003,00	124456,00	39	R
	Carrasqueira	D#C1	40952,86	126269,79	28,5	R
		D#C2	41003,50	126332,31	15	R
		D#C3	40996,84	126266,35	10,5	R
		D#C4	41379,40	126007,48	33	D
	Fraga	D#F1	41687,80	126845,70	30	R
	S. Matias	D#SM1	39808,23	125232,79	60	R

TABELA IV.8

Identificação das sondagens projectadas na área D com indicação da localização (coordenadas no datum 73) e das profundidades atingidas na furação; R - sondagem com recuperação de carote; D - sondagem à percussão (destrutiva)

No sector de Fraga (delimitado na Fig. IV.19) reconhecem-se no interior do granito com grão fino fenómenos invulgares de "bubbling" que se manifestam pela ocorrência de numerosos miárolos revestidos por minerais pegmatíticos (figura IV.20-A e B).

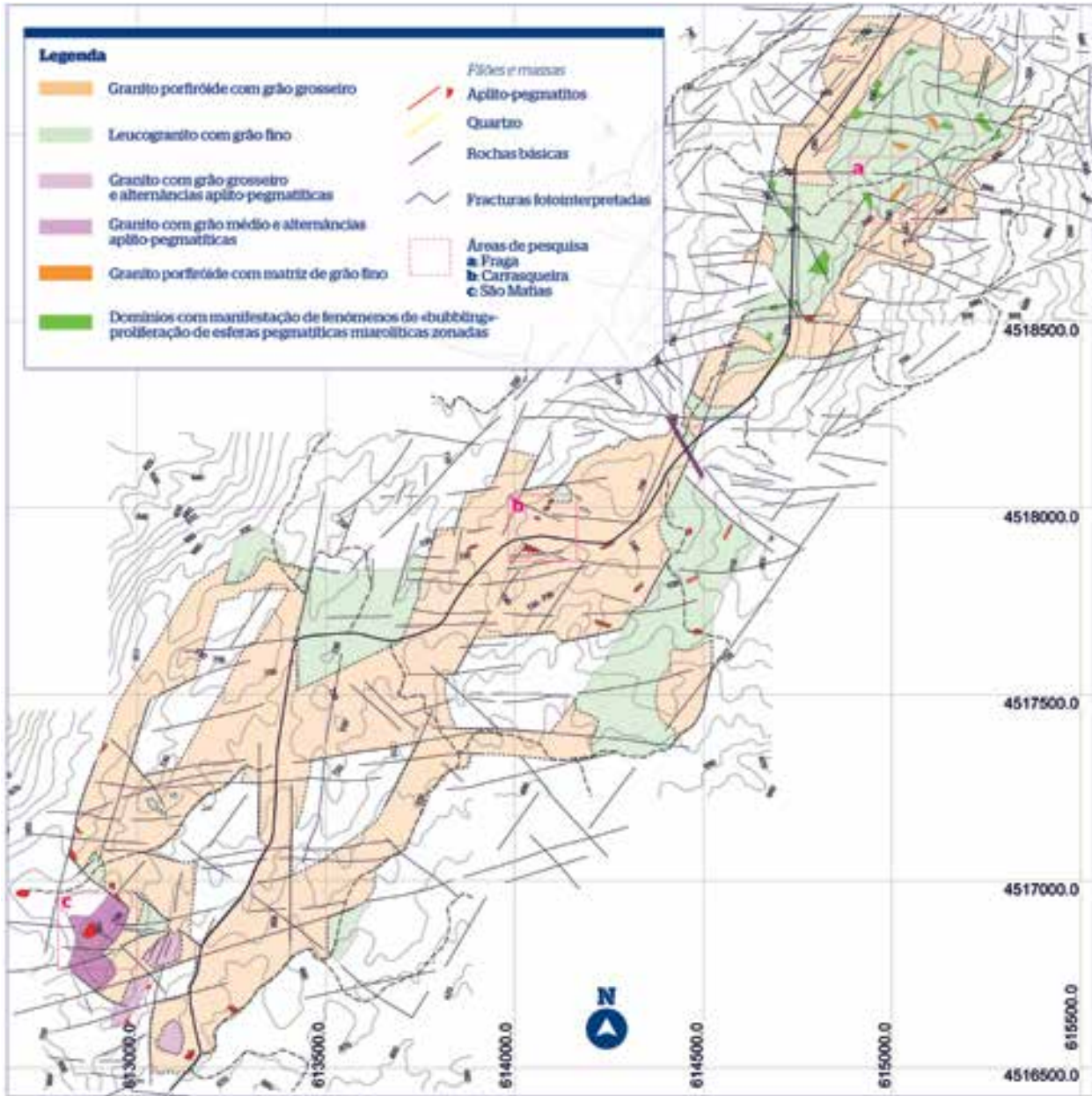
O controlo estrutural do afloramento destes granitos está bem definido, dispondo-se em faixas orientadas N35°E (com várias lacunas no que respeita à sua continuidade), paralelas às principais estruturas de desligamento regionais e subparalelas à configuração da cúpula do plutonito. O contacto do granito com grão fino com o granito porfiróide é brusco (figura IV.20-C e D).

O feldspato potássico, o quartzo e a moscovite podem ser considerados os minerais essenciais das bolhas, as quais têm dimensões compreendidas entre 5 cm<sup>3</sup> e 1 dm<sup>3</sup>. São mais frequentemente lenticulares ou elípticas (trimétricas, prolatas e oblatas) atribuindo-se à direcção de maior alongamento o valor de uma lineação de fluxo ou estiramento magmático; a direcção medida mais frequente é N45°E.

Tendo em conta a quantidade de paragénese distintas de bolhas independentes foi possível constituir o quadro de subdivisões apresentadas em Dias et al. (2013): 1- intercrescimentos de quartzo + clorite +/- moscovite +/- feldspato alcalino; 2 - bolhas com cavidades abertas e crescimento centrípeto de quartzo + moscovite +/- microclina; 3- quartzo + moscovite +/- feldspato potássico +/- F-apatite; quartzo+schorl ou clorite + quartzo como fases tardias; 4 - fenocristal ocluso de feldspato potássico; 5 - schorl+quartzo em intercrescimento gráfico; 6 - revestimento da cavidade por quartzo +/- moscovite e preenchimento tardio por clorite +/- pirrotite.

Em consequência do extraordinário enriquecimento em boro a turmalina pode ser relativamente abundante ob-

servando-se inclusivamente associações pouco usuais em que a turmalina e o quartzo com intercercimento gráfico são as únicas fases de preenchimento miarolítico. Em termos estruturais salienta-se a particularidade de algumas bolhas apresentarem superfícies marcadas por cristais com crescimento centrípeto a partir de uma base gravítica e migração das cavidades abertas para a periferia das bolhas, sugerindo que a cristalização ocorre em condições de mobilidade e deslocamento ascensional. Fracturas distensivas radiais de libertação de stress hidráulico também são disso evidência, originando-se perpendicularmente ao deslocamento (figura IV.20-A).



**FIGURA IV.19**

Mapa geológico do sector de Assunção Sul obtido por levantamento na escala 1:5000

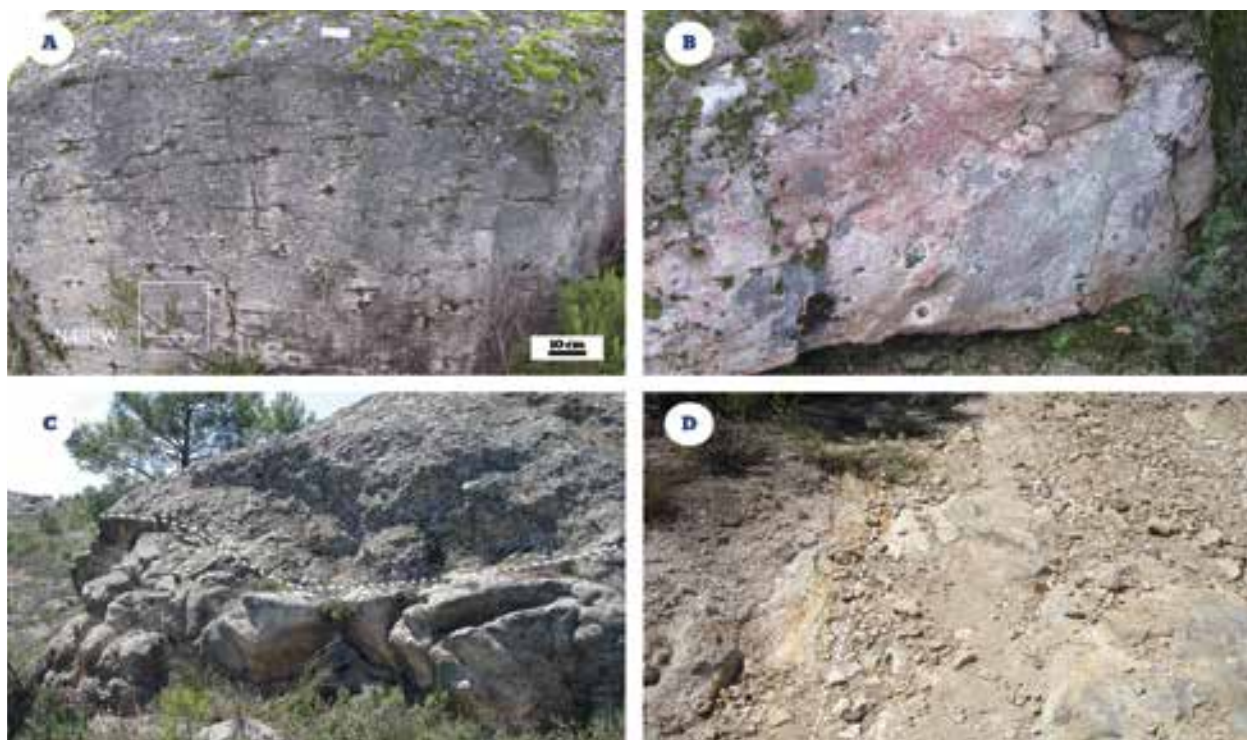
Nas periferias da generalidade das bolhas, e com disposição aureolar, é típico o enriquecimento em feldspato, com correspondente empobrecimento em quartzo e constituintes ferromagnesianos (figura IV.20-B), o que traduz, por hipótese, cristalização ou fraccionamento em equilíbrio, primária, ou metassomatismo tardio.



Estes dispositivos pegmatíticos representam a ascensão nas cúpulas graníticas de magmas muito enriquecidos em componentes voláteis e explicam-se por imiscibilidade fluida, desencadeada primariamente por fenómenos de descompressão (ebulição primária, Candela, 1997). No sector de Assunção Sul a cinemática promotora da descompressão e potenciadora de imiscibilidade fluida é transcorrente com direcção N30°-45°E, tal como se simula no modelo da figura IV.21-A.

O enclausuramento volátil e a preservação das bolhas no interior da coluna granítica são beneficiados por condições de arrefecimento relativamente rápido, de que é testemunho fácies com grão fino hospedeira.

A sondagem aqui localizada tem as coordenadas indicadas na tabela IV.8 e teve como objectivo principal a análise estrutural e paragenética das bolhas ao longo da coluna granítica, prevendo-se que os seus resultados proporcionem contributos importantes para a modelização da implantação de pegmatitos. O trabalho de levantamento e interpretação encontra-se em curso.



**FIGURA IV.20**

Afloramentos de granito miarolítico com ilustração de aspectos estruturais e texturais relevantes para a interpretação dos fenómenos de bubbling no sector de Assunção Sul (A e B)  
Exemplos de limites entre granitos com grão fino e porfíroides (C e D)

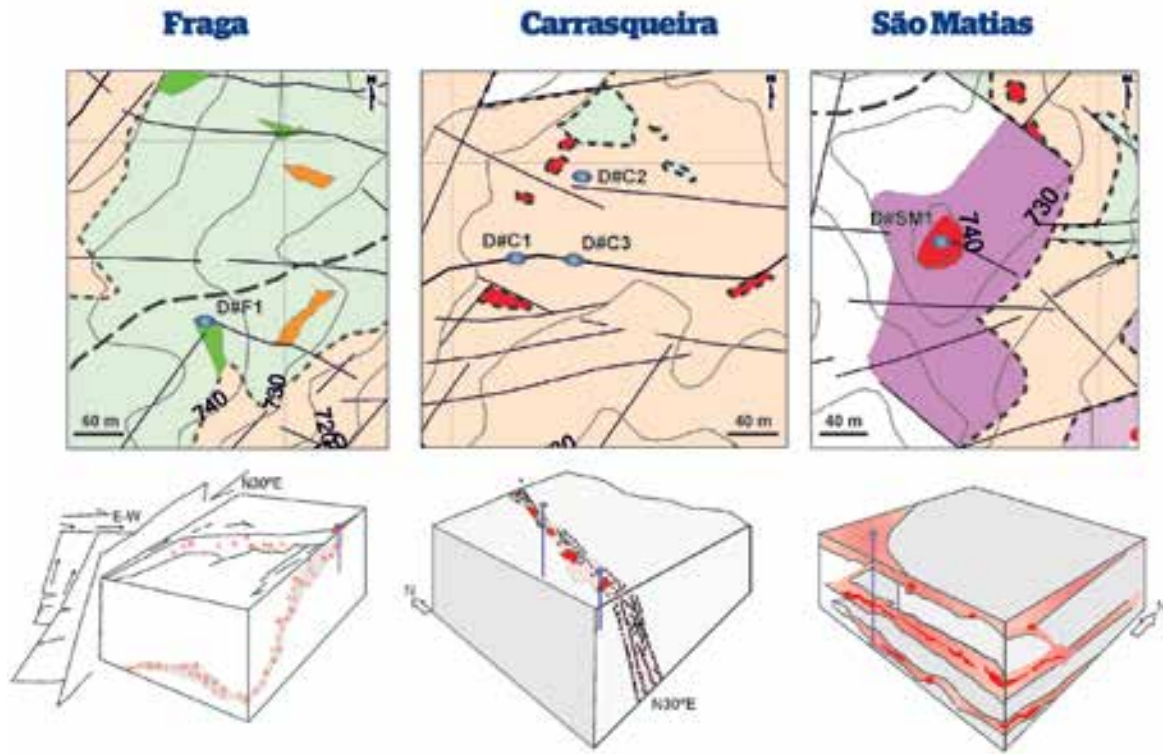
O sector da Carrasqueira abrange uma antiga exploração de quartzo e feldspato restando dessa actividade três cortas mineiras com pequena dimensão (fig. IV.19).

As bolsadas exploradas têm morfologia em gota invertida com dilatação e extravasamento apical (figura IV.22-A e B), parecendo estar enraizadas em estruturas de cisalhamento N30°E, com inclinação para Este. Esta direcção que também condiciona o embolhamento a Norte, é truncada por cisalhamentos E-W os quais também influenciam a instalação dos pegmatitos.

A tecto das bolsadas existem localmente retalhos de pequena dimensão de granito com grão fino com estruturas de relaxação subhorizontais (figura IV.22-B).

Na Carrasqueira seleccionaram-se para perfuração três spots localizados a Este do principal alinhamento N30°E, procurando-se intersectar em profundidade os corredores fluidais que parecem controlar a instalação das bolsadas pegmatíticas (tab. IV.8 e fig. IV.21-B).





**FIGURA IV.21**

Localização das sondagens nos mapas e blocos 3D interpretativos da distribuição e andamento das massas pegmatíticas nos sectores de Fraga (A), Carrasqueira (B) e São Matias (C)

Em São Matias (figura IV. 19) os pegmatitos aflorantes são tabulares sub-horizontais com organizações internas bandadas e faixas de "line-rock" aplíticas que coexistem com as estruturas pegmatíticas resultantes de cristalização in situ. Os corpos mais possantes foram detectados na Capela de São Matias e junto do vértice geodésico de São Matias (figuras IV.22-C e D).

Junto destes grupos de filões os granitos encaixantes manifestam estruturas gráficas com micas radiais e plumosas e diferenciações pegmatíticas difusas (figura IV.22-G). A transição para os pegmatitos é gradual.

As configurações pegmatíticas observadas sugerem instalação em níveis estruturais superiores na proximidade da cúpula do plutonito.

A observação de soleiras subhorizontais às cotas de 740 m (vértice geodésico de São Matias), 710 m e 690 m motivaram a pesquisa até à profundidade de 60 m, mediante a sondagem D#SM1 localizada nas imediações do marco geodésico (tab. IV.8 e fig. 21-C).

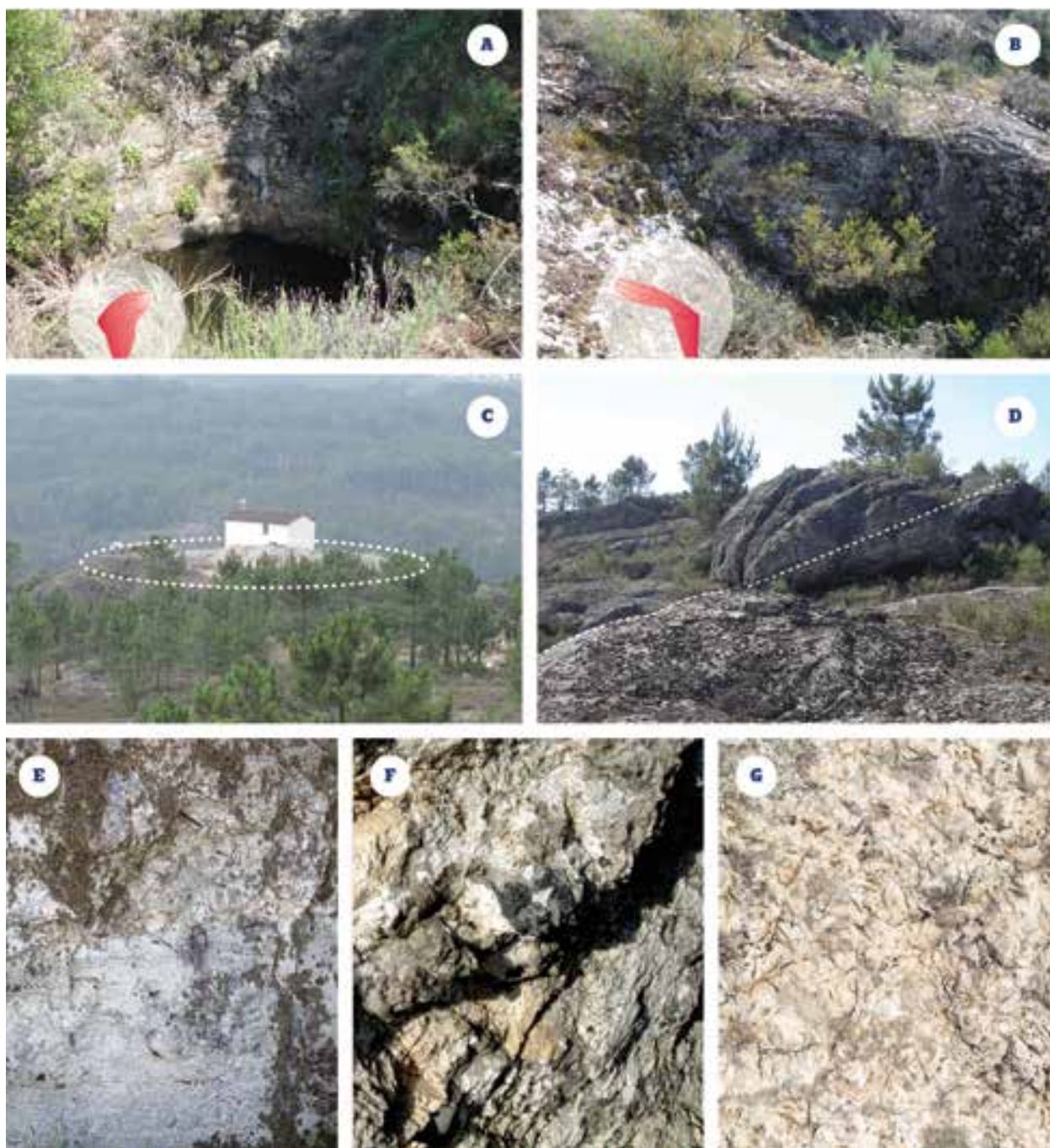


FIGURA IV.22

Fotografias e interpretação geométrica dos pegmatitos explorados na Carrasqueira (A e B); ilustração de corpos e fácies no sector de São Matias (C e G)

#### IV.5 Investigação geológica na Área E - Guarda

Na região da Guarda a selecção de áreas de interesse apoiou-se em metodologias de classificação de imagens.

A selecção das áreas de pesquisa de Águas Belas e Quinta Cimeira, a destinar a estudo geológico com vista à prospecção de filões úteis pegmatíticos, decorreu desta análise, reconhecendo-se nestes locais alta dispersão de padrões remotos aplito-pegmatíticos (ver figura III.18). Retomam-se as localizações na figura IV.23.

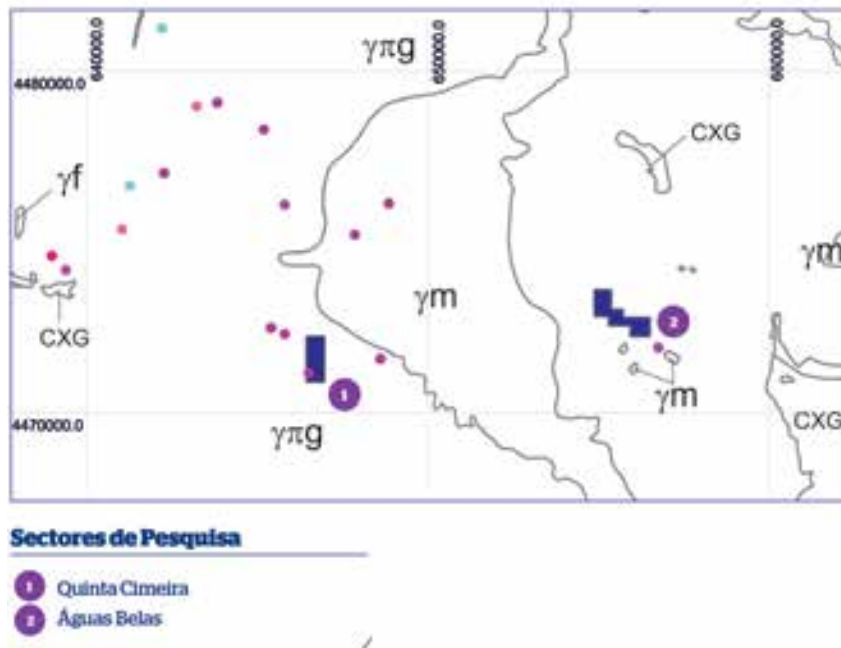


FIGURA IV.23

Localização dos sectores de pesquisa de Quinta Cimeira e Águas Belas na área E. Legenda conforme a figura II.11

### IV.5.1 Área de pesquisa de Quinta Cimeira

No sector de Quinta Cimeira estão representadas fácies graníticas porfiróides com grão grosseiro e litologias com carácter inhomogéneo as quais incluem fácies com quartzo goticular com granulometria grosseira e leucogranitos transicionais com diferenciações pegmatóides (fig. IV.24).

Os pegmatitos mais possantes aí detectados são filões tabulares mais ou menos irregulares com desenvolvimento subhorizontal e orientação variável entre NNE-SSW e NNW-SSE. Outros filões distribuem-se segundo os azimutes NE-SW, ENE-WSW e NW-SE apresentando possanças e inclinações variáveis.

Em Quinta Cimeira Sul foram explorados filões com atitude subhorizontal a pouco inclinada, em duas cortas relativamente pequenas separadas de uma dezena de metros (figura IV.25). Nas frentes de desmonte intercalam-se fácies aplíticas e pegmatíticas ricas em quartzo, representadas no mapa da figura IV.26-A. Nas unidades pegmatíticas observam-se paragénese que incluem fases como sulfuretos (lollingite) e fosfatos secundários (siderotil, rockbridgeite e sarcopsido), localizados na transição zona intermédia-núcleo de quartzo.

A possibilidade de existir uma massa inicial que abrange os corpos intersectados nos dois desmontes considera-se na simulação 3D da figura IV.27 e poderá vir a ser determinada na sondagem com atributo E#QC(S)1. O prosseguimento em profundidade e lateral do pegmatito procura-se determinar nas sondagens E#QC(S)2 e E#QC(S)3 (fig. IV.26 e 27 e tab IV.9).

A observação de estruturas de colapso frágil descendente intra-pegmatítico com brechificação e alongamento horizontal do quartzo sugere o seu enraizamento mais profundo, conforme se ilustra na figura IV.25-C.

Em Quinta Cimeira Norte afloram filões aplito-pegmatíticos, com aplito a muro, subhorizontais segmentados por estruturas frágeis de azimute N30°E (Fig. IV.26-B).

Os corpos são muito fraccionados, ricos em quartzo e com berilo abundante disseminado nas unidades micáceas (figura IV.28-A). O filão mais possante com cerca de 4 m, inclina 20° para E. A possibilidade de possuir um desenvolvimento mais irregular em profundidade conforme se simula na figura IV. 27 motivou a pesquisa com sondagens nos locais assinalados na figura IV. 26-B. As coordenadas correspondentes encontram-se na tabela IV.9.

Neste sector o levantamento geológico de detalhe ainda revelou uma ocorrência peculiar de agregados radiais de berilo localizados na massa granítica perto do contacto com um filão aplítico (ver fig. IV.28-B). A possibilidade de se tratar de um crescimento hidrotermal a partir de fluidos muito ricos em Be, colhidos numa superfície perto do contacto entre granito e pegmatito, parece mais credível.



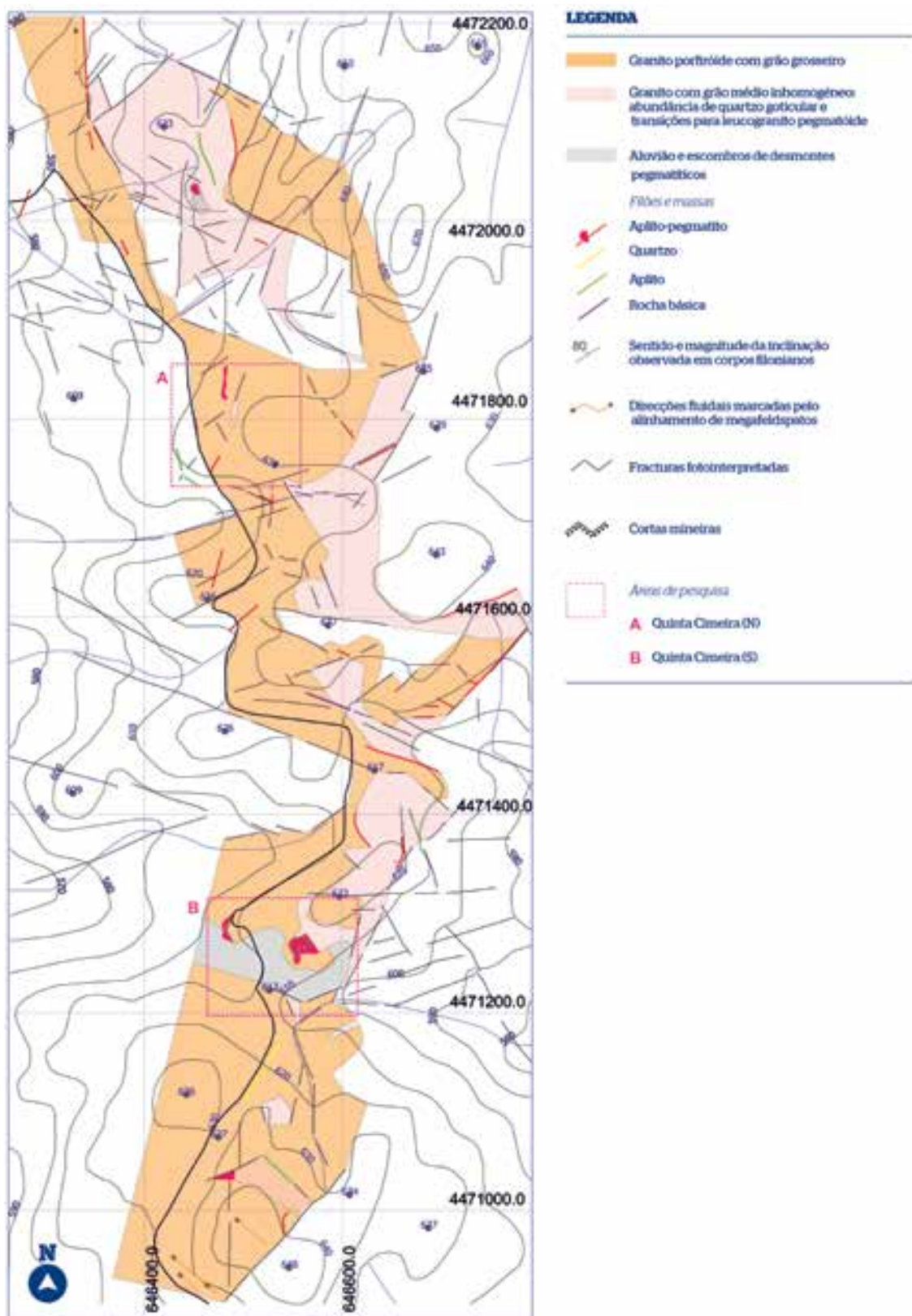


FIGURA IV.24

Mapa obtido pelo levantamento geológico na escala 1:5000 do sector de Quinta Cimeira



### IV.5.2 Área de pesquisa de Águas Belas

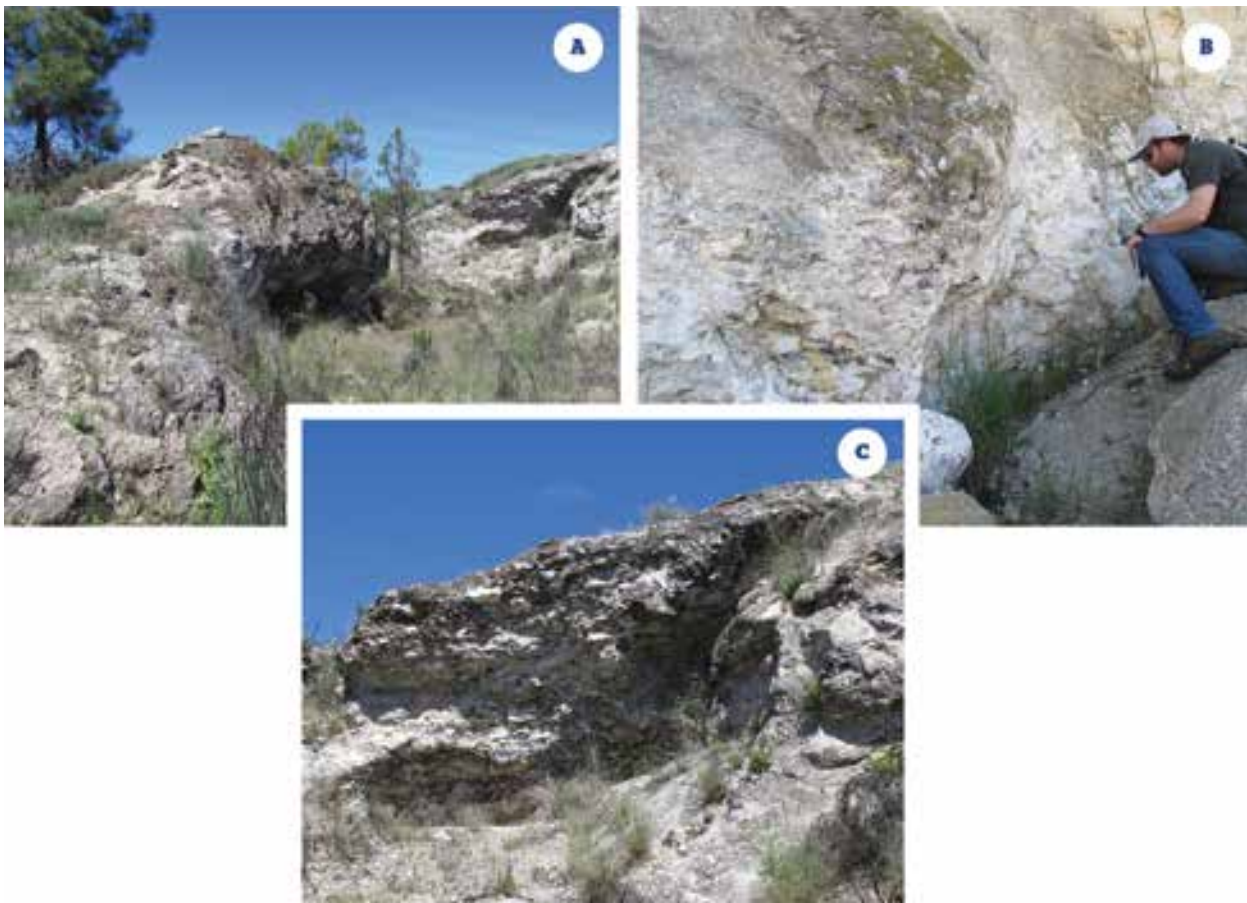
No sector de Águas Belas o granito aflorante é porfiróide com grão grosseiro.

Está recortado por numerosos filões aplito-pegmatíticos com espessura, atitude e inclinação variáveis representados no mapa da figura IV.29-A e ilustrados na figura IV.30-A e B.

Numa área mais restrita deste sector (Feiteira, Fig. IV.29-B) detectaram-se filões aplito-pegmatíticos com maior extensão aflorante os quais suscitaram interesse particular pela disseminação de tantalite grosseira e ocorrência de zinwaldite muito diferenciada em preenchimento de cavidades (fig. IV.30-C e D).

A maior diferenciação paragenética observa-se nas massas pegmatíticas mais possantes, podendo estas corresponder a junções espessas de sistemas verticalizados de canalização dos magmas.

O correspondente levantamento geológico de detalhe com a localização das sondagens e a previsão sobre o desenvolvimento da massa pegmatítica em profundidade apresenta-se nas figuras IV.29-B e C.



**FIGURA IV.25**

Fotografias panorâmicas sobre frentes de desmonte em Quinta Cimeira Sul

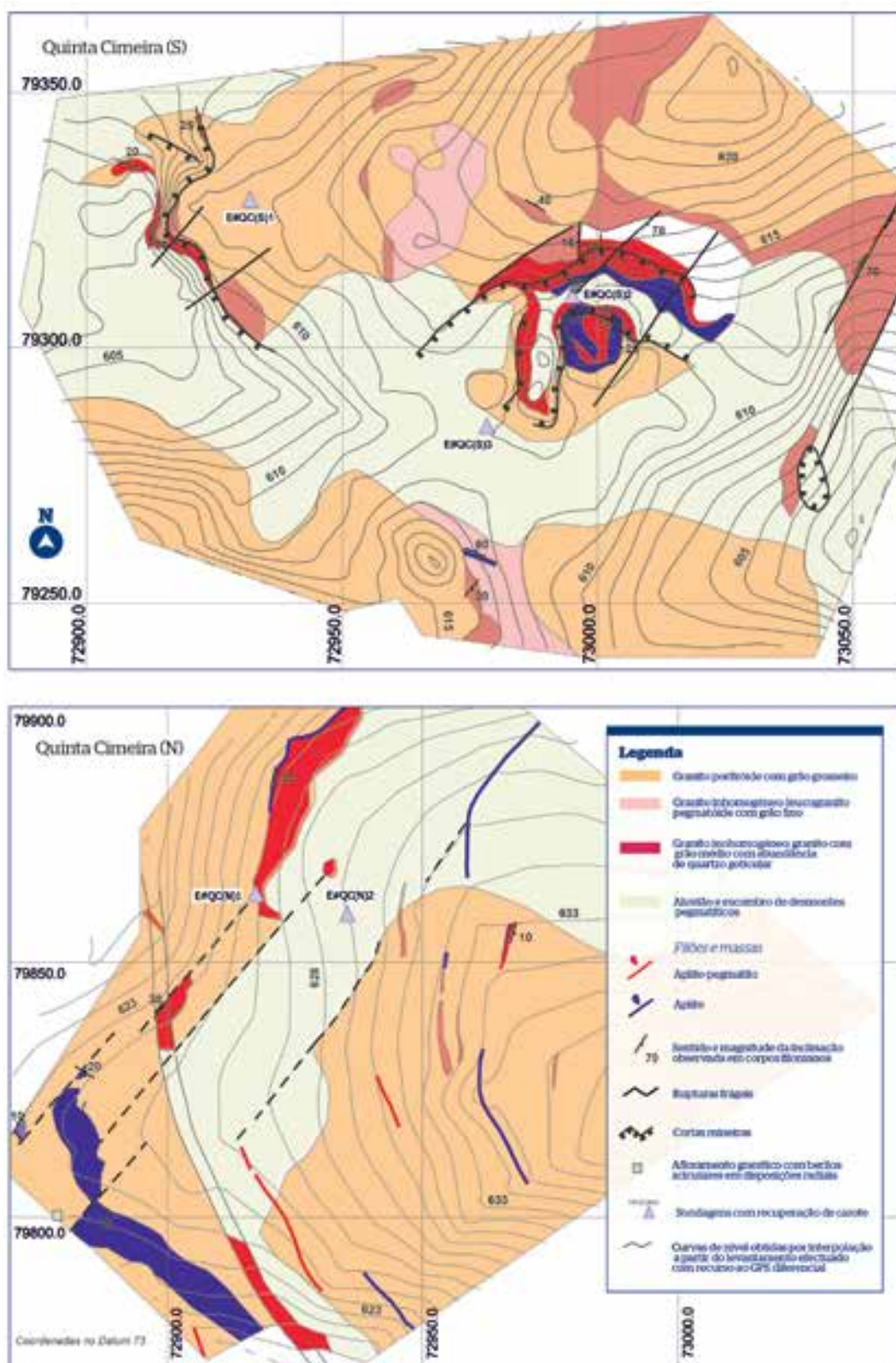
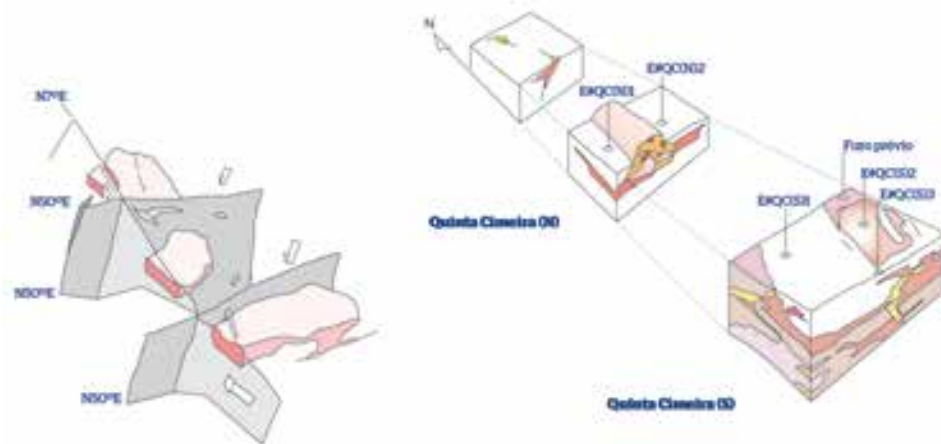


FIGURA IV.26

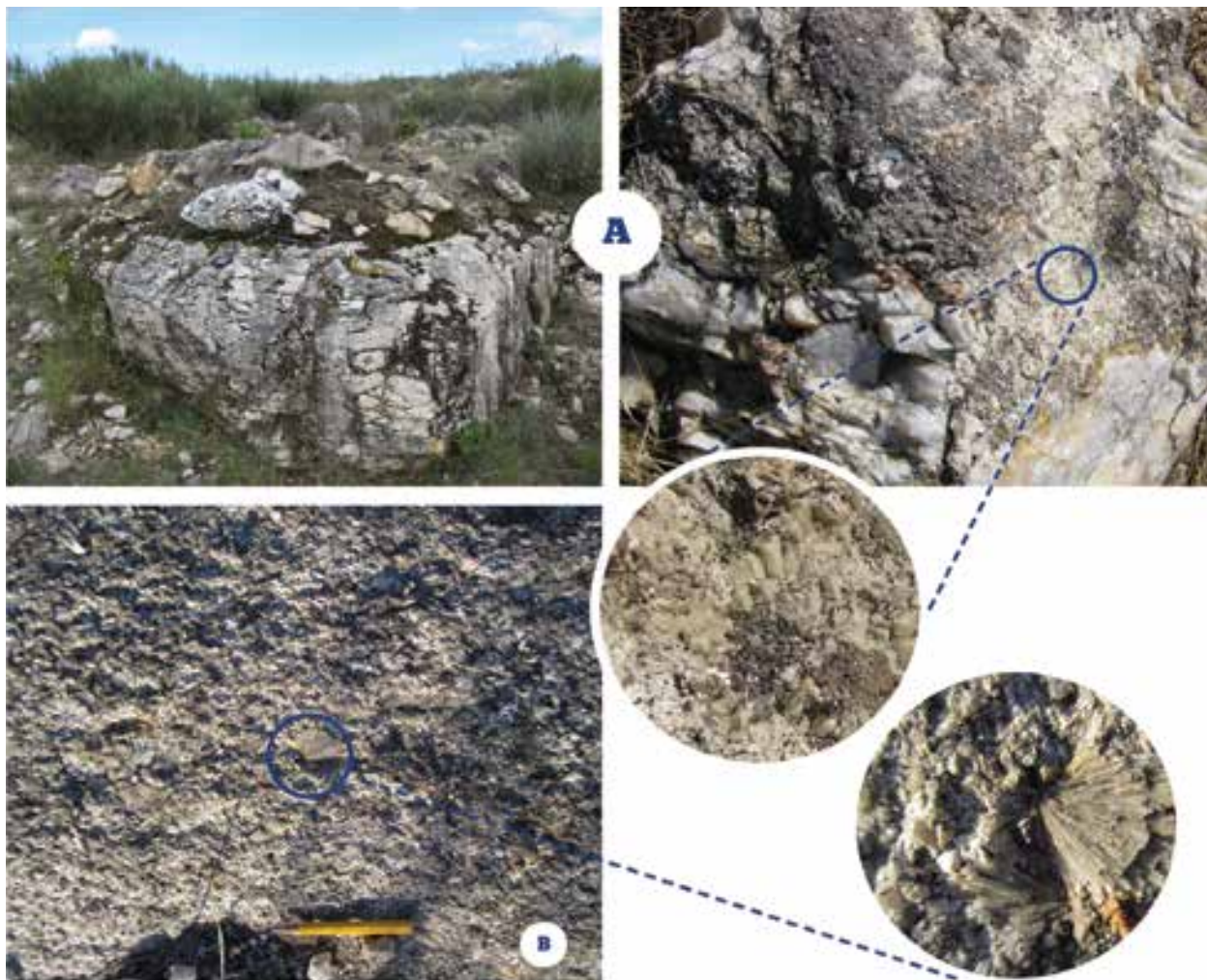
Mapas geológicos na escala 1:1000 das áreas de pesquisa de Quinta Cimeira, Norte e Sul





**FIGURA IV.27**

Simulação 3D dos corpos pegmatíticos a prospectar com sondagens em Quinta Cimeira



**FIGURA IV.28**

Aplito-pegmatito mais possante em Quinta Cimeira Norte com ilustração da disseminação de berilo nas suas unidades micáceas e no granito encaixante

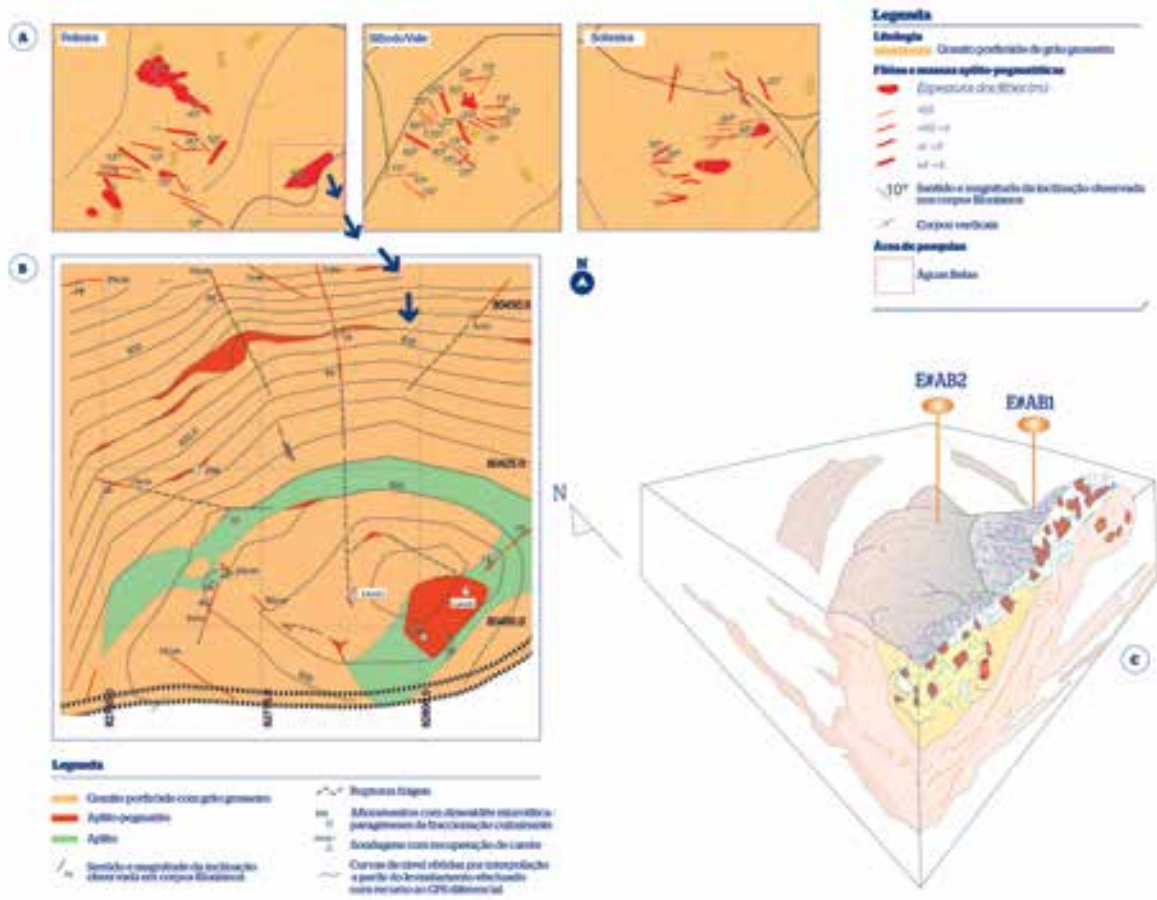


FIGURA IV.29

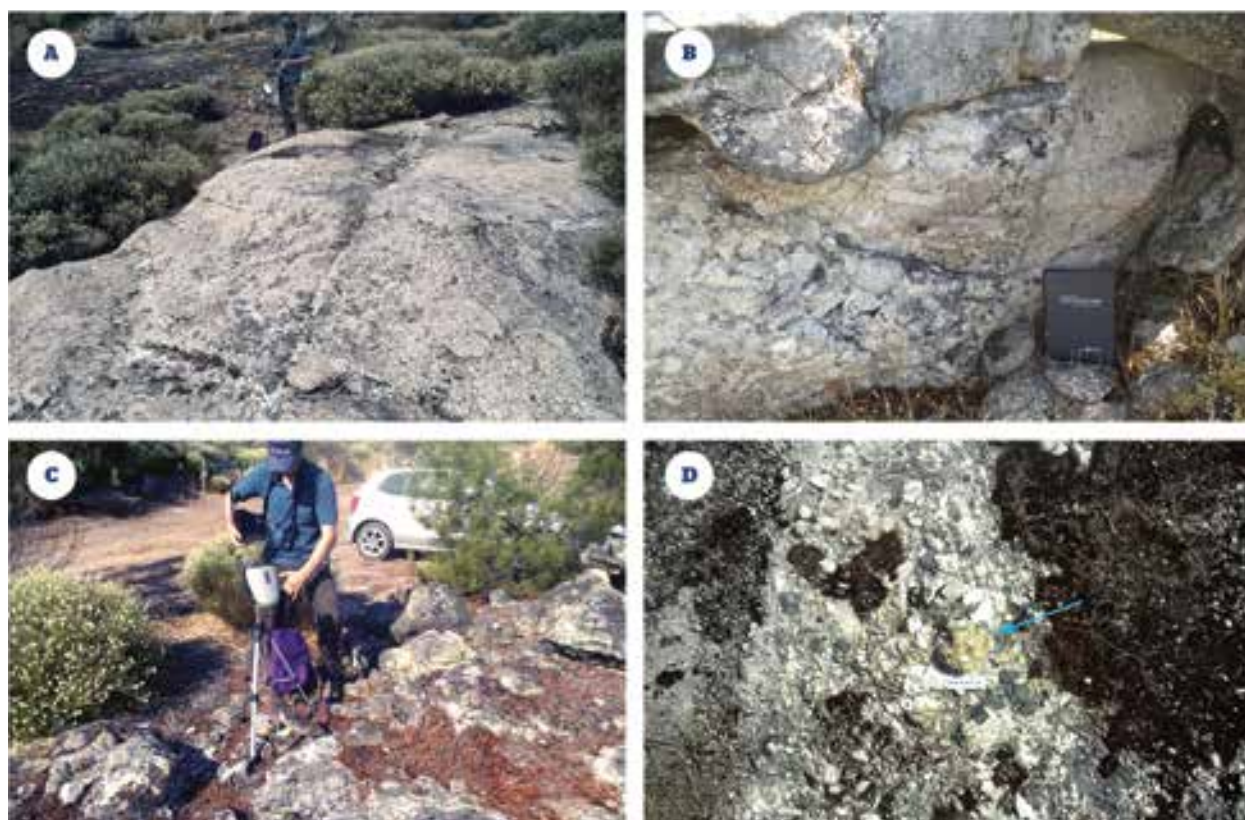
A - Representação dos filões apalto-pegmatíticos cartografados no sector de Águas Belas; B - Mapa geológico na escala 1:1000 da área de Feiteira (área de pesquisa); C - Representação em bloco-diagrama do corpo pegmatítico, especulação sobre a zonalidade interna e localização das sondagens

Área de estudo	Sector Chave	Atribuição	M	P	Profundidade (m)	Tipo de Sondagem
E	Águas Belas	E#AB1	82809.14	80383.29	15	R
		E#AB2	82797.20	80389.41	30	R
	Quinta Cimeira (S)	E#QCS1	72935.09	79304.96	30	R
		E#QC(S)2	72995.92	79285.36	16.5	R
		E#QC(S)3	72983.68	79261.47	22.5	R
	Quinta Cimeira (N)	E#QC(N)1	72923.34	79839.22	10.5	R
E#QC(N)2		72937.32	79837.08	12	R	

TABELA IV.9

Identificação das sondagens projectadas na área E com indicação da localização (coordenadas no datum 73) e das profundidades atingidas na furação; R - sondagem com recuperação de carote.





**FIGURA IV.30**

Fotografias representativas da organização de filões no sector de Águas Belas (A e B) e representativas do corpo aplito-pegmatítico de Feiteira (C) apontando-se na figura (D) a ocorrência de zinwaldite

## IV.6 Implicações do programa de sondagens

A prospecção desenvolvida nas áreas de incidência do projecto revelou um conjunto de locais promissores a investigar mediante sondagens. Importa notar contudo que a determinação dessas localizações resulta de uma previsão optimista sobre o desenvolvimento das massas úteis em profundidade, não existindo em nenhum caso garantias de que se venha a identificar um depósito.

A previsão sobre a intersecção de massas pegmatíticas segue a seguinte ordenação no sentido de uma probabilidade crescente: Azias/Galinheira - Salgueiro/Carrasqueira/Germil - Quinta Cimeira (N) - Redial - Quinta Cimeira (S)/ São Matias.

Em todo o caso as sondagens deverão proporcionar o acesso a colunas graníticas representativas de patamares de implantação dos pegmatitos, fornecendo a seu estudo indicações sobre o funcionamento das cúpulas e sua potencialidade para gerar pegmatitos.

## IV.7 Guias estruturais e litológicos para a prospecção de pegmatitos

### - generalização resultante do levantamento geológico em áreas de pesquisa

Nos sectores cartografados às escalas 1:5000 e 1:1000, além dos litótipos regionais descritos na cartografia 1:50 000 publicada, identificaram-se outras fácies graníticas, tendencialmente anómalas e interpenetradas, que gradualmente transitam para as fácies regionais, notando-se que a distribuição dos pegmatitos revela um carácter coincidente com sectores de maior diversificação e heterogeneidade litológica.

Estas representam por hipótese assinaturas petrográficas de tendências de fraccionação em cúpulas graníticas produtivas em pegmatitos, verificando-se também em relação com algumas delas padrões específicos de alteração hidrotermal e supergénica.

Com base na granulometria, paragénese fundamental, microestrutura e mineralogia de alteração distinguem-se as seguintes fácies:

- leucogranitos com grão fino com biotites nodulares, descoloridas e cloritizadas (tendência de amarelecimento por lixiviação com influência supergénica);
- fácies com tendência leucocrata portadoras de diferenciações difusas pegmatíticas ou portadoras de micas radiais e feldspatos plumosos (granitos pegmatóides);
- fácies microporfiróides com lineações penetrativas marcadas pelo alinhamento de fenocristais de feldspato potássico originadas por fluxo a baixa viscosidade;
- granitos portadores de aglomerações ou clustering de megafeldspatos potássicos, com tendência vertical;
- segregações escuras biotíticas, schliereníticas, estabelecidas na superfície de contacto entre fácies graníticas;
- fácies miarolíticas com grão fino pontuadas por bolhas pegmatíticas, representando fenómenos de imiscibilidade fluida de magmas ricos em voláteis abaixo dos patamares de implantação dos pegmatitos de maior volume;
- granitos com quartzo goticular;
- leucogranitos portadores de cordierite e granada (fácies de transição para pegmatitos hiperaluminosos).
- granitos porfiróides diferenciadamente enrubescidos por hematitização dos feldspatos da matriz e/ou megacristais.

Relativamente às estruturas preferenciais de acolhimento de magmas pegmatíticos, deduz-se a partir do estudo efectuado, que a direcção N30°E, tardi-Varisca, parece condicionar a instalação dos corpos com maior volume nos sectores de Chaves, Satão e Ponte da Barca. Alinham-se segundo esta direcção:

- os pegmatitos do grupo da Senhora de Assunção;
- as manchas com bubbling e a lineação média de estiramento das bolhas;
- os pegmatitos de Carrasqueira;
- o corredor estrutural onde se distribuem os pegmatitos do Seixigal e de Redial;
- os filões aplíticos no sector de Azias.

Esta direcção é ortogonal ao alongamento dos maciços graníticos no Norte e regiões Beirãs, que ocupam estruturas NW-SE paralelas ao desligamento de Vigo-Régua. Como hipótese os magmas que intruíram aquelas estruturas foram afectados por estiramento tardio segundo N30°E, sendo esta a direcção preferencial de instalação dos pegmatitos que resultam da fraccionação daqueles magmas.

As direcções NNE-SSW e ENE-WSW têm maior influência no alojamento dos pegmatitos na região da Guarda.

# 5 capítulo



Sondagens  
e modelização 3D

## Sondagens e modelização 3D

Apresentam-se neste capítulo os resultados do levantamento dos “logs” das sondagens realizadas nos locais identificados no capítulo anterior. Dos furos previstos, apenas não se realizou a sondagem de Águas Belas (na área E) por falta de autorização do proprietário do terreno.

O levantamento realizado sobre os testemunhos das sondagens à rotação contemplou a identificação dos intervalos pegmatíticos intersectados e a descrição petrográfica macroscópica dos granitos encaixantes.

No caso das sondagens destrutivas, indicações sobre a intersecção de pegmatitos provieram da filmagem dos furos com uma “câmara de inspecção vídeo” (modelo RCAM1000® da Laval Underground). O material recuperado dos furos que se revelaram produtivos foi submetido a concentração à bateia e observação à lupa binocular. Foi feito o diagnóstico da fracção densa pegmatítica e a identificação de conteúdos modais de biotite nos granitos encaixantes.

A informação recolhida a partir das sondagens foi utilizada numa tentativa de modelização tridimensional das massas pegmatíticas intersectadas em profundidade, a qual recorreu ao software Voxler. Os resultados obtidos também são abordados neste capítulo, discutindo-se o ajuste dos modelos relativamente às previsões conceptuais apresentadas no capítulo IV.

### **V1** Logs de sondagem - resultados

Os logs das sondagens à rotação apresentam-se na figura V1.

Não se incluíram neste conjunto os “logs” correspondentes às sondagens de Azias, Germil e de Quinta Cimeira Norte que tiveram percentagens de recuperação muito baixas, induzidas pela maior alterabilidade dos terrenos atravessados. Também não se apresentam aqui os logs das sondagens realizadas na área de Chaves e em Fraga.

A composição das colunas litológicas foi realizada com recurso ao “software” Strater®, localizando-se nos “logs” correspondentes os intervalos pegmatíticos e discriminando-se as fácies graníticas intersectadas. Na análise petrográfica descritiva dos “logs”, contemplou-se a distribuição dos constituintes mineralógicos, a granulometria de fácies e a abundância e lineação dos fenocristais de feldspato potássico. Também se associaram às colunas indicações relativas à % de fenocristais, presença de schlieren biotítico e existência de cavidades miarolíticas. Estas indicações consideraram-se úteis ao estabelecimento de tendências de variação de fácies e transições anómalas na coluna granítica as quais parecem tender para os pegmatitos.

Em nenhuma das sondagens se vieram a intersectar massas pegmatíticas possantes, mas em todas elas se reconhecem três ou mais intervalos pegmatíticos ou aplíticos com espessura média de 0,5 metros, organizados como alternâncias mais ou menos regulares nas colunas graníticas.

Apenas a sondagem D#C2 intersectou pegmatito ao longo de um intervalo de 3 metros, próximo da superfície, identificando-se neste caso particular uma zonalidade interna representativa de zona de bordo, zona intermédia e núcleo de quartzo (com possança de 2 metros).

Também a sondagem E#QC(S)1 revelou um intervalo pegmatítico mais possante intersectado a 3 m de profundidade, fundamentalmente constituído por quartzo (1,5 metros).

Na tabela V1 fornecem-se as espessuras totais dos intervalos pegmatíticos atravessados nas várias sondagens.

No caso da sondagem de São Matias incluíram-se na contabilização, fácies graníticas pegmatóides. Os volumes aplito-pegmatíticos aqui intersectados, ao representarem diferenciados colhidos em sectores de cúpula sujeitos a relaxação (ver capítulo IV), fornecem adicionalmente indicações relevantes para o cálculo do volume de dilatação do maciço (trabalho em curso).



Sondagem	Soma das espessuras de pegmatito e/ou aplito-pegmatito intersectado em cada caso (em metros)
Área A	
AZ2	15
Área B1	
B1#R2	0.4
Área D	
D#C1	218
D#C2	33
D#C3	0.2
D#SM1	9.7
D#S1 (destrutiva)	8.0
Área E	
E#QC(S)1	15
E#QC(S)2	3.0
E#QC(S)3	1.74

TABELA V.1

Espessuras totais de pegmatito e/ou aplito-pegmatito (indiferenciado) intersectados pelos furos. Nota: na sondagem de São Matias incluíram-se na contabilização fácies graníticas pegmatóides

No caso das sondagens destrutivas, apenas a sondagem D#S2, em Salgueiro; proporcionou por via de filmagem combinada com ensaio mineralométrico a intersecção de uma massa pegmatítica entre os 18 e os 26 metros de profundidade, tendo-se identificado neste intervalo uma massa nuclear de quartzo com 4 metros de espessura. Sobre este intervalo o ensaio mineralométrico levado a cabo, conduziu à identificação de anatase, presente em quantidades próximas de 3% nos concentrados correspondentes (ver figura V.2).

Considera-se que a bolsada pegmatítica intersectada em Salgueiro poderá ter dimensões que justifiquem um aproveitamento industrial.

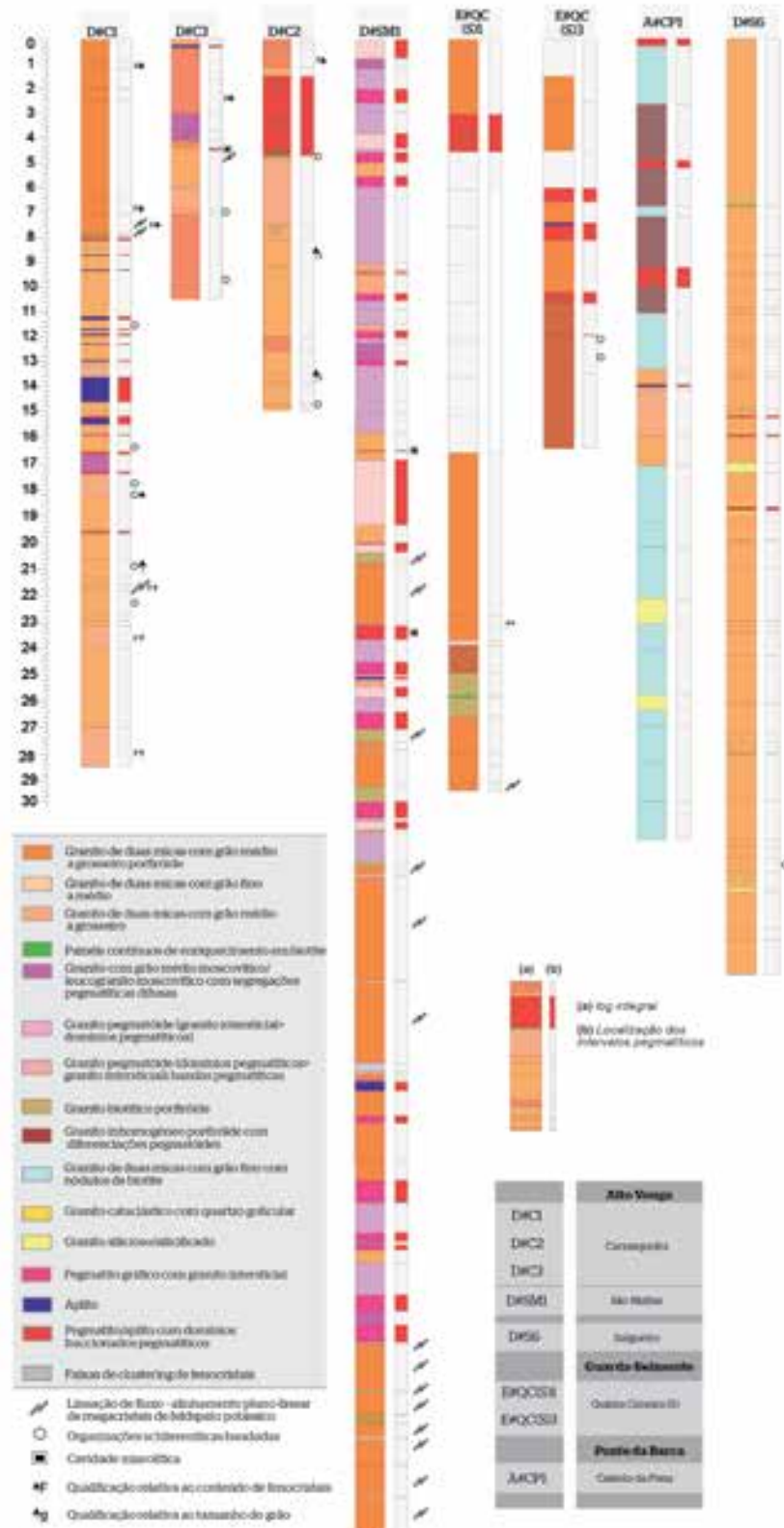


FIGURA V.1

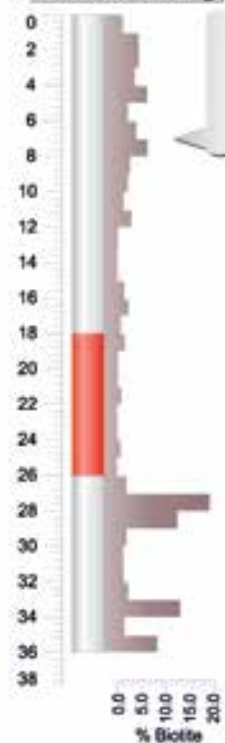
Colunas litológicas obtidas a partir das sondagens à rotação

## SONDAGENS À ROTO-PERCUSSÃO

### FILMAGEM DE FUROS



### D#S2 - análise de cuttings



### MINERALOMETRIA DE CONCENTRADOS



FIGURA V.2

Esquema metodológico desenvolvido para investigação e obtenção de logs a partir de sondagens destrutivas - exemplo da aplicação à sondagem D#S2 (Salgueiro, área D)

## V.2 Colunas graníticas de pegmatitização produtiva

A partir dos furos de sondagem com recuperação de testemunho, algumas transições em fácies graníticas proximais de massas pegmatíticas, puderam ser discriminadas.

Pela identificação de interfaces litológicas graníticas e anomalias petrográficas preservadas na estratigrafia das cúpulas graníticas, intersectadas pelos furos, pretende-se inscrever na modelização da distribuição dos pegmatitos as principais tendências evolutivas dos magmas graníticos, as quais parecem dependentes de processos de fraccionação e segregação tendentes para pegmatitos.

Muito embora o ensaio sobre a fraccionação deva recorrer a dados de geoquímica, a aproximação aqui levada a cabo é contudo defensável pelo facto de ser indiciada por transições graduais entre termos graníticos distintos.

Assim, os "logs" correspondentes podem ser encarados como colunas graníticas de pegmatitização produtiva e a aproximação à sua organização proporciona um contributo sucedâneo útil à prospecção de depósitos minerais pegmatíticos.

### V.2.1 Análise de transições granito-pegmatito

Os processos de estruturação das cúpulas graníticas conducentes ao aparecimento de anomalias petrográficas com composições modais variáveis e configurações fluidais específicas fazem intervir a fraccionação, a segregação e a mobilidade de líquidos após alguma percentagem de cristalização, abaixo da barreira de fluência (ex. Pupier et al. 2008)

Em termos petrográficos os processos de segregação são indiciados pela ocorrência de concentrações anómalas de biotite com organização schlierenítica. Os mecanismos responsáveis habitualmente apontados para a separação magma/cristais são hidrodinâmicos e gravíticos por compactação (Barbey, 2009) ou de "filter-pressing" explicando a expulsão de magmas através da coluna granítica por deformação em fluxo (no sentido de Weinberg et al., 2001). De acordo com aqueles autores as possibilidades de segregação são sobretudo viáveis a baixa taxa de cristalização (aproximadamente 50% de cristalização).

Por outro lado admite-se que as zonas de migração pervasiva de magmas deverão ser coerentes com as trajectórias de fluidalidade marcadas por fenocristais.

Nas colunas graníticas referíveis aos “logs” da figura V.1 os volumes graníticos homogéneos representados correspondem a fácies de duas micas porfiróides e a granitos com grão médio a fino com escassez de fenocristais. Estas podem transitar para os seguintes horizontes anómalos:

- A** - faixas de leucogranitos com grão fino por vezes moscovíticos com segregações difusas pegmatíticas;
- B** - faixas com compósitos félsicos de granito e pegmatito gráfico com intercrescimentos micáceos grosseiros, radiais e estruturas bandadas com feldspatos plumosos (granito pegmatóide);
- C** - faixas de enriquecimento culminante em biotite e aspectos schliereníticos bandados mais penetrativos
- D** - domínios de “clustering” de fenocristais;
- E** - lineações penetrativas - convolutas e com tendência horizontal e vertical - marcadas pelo alinhamento fluidal de megacristais de feldspato potássico;
- F** - faixas com bolhas pegmatíticas portadoras de cavidades miarolíticas e volume de alguns centímetros.

Os horizontes do tipo A e B representam termos transicionais de fraccionaço. Podem evoluir para pegmatitos em bandas (manifestações incipientes de painéis de diferenciação termogravítica) e sofrer fraccionaço interna potencialmente geradora de zonalidade. Faixas com bandados aplito-pegmatíticos desenvolvem-se em relação com estas unidades. Os conjuntos têm ritmo oscilatório com espessura mais frequente de 4 metros, com intervalos de espaçamento da ordem dos 3 metros como se observa no “log” D#SM1 da Figura V.1.

Granitos transicionais e massas aplito-pegmatíticas revelam uma implantação normalmente acima de painéis com lineações fluidais (horizontes do tipo E) e enriquecimento em constituintes ferromagnesianos (horizontes do tipo C), sugerindo continuidade entre a libertação de magmas por segregação e a evolução seguinte ascendente por fraccionaço dos magmas félsicos separados.

As organizações schliereníticas e determinados incrementos dos conteúdos de biotite ao longo dos furos também manifestam tendência oscilatória, verificando-se interfaces entre estas configurações e a presença de lineações de fluxo nas massas graníticas encaixantes.

Observações como estas levam a colocar a hipótese das possibilidades de segregação serem fortemente influenciadas pela mobilidade dos líquidos, ideia que é coerente com os trabalhos de Weinberg et al. (2001) e Zak e Klomínsky (2007).

A partir da figura V.2 também se percebe a variação oscilatória dos conteúdos de biotite ao longo do furo e o seu incremento mais significativo a muro do intervalo pegmatítico.

Os horizontes de tipo D - faixas com “clustering” de megacristais de feldspato potássico a afectar granitos porfiróides - são determinados possivelmente por uma maior taxa de cristalização da massa granítica e por uma viscosidade relativamente mais elevada. Segundo Weinberg et al. (2001) e Paterson et al. (2005) são fruto de instabilidades mecânicas produzidas por convecção térmica e composicional.

Pegmatitos do tipo “bolha” e cavidades miarolíticas no seio da massa granítica (horizontes do tipo F) podem resultar do enclausuramento de porções de magma com enriquecimento em voláteis. As condições de enclausuramento e imiscibilidade dependem do incremento da pressão volátil e da diminuição da temperatura (ex. Candela, 1997), observando-se em coerência a distribuição de bolhas perto de transições com intervalos de granulometria contrastantes.

### V.2.2 Implicações

Muito embora as principais condicionantes da localização dos jazigos sejam estruturais, com os maiores volumes pegmatíticos situados em junções triplas e nós dilatacionais em redes de cisalhamento, a fraccionaço interna de cúpula está expressa na aquisição de heterogeneidades litológicas no interior dos plutonitos. Estas parecem corresponder a tendências oscilatórias de fraccionaço e segregação com ritmos bem definidos na organização das cúpulas.

A partir destes horizontes podem ser libertados e mobilizados os diferenciados colhidos em corredores estruturais.

Os processos de segregação parecem favorecer a fraccionaço e têm capacidade para fomentar o aparecimento de magmas leucograníticos transicionais e pegmatíticos que podem posteriormente evoluir in situ. As possibilidades de segregação parecem ser fortemente influenciadas pela mobilidade dos líquidos.

Assim, na abordagem aos maciços, a prospecção geológica de pegmatitos deve privilegiar uma valorização conjugada da análise estrutural com a detecção destes alvos preservados nas colunas graníticas. Têm utilidade para a definição de níveis de implantação dos pegmatitos e do ponto de vista da detecção remota são à partida utilizáveis na medida em que representam tipos cromáticos extremos e contrastantes com continuidade na superfície (extensão e largura).



## V.3 Modelização tridimensional

### V.3.1 Introdução

O tipo de dados utilizados (“input”) num projecto de modelização tridimensional é bastante diversificado e pode incluir observações de campo, mapas interpretativos e secções geológicas, dados provenientes de detecção remota e análise distanciada e dados de sondagens mecânicas, segundo Bellian et al. 2005. Cada um deste tipo de dados possui aspectos particulares cuja integração e a forma como esta é feita irá afectar a qualidade do modelo geológico obtido. De acordo com Gaumon et al. 2009, a resolução espacial dos dados utilizados irá afectar a construção do modelo tridimensional.

A modelização tridimensional do subsolo seguidamente descrita decorre directamente dos resultados obtidos através do programa de sondagens destrutivas e com recuperação de testemunho executado previamente, dos dados de cartografia geológica de pormenor e levantamentos topográficos executados. Para esta modelização foi utilizado o “Software” VOXLER®.

A compreensão da forma de corpos pegmatíticos em profundidade é um dos maiores desafios na sua prospecção e caracterização. A morfologia dos corpos pegmatíticos é geralmente extremamente irregular, facto que decorre da petrogénese deste tipo de rochas.

O primeiro passo para o estudo efectuado foi a geração de um modelo digital de terreno (MDT) para cada uma das áreas em estudo. O modelo digital foi gerado a partir dos levantamentos topográficos efectuados. Este modelo permite a referenciação espacial integral dos dados (XYZ- Latitude, Longitude e Cota). Sobre os modelos digitais gerados é possível a construção de modelos aos quais se podem atribuir variáveis (C-Variável).

A geração e melhoramento de um modelo geológico 3D (MG3D) de corpos pegmatíticos requerem o aumento da informação directa, com recurso a dados provenientes de prospecção geológica de superfície, seguida de campanhas de sondagens mecânicas (Ferreira e Almeida, 2011).

Um MG3D assim construído permite uma aproximação à forma e volume dos corpos pegmatíticos em profundidade.

No caso do PROSPEG, dada a especificidade dos corpos geológicos a modelar, tornou-se necessário proceder a generalizações e modelizações prévias decorrentes dos dados conhecidos de corpos pegmatíticos já descritos na bibliografia e dos dados recolhidos no terreno, no decorrer das tarefas do projecto.

A sequência metodológica utilizada na aquisição de dados utilizados na obtenção dos MG3D, no âmbito do PROSPEG, é apresentada de forma simplificada na figura V.3.

Dentro da sequência metodológica descrita na figura V.3, merece especial menção a edição dos “logs” de sondagem (binómio pegmatito/nulo).

A inserção de dados no “software” de modelização implica a geração de matrizes (“lattices”) tridimensionais (X,Y,Z,C), em que “C” corresponde a um dado numérico (valor) numa dada posição espacial. Face à complexidade dos dados recolhidos e observados nos testemunhos de sondagem, os valores de “C”, em reflexo dessa complexidade, tornaram-se de difícil atribuição, não sendo possível uma ponderação numérica consistente. De modo a que este problema fosse ultrapassado aos valores de “C” foi atribuído o binómio “pegmatito/nulo”, em que à presença de aplito/pegmatito corresponde o valor numérico “100” e a todas as outras litologias corresponde o valor nulo “0”. Dessa forma o valor de “C” obedece a uma lógica binária (0=ausência de pegmatito,100=presença de aplito/pegmatito).

O tratamento de dados torna-se assim menos complexo, não comprometendo a obtenção de MG3D de corpos pegmatíticos.

Também a utilização de pontos de fecho, que correspondem à inserção de dados provenientes da cartografia geológica, obedecendo à mesma lógica binária, contribuiu para a obtenção dos MG3D com uma maior aproximação à realidade, conforme sequência exposta na figura V.4 .



**FIGURA V.3**

Sequência metodológica utilizada na geração de MG3D

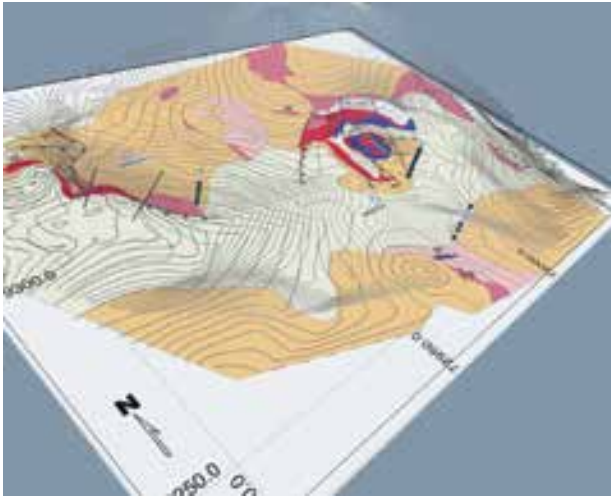


**FIGURA V.4**

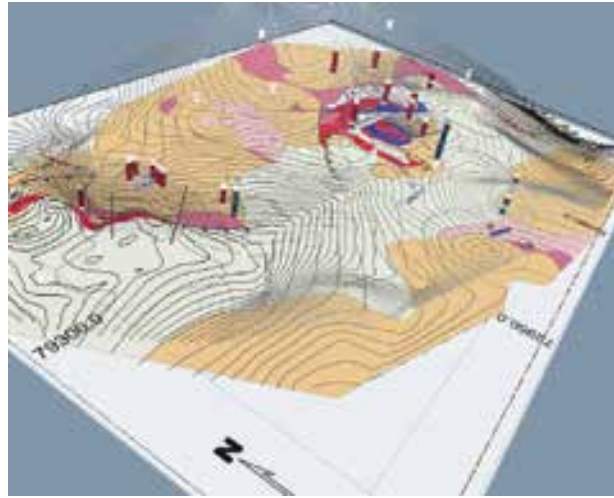
Edição dos "logs" de sondagem

A sequência de imagens seguinte (dados da área - Quinta Cimeira Sul) representa a sobreposição das sondagens e dos pontos de fecho sobre a base topográfica e cartografia geológica 1:1000 previamente georreferenciada.

Na geração dos MG3D recorreu-se à geração de isosuperfícies, que correspondem a volumes produzidos a partir das matrizes alfanuméricas geradas previamente (cruzamento de dados de sondagens, cartografia geológica e levantamento topográfico), em que todos os pontos da superfície têm o mesmo valor numérico.

**FIGURA V.5**

Sobreposição das sondagens realizadas sobre a cartografia geológica e sobre o MDT gerado

**FIGURA V.6**

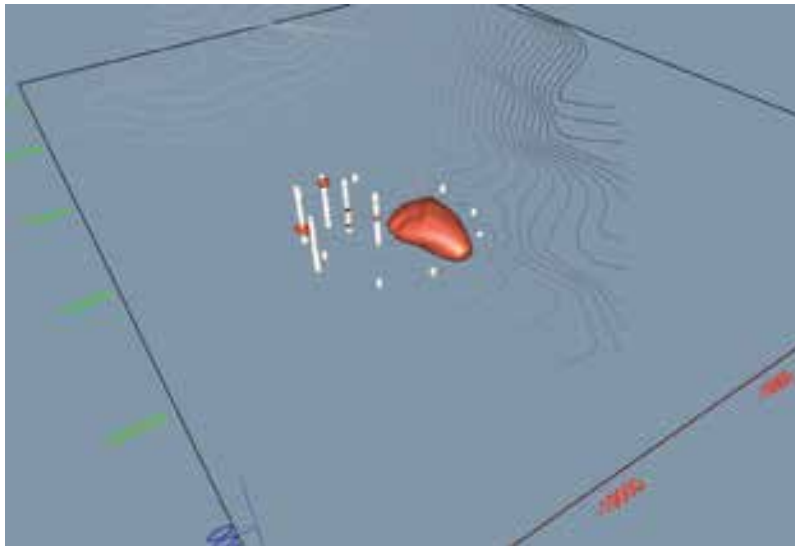
Sobreposição das sondagens realizadas, e dos pontos de fecho sobre a cartografia geológica e MDT gerado

### V.3.2 Resultados

#### Área A - Ponte da Barca

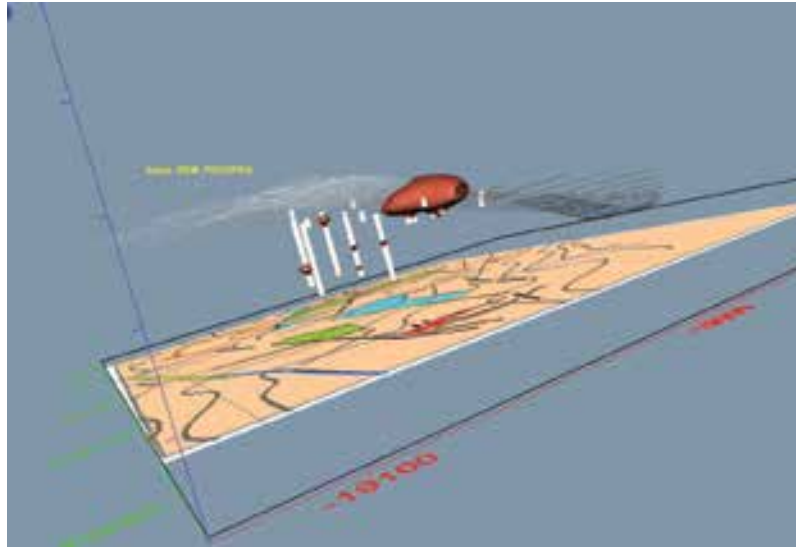
Na área A foi feita uma modelização (MG3D), através da utilização dos dados de sondagens e de cartografia de pormenor. O modelo geológico prévio que serviu de suporte à implementação do programa de sondagens e que é agora comparado com os resultados obtidos na geração de MG3D, com auxílio do “software” VOXLER®, pode ser consultado na Figura IV.21.

Na Figura V.7 apresenta-se o MG3D obtido para a área de “Azias” com recurso ao “software” VOXLER®, sobre a base topográfica gerada (vista SW).

**FIGURA V.7**

MG3D obtido para a área de Azias, sobre a base topográfica gerada (vista SW)

A Figura V.8 representa uma perspectiva do MG3D gerado para a área de Azias, sobre a cartografia geológica 1:1000.

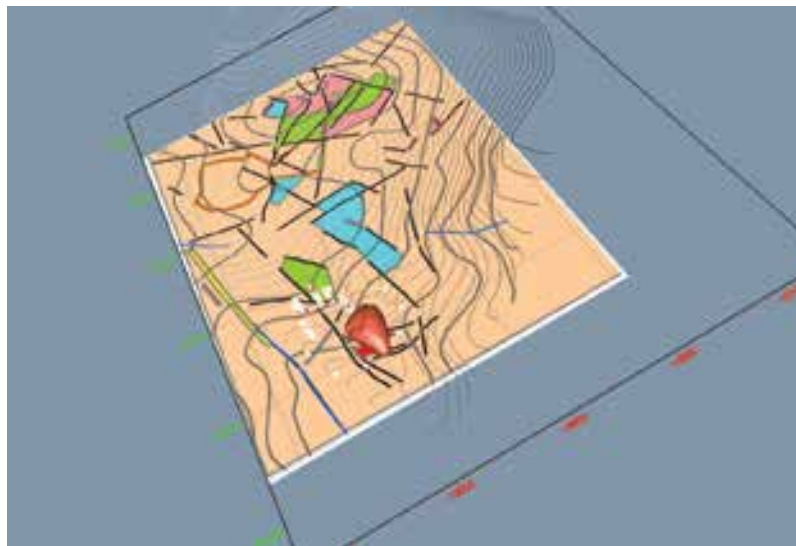


**FIGURA V.8**

Perspectiva do MG3D gerado para a área de Azias sobre fundo geológico 1:1000 (vista SSW)

A concordância do MG3D gerado com as estruturas cartografadas, pode ser observada na Figura V.9.

Apesar de terem sido intersectados níveis aplitepegmatíticos, bem como níveis com evidências de mistura de magmas e fenómenos de mixing/mingling, não foi possível a confirmação, quer a continuidade do corpo pegmatítico de Azias (previamente explorado), quer a intersecção de um novo corpo. No entanto o MG3D gerado poderá servir como base de trabalho em posteriores estudos realizados nesta área de trabalho.



**FIGURA V.9**

Perspectiva do MG3D gerado para a área de Azias em que se evidencia a concordância com as estruturas cartografadas.



### Área B1 - Chaves

Na área B1 foi realizada uma campanha de sondagens, tendo por base o modelo geológico prévio apresentado na Figura IV.7, na zona de estudo de Redial. No entanto, na área B1 não foi possível proceder a uma modelização tridimensional coerente, pois os resultados das sondagens mecânicas não corresponderam ao modelo prévio, visto não ter sido intersectado qualquer nível pegmatítico relevante.

### Área D - Vouga

Na área D - Vouga foi feita uma modelização (MG3D), através da utilização dos dados de sondagens e de cartografia de pormenor. Os modelos geológicos tridimensionais prévios que serviram de suporte à implementação do programa de sondagens e que é podem ser comparados com os resultados obtidos na geração dos MG3D's, com auxílio de "software" VOXLER®, podem ser consultados na Figura IV.21.

Nesta área foram seleccionados quatro locais para execução de trabalhos de pormenor: Salgueiro, Fraga, Carrasqueira e S.Matias. Relativamente aos locais S. Matias e Fraga, foi feita uma sondagem em cada local, cujos resultados complementam a modelização geológica prévia (ver "logs" de sondagem respectivos).

Os quatro locais seleccionados devem ser encarados de forma integrada dentro da área de estudo (ver carta 1:5000).

A simulação tridimensional prévia de suporte às sondagens mecânicas, nas áreas de trabalho de Fraga, Carrasqueira e S. Matias, pode ser consultada na Figura IV.21.

A Figura V.10 representa MG3D obtido para o sector de Salgueiro, sobre a respectiva base topográfica (vista SSE), entendido como o mais promissor relativamente à variabilidade geológica em termos de forma/volume de corpos aplitopegmáticos. O pormenor da simulação tridimensional prévia pode ser consultado na Figura IV.17.

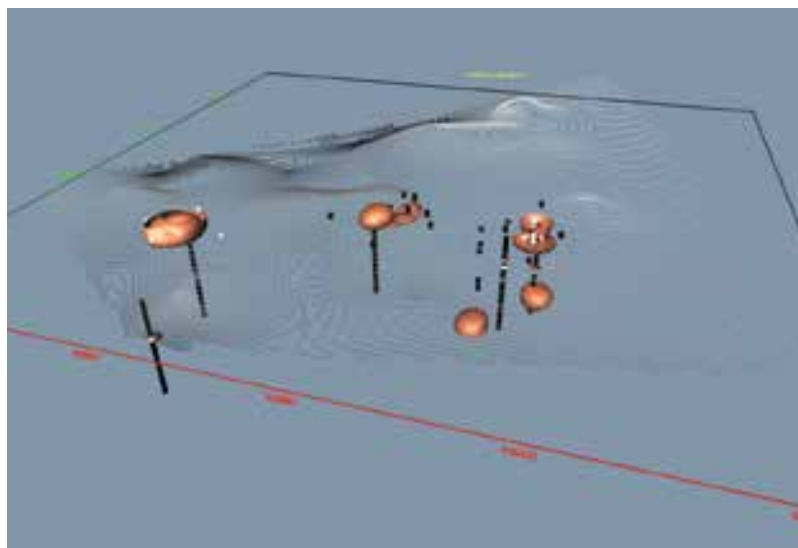
A Figura V.11 representa o MG3D obtido sobre a cartografia geológica à escala 1:1000 e a respectiva base topográfica.

A representa o MG3D obtido para a área de pesquisa da Carrasqueira, através de perspectivas distintas. A simulação tridimensional prévia que serviu de suporte ao MG3D pode ser consultada na Figura IV.21.

A Figura V.12 representa diferentes perspectivas de visualização possíveis de obter por manipulação no "software" VOXLER® do MG3D obtido para a Carrasqueira.

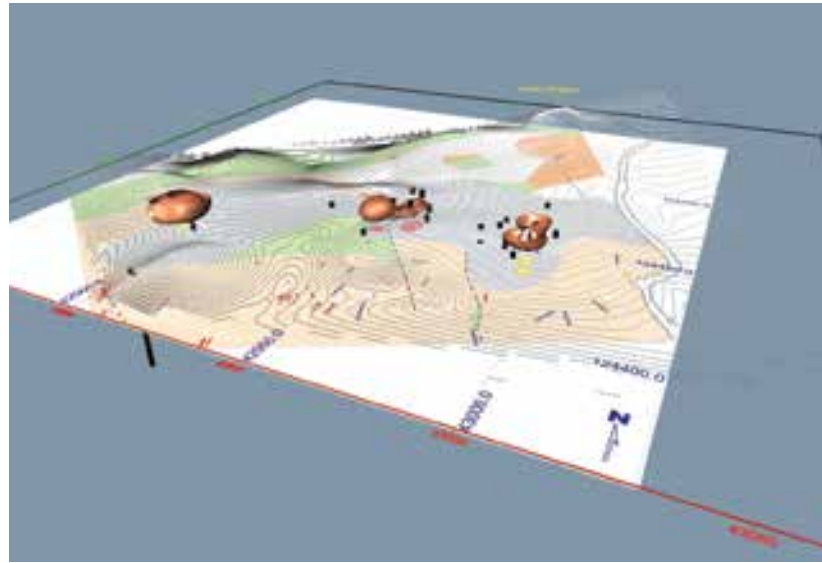
A Figura V.13 representa o MG3D gerado para a Carrasqueira, sobre fundo geológico 1:1000 (vista SW).

Os MG3D obtidos para a área D podem ser considerados como aproximações à modelização tridimensional prévia. Em todos os casos foi possível obter MG3D com similitude em termos de forma e dimensão, à modelização prévia representada na Figura IV.21, reforçando o seu potencial de aplicação no estudo elaborado, face à incorporação de novos dados.



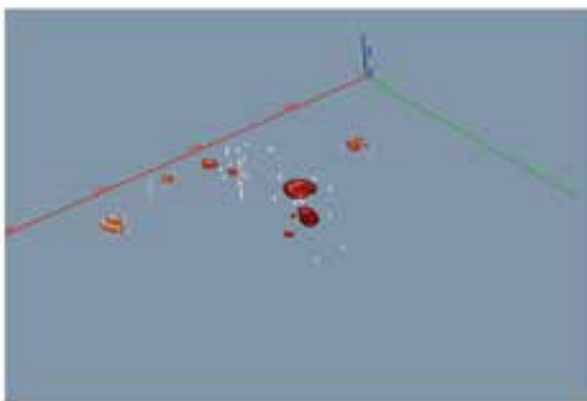
**FIGURA V.10**

MG3D gerado para a área de Salgueiro



**FIGURA V.11**

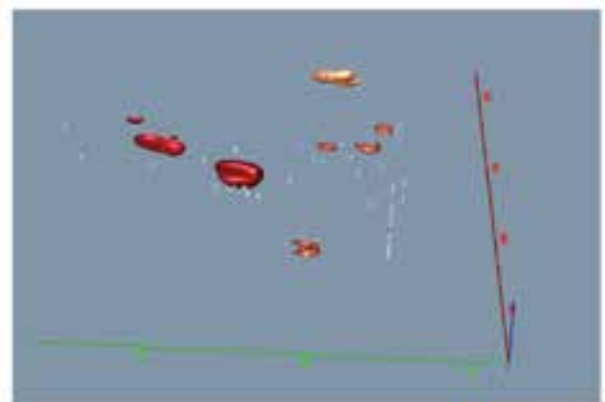
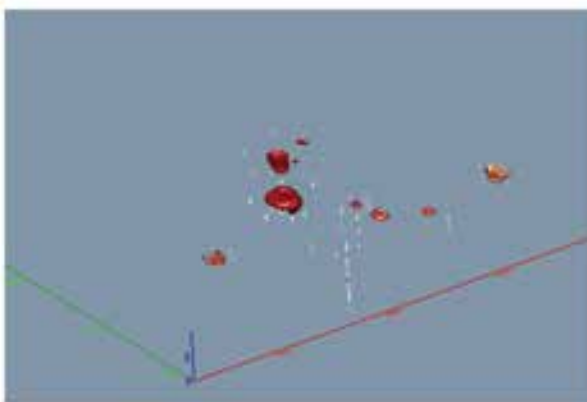
Perspectiva sobre o MG3D gerado para a área de Salgueiro, com base geológica 1:1000 (vista SSW)



**Carrasqueira Vista NE**



**Carrasqueira Vista SE**



**FIGURA V.12**

MG3D obtido para a Carrasqueira

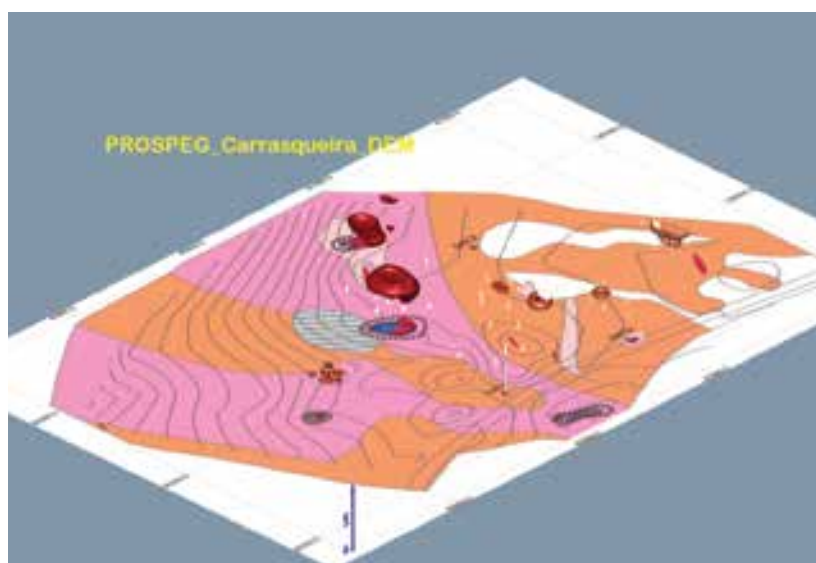


FIGURA V.13

MG3D gerado para a Carrasqueira sobre fundo geológico 1:1000

### Área E

Na área E - Guarda, foi feita uma modelização (MG3D), através da utilização dos dados de sondagens e de cartografia de pormenor. O modelo geológico prévio que serviu de suporte à implementação do programa de sondagens e que é agora comparado com os resultados obtidos na geração de MG3D, pode ser consultado na Figura IV.27. Nesta área foi seleccionada a área de Quinta Cimeira Sul para trabalhos de pesquisa.

A Figura V.14 ilustra o MG3D obtido para a área de Quinta Cimeira Sul sobre a respectiva base topográfica.

A Figura V.15 representa o MG3D obtido para a área de Quinta Cimeira Sul sobre o fundo geológico à escala 1:1000, com a respectiva base topográfica.

O MG3D obtido, face aos dados existentes, aproxima-se da forma prevista na simulação tridimensional prévia.

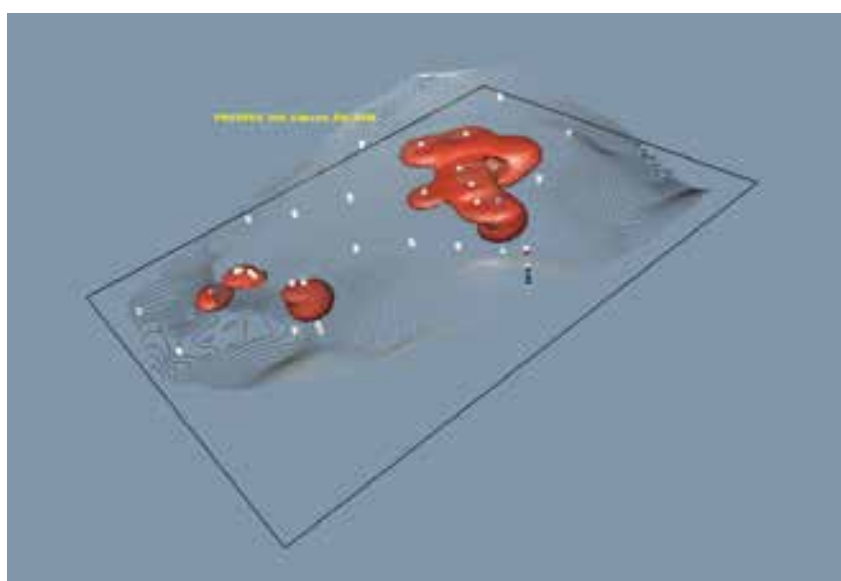


FIGURA V.14

MG3D obtido para a área de Quinta Cimeira

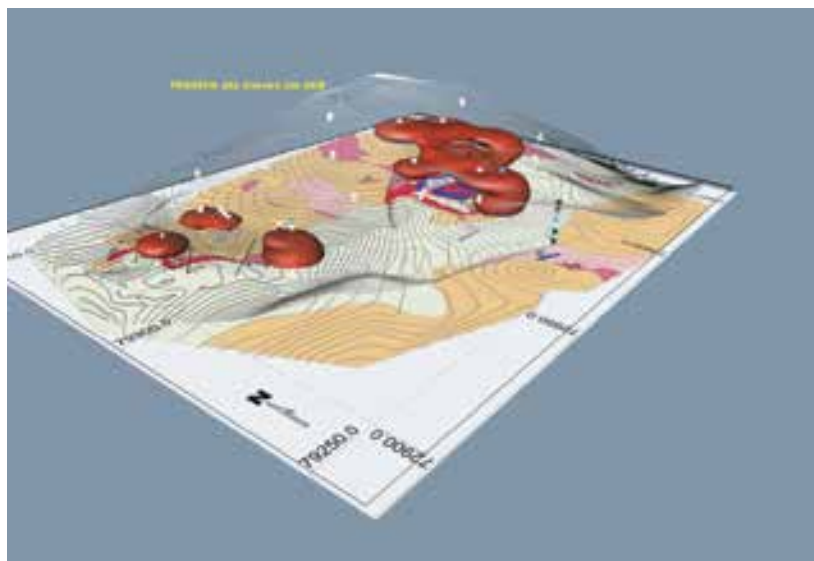


FIGURA V.15

MG3D obtido para a Quinta Cimeira sobre fundo geológico 1:1000

### V.3.3 Conclusões

A modelação geológica, nomeadamente a geração de modelos 3D, foi possível graças à implementação de pontos auxiliares que resultaram numa simplificação de dados a tratar. Face à elevada complexidade dos corpos pegmatíticos interceptados, considera-se que a aproximação obtida se adequa, ainda que de forma grosseira, à geometria dos corpos pegmatíticos existentes, podendo ser encarada como verosímil em termos metodológicos. Refira-se que uma das principais vantagens na utilização de MG3D gerados com auxílio de “software” específico é a possibilidade de manipulação espacial dos dados. Essa manipulação permite a visualização dos modelos obtidos a partir de múltiplas vistas, o que contribui para uma melhor compreensão tridimensional dos objectos estudados.

À excepção da área B1 foi possível reconstituir as formas e volumes dos corpos pegmatíticos existentes em cada uma das áreas estudadas.

A adequabilidade da utilização de isosuperfícies pode ainda ser melhorada com a execução de um maior número de sondagens, a integração de dados cartográficos e a obtenção de qualificadores específicos. A malha de sondagens deverá ser equacionada de acordo com a escala dos corpos a caracterizar.

A investigação de qualificadores de forma e volume passíveis de utilização na modelação geológica tridimensional vislumbra-se como um domínio de investigação futuro, em programas de prospecção de pegmatitos.



# 6 capítulo



Caracterização espectral  
de massas pegmatíticas  
e litologias encaixantes  
especialmente relacionadas

## Caracterização espectral de massas pegmatíticas e litologias encaixantes espacialmente relacionadas

Com vista à obtenção de assinaturas espectrais susceptíveis de utilização como propriedade diagnóstica, em contexto de análise distanciada, procedeu-se à caracterização espectral de massas pegmatíticas e litologias encaixantes, espacial e geneticamente relacionadas com os pegmatitos.

### VI.1 Introdução

As tarefas de campo realizadas no âmbito do PROSPEG permitiram a selecção de áreas restritas de pesquisa, que configuram múltiplas condições de ocorrência de pegmatitos. No entanto, face à dimensão dos pegmatitos identificados e à diversidade cromática das rochas espacialmente relacionadas, a aplicação directa de suportes de imagem distanciada para a sua correcta identificação, carece de uma maior resolução espectral individual para cada litologia considerada.

#### VI.1.1 Reflectância espectral

Os materiais geológicos (rochas e minerais) possuem variações de reflectância espectral que resultam das suas distintas propriedades físico-químicas (especialmente as que dependem da luz), em diferentes intervalos de comprimento de onda do espectro electromagnético, que podem ser percebidas através da variação de cor dos objectos. A reflectância de um objecto corresponde ao rácio entre a quantidade de luz reflectida e a quantidade de luz recebida de uma fonte luminosa. A reflectância varia entre 0 e 1, correspondendo a uma ausência de reflexão e a reflexão total da radiação recebida, respectivamente.

O espectro electromagnético de um objecto corresponde à divisão da radiação electromagnética, de acordo com o seu comprimento de onda, conforme a Figura VI.1.

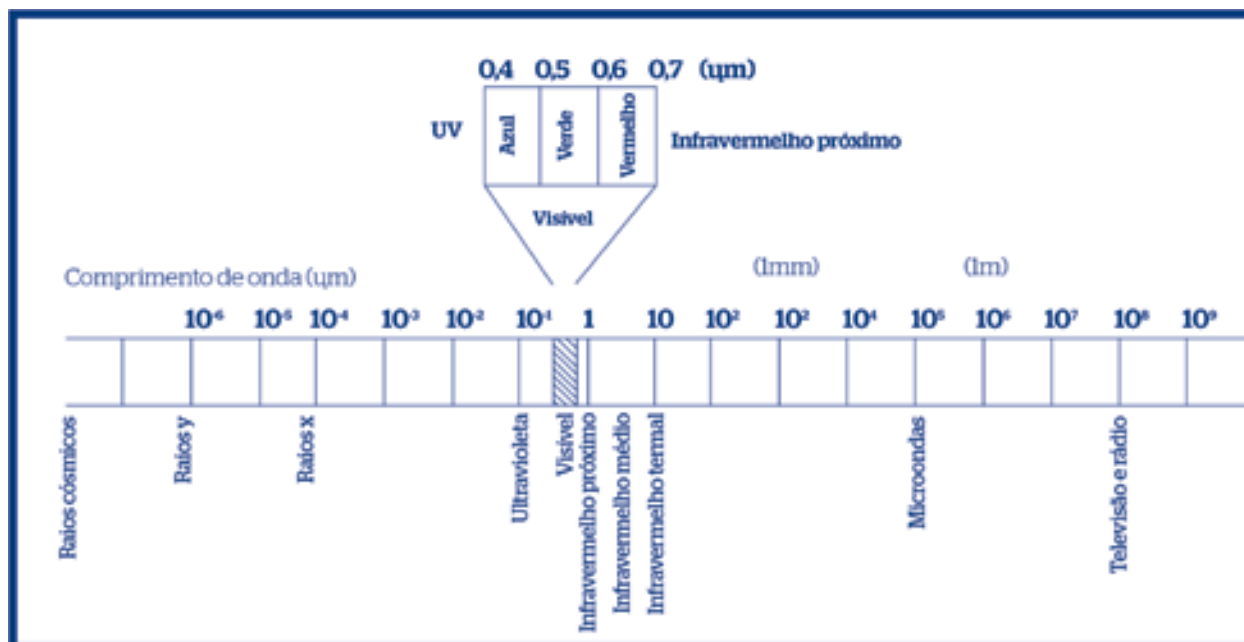


FIGURA VI.1.1

Espectro da radiação electromagnética, in Alonso et al (2005)

Em tratamento de imagens de satélite, as bandas espectrais representam faixas definidas do espectro electromagnético. A denominação e amplitude das bandas espectrais variam consoante os autores. Contudo, a terminologia mais comum, segundo a proposta de Chuvieco (2000) in Alonso et al (2005), contempla a seguinte divisão de bandas:

- a)** banda do espectro visível (0,4 a 0,7 $\mu$ m) - única radiação electromagnética que pode ser percebida pelo sistema visual humano, coincidindo com os comprimentos de onda onde a radiação solar é máxima; normalmente distinguem-se três bandas elementares, designadas por: azul (0,4 a 0,5  $\mu$ m), verde (0,5 a 0,6  $\mu$ m) e vermelho (0,6 a 0,7  $\mu$ m). As três bandas são as cores primárias perceptíveis ao olho humano;
- b)** infravermelho próximo (0,7 a 1,3 $\mu$ m) - também muitas vezes denominado por infravermelho reflexo ou fotográfico, visto que parte dele pode retirar-se a partir de filmes fotográficos dotados de emulsões especiais; apresenta especial interesse pela sua capacidade para discriminar massas vegetais e concentrações de humidade;
- c)** infravermelho médio (1,3 a 8 $\mu$ m) - nesta banda misturam-se os processos de reflexão da luz solar e da emissão da superfície terrestre; é bastante utilizada para efectuar estimativas do conteúdo de humidade na vegetação e na detecção de focos de alta temperatura;
- d)** infravermelho longínquo ou térmico (8 a 14 $\mu$ m) - inclui a porção da emissão do espectro terrestre, onde pode detectar-se o calor proveniente da maior parte das coberturas da terra;
- e)** Microondas (a partir de 1000 $\mu$ m) - tipo de energia bastante transparente à nebulosidade e que minimiza a presença e o efeito dos pequenos objectos na atmosfera e superfície terrestre.

A assinatura espectral de cada material corresponde ao valor de reflectância por ele exibido, em resposta a um estímulo (luz), para comprimentos de onda definidos e calibrados e que são similares para o mesmo tipo de material.

### VI.1.2 Resolução espacial

A resolução espacial designa o objecto mais pequeno que pode ser distinguido sobre uma dada imagem. Num sistema fotográfico, normalmente, é medida como a mínima separação à qual os objectos aparecem distintos e separados na fotografia. Mede-se em milímetros, sobre a imagem, ou em metros, sobre o terreno, e depende da longitude focal da câmara e da sua altura sobre a superfície, segundo Chuvieco (2000) in Alonso et al (2005).

A resolução espacial está dependente do efeito de escala, pois de acordo com a escala gráfica utilizada, a distância no terreno, bem como os objectos observados, podem variar para uma mesma resolução espacial.

A resolução espacial das imagens de satélite utilizadas, apenas permitiu a identificação directa de entidades geológicas, macro e mega escalares, pelo que se tornou necessário o estudo das propriedades espectrais dos materiais geológicos relacionados com a presença de pegmatitos. O aumento da resolução espectral dos diferentes materiais geológicos considerados irá permitir um aumento do poder discriminante dos dados extraídos de imagens satélite (Pereira, 2009).

### VI.1.3 A cor como indicador

A manifestação das propriedades cromáticas das secções pegmatíticas aflorantes é dependente das propriedades cromáticas dos minerais que as constituem. Os minerais cardinais dos pegmatitos graníticos que são funcionais para esta aplicação são os seguintes: feldspato, quartzo e micas brancas.

Como hipótese, e em aplicação, a natureza félsica dos minerais cardinais dos pegmatitos graníticos irá conferir um carácter leucocrático às secções aflorantes, criando um contraste de cor relativamente ao encaixante granítico.

Este carácter leucocrático tenderá a ser difuso na interface do contorno da secção pegmatítica aflorante com o encaixante granítico, sendo tal difusão expectável devido ao frequente carácter gradativo do contacto geológico entre os pegmatitos e os respectivos granitos encaixantes.

## VI.2 Objectivo

O principal objectivo da caracterização espectral de massas pegmatíticas e litologias encaixantes, espacialmente relacionadas, é a obtenção de uma assinatura espectral para cada material geológico, presente nas diferentes áreas de estudo. Pretendeu-se, assim, constituir uma base de dados espectrais, através da qual fosse possível o estudo das características espectrais individuais de cada litologia, para que essa informação possa ser integrada na análise de imagens de satélite.

A análise de imagens de satélite, baseada na reflectância, é uma ferramenta válida na discriminação litológica, segundo Rowan, et al (1977), Goetz&Rowan (1981) e Abrams (1984) (in Wester, 1992).

A utilização optimizada de procedimentos de classificação automática neste tipo de imagens, carece do conhecimento prévio das relações de reflectância espectral entre os diferentes objectos geológicos a identificar no terreno. Ainda, segundo Wester (1992), deverá haver uma determinação prévia de regiões do espectro, nas quais seja possível a distinção das diferentes litologias.

As medições espectrais obtidas, no âmbito do PROSPEG, foram efectuadas sobre materiais geológicos que podiam ser associados à presença de pegmatitos em cada uma das áreas de estudo, procurando constituir um conjunto abrangente de assinaturas espectrais para litologias indicadoras.

### VI.3 Métodos e materiais utilizados

A sequência metodológica adoptada, sintetiza-se, no fluxograma da Figura VI.2.



FIGURA VI.2

Metodologia de trabalho adoptada para a caracterização espectral

#### VI.3.1 Colheita de dados

Nesta fase, para a selecção dos pontos de amostragem, foram utilizados a cartografia geológica influenciada pela análise distanciada, executada previamente, e os dados recolhidos na fase de estudo materialográfico de apoio à prospecção táctica.

Conjuntamente às medições espectrais em afloramento, foi também efectuada uma campanha de medição laboratorial sobre amostras provenientes dos testemunhos de sondagem e amostras de mão, recolhidas em campo, cortadas em esquirolas com orientação estrutural definida (“chips” litológicos).

Cada ponto amostrado foi devidamente georreferenciado, identificado por uma ficha individual e um registo fotográfico.

Para a elaboração das fichas individuais foram utilizados descritores que permitissem distinguir os principais tipos de litologias, associados à presença de pegmatitos, bem como a observação de aspectos particulares do afloramento, em cada caso. Os descritores seleccionados, apresentam-se na Tabela VI.1.



<b>Descritor</b>	<b>Propriedades consideradas</b>
Alvo	Identificação do alvo de medição e distinção entre afloramento e artefacto (ocasionalmente, distinção entre escombreira e desmonte).
Litologia	Descrita segundo cartografia de pormenor, efectuada previamente e após petrografia.
Descrição petrográfica	Identificação mineralógica e indicação de composição modal. Caracterização do tamanho e frequência de fenocristais e produtos de alteração observados, susceptíveis de influenciarem os resultados da medição espectral.
Intensidade de enrubescimento	Indicação da variação de intensidade de enrubescimento, por microclinização e hematitização de feldspatos, quando observado, e susceptível de alterar os resultados da medição.
Aspectos particulares	Indicação da presença de estruturas penetrativas e venulações, outros aspectos texturais, capazes de alterar os resultados da medição espectral.
Recobrimento por líquenes	Indicação da percentagem de recobrimento por líquenes, para posterior comparação com as curvas espectrais obtidas em rocha não coberta.
Cor de Munsell	Indicação da cor Munsell do alvo medido, representado em amostra elemento de afloramento, para posterior comparação. Verificação de relações persistentes entre cor (utilização do “Rock Color Chart”) e espectro.

**TABELA VI.1**

Descritores utilizados na elaboração das fichas individuais de amostragem e medição

Um dos descritores considerados nos trabalhos de campo foi a cor, expressa a diversos níveis de organização nos alvos de estudo. Uma vez que a percepção da cor é, por si só, distinta de indivíduo para indivíduo, induzindo um alto grau de subjectividade nas descrições, devem ser utilizados procedimentos que minimizem essa mesma subjectividade.

Para a classificação de cor foi adoptada a comparação visual com os Munsel® Color chips da “Rock Color Chart”. Os “chips” de cor estão standardizados, segundo o ábaco de cor de Munsell®. A “Rock Color Chart”, utilizada neste trabalho, foi produzida sob a supervisão da “Geological Society of America” (GSA) (2011). Os “chips” estão classificados pelas cores: R (vermelho), Y (amarelo), G (verde), B (azul), P (púrpura) e N (neutro - preto e branco).

O registo fotográfico dos alvos medidos é exemplificado na Figura 3. Serve como apoio, a posteriori, na interpretação dos dados espectrais e nas correlações entre litologias.



**FIGURA VI.3**

Fotografia da amostra Assunção 2 - Área D, que integra o registo fotográfico

Para a execução da medição da reflectância dos materiais, no terreno, foi utilizado o espectrorradiómetro portátil FieldSpec UV/VNIR da “Analytical Spectral Devices” (ASD).

Este espectrorradiómetro tem uma resolução espectral de 325 a 1075 $\mu\text{m}$  e um tempo de integração ajustável, manualmente, de 17 milissegundos até vários minutos. Quando utilizado sem qualquer acessório adicional, a luz é captada com um ângulo de observação de 25°. Este ângulo pode ser reduzido ou aumentado, conforme: a dimensão da amostra a ser analisada, o ângulo de observação e a distância.

### VI.3.2 Tratamento de dados

O equipamento permite a obtenção de múltiplas medições pontuais, de forma a minimizar erros fortuitos de medição. As curvas espectrais obtidas, são aqui apresentadas, como curvas médias resultantes de dez medições contínuas sobre cada amostra, cujo tratamento foi feito através do “software” View Spec Pro®, da ASD.

Uma vez que o ficheiro “View Spec Pro” gera uma grande quantidade de ficheiros alfanuméricos, estes foram tratados com o “software” Grapher®, da Golden Software Inc., que possibilita a gestão de grandes quantidades de dados alfanuméricos e gráficos, em simultâneo, gerando-se, assim, as tabelas e ficheiros de dados espectrais das amostras.

### VI.3.3 Resultados

Uma vez gerados todos os dados de medição espectral, recolhidos e tratados nas fases anteriores, procedeu-se ao seu tratamento estatístico:

- i) criação de tabelas de correlação de dados, utilizando o “software” de estatística “R” (2013), “open source”;
- ii) cálculo dos espectros médios, por litologia e por áreas, recorrendo a folhas de cálculo simples;
- iii) observação e comparação das curvas espectrais, de modo a serem geradas assinaturas espectrais.

As curvas espectrais obtidas foram, inicialmente, agrupadas de acordo com as áreas geográficas de estudo, sem definição de classes de observação. Esta metodologia permitiu aferir relações meramente numéricas entre os diferentes espectros, registando eventuais grupos de espectros relacionáveis com as litologias.

A Figura VI.4 ilustra a metodologia seguida no tratamento estatístico e descrição dos resultados de reflectâncias.



**FIGURA VI.4**

Sequência metodológica adoptada na fase de tratamento de resultados

Procurou-se isolar os factores determinantes das variações observadas, considerando a litologia e a cor, bem como outros aspectos tidos como descritores, com vista à indexação de assinaturas espectrais. Paralelamente, foi estudada a correlação de reflectâncias, entre amostras e locais.

Foram determinadas classes de espectros, com base em:

- i) litologia dos alvos estudados;
- ii) percentagem de recobrimento por líquenes;
- iii) cores N, registadas em campo.

A análise destas classes de espectros permitiu os agrupamentos espectrais litologicamente afins.

### VI.4 Tratamento dos resultados

Com o desenvolvimento deste trabalho, obtiveram-se, como resultados, 229 espectros de reflectância, relativos às 229 amostras analisadas nas diferentes áreas e sectores de estudo, distribuídas como se indica na Tabela VI.2.

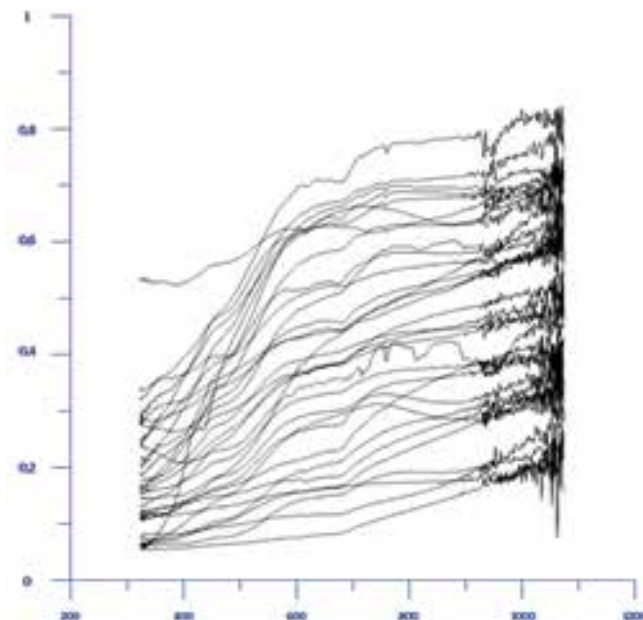
Área	Sector	Espectros obtidos
<b>A</b>	Azias	23
	Galinheira	29
	Germil	15
	Pedra da Moura	17
<b>B1</b>	Redial/Seixigal	20
<b>D</b>	Assunção	13
	Carrasqueira	17
	Fraga	10
	Salgueiro	10
<b>E</b>	São Matias	12
	Qta Cimeira N	31
	Águas Belas	14
<b>G</b>	Lobeira/Ciborro	13
	Pedras Alvas	5

**TABELA VI.2**

Identificação do número de espectros obtidos, para as diferentes áreas geográficas e sectores de amostragem

### VI.4.1 Resultados espectrais

Como exemplo dos resultados obtidos e sujeitos a tratamento estatístico, apresenta-se o gráfico de espectros da Figura VI.5.



**FIGURA VI.5**

Apresentação dos espectros obtidos no sector da Mata da Galinheira (Área A)

Os espectros representados são o resultado da reflectância medida nos alvos, para o intervalo de comprimento de onda, 325-1075 $\mu\text{m}$ . A partir dos 980 $\mu\text{m}$ , sensivelmente, existe uma oscilação nos espectros que se deve a “ruído” próprio do método de medição.

É possível observar uma grande variabilidade na resposta espectral de cada tipo de litologia, quer em termos de valores de reflectância relativa, quer na forma das curvas espectrais individuais. Verifica-se pois, alguma dificuldade em estabelecer uma assinatura espectral para uma determinada litologia, que seja facilmente distinguível das restantes. Este facto é justificado pela semelhança composicional e portanto, também, cromática das litologias de pegmatito, granito claro e aplito, não discrimináveis em muitas aplicações deste tipo.

Também sucede que, litologias idênticas possam apresentar curvas espectrais distintas. Aqui, terão de se considerar outros factores que influenciam os resultados, como a própria granularidade dos minerais constituintes dos alvos em observação. Em qualquer caso, a melhor discriminação entre assinaturas espectrais parece associada à geometria específica e declives dos segmentos de curvas.

Com base nas classes de espectros definidas e eliminando potenciais outliers, ou seja, resultados de alvos que se desviam demasiado de um determinado padrão litológico, é possível delinear assinaturas espectrais de litologias, com base na média ou padrão mais recorrente.

Os resultados laboratoriais obtidos para os testemunhos de sondagens e “chips” litológicos não foram conclusivos, apresentando dispersões e valores de geometria de espectros que não foram ainda esclarecidas, sobretudo considerando que foram obtidos em condições de maior controlo aparente de luminosidade.

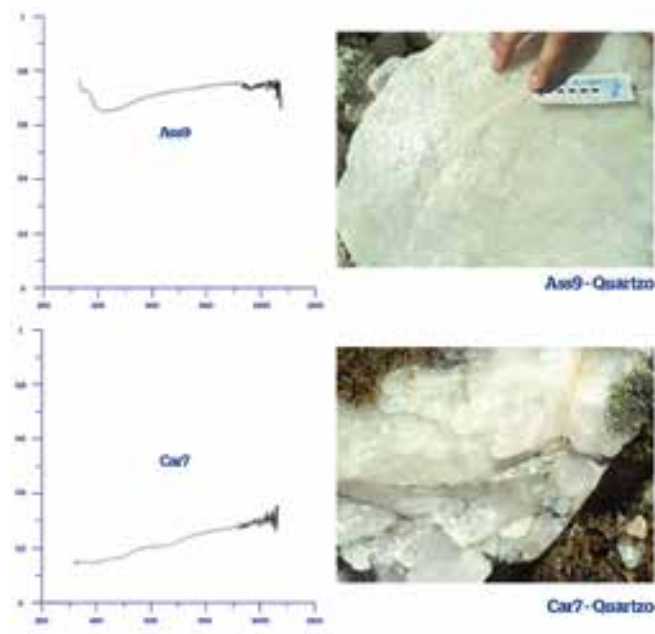
### VI.4.2 Tabelas de correlação

Procedeu-se à análise estatística dos dados numéricos recolhidos no terreno e que constituem, graficamente, as curvas espectrais. De forma a verificar a relação linear entre os dados, foram feitos testes de correlação de Pearson, entre as diferentes amostras, sendo geradas tabelas de correlação para cada um dos sectores em estudo.

Desta forma, pretendeu determinar-se a relação estatística entre as diferentes curvas de reflectância obtidas, de modo a estabelecer eventuais assinaturas típicas de litologias afins.

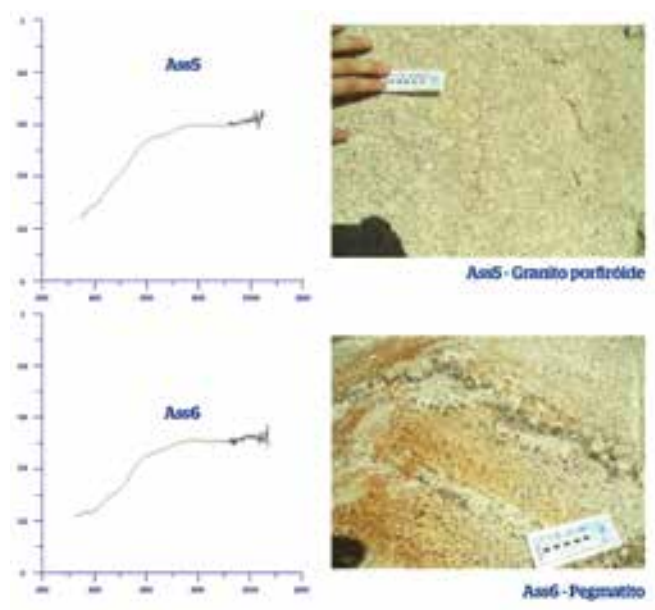


Conforme observado na Figura VI.6, litologias similares podem apresentar grandes discrepâncias no que concerne aos valores de reflectância global. Da mesma forma, a alvos com correlações elevadas (0.99) podem corresponder litologias distintas, conforme demonstrado na Figura VI.7. No entanto, do ponto de vista genético e da produtividade pegmatítica, estas duas litologias são muito similares, ou, dito de outra forma, manifestam equivalência petrográfica. Este facto é de algum interesse para a evidência de percursos pegmatíticos (genéticos) em sistemas graníticos potencialmente produtivos.



**FIGURA VI.6**

Estampa que evidencia fortes discrepâncias entre as curvas espectrais correspondentes à mesma litologia



**FIGURA VI.7**

Estampa que evidencia a forte correlação, geométrica e numérica, entre curvas espectrais das litologias evidenciadas nas fotografias

### VI.4.3 Classes de meios e materiais observados

A Tabela VI.3 apresenta o número de espectros considerados, em cada área, de acordo com as classes de meios e materiais observados.

	Áreas				
	A	B1	D	E	G
Líquenes (>35%)	10	-	5	6	1
Cores N	11	-	3	1	-
Quartzo	-	-	4	1	2
Pegmatito	12	4	7	9	-
Material pegmatítico indiferenciado	6	-	2	4	-
Bolha pegmatítica	-	-	1	-	-
Aplito	-	2	-	2	-
Granito porfíroide	14	-	3	3	-
Granito grosseiro	-	4	-	-	-
Granito médio	1	2	2	1	-
Granito fino	8	-	8	1	-
Granito porfíroide de grão fino	6	-	-	-	-
Rocha básica	1	-	-	-	-

**TABELA VI.3**

Número de espectros, por classes, obtidos para diferentes áreas.

### VI.4.4 Cor de Munsell

Os resultados obtidos não permitiram um agrupamento coerente das amostras, segundo a cor registada em campo, uma vez que a dicotomia, comportamento espectral versus cor, foi extremamente dispar.

Excepcionalmente, as cores N (neutras) foram passíveis de agrupamento, representando sempre espectros de baixas reflectâncias, bastante concordantes com a classe de cobertura por líquenes, sendo estes, maioritariamente, que induzem as cores N.

### VI.4.5 Influência da cobertura por líquenes

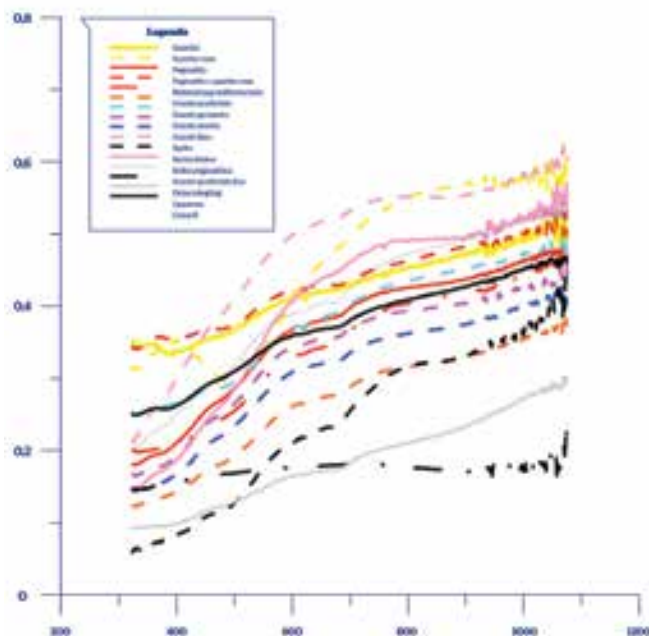
A cobertura de líquenes pode mascarar a reflectância espectral de rochas em afloramento. Medições espectrais efectuadas por Satterwhite et al. (1985), sobre granitos, permitiram concluir que uma cobertura densa de líquenes pode mascarar a resposta espectral dos afloramentos rochosos subjacentes, provocando classificações incorrectas de rochas, quando baseadas, exclusivamente, nos dados de reflectância espectral.

Através dos registos das fichas de campo, quanto à presença de líquenes e sua quantidade relativa nas superfícies amostradas, verificou-se que o comportamento espectral apresenta uma homogeneização nas amostras em que a percentagem de recobrimento por líquenes é superior a 35% da área medida, sendo a cobertura difusa ou dispersa.

### VI.5 Análise das assinaturas espectrais

Na Figura VI.8 são apresentadas as assinaturas espectrais, para cada classe definida, obtidas com recurso à média para cada área em estudo, de modo a permitir obter padrões e deduções de comportamentos espectrais particulares, susceptíveis de diagnóstico em contexto de análise distanciada.

### Médias para todas as áreas



**FIGURA VI.8**

Figura 8| Assinaturas espectrais médias, para as classes consideradas, com base nos valores de reflectância do conjunto das áreas estudadas (yy - reflectância; xx - comprimento de onda em  $\mu\text{m}$ , para todos os gráficos).

É possível verificar, pela observação da Figura VI.8, que existem inflexões nos  $500\mu\text{m}$  e nos  $680\mu\text{m}$ , na generalidade das assinaturas observadas. Existe uma grande similitude nos declives do quartzo, das amostras com líquenes e das cores N, apesar das diferenças de reflectância. Tal deve-se-á ao facto de se tratar de materiais com cor primária muito típica, permitindo a sua distinção espectral.

As elevadas reflectâncias, observadas nas amostras de aplito, podem ser explicadas pelo carácter fortemente leucocrático da fácies.

Os granitos apresentam curvas espectrais bastante similares, quanto à sua forma, com uma ordem bem definida das suas reflectâncias: Granito de grão grosseiro > Granito de grão médio > Granito de grão fino > Granito porfiróide. A curva espectral mais elevada do granito de grão grosseiro, face aos restantes granitos, deve-se-á à caulinição bastante generalizada observada nesta fácies.

A assinatura espectral do quartzo leitoso afigura-se como distinta das demais litologias observadas, com diferenças mais notórias na porção inicial do espectro apresentado (de  $325$  a  $510\mu\text{m}$ ). Já o quartzo róseo apresenta uma assinatura espectral particular, com várias oscilações na mesma porção do espectro considerado.

Os corredores de mingling, a rocha básica e os alvos com recobrimento de líquenes >35%, apresentam os valores de reflectância mais baixos de todas as litologias consideradas, mas não se distinguem entre si.

Dado o objectivo geral do PROSPEG, reveste-se de especial importância a análise das curvas espectrais das massas pegmatíticas e de material pegmatítico indiferenciado e também dos litótipos que, geneticamente ou espacialmente, estão relacionados com os pegmatitos. Em geral as suas assinaturas espectrais surgem praticamente indistintas das assinaturas espectrais dos granitos encaixantes. De modo a explicar esse comportamento, foi efectuada uma análise particular a estes espectros.

#### VI.5.1 Análise das curvas espectrais médias de amostras pegmatíticas

Da observação das diferentes assinaturas é notória uma grande variabilidade, tanto na resposta dos pegmatitos, como do material pegmatítico indiferenciado, para as áreas estudadas, obtendo-se uma assinatura média espectral, conforme observável na Figura VI.9.

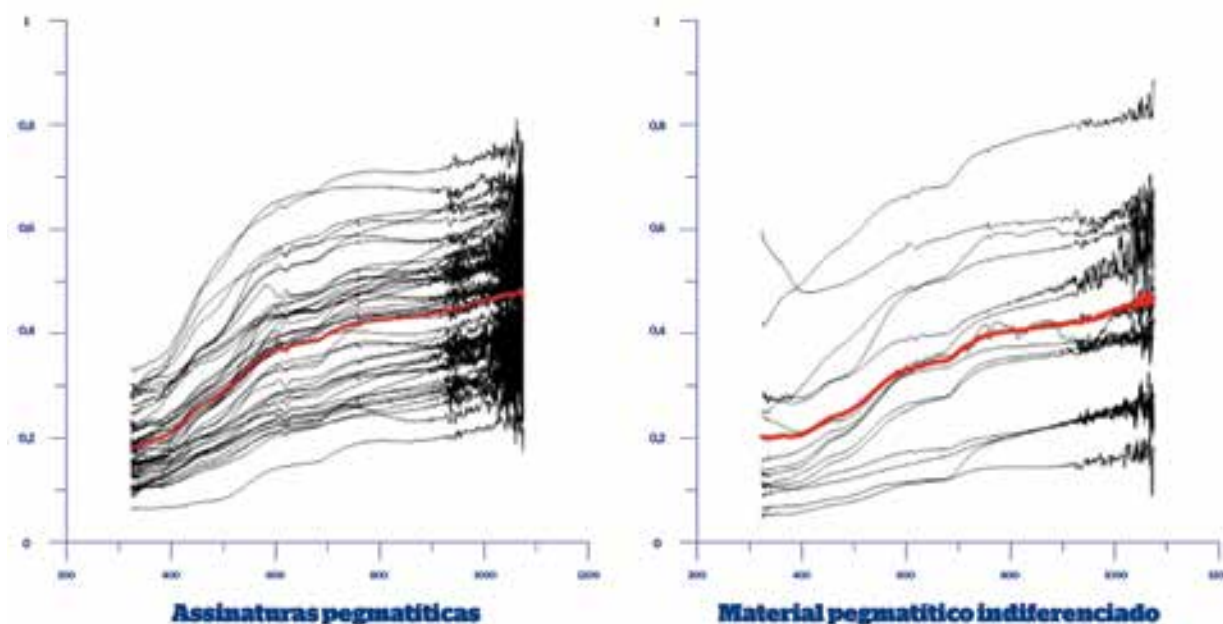


FIGURA VI.9

Assinaturas espectrais de diferentes amostras pegmatíticas, representando-se a vermelho a assinatura espectral média da litologia

Contudo, a assinatura espectral média tende a homogeneizar e a ocultar aspectos particulares de reflectância de diferentes áreas, o que aconselha uma abordagem por áreas de forma independente. Por outro lado, assinaturas pegmatíticas individualizadas apresentam quase invariavelmente inflexões aos 500, 620, 700 e 780 $\mu\text{m}$  e, da mesma forma, as assinaturas para material pegmatítico indiferenciado apresentam inflexões mais conspícuas aos 500, 620 e 700 $\mu\text{m}$ .

### VI.5.2 Análise das curvas espectrais médias por área de estudo

Dada a homogeneização observada nas médias globais, são apresentadas, na Figura VI.10, as curvas espectrais médias obtidas para cada litologia, por área de estudo (A, B1, D, E e G). Nela, são evidenciados os comportamentos espectrais particulares de litologias afins (pegmatitos, granitos e quartzos), nas áreas de estudo consideradas.



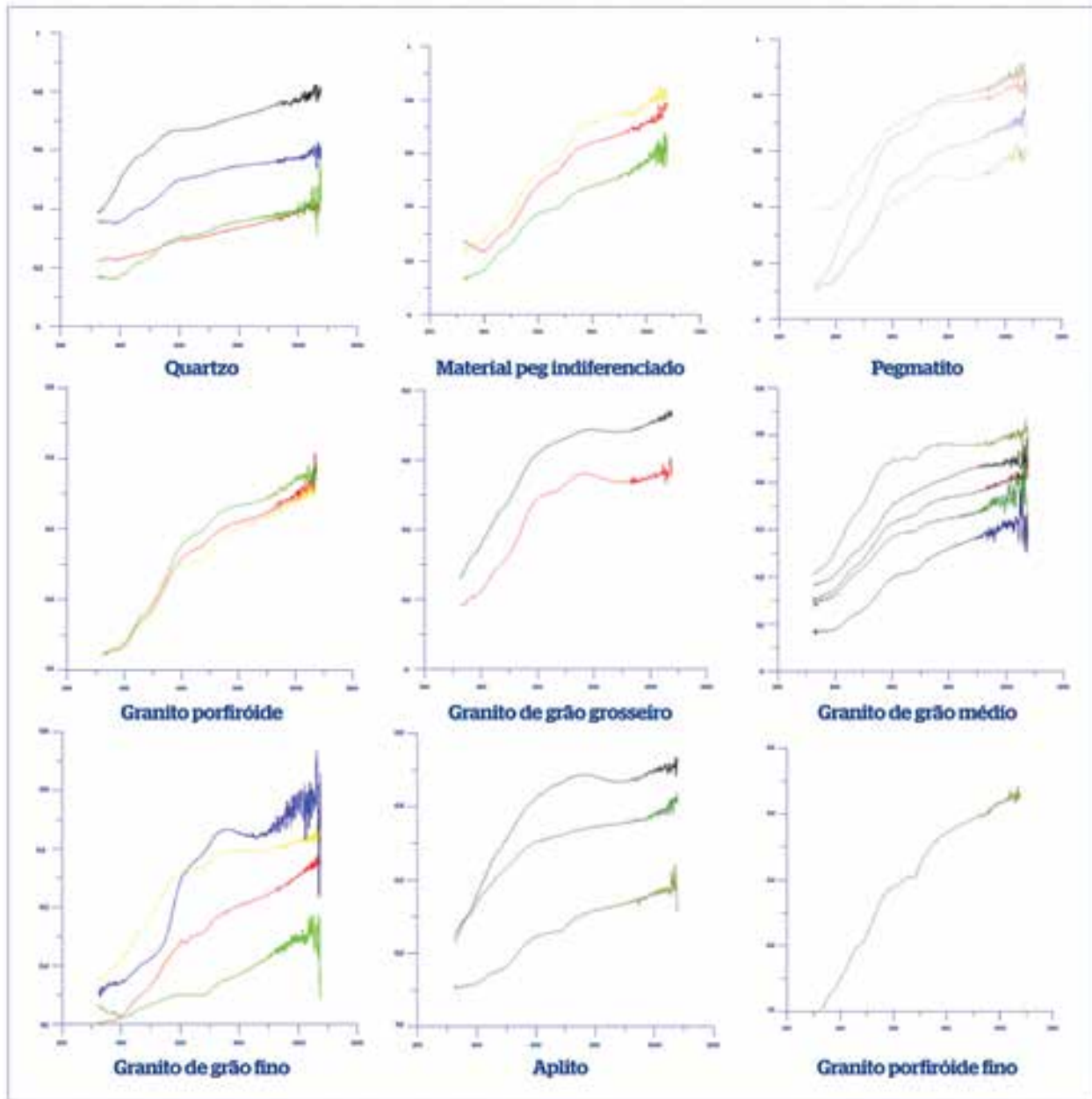


FIGURA VI.10

Curvas espectrais médias, por área, para diferentes litologias (Área A - linha amarela, Área B1 - linha preta, Área D - linha vermelha, Área E - linha Verde, Área G - linha azul).

Com esta abordagem verifica-se uma gradação de reflectância nas diferentes áreas, mantendo-se, no entanto, a formação geométrica das curvas espectrais individuais, para cada litologia observada.

Quando se compara o comportamento espectral das diferentes litologias agrupadas por área de estudo, verifica-se que este adquire características locais divergentes do comportamento médio considerado padrão. Ou seja, os padrões espectrais devem ser considerados para cada área de estudo, de forma independente, e não através da média global, uma vez que esta mascara aspectos característicos de cada contexto geológico portador de pegmatitos. No entanto, mantêm-se os pontos de inflexão comuns entre as assinaturas de pegmatito e de material pegmatítico indiferenciado.

Dentro dos granitos, aqueles que possuem assinaturas mais características são os granitos de grão fino. Os restantes granitos apresentam assinaturas bastante semelhantes entre si, quanto às trajectórias espectrais (inflexões e declives).

Mais do que as curvas isoladamente, para cada área, as diferenças observáveis nas curvas espectrais das diferentes litologias (e a sua conjugação), poderão ser utilizadas como indicadores remotos, em contexto de análise distanciada.

De forma a obter assinaturas espectrais que reflectissem as singularidades de cada contexto geológico particular, os resultados foram agrupados por área geográfica, podendo o resultado ser observado na Figura VI.11, Figura VI.12 e Figura VI.13.

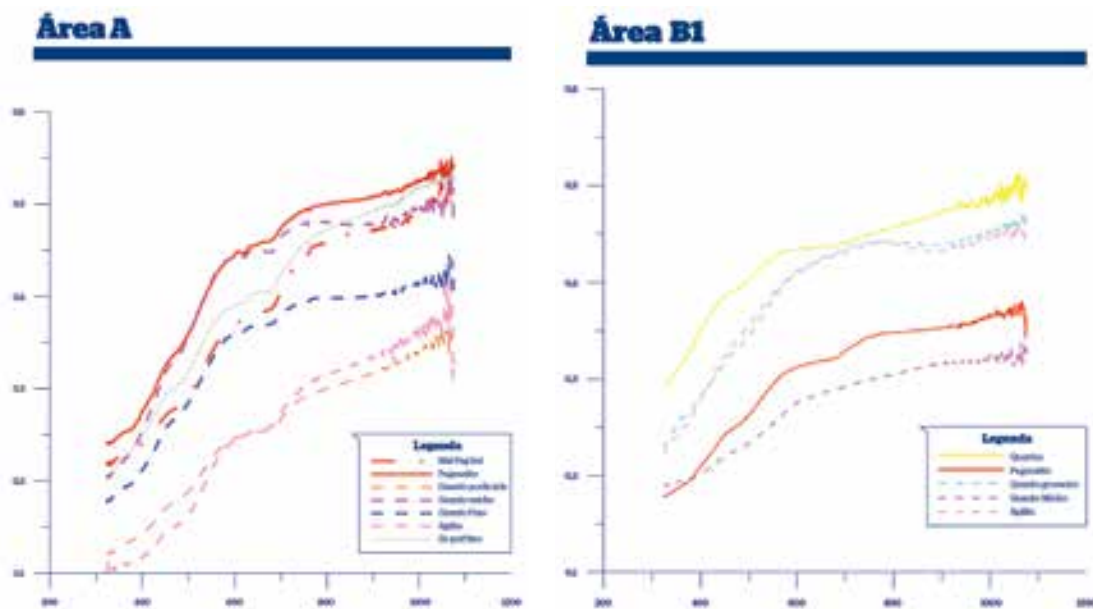


FIGURA VI.11

Relações espectrais obtidas para as principais litologias verificadas nas áreas de estudo (Áreas A e B1)

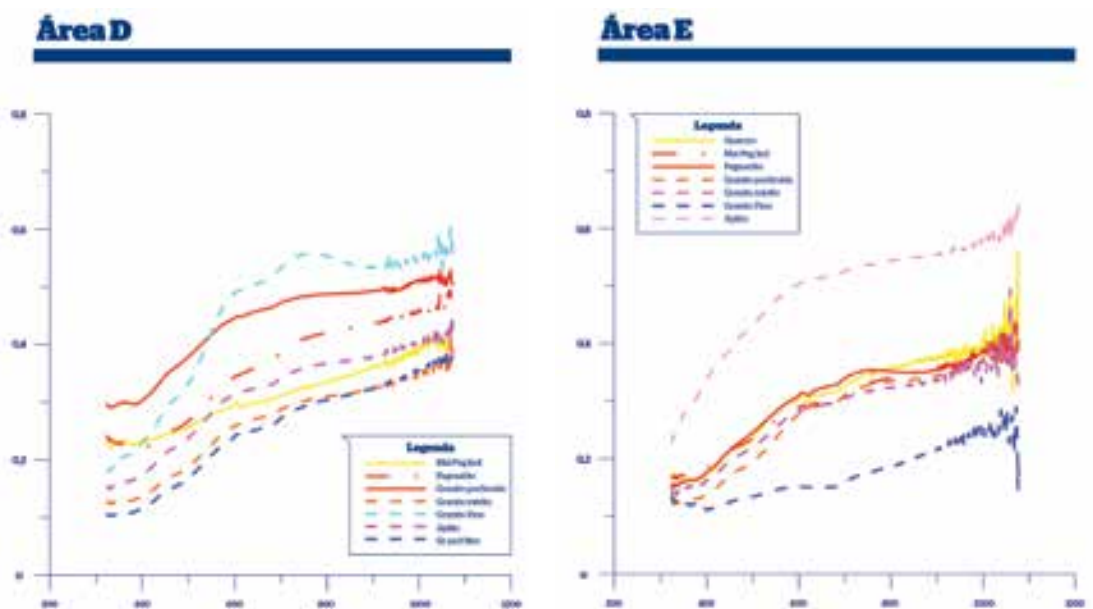


FIGURA VI.12

Relações espectrais obtidas para as principais litologias verificadas nas áreas de estudo (Áreas D e E)

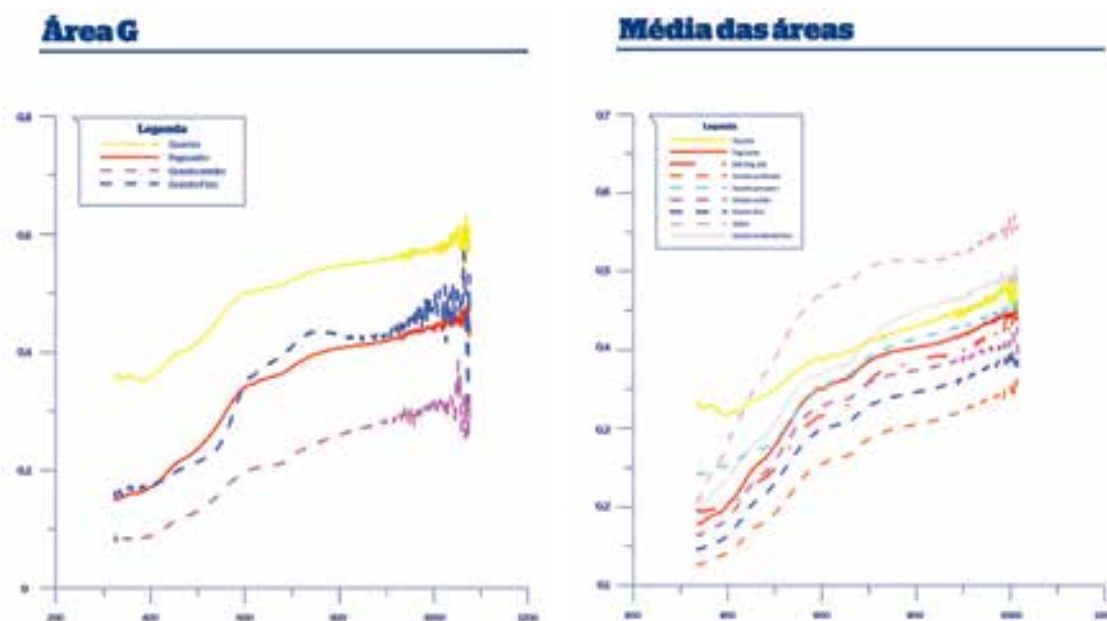


FIGURA VI.13

Relações espectrais obtidas para as principais litologias verificadas nas áreas de estudo (Área G e média global)

Na área A, destacam-se das restantes litologias, o pegmatito, o material pegmatítico indiferenciado e o granito de grão médio, por exibirem curvas de elevada reflectância. A distinção do pegmatito face a todas as outras litologias ocorre partir dos 600 $\mu\text{m}$  até ao final do espectro medido.

Na área B1 destaca-se o quartzo, com reflectâncias superiores às restantes litologias, em todo o espectro considerado. O pegmatito não se apresenta discernível face aos granitos e aplitos existentes.

Na área D, o pegmatito apresenta maiores valores de reflectância até aos 550 $\mu\text{m}$ , a partir do qual se torna menos reflectante que o granito de grão grosseiro. O material pegmatítico indiferenciado apresenta maior reflectância, do que os granitos, para todo o espectro considerado.

Na área E, à excepção do aplito, que possui as maiores reflectâncias, e do granito de grão fino, que possui as menores reflectâncias, não é possível discernir as restantes litologias. No entanto, o pegmatito possui maior reflectância do que as restantes litologias no intervalo 600 - 760 $\mu\text{m}$ .

Na área G, destaca-se o quartzo, com maiores reflectâncias para todo o espectro considerado. Quanto ao pegmatito, o seu comportamento espectral assemelha-se ao granito de grão fino, com excepção no intervalo 425-580 $\mu\text{m}$ . O granito de grão médio exhibe as menores reflectâncias de todo o conjunto amostral.

Observando os valores médios das áreas, é destacada a assinatura do quartzo, que possui um comportamento distinto, caracterizado pelo baixo declive na região inicial do espectro medido.

Para cada área individualmente, pegmatito indiferenciado, aplito e leucogranitos apresentam pelo menos alguns domínios geométricos que se distinguem das rochas encaixantes, tanto em afloramento como em análise distanciada.

Uma vez mais, confirma-se a homogeneização induzida, ao considerar médias globais de litologias de diferentes áreas.

## VI.6 Conclusões

Com este estudo foi possível concluir que, para litologias do mesmo tipo, existe uma variação da resposta espectral, em função da área estudada.

Essa variação dever-se-á, possivelmente, a uma acção conjunta de vários factores, entre os quais:

- as condições de génese próprias de cada área;
- os diferentes tipos e graus de alteração meteórica (p.e. caulínização);
- os fenómenos de alteração hidrotermal muito localizados e com menor expressão espacial (p.e. ferruginização, epidotização, zinwalditização).

Apesar de existir variabilidade no espectro médio de reflectâncias nas diferentes litologias, é possível definir espectros típicos para cada área.

Concluiu-se também que a reflectância tem uma relação directa com o carácter leucocrático dos alvos observados, podendo ser isolados diferentes intervalos de máxima reflectância relativa, que permitirão equacionar a distinção de litologias, auxiliando a análise distanciada.

O recobrimento por líquenes, a partir dos 35% de área em afloramento, adquire um efeito de máscara que oblitera as relações espectrais, surgindo uma assinatura própria em termos espectrais, com baixas reflectâncias típicas.

Da mesma forma, rochas que exibem cores neutras de Munsell são entidades próprias no que concerne às assinaturas espectrais, caracterizadas por baixas reflectâncias e curvas espectrais achatadas.

Os resultados obtidos a partir das amostras de sondagens e “chips” litológicos, apesar de não conclusivos, poderão ter utilidade em trabalhos futuros de caracterização espectral.



# Referências bibliográficas

- Alonso** JM; Paredes, C. e Caldas, B. (2005) - Sebenta de Detecção Remota - Escola Superior Agrária de Ponte de Lima - Instituto Politécnico de Viana do Castelo, 104pp
- Anguix** A, Díaz, L., & Carrera, M. (2008) - gvSIG: A GIS desktop solution for an open SDI. *Journal of Geography and Regional Planning*, 1(3), 041-048.
- Azevedo** M. & Aguado, B. (2013) - Origem e instalação dos Granitóides Variscos na Zona Centro-Ibérica. In: R. Dias, A. Araújo, P. Terrinha, J.C. Kullberg (Eds), *Geologia de Portugal*, vol. 1, Escolar Editora, 377-402.
- Barbey** P, Gasquet D, Pin C, Bourgeix A L (2008) Igneous banding, schlieren and mafic enclaves in calc-alkaline granites: The Budduso pluton (Sardinia). *Lithos*, 104(1), 147-163.
- Bellian** J.A.; Kerans, C. e Jennette, D.C. (2005) - Digital outcrop models: applications of terrestrial scanning lidar technology in stratigraphic modeling. *Journal of Sedimentary Research*, 75(2), 166-176.
- Beus** A.A., & Sitnin, A.A. (1968) Geochemical specialization of magmatic complexes as criteria for the exploration of hidden deposits. *International Geological Cong.*, 13th, Prague, Report 6, 101-105.
- Brisbit** W. C. (1986) - Mechanics of pegmatite intrusion. *American Mineralogist*, vol. 71, 644-651.
- Brun** J.P. & Pons, J. (1981) - Strain patterns of pluton emplacement in a crust undergoing non coaxial deformation. *J. Struct. Geol.*, 3, 219-229.
- Câmara** G, Souza, R. C. M., Freitas, U. M., & Garrido, J. (1996) - SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. *Computers & graphics*, 20(3), 395-403.
- Cameron** E. N.; Jahns, R. H.; Page, L. R.; McNair, A. H. (1949) - Internal structure of granitic pegmatites. *Economic Geology, Monograph*, vol. 2, 115p.
- Candela** P. A. (1997) - A review of shallow, ore-related granites: textures, volatiles, and ore metals. *Journal of Petrology*, 38(12), 1619-1633.
- Černý** P. & Ercit, T. S. (2005) - The classification of granitic pegmatites revisited. *The Canadian Mineralogist*, 43(6).
- Černý** P. (1982) - Anatomy and classification of granitic pegmatites. In: *Granitic pegmatites in science and industry*. Mineralogical Association of Canada, Short Course Handbook, 8, 1-32.
- Charoy** B. (1979) - Definition et importance des phenomenes deuteriques et des fluides associes dans les granites. *Consequences metallogeniques. Mem. Sci. Terre*, 37, 364p.
- Chaussier** J.B., & Morer, J. (1992) - *Manual du prospecteur minier*. Editions BRGM, Orleans, France, 272p.
- Chuvieco** E. (1996) - *Fundamentos de Teledetección Espacial*, Tercera Edición Rev. Rialp, Madrid, Spain.
- Costa** M. M. (2006) - *Geoquímica de granitóides de Pera Velha - Vila Nova de Paiva - Ferreira de Aves*. Tese de Mestrado. Univ. de Aveiro. 150p.
- Correia Neves** J. (1960) - Pegmatitos com berilo, columbite-tantalite e fosfatos da Bendada (Sabugal, Guarda). *Memórias e Notícias, Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico da Universidade de Coimbra*, Coimbra, 50, 1163.
- Dias** P. A.; Araújo, P.; Pereira, M.; Pereira, B.; Azevedo, J.; Oliveira, J.; Carvalho, J.; Leal Gomes, C. (2013) - Structural and paragenetic analysis of swarms of bubble like pegmatites in a miarolitic granite from Assunção South - Viseu - Central Portugal. *Proceedings of the 6th International Symposium on Granitic Pegmatites (PEG 2013)*, United States, pp. 39-40.
- Dias** P.A., Pereira, B., Leal Gomes, C., Guimarães, F. - (2009) Structure and mineralogy of the Muro Alto granitic pegmatite (Vieira do Minho - Portugal) - Peculiar assemblages of high-F hydrothermal evolution. *Estudos Geológicos (Special Issue of contributions to the 4th International Symposium on Granitic Pegmatites)*, vol. 19 (2), 105-110.
- Dias** P. A.; Oliveira, J.; Leal Gomes, C.; Rodrigues, J. (2006) - Topazitos das Minas Velhas da Queiriga (Viseu) e mineralizações associadas - Análise estrutural e paragenética. VII Cong. Nac. Geol. (J. Mirão & A. Balbino, eds), Estremoz, 1165-1168.
- Dias** R. & Coke, C. (2006) - O funcionamento dos grandes acidentes crustais no controlo da génese e instalação das rochas graníticas na zona Centro-Ibérica. VII Cong. Nac. Geol. (J. Mirão & A. Balbino, eds), Estremoz, 1231-1234.
- Ferreira** A. & Almeida, J. (2011) - A modelação geológica 3D como ferramenta de apoio na prospecção de pegmatitos litíferos. In: *Valorização de pegmatitos litíferos*. Martins, L. M. P.; Oliveira, D.; Silva, R.; Viegas, H.; Vilas Boas, R. (Eds), Lisboa, DGEG/LNEG/ADI/CYTED, p.15-18.
- Ferreira** N, Iglesias, M., Noronha, F., Pereira, E., Ribeiro, A. & Ribeiro, M.L. (1987). Granitóides da Zona Centro Ibérica e seu enquadramento geodinâmico. In: Bea, F. et al. (Eds.), *Geologia de los granitoides y rocas asociadas del Macizo Hesperico*, Libro Homenaje a L.C. Garcia de Figueroa, Editorial Rueda, Madrid, pp. 37-51.
- Galeschuk** C. & Vanstone, P. (2007) - Exploration Techniques for Rare-Element Pegmatite in the Bird River Greenstone Belt, Southeastern Manitoba. In: *Proceedings of Exploration 07: Fifth Decennial International Conference on Mineral Exploration*. B. Milkereit (Ed), p. 823-839.
- Garcia** A. R. (1994) - *Reflectancia en rocas en función de su litología y fábrica interna*. PhD Thesis, Univ. Complutense de Madrid, 100p.

- Gaumont** G., Collon-Drouaillet, P., Le Carlier de Veslud, C., Viseur, S., & Sausse, J. (2009) - Surface-Based 3D Modeling of Geological Structures. *Mathematical Geosciences*, 41, 927-945.
- Guimarães** D. (2012) - Cinemática da mobilidade pegmatítica em enxames epi a mesocorticais: modelos conceptuais aplicados à prospecção. Tese de Mestrado, Univ. do Minho, 104p.
- Guimarães** D. & Leal Gomes, C. (2010) - Evolução de forma e implantação de pegmatitos intra-graníticos Variscos - N de Portugal. I - dispositivos ascensionais. *Actas do VIII Congresso Nacional de Geologia*. Vol. II.
- Gupta** R. P. (2003) - Remote sensing geology. Springer.
- Iglesias** M., & Ribeiro, A. (1981) - La zone de cisaillement ductile de Juzbado (Salamanca)-Penalva do Castelo (Viseu): Un linéament ancien réactivé pendant l'orogénese Hercynienne. *Comun. Serv. Geol. Port.* 671: 89-93.
- Justo** A.P.; Perrotta, M.M.; Souza Filho, C.; Senha, J.; Quitete, E. (2012) - Espectroscopia de reflectâncias de minerais de pegmatitos e seus encaixantes: primeiros dados do Distrito Pegmatítico Solonópole-Banabuiú. In: Congresso Brasileiro de Geologia e Congresso de Geologia dos Países de Língua Portuguesa, Santos, 1p.
- Leal Gomes** C. (2011) - Uma perspectiva naturalista sobre os recursos base de Li e a prospecção estratégica de pegmatitos graníticos em territórios lusófonos. In: Valorização de pegmatitos litíferos. Martins, L. M. P., Oliveira, D.; Silva, R.; Viegas, H.; Vilas Boas, R. (Eds), Lisboa, DGEG/LNEG/ADI/CYTED, pp.9-13.
- Leal Gomes** C. (2010) - Distribuição espacial dos recursos de materiais cerâmicos pegmatíticos no noroeste de Portugal - Matriz orogénica e metalogénese relacionada. In: Ciências Geológicas - Ensino e Investigação e sua História, 2010, vol. II, pp. 25-35.
- Leal Gomes** C.; Azevedo, A.; Lopes Nunes, J.; Dias, P. A. (2009) - Phosphate fractionation in pegmatites of Pedra da Moura II claim - Ponte da Barca - Portugal. *Estudos Geológicos (Special Issue of contributions to the 4th International Symposium on Granitic Pegmatites)*, vol.19 (2), pp.172-176.
- Leal Gomes** C. & Azevedo, A. (2003) - Caracterização difractivométrica e evolução paragenética de fosfatos em pegmatitos do grupo Senhora de Assunção, Viseu. IV Congresso Ibérico de Geoquímica: XIII Semana de Geoquímica: resumos/comissão organizadora A. M. R. Neiva [et al.], Coimbra: Universidade de Coimbra, Departamento de Ciências da Terra, 2003, 56-58.
- Leal Gomes** C. & Nunes, J. E. L. (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, vol. II, pp. 85-109.
- 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, 695 p.
- Lima** A. (2000) - Estrutura, mineralogia e génese dos filões aplitopegmatíticos com espodumena da região Barroso-Alvão. Tese de Doutoramento, Univ. do Porto, 270 p.
- Lima** S.; Neiva, A.M.R.; Ramos, J.F. (2013) - Characterization and origin of 'common pegmatites': the case of intragranitic dikes from the Pavia pluton (western Ossa-Morena Zone, Portugal). *Proceedings of the 6th International Symposium on Granitic Pegmatites (PEG 2013)*, United States, pp. 79-80.
- Lima** S. M., Corfu, F., Neiva, A. M. R., & Ramos, J. M. F. (2012). Dissecting Complex Magmatic Processes: an in-depth U-Pb Study of the Pavia Pluton, Ossa-Morena Zone, Portugal. *Journal of Petrology*, 53(9), 1887-1911.
- Lobato** C. (1971) - Condições geológicas de integração de exploração de jazigos pegmatíticos das Beiras - Portugal. I Congresso Hispano-Luso-Americano de Geologia Económica, p. 721-741.
- London** D. (2008) - Pegmatites. *Canadian Mineralogist Special Publication*, vol. 10, 368 p.
- Martins T. & Lima A** (2011) - Pegmatites from Barroso-Alvão, Northern Portugal: anatomy, mineralogy and mineral geochemistry. *Cadernos Lab. Xeolóxico de Laxe*. Vol. 36, pp. 181 - 208.
- Minnaar** H. (2006) - The exploitability of pegmatite deposits in the lower Orange River area. M.Sc. Thesis. Univ. de Pretoria. 90 p.
- Neiva** J.M.C. (1944) - Jazigos portugueses de cassiterite e volframite. *Comun. Serv. Geol. de Portugal*. vol. XXV, 1-251.
- Noronha** F., Ribeiro, M.A., Almeida, A., Dória, A., Guedes, A., Lima, A., Martins, H.C., Sant' Ovaia, H., Nogueira, P., Martins, T., Ramos, R. & Vieira, R. (2013) - Jazigos filonianos hidrotermais e aplito-pegmatíticos espacialmente associados a granitos (norte de Portugal). In: R. Dias, A. Araújo, P. Terrinha, J.C. Kullberg (Eds), *Geologia de Portugal*, vol. 1, Escolar Editora, 403-438.
- Noronha** F.; Ribeiro, M.A.; Martins, H.C. & Lima, J. (1998) - Folha 6-D (Vila Pouca de Aguiar) da Carta Geológica de Portugal na escala 1:50 000. *Serv. Geol. Portugal*.
- Oliveira** J.P.; Pereira, E.; Ramalho, M.M.; Antunes, M.T.; e Monteiro, J.H. (Coord) (1992) - Carta Geológica de Portugal, escala 1/500000, *Serv. Geol. Portugal*, Lisboa.
- Patterson** J.E. & Cook, F.A. (2002) - Successful application of ground penetrating radar in the exploration of gem tourmaline pegmatites of southern California. *Geophysical prospecting* 50,2, 107-117.
- Paterson SR** Vernon R.H, Zak J (2005) Mechanical instabilities and physical accumulation of K-feldspar megacrysts in granitic magma. *Tuolumne Batholith, California, USA. Journal of Virtual Explorer*, 18(1), 118.
- Peng, G. X** Ye, Z. C., Gao, G. M., Feng, D. S., & Xiong, Y. (2011) - Pegmatite remote sensing extraction and metallogenic prediction in Azubai area, Xinjiang. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 21, s543-s548.
- Pereira** B. (2009) - Métodos de detecção remota na prospecção de pegmatitos intra-graníticos do Norte e Centro de Portugal (Cintura Hercínica Centro-Ibérica). Contributo para a elaboração de uma cartografia preditiva de ocorrências. Tese de Mestrado. Univ. do Minho, 109 p.
- Pereira** M.F. (2004) - Organização estrutural e mineralógica do aparelho pegmatítico de Pereira de Selão (Seixigal) - Vidago (N de Portugal). Tese de doutoramento, Univ. Téc. Lisboa, 393 p.
- Pereira** M. F. C.; Leal Gomes, C. A.; Aires Barros (1998) - Análise estrutural do modo de instalação do pegmatito granítico de Pereira do Selão - Vidago (N de Portugal). *Comunicações I.G.M.*, T. 84, Fasc. 1, pp. B-43B-46.
- Phillips** W. J. (1974) - The dynamic emplacement of cone-sheets. *Tectonophysics*, 24, pp. 69-84.
- Phillips** W. J. (1972) - Hydraulic fracturing and mineralization. *Q.J.G.S.*, London, 128, pp. 33-359.
- Puga** M. S.; Leal Gomes, C.; Vide, R. (2003) - Modo de ocorrência e ensaios de aplicação industrial da petalite do jazigo pegmatítico da Queiriga - Sátão (Viseu). Resumos do IV Congresso Ibérico de Geoquímica, Coimbra, pp.196-198.
- Pupier E** Barbey P, Toplis M.J, Bussy F (2008) Igneous layering, fractional crystallization and growth of granitic plutons: the Dolbel Batholith in SW Niger. *Journal of Petrology*, 49(6), 1043-1068.

- Rabaça** ▶ T.J.L. (2001) - Caracterização Geoambiental da região de Penamacor-Idanha por Aplicação de Técnicas de Detecção Remota. Tese de Mestrado. Univ. de Coimbra, 226 p.
- Ramos** ▶ J.; Silva, P.B.; Neiva, A.; Gomes, E. (2006) - Evolução geoquímica de pegmatitos LCT da região Centro de Portugal no sentido do enriquecimento em lepidolite. VII Cong. Nac. Geol.(J. Mirão & A. Balbino, eds), Estremoz, 1193-1198.
- Ramos** ▶ J. (1998) - Mineralizações de metais raros de Seixo Amarelo-Gonçalo (Guarda). Contribuição para o seu conhecimento. Tese de doutoramento, Univ. de Lisboa, 659 p.
- Ray** ▶ R. G. (1960) - Aerial photographs in geologic interpretation and mapping. US Govt. Print. Nº 373.
- Ribeiro** ▶ A. (2013) - Evolução geodinâmica de Portugal; os ciclos ante-mesozóicos. In: R. Dias, A. Araújo, P. Terrinha, J.C. Kullberg (Eds), Geologia de Portugal, vol. 1, Escolar Editora, 15-57.
- Roberts** ▶ J.L. (1970) - The intrusion of magma into brittle rocks. In: Newal and Rast, mechanism of igneous intrusion. Gallery Press, Liverpool, pp. 287-338.
- Rodrigues** ▶ J. (1997) - Estudo tectonosedimentar do extremo SE a zona de cisalhamento do Sulco Carbonífero Dúrico-Beirão (região de Queiriga-Satão, NE de Viseu). Tese de Mestrado, Univ. de Lisboa.
- Sabins** ▶ F. (2007) - Remote sensing: principles and applications. Waveland Press.
- Santos** ▶ A. R.; Peluzio, T. M. O.; Saito, N. S. (2010) - SPRING 5.1.2: passo a passo: Aplicações Práticas. Alegre: CAUFES. 153 p.
- Satterwhite** ▶ M. B., Ponder Henley, J., & Carney, J. M. (1985) - Effects of lichens on the reflectance spectra of granitic rock surfaces. Remote Sensing of Environment, 18(2), 105-112.
- Scanvic** ▶ J. (1993) - Télédétection aérospatiale et informations géologiques. BRGM (Editions). V.24. 284p.
- Silva** ▶ P.; Neiva, A.M.R. e Ramos, F. (2003) - Geoquímica de rochas graníticas da região de Guarda - Sabugal. Resumos do IV Cong. Ibérico de Geoquímica, Univ. de Coimbra, 130-132.
- Silva** ▶ P.; Neiva, A.; Ramos, J. (2006) - Geoquímica de aplito-pegmatitos de Pega (Sabugal, Centro de Portugal). VII Cong. Nac. Geol.(J. Mirão & A. Balbino, eds), Estremoz, 1203-1206.
- Silva** ▶ S.M.P. da (2009) - Espectroscopia de imageamento e gamaespectrometria aérea e terrestre de pegmatitos e granitos da porção sul da Província Pegmatítica da Borborema (PPB), Nordeste do Brasil. Tese de Doutoramento. Universidade Estadual de Campinas. 173 p.
- Silva** ▶ V. (2002) - Qualificação dos recursos de minerais cerâmicos pegmatíticos. Contributo para a gestão dos recursos pegmatíticos do Minho. Tese de Mestrado. Univ. do Minho. 151p.
- Tadeu** ▶ D. (1965) - Carta mineira de Portugal na escala de 1:500 000: notícia explicativa.
- Teixeira** ▶ C. (1981) - Sur l'âge des filons de roches basiques encaissés dans les granites hercyniens portugaises. Cuad. Lab. Xeol. De Laxe 2 (1), 69-73.
- Teixeira** ▶ C.; Medeiros, C. & Lopes, J.T. (1975) - Notícia explicativa da folha 5-B da Carta Geológica de Portugal na escala 1:50 000. Serviços Geológicos de Portugal. 61p.
- Teixeira** ▶ C.; Medeiros, C. & Lopes, J.T. (1974) - Folha 5-B da Carta Geológica de Portugal, na escala de 1:50.000. Serviços Geológicos de Portugal.
- Teixeira** ▶ C. (Rev) (1972) - Folha 14-D (Aguiar da Beira) da Carta Geológica de Portugal na escala 1:50 000. Serv. Geol. Portugal.
- Teixeira** ▶ C. & Medeiros, C. (1969) - Folha 6-B da Carta Geológica de Portugal na escala 1:50 000. Serviços Geol. Portugal.
- Teixeira** ▶ C. (Rev) (1963) - Folha 18-C (Guarda) da Carta Geológica de Portugal na escala 1:50 000. Serv. Geol. Portugal.
- Trabulo** ▶ L. C., Leal Gomes, C. & Lopes Nunes, J.E. (1995) - Enquadramento geológico, estrutura e paragéneses do grupo pegmatítico de Senhora da Assunção - Aguiar da Beira - centro de Portugal. Publ. Museu Lab. Min. Geol., Univ. Porto, Memoria nº4, pp. 837-841.
- Trueman** ▶ D.L. & Černý, P. (1982) - Exploration for rare-element granitic pegmatites. In: Granitic pegmatites in science and industry. Mineralogical Association of Canada, Short Course Handbook 8, 463-493.
- Weinberg R F** ▶ Sial, A. N., Pessoa R. R. (2001) Magma flow within the Tavares pluton, northeastern Brazil: Compositional and thermal convection. Geological Society of America Bulletin, 113:508-520.
- Wester** ▶ K. (1992) - Spectral signature measurements and image processing for geological remote sensing. PhD Thesis. Univ. Stockholm. 130 p.
- Žák J** ▶ Klomínský J (2007) Magmatic structures in the Krkonoše-Jizera Plutonic Complex, Bohemian Massif: evidence for localized multiphase flow and small-scale thermal-mechanical instabilities in a granitic magma chamber. Journal of volcanology and geothermal research, 164(4), 254-267.

## Websites consultados:

<http://www.gvsig.org/web/>  
<http://www.dpi.inpe.br/spring/english/>  
<http://geoportal.in.gov.br/geoportal/egeo/bds/siomnlp/>  
<http://www.gdemaster.ersdac.or.jp/index.jsp>  
<http://sniambapambiente.pt/webatlas/>  
[https://lpdaac.usgs.gov/data\\_access/glovis](https://lpdaac.usgs.gov/data_access/glovis)  
<https://www.dgeg.pt>

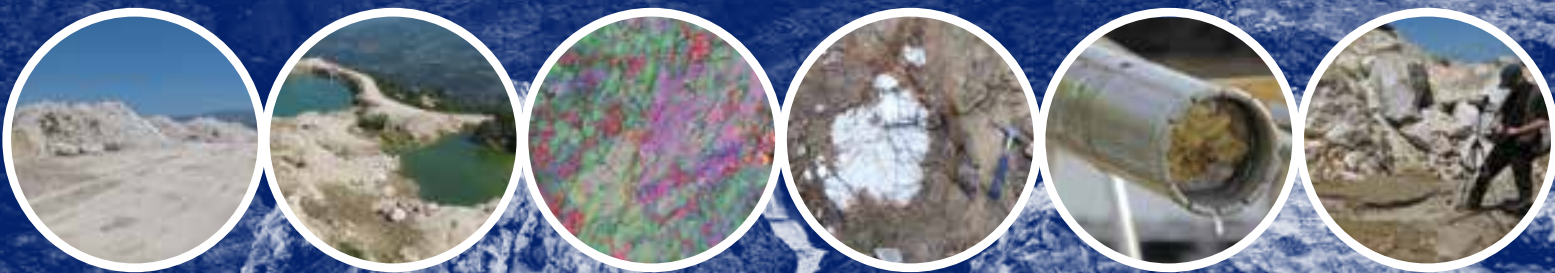






# PROSPEG

PROJECTO DE PROSPECÇÃO, ANÁLISE DISTANCIADA  
E DETECÇÃO REMOTA DE PEGMATITOS



CO-PROMOÇÃO



Universidade do Minho



SINERGEO  
SOLUÇÕES APLICADAS EM GEOLOGIA  
HIDROGEOLOGIA E AMBIENTE, LDA.

CO-FINANCIAMENTO



O NOVO NORTE  
PROGRAMA OPERACIONAL  
REGIONAL DO NORTE



QUADRO  
DE REFERÊNCIA  
ESTRATÉGICO  
NACIONAL  
2007-2013



UNIÃO EUROPEIA  
Fundo Europeu de  
Desenvolvimento Regional