

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



**Caracterização petrográfica e geoquímica das fácies graníticas
contíguas ao sistema filoniano W-Sn de Mata da Rainha
(Fundão); implicações metalogenéticas**

Beatriz Feteira de Carvalho Pereira

Mestrado em Geologia
Especialização em Geodinâmica e Recursos Geológicos

Dissertação orientada por:
António Manuel Nunes Mateus e Ícaro Fróis Dias da Silva

Agradecimentos

Este trabalho foi financiado pelo projecto MOSTMEG (*Predictive models for strategic metal rich, granite-related ore systems based on mineral and geochemical fingerprints and footprints*) - ERA-MIN Joint Call 2019 (EU Horizon 2020 ERA-NET Co-fund Project ERA-MIN2, Grant agreement N° 730238), <http://doi.org/10.54499/ERA-MIN/0002/2019>, <https://mostmeg.rd.ciencias.ulisboa.pt/>.

Durante esta extensa e desafiante etapa que foi o Mestrado, tive o privilégio de contar com o apoio de várias pessoas que foram essenciais ao longo destes últimos dois anos. A todas elas, deixo o meu sincero e sentido agradecimento, pois, sem o seu contributo, este percurso não teria sido possível.

Primeiramente, gostaria de agradecer aos meus orientadores, prof. Dr. António Mateus e prof. Dr. Ícaro Dias da Silva, pela paciência incansável, pela disponibilidade, pelas palavras de atenção e, muitas vezes, de preocupação. Por me motivarem nos momentos em que os desafios pareciam intransponíveis e por nunca deixarem de acreditar em mim. O vosso contributo foi essencial para a concretização desta tese e, acima de tudo, ajudou-me a desenvolver uma verdadeira mentalidade de geóloga. A ambos, expresso a minha profunda gratidão.

À Sofia Rodrigues, pelos momentos de conversa que aligeiravam o trabalho feito em contra-relógio, pelas mensagens amigas e pela preocupação constante.

Ao Dr. Pedro Rodrigues, por todo o apoio e orientação na recolha e processamento dos dados de Química Mineral.

À Ana Rita Andrade, colega de orientadores. O meu obrigado pelo trabalho árduo em equipa na fase inicial deste trabalho, para cumprirmos com os prazos apertados.

Um enorme obrigado aos amigos e colegas que me ajudaram a cumprir os prazos de envio das amostras — sem vocês, não teria sido possível.

Ao Bruno Martins, companheiro de tese, pela ajuda com o R e pelas palavras motivacionais.

Um agradecimento especial à VicenTuna, a família que a faculdade me deu. Tive a sorte de conhecer muitas pessoas a quem sou grata, especialmente aquelas que fizeram parte do meu percurso, seja há sete anos ou há menos de um. Todas as vossas palavras de amizade, os momentos de folia e alegria foram, por diversas vezes, o que me animou e permitiu descontraír. Quero destacar, em particular, a Carolina, pelas palavras reconfortantes e de motivação; o Diogo, pela companhia interminável no C1 até altas horas, pelos conselhos e pelo apoio constante; a Ângela, a Inês e o Nuno, pela compreensão e pelo excelente trabalho em equipa — sem vocês, este último ano teria sido muito mais difícil. Aos meus afilhados, agradeço pelas palavras de incentivo e até pelas perguntas insistentes sobre a tese.

À minha melhor amiga Inês Caçador, um grande e emotivo obrigado. Foste a pessoa que sempre esteve lá para me apoiar no que fosse preciso, na revisão de textos, nas saídas para espairecer, nos mil e um desabafos quando o trabalho não estava a correr bem. O teu apoio e incentivo foram fundamentais para tornar este desafio mais fácil de enfrentar.

Aos meus melhores amigos, Beatriz Rosa e Eduardo Esteves, que, apesar da distância, sempre perguntavam como eu estava e como ia o trabalho.

Aos meus tios, primos e avós, por acreditarem sempre que eu seria capaz de terminar este trabalho com êxito.

Por último, mas de forma alguma menos importante, quero deixar um agradecimento muito especial aos meus pais. Obrigada por serem o meu pilar de confiança, especialmente quando eu própria vacilava, e por me mostrarem que, com esforço e dedicação, é possível alcançar aquilo a que nos propomos.

Agradeço as palavras de preocupação, a compreensão pelos fins de semana em que não fui a casa e, por vezes, pelo silêncio em relação ao progresso da tese. Sempre me incentivaram a dar o meu melhor em tudo o que faço — e foi com esse princípio que percorri este caminho.

Resumo

O presente trabalho incidiu sobre a análise da distribuição espacial e caracterização petrográfica, mineralógica e geoquímica das fácies graníticas e estruturas filonianas constituintes do domínio NE do batólito de Orca (Zona Centro-Ibérica, Portugal). Investigou-se também a possível relação entre as variações texturais e mineralógicas observadas e o sistema mineralizante magmático-hidrotermal de Mata da Rainha. Distinguiram-se quatro fácies graníticas. As fácies internas, de núcleo (FN) e bordadura (FB), correspondem a granitos de duas micas, porfiróides, contendo pseudomorfoses de moscovite e quartzo, provavelmente substituindo cordierite magmática. A fácies de bordadura proximal (FBP), distinta da de bordadura, caracteriza-se por maior quantidade de moscovite e turmalina. A fácies mais alterada constitui um “pseudo-greisen”, diferenciando-se das restantes devido à prevalência de moscovite e quartzo. O bordo é cortado por filões de natureza aplítica e microgranítica, cuja génese é imputável a estágios precoces a tardios de segregação de fundidos.

A massa granítica principal, rica em elementos fundentes e com significativa componente metassedimentar, instalou-se por volta dos 310 Ma (sin- a tardi-D3 do Ciclo Varisco), cristalizando a cerca de 800°C sob condições redutoras. A evolução magmática, marcada por assinalável diferenciação, conduziu à sequência $FN \Rightarrow FB \Rightarrow FBP$, culminando com intensos processos de alteração hidrotermal, como moscovitização, turmalinização e silicificação (450-250°C, entre 298-280 Ma). Estes processos obliteraram características primárias das fácies de bordadura proximal e “tipo-greisen”, gerando também estruturas filonianas de quartzo, turmalina e talvez cassiterite, possivelmente portadoras de alguma mineralização de interesse. Os estádios finais dos eventos (magmático-)hidrotermais conduziram ao desenvolvimento de numerosos veios de quartzo, alguns dos quais explorados na antiga mina de W(-Sn) de Mata da Rainha.

Destacou-se, por último, a importância do controlo estrutural na instalação, arrefecimento e alteração do plutão de Orca, que terá promovido incrementos locais de permeabilidade, focalizando a circulação de fluidos e favorecendo o desenvolvimento dos corpos filonianos.

Palavras-chave: W-Sn; Mineralização filoniana; Batólito de Orca; Diferenciação magmática; Alteração hidrotermal

Abstract

This work focused on the analysis of the spatial distribution and petrographic, mineralogical and geochemical characterisation of the granitic facies and lode structures forming the NE domain of the Orca pluton (Central Iberian Zone, Portugal). The possible relationship between the textural and mineralogical variations observed and the magmatic-hydrothermal mineralising systems of Mata da Rainha was also investigated. Four granitic facies were distinguished. The internal facies, core (FN) and rim (FB), are two-mica, porphyroid granites containing pseudomorphs of muscovite and quartz, probably replacing magmatic cordierite. The proximal rim facies (FBP), distinct from the rim facies, is characterised by a greater amount of muscovite and tourmaline. The most altered facies is a 'pseudo-greisen', comprising abundant muscovite and quartz. The pluton's rim is cut by aplitic and microgranitic veins, which formation is assigned to early to late stages of melt segregation.

The main granite mass, enriched in fluxing elements and with a significant metasedimentary component, was emplaced at *ca.* 310 Ma (syn- to late-D3 of the Variscan Cycle), crystallising at around 800°C under reducing conditions. The magmatic evolution, outlined by significant differentiation, led to the FN $\Rightarrow$ FB $\Rightarrow$ FBP sequence, culminating with intense hydrothermal alteration processes, such as muscovitisation, tourmalinisation and silicification (450-250°C, between 298-280 Ma). These processes obliterated the primary features of the proximal border and 'greisen-like' facies, also generating quartz, tourmaline and perhaps cassiterite lodes, possibly carrying some mineralisation of interest. The late stages of the (magmatic-)hydrothermal events led to the formation of numerous quartz vein arrays, some of them exploited in the old W(-Sn) mine of Mata da Rainha.

The importance of structural control in the Orca pluton emplacement, cooling and alteration was also highlighted, which should have promoted the local increase of permeability, focusing the fluid circulation and favouring the lode's development.

Keywords: W-Sn; Lode mineralization; Orca batholith; Magmatic differentiation; Hydrothermal alteration

Índice

Agradecimentos	I
Resumo	III
Abstract	V
Lista de figuras	XI
Lista de tabelas	XXIII
Lista de abreviaturas.....	XXVII
I. Introdução.....	1
II. Enquadramento Geológico	1
II.1. Regional	1
II.2. Zona mineira de Mata da Rainha	5
III. Metodologia.....	8
IV. Cartografia geológica	9
V. Observações petrográficas macroscópicas e estruturais.....	10
V.1. Fácies graníticas	10
V.1.1. Fácies de núcleo	10
V.1.2. Fácies de bordadura.....	10
V.1.3. Fácies de bordadura proximal	11
V.1.4. Fácies “tipo greisen”	12
V.1.5. Granito equigranular médio-fino.....	12
V.2. Textura de fluxo magmático e foliação tectónica.....	12
V.3. Metassedimentos do Grupo das Beiras.....	13
V.4. Estruturas filonianas	13
V.4.1. Distribuição espacial	13
V.4.2. Filões aplíticos.....	14
V.4.3. Filões de quartzo com turmalina	14
V.4.4. Filões de quartzo sem turmalina.....	16
V.4.5. Microgranito biotítico.....	17
V.5. Zonas de falha e zonas de cisalhamento semi-frágeis	17
VI. Petrografia	17
VI.1. Fácies graníticas	17
VI.1.1. Fácies de núcleo	17
VI.1.2. Fácies de bordadura.....	19
VI.1.3. Fácies de bordadura proximal	22
VI.1.4. Fácies “tipo greisen”	24
VI.2. Preenchimentos filonianos	25
VI.2.1. Aplitos	25
VI.2.2. Microgranitos	27
VI.2.3. Quartzo ± Turmalina	29
VI.3. Metassedimentos	33
VI.3.1. Contacto com veios de quartzo e turmalina.....	35
VI.3.2. Contacto com a Fácies de “Tipo-Greisen”	37
VII. Geoquímica de rocha total.....	38
VII.1. Fácies graníticas e preenchimentos filonianos	38
VII.1.1. Elementos maiores	38
VII.1.2. Elementos traço	41
VII.1.3. Elementos das Terras Raras.....	43

VII.1.4.	Diferenciação Magmática e Especialização Metalífera.....	44
VII.1.5.	Comparação com o sistema da Panasqueira	45
VII.2.	Metassedimentos	47
VII.2.1.	Elementos maiores	48
VII.2.2.	Elementos traço	48
VII.2.3.	Maturidade composicional e proveniência	51
VIII.	Química Mineral.....	51
VIII.1.	Silicatos	51
VIII.1.1.	Feldspatos	51
VIII.1.2.	Filossilicatos	53
VIII.1.2.1.	Micas potássicas trioctaédricas.....	53
VIII.1.2.2.	Micas potássicas dioctaédricas	56
VIII.1.3.	Zircão.....	58
VIII.1.4.	Turmalina	59
VIII.2.	Fosfatos	61
VIII.2.1.	Apatite	61
VIII.2.2.	Monazite	62
VIII.3.	Óxidos	63
IX.	Discussão	64
IX.1.	Controlo estrutural da evolução do plutão de Orca	64
IX.2.	Plutão de Orca vs. Plutão de Castelo Branco	66
IX.3.	Principais etapas da evolução do sistema magmático	66
IX.4.	Alteração magmático-hidrotermal tardia.....	75
IX.5.	Modelo evolutivo do plutão de Orca	77
X.	Considerações finais	80
XI.	Bibliografia	81
XII.	Anexos	95
XII.1.	Enquadramento Geológico	95
XII.2.	Metodologia.....	97
XII.2.1.	Reconhecimento de campo.....	97
XII.2.2.	Tratamento, compilação e processamento em ambiente SIG dos dados de campo.....	97
XII.2.3.	Seleção de amostras para estudos de geoquímica, mineralogia e geocronologia.....	97
XII.2.4.	Processamento laboratorial de amostras.....	98
XII.2.5.	Petrografia	98
XII.2.6.	Química Mineral.....	98
XII.2.7.	Litogeoquímica.....	99
XII.3.	Cartografia Geológica	107
XII.4.	Observações petrográficas macroscópicas e estruturais	109
XII.5.	Geoquímica de rocha total	115
XII.5.1.	Fácies graníticas e preenchimentos filonianos	115
XII.5.2.	Metassedimentos	117
XII.6.	Química Mineral.....	120
XII.6.1.	Feldspatos	120
XII.6.2.	Filossilicatos	128
XII.6.2.1.	Micas potássicas trioctaédricas.....	128
XII.6.2.2.	Micas potássicas dioctaédricas	140
XII.6.3.	Zircão.....	158
XII.6.4.	Turmalina	160

XII.6.5.	Apatite	165
XII.6.6.	Monazite	167
XII.6.7.	Fosfato de magnésio, ferro e manganês	169
XII.6.8.	Óxidos	170
XII.6.9.	Calcopirite	174
XII.7.	Discussão	175

Lista de figuras

Figura II.1 - Localização da área de estudo. (A) Esboço do Maciço Ibérico: ZC – Zona Cantábrica; ZAOL – Zona Asturico-Occidental Leonesa; ZGTM – Zona Galiza-Trás-os-Montes; ZCI – Zona Centro-Ibérica; ZOM - Zona de Ossa-Morena; ZSP – Zona Sul Portuguesa; ZCPT – Zona de Cisalhamento Porto-Tomar; ZCTBC – Zona de Cisalhamento Tomar-Badajoz-Córdoba (simplificado de Martínez Catalán, 2011). (B) Mapa geológico simplificado da parte meridional da Zona Centro-Ibérica com a localização da área em estudo (retângulo azul), delimitando a zona mineira da Mata da Rainha no bordo norte-oriental do Plutão de Orca. Adaptado do mapa geológico de Portugal 1:200.000 (Folha 4; Meireles (Coord.), 2020) e de Ferreira da Silva (2013). Tomado de Dias da Silva <i>et al.</i> (2023).	2
Figura II.2 – (A) Áreas e faixas com elevado potencial para hospedar mineralizações de W, Sn (Au) e W,Sn (Cu,Mo), com localização da Faixa de Góis-Segura no retângulo vermelho; adaptado de Martins (2012). ZCI – Zona Centro-Ibérica, ZGTM – Zona Galiza-Trás-os-Montes. (B) Extrato da Carta de Ocorrências Minerais de Portugal Continental na escala 1:500 000 (SIORMINP, LNEG), da área correspondente à Faixa mineralizada de Góis-Segura. Localização das principais atividades mineiras (Escádia Grande, Góis, Panasqueira, Argemela e Segura) e da área em estudo (retângulo azul).	5
Figura II.3 – Extrato adaptado da Carta Geológica de Portugal 1:200.000, Folha 4 (Meireles (Coord.), 2020).....	6
Figura II.4 – Extrato adaptado da Carta de Depósitos Minerais de Portugal 1:200.000, Folha 4 (Inverno <i>et al.</i> (Coord), 2020).	6
Figura II.5 – Mapa geológico da área de Mata da Rainha.....	8
Figura III.1 - Fluxograma sintético da metodologia utilizada neste trabalho.....	8
Figura IV.1 - Cartografia geológica de pormenor do bordo NE do plutão de Orca, área de Mata da Rainha, à escala 1:30.000.	9
Figura V.1 - Características texturais e mineralógicas macroscópicas da fácies de núcleo, em campo, na estação MDR26 (A e B) e das amostras cortadas (C e D). A) Aspeto do quartzo, feldspato e possível cordierite (Crd), muito retrogradada; B) Alinhamento dos feldspatos alongados; C) Amostra MDR26.1; D) Amostra MDR24.1.....	10
Figura V.2 - Características texturais e mineralógicas macroscópicas de FB. A) Aspeto em corte da amostra MDR48.1; B) Mega cristal de feldspato zonado, evidenciando crescimento zonado que incluiu minerais máficos (biotite). Crd - cordierite.	11
Figura V.3 - Características texturais e mineralógicas macroscópicas da FBP. A) Aspeto em corte da amostra MDR01.1; B) Caráter porfiróide do granito da FBP na proximidade de filão aplítico, na estação MDR19; C) e D) Contacto da FBP com veios aplitopegmatíticos com albite, quartzo e alguma turmalina, das amostras MDR01.1 e MDR11.1, respetivamente.	11
Figura V.4 - Características texturais e mineralógicas macroscópicas da FTG. A) Relíquia de fenocristal de feldspato (vermelho) e de biotite (roxo); B) e C) Constituição maioritariamente de quartzo e moscovite, com presença de óxidos e/ou sulfuretos, nas amostras MDR25.3 e MDR06.1, respetivamente.....	12
Figura V.5 - Xistos do GB. A) Grande quantidade de blastos de andaluzite da amostra MDR15.1; B) Xisto com menor quantidade de blastos de andaluzite, mais achatados e próximos, na amostra MDR15.2; C) Xisto sem blastos, com alternância de bandas mais grosseiras (claras) e mais finas (escuras), correspondente à amostra MDR28.1; D) Xisto muito turmalinizado e moscovitizado da amostra MDR06.2.....	13

Figura V.6 - Aspectos macroscópicos das estruturas aplíticas, evidenciando os dois tipos de preenchimento e relações de corte: A) Tipo 1, mais grosseiro, possivelmente com albite, feldspato rosado talvez potássico e turmalina em agregados e disseminada, encontrando-se um pouco arenizado (amostra MDR29.1); B) Tipo 2, aplito fino com albite, turmalina fina, pouco quartzo hialino e acinzentado e rara moscovite (amostra MDR30.1); C) Aplito tipo 2, bastante alterado, com sulfureto/óxido, contactando com veio com quartzo e moscovite (amostra MDR25.1); D) Contacto de aplito com o granito da FB; E) Aspetto de campo de um filão aplítico que interseta o granito da FB. . 14

Figura V.7 - Aspetto em campo das estruturas filonianas de quartzo com turmalina e particularidades dos seus preenchimentos. A) Bordo de albitização e concentração de turmalina preferencialmente no centro do veio; B) Contacto de um veio de quartzo cortando xisto do GB, denunciando o desaparecimento de blastos em direção ao veio e geração de uma banda de turmalinização e silicificação; C) Dimensões variadas dos cristais de turmalina, em agregados muito finos e cristais com 1 cm de comprimento; D) Várias gerações de quartzo e turmalina da amostra MDR32A, revelando também a presença de uma fase oxida ou sulfureto; E) Cristais de turmalina distribuídos no domínio central do veio (amostra MDR32F); F) Orientação preferencial de turmalinas e moscovite na amostra MDR32B no seio de quartzo; G) Turmalinização associada a veio de quartzo no encaixante metassedimentar do GB, que corta, com ângulo, a foliação tectónica do xisto; H) Várias gerações de quartzo e turmalina na amostra MDR32C; I) Interseção de estrutura aplítica com carácter grosseiro por dois veios de quartzo com turmalina. 16

Figura V.8 - Aspetto dos filões de quartzo sem turmalina, a maioria deles com quartzo leitoso. A) Interseção com a FTG; B) Filão de quartzo leitoso na zona da corta mineira, sem indícios de ter sido explorado; C) Veio com quartzo, turmalina e albite intersetado por veio de quartzo sem turmalina. Qz – quartzo, Tur – turmalina, Ab – albite. 16

Figura V.9 - Características texturais e mineralógicas macroscópicas do dique com preenchimento granítico, com a orientação da biotite na área a verde e um carácter mais grosseiro na área a vermelho. 17

Figura VI.1 - Principais aspectos texturais e mineralógicos da fácies de núcleo. Fotografia – A; Fotomicrografias – B a E. (A) Amostra de mão. (B) Textura porfíroide; plagioclase zonada e fraturada. (C) Feldspato potássico com pertites bem desenvolvidas e inclusões de plagioclase algo digeridas. (D) Cristais de apatite euédricos e arredondados inclusos em biotite. (D) e (E) Moscovitização da biotite. Ap – apatite, Bt – biotite, Crd – cordierite, Kfs – feldspato potássico, Ms – moscovite, Pl – plagioclase, Qz – quartzo, P// - luz simplesmente polarizada, PX – luz duplamente polarizada. 18

Figura VI.2 – Fotomicrografias da textura de alteração pseudomórfica de cordierite (?) por moscovite + quartzo ± biotite ± apatite ± óxidos Ti-(Fe), presente na fácies de núcleo. (A) Aspetto textural geral, com moscovite bem desenvolvida segundo direções quase-perpendiculares. (B) Agregado fino de turmalina associado espacialmente a biotite e a óxidos de Ti-(Fe), inserido na pseudomorfose. (C) Pormenor de (B), com o agregado de turmalina, delimitado pela linha preta tracejada, mostrando alguma turmalina euédrica e alongada. (D) Cristal de turmalina inserido em biotite, localizado no contacto com a textura pseudomórfica. (E) Pormenor de (D). Ap – apatite, Bt – biotite, Ms – moscovite, Psdmf – pseudomorfose, Tur – turmalina, Zr – zircão, P// - luz simplesmente polarizada, PX – luz duplamente polarizada. 19

Figura VI.3 - Aspectos texturais e mineralógicos da fácies de bordadura. Fotomicrografias – A a D; Imagens BSE – E a I. (A) Cristais de plagioclase zonados, sericitizados no núcleo e fraturados radialmente, com golfos de corrosão; feldspato alcalino com pertites bem desenvolvidas. (B) Quartzo com rebordos lobados e indentações que indiciam, respetivamente, dissolução sob pressão e indentação intergranular incipientes; localmente apresenta subdomínios e novos grãos. (C) Moscovite bem

desenvolvida junto a cristais de turmalina. (D) Apatite euédrica e óxidos de Ti-(Fe) associados à alteração da biotite. (E) Mesma localização que (D); destaque para os grãos de zircão, apatite com inclusão de zircão; rútilo euédrico a subeuédrico bastante rendilhado. (F) Localização de (G) e (H). (G) Pormenor de F; cristais de monazite e agregado de apatite, rútilo e zircão em plagioclase. (H) Apatite, zircão e monazite como inclusões em biotite. (I) Xenótimo, apatite e moscovite em fratura intergranular. Ap – apatite, Bt – biotite, Kfs – feldspato potássico, Mnz – monazite, Ms – moscovite, Pl – plagioclase, Qz – quartzo, Rt – rútilo, Tur – turmalina, Xtm – xenótimo, Zr – zircão P// - luz simplesmente polarizada, PX – luz duplamente polarizada..... 20

Figura VI.4 - Fotomicrografias da pseudomorfose de moscovite + quartzo ± biotite ± clorite ± apatite ± óxidos Ti-(Fe) na fácies de bordadura, com turmalina associada. (A) Manutenção da textura geral, com moscovite bem desenvolvida, irregularmente distribuída; cristais de turmalina alongados, acastanhadas com apontamentos azulados e alguma fraturação. (B) cristal anédrico acastanhado de turmalina, mostrando alteração no núcleo. Psdmf – pseudomorfose, Tur – turmalina, P// - luz simplesmente polarizada, PX – luz duplamente polarizada. 21

Figura VI.5 - Aspectos texturais e mineralógicos da fácies de bordadura proximal. Fotomicrografias – A a H e J; Imagens BSE – I, K e L. (A) Moscovitização da biotite. (B) Cloritização da biotite. (C) Sericitização de cristal de plagioclase, com lamelas de moscovite bem desenvolvidas; cristal de moscovite secundária de dimensão considerável. (D) Feldspato potássico com pertites e inclusões subeuédricas de plagioclase; fraturas transgranulares preenchidas com moscovite fina. (E) Grãos de quartzo com indentações, contornos serrilhados e extinção ondulante pronunciada; turmalina anédrica corroída com inclusões de plagioclase sericitizada. (F) Turmalina anédrica e com aspeto corroído rodeada de lamelas de moscovite. (G) Turmalina com contornos retilíneos em plagioclase. (H) Secção basal zonada de turmalina a rodear biotite. (I) Mesmo local que H; inclusões de apatite, monazite, rútilo e zircão em turmalina; apatite, rútilo e zircão em biotite. (J) Fosfato de Mg e Ca, rodeado por moscovite secundária, alguma proveniente da alteração da biotite. (K) Pormenor de J; orla de apatite e inclusões de óxidos de Ti-(Fe). (L) Rútilo incluso em moscovite. Ap – apatite, Bt – biotite, Chl – clorite, Kfs – feldspato potássico, Mnz – monazite, Ms – moscovite, Pl – plagioclase, Qz – quartzo, Rt – rútilo, Tur – turmalina, Zr – zircão, P// - luz simplesmente polarizada, PX – luz duplamente polarizada..... 23

Figura VI.6 - Aspectos texturais e mineralógicos da fácies “tipo-greisen”. Fotomicrografias – A a F; Imagens BSE – G a K. (A) Amostra MDR25.3; relíquias de biotite, algumas já alteradas; sericitização do feldspato; lamelas de moscovite resultantes da alteração da biotite; grãos de quartzo com contornos irregulares, localmente com indentações. (B) e (C) Amostras MDR05.1 e MDR27.1, respetivamente; moscovitização secundária bastante pronunciada, sob a forma de lamelas milimétricas e moscovite intersticial micrométrica. (D) e (E) Amostras MDR27.1 e MDR06.1, respetivamente; domínios com maior acomodação da deformação, exibindo subgranulação do quartzo, contornos lobados e indentações. (F) Amostra MDR06.1; grão de pirite em luz transmitida e refletida. (G) Amostra MDR25.3; biotite rodeada de lamelas de moscovite e quartzo, mostrando inclusões de rútilo. (H) Amostra MDR25.3, grãos de apatite anédricos com formatos arredondados e alongados inseridos m plagioclase. (I) Amostra MDR05.1; inclusões de apatite anédrica a subeuédrica de diversos tamanhos em moscovite. (J) Amostra MDR05.1; cristais de zircão euédricos a subeuédricos inclusos em quartzo; grãos de monazite anédricos incluídos em quartzo. (K) Amostra MDR05.1; rútilo anédrico e grãos de monazite como inclusões em moscovite; grão anédrico de apatite envolvido por quartzo. Ap – apatite, Bt – biotite, Kfs – feldspato potássico, Mnz – monazite, Ms – moscovite, Pl – plagioclase, Py – pirite, Qz – quartzo, Rt – rútilo, Zr – zircão, G1 – grupo 1, G2 – grupo 2, P// - luz simplesmente polarizada, PX – luz duplamente polarizada..... 25

Figura VI.7 - Aspectos texturais e mineralógicos dos preenchimentos aplíticos. Fotomicrografias – A a G; Imagens BSE – H a J. Grupo 1 – A a C; Grupo 2 – D a J. (A) Elevado grau de meteorização com intensa hidrólise e fraturação dos feldspatos; feldspato potássico por vezes com macla da microclina; plagioclase com maclas em cunha e inclusões de moscovite de pequena dimensão; grão de apatite incluso em plagioclase. (B) e (C) Cristais de turmalina subeuédricos a anédricos extremamente fraturados, manifestando zonamento ótico. (D) Plagioclase sericitizada; lamelas de moscovite de reduzida dimensão; cristais anédricos de quartzo com bordos irregulares e extinção ondulante. (E) Maclas mecânicas em cristais de plagioclase; sericitização dos grãos de plagioclase; quartzo com contornos irregulares. (F) Contacto do aplito com veio de quartzo, com turmalina anédrica e corroída e lamelas de moscovite de grande dimensão com inclusões de quartzo. (G) Turmalina maioritariamente anédrica e com algumas formas prismáticas, acastanhada e localmente azulada, revelando fraturação e distribuição disseminada. (H) Turmalina oticamente zonada, com diferenciação de dois bordos, com inclusão de zircão no núcleo. (I) Inclusão de monazite e xenótimo em turmalina. (J) Cristal prismático fraturado de turmalina mostrando zonamento com distinção de dois bordos. kfs – feldspato potássico, mnz – monazite, ms – moscovite, pl – plagioclase, qz – quartzo, tur – turmalina, xtm – xenótimo, zr – zircão, b – bordo, G1 – grupo 1, G2 – grupo 2, P// - luz simplesmente polarizada, PX – luz duplamente polarizada. 27

Figura VI.8 - Aspectos texturais e mineralógicos dos preenchimentos micrograníticos. Fotomicrografias – A a E; Imagens BSE – F a M. (A) Moscovite a substituir a biotite. (B) Zona de granulometria mais fina, com sericitização da plagioclase. (C) Enriquecimento em biotite, quartzo e moscovite, sem feldspato, inserido no domínio mais fino. (D) Domínio texturalmente mais grosseiro, com cristais de plagioclase zonados, mostrando sericitização e fraturação; cristais de feldspato potássico, por vezes com macla da microclina, intersetados por fratura transgranular preenchida com moscovite muito fina. (E) Zona de textura grosseira, com feldspato potássico com pertites bem desenvolvidas, sericitização da plagioclase e moscovite muito fina em fraturas. (F) Grãos de monazite, zircão e rútilo inclusos em biotite. (G) Apatite, zircão e monazite em plagioclase. (H) Zircão, monazite e apatite em biotite e moscovite proveniente da alteração de biotite. (I) Zircão metamítico e evidências de zonamento. (J) Cristais de rútilo não rendilhado em biotite e moscovite. (K) Grão anédrico de xenótimo localizado na fronteira entre plagioclase e feldspato potássico. (L) Rútilo não rendilhado em plagioclase e zircão em biotite. (M) Inclusões de apatite, zircão e monazite em biotite; monazite e zircão em moscovite resultante da alteração de biotite; agregado de rútilo, monazite e zircão em quartzo. Ap – apatite, Bt – biotite, Kfs – feldspato potássico, Mnz – monazite, Ms – moscovite, Pl – plagioclase, Qz – quartzo, Rt – rútilo, Xtm – xenótimo, Zr – zircão, P// - luz simplesmente polarizada, PX – luz duplamente polarizada. 29

Figura VI.9 - Fotomicrografias de aspectos texturais e mineralógicos dos preenchimentos filonianos de quartzo e turmalina. (A) Contornos lobados, irregulares e com indentações de grãos de quartzo. (B) Recristalização dinâmica intragranular, com domínios de subgranulação. (C) Grãos de quartzo mostrando localmente poligonização extrema e pontos triplos. (D) Turmalina euédrica a subeuédrica, acastanhada, exibindo zonamento ótico e pontos triplos. (E) Turmalina subeuédrica a anédrica azulada, com alguns apontamentos de castanho, incluídas junto à fronteira de dois grãos de quartzo. (F) Turmalina prismática alongada azul inclusa em quartzo. (G) Turmalina com inclusões de moscovite, que se encontra em continuidade ótica com a moscovite exterior. (H) Cristal de turmalina com inclusões de moscovite oticamente contínua com a exterior e de quartzo; lamela de moscovite de dimensão considerável com deformação da clivagem. (I) Moscovite fina a preencher fraturas intra e transgranulares. (J) Lamelas de moscovite de maior granularidade a selar fraturação tardia que afeta os grãos de quartzo e de turmalina. (K) Bandas de turmalina, variando granulometria e tamanho da banda; banda inferior cortada por fratura preenchida com quartzo. (L) Agulhas de turmalina como marcador

cinemático de componente de cisalhamento numa reabertura de um veio. Ms – moscovite, Qz – quartzo, Tur – turmalina, P// - luz simplesmente polarizada, PX – luz duplamente polarizada..... 31

Figura VI.10 - Aspectos texturais e mineralógicos dos preenchimentos filonianos de quartzo e turmalina. Fotomicrografias – A a F, fotografia – G. (A) Produtos de alteração tardia em turmalinito, consistindo em carbonato juntamente com uma textura alveolar de clorite e carbonato, orlada por clorite vermicular, epidoto e pirite. (B) Fragmento de metassedimento em veio de quartzo e turmalina; substituição completa e algum dobramento da foliação pré-existente por turmalina e quartzo; é possível ainda diferenciar os domínios de porfiroblastos do metamorfismo de contacto pela predominância de quartzo relativamente à turmalina. (C) Apatite e plagioclase de reduzida dimensão, rodeadas de turmalina e moscovite; amostra perto de contacto com fácies granitóide ou preenchimentos aplítico ou microgranítico. (D) Orientação dos grãos de quartzo recristalizado consoante a direção do corredor de cisalhamento. (E) Cristal de turmalina arqueado, exibindo extinção fortemente ondulante; fraturas transgranulares dos grãos de turmalina, preenchidas com quartzo $\pm$ moscovite. (F) Cristal de turmalina com intensa extinção ondulante, com fratura em cunha preenchida com quartzo; corredor de cisalhamento cujo preenchimento de moscovite rodeia os cristais de turmalina. (G) Amostra de mão correspondente às fotomicrografias E e F; posição da turmalina condicionada por corredores de cisalhamento preenchidos com moscovite. ap – apatite, carb – carbonato, chl – clorite, ep – epidoto, ms – moscovite, pl – plagioclase, py – pirite, qz – quartzo, tur – turmalina, P// - luz simplesmente polarizada, PX – luz duplamente polarizada..... 32

Figura VI.11 - Fotomicrografias dos aspectos texturais e mineralógicos dos metassedimentos encaixantes do plutão de Orca. A a D – amostra MDR28.1, mais afastada do plutão; E a H – amostras perto do plutão. (A) Intercalação de níveis maior granulometria com níveis mais finos; domínios mais finos com maior presença de óxidos. (B) Domínio de maior granularidade mostrando grãos de quartzo sigmoidais e alongados, com alinhamento de filossilicatos e óxidos, indicando cinemática de cisalhamento esquerdo. (C) Domínio mais grosseiro e zona mais pelítica e fina, separados visualmente pela sua diferença de granularidade e por alinhamento de minerais mais escuros; linha tracejada azul poderá corresponder a S_0 dobrado; linhas cheias a laranja correspondem a S_1 . (D) Relíquia de porfiroblasto com pseudomorfose parcial e zonamento setorial; foliação interna, a tracejado laranja, rodada relativamente à externa, a tracejado amarelo. (E) Blasto com forma sigmoidal contornado por matriz fina de quartzo, filossilicatos e turmalina; filonetes de quartzo tardio com disposição *en échelon*, dobrados e com extinção ondulante. (F) Porfiroblastos completamente retrogradados, de forma mais arredondada, contornados por matriz de filossilicatos e opacos; cristais de turmalina sobrepõem-se à matriz e aos blastos; blastos individualizados com linha branca tracejada. (G) Clorite associada a veio de quartzo. (H) “Fita” de quartzo com extremidades recristalizadas e preservação do núcleo. Chl - clorite, Qz – quartzo, Tur – turmalina, S_0/S_1 – foliações, P// - luz simplesmente polarizada, PX – luz duplamente polarizada. 35

Figura VI.12 - Aspectos texturais e mineralógicos dos metassedimentos quando em contacto com veios de quartzo e turmalina. Fotomicrografias – A e C a J, fotografia – B. (A) Contacto com veio, evidenciando turmalinização e silicificação do encaixante metassedimentar; clara relação de corte do veio, intersetando a foliação mimetizada pela turmalina e quartzo. (B) Individualização, em amostra de mão, das três zonas de influência do veio sobre o metassedimento. (C) Zona A; domínio de turmalina grosseira com disposição em pente no contacto com o veio; grão de rútilo incluso em quartzo; metassedimento quase totalmente turmalinizado, restando alguns domínios correspondentes a quartzo e pouca moscovite; mimetização de foliação pré-existente. (D) Zona B; maior quantidade de quartzo relativamente à turmalina; presença de pequenos cristais de biotite; alinhamento mineral mimetiza a foliação anterior. (E) Zona C; prevalência de quartzo face à turmalina ligeiramente mais pronunciada; cristais de biotite mais desenvolvidos relativamente à zona B. (F) Relíquias de porfiroblastos presentes

na zona B, completamente pseudomorfizados em quartzo microcristalino e filossilicatos; formas subeúdras. (G) Relíquia de porfiroblasto cuja turmalina no seu interior tem a mesma direção que no exterior; sombras de pressão de quartzo. (H) Fratura *en échelon* preenchida com quartzo e óxidos a cortar filonete de quartzo recristalizado. (I) Veio de quartzo mostrando recristalização dinâmica, dobramento e clivagem de plano axial alinhada com a foliação da matriz. (J) Fantasmas de porfiroblastos substituídos totalmente por quartzo, turmalina e filossilicatos; distinguíveis pela mudança na orientação dos minerais que estariam a rodear os porfiroblastos. Bt – biotite, Qz – quartzo, Tur – turmalina, Rt – rútilo, P// - luz simplesmente polarizada, PX – luz duplamente polarizada, ZA- zona A, ZB - zona B, ZC - zona C. 37

Figura VI.13 - Fotomicrografias dos aspetos texturais e mineralógicos dos metassedimentos no contacto com a fácies “tipo-greisen”. (A) Alternância de bandas com maior e menor quantidade de turmalina; moscovitização intensa, com lamelas de aspeto irregular. (B) Microzona de cisalhamento, com distribuição heterogénea em bandas da moscovite e turmalina. (C) Interpretação possível de (B), exibindo estruturas C (linha amarela) – S (linha azul), com prováveis C’ (linha verde) e zonas de dissolução por pressão (linha vermelha); setas indicam o sentido provável do movimento. Ms - moscovite, Tur – turmalina, P// - luz simplesmente polarizada, PX – luz duplamente polarizada. 38

Figura VII.1 - Diagramas classificativos das rochas graníticas e preenchimentos aplíticos analisados. (A) Diagrama B-A (Debon & Lefort, 1988). I, II e III – rochas peraluminosas com moscovite>biotite, biotite>moscovite e biotite, respetivamente. IV – rochas metaluminosas com biotite + anfíbola ± piroxena. (B) Diagrama P-Q (Debon & Lefort, 1988). ad – adamelito; dq – diorito quártzico; gd – granodiorito; go – gabro, diorito, anortosito; gr – granito; mz – monzonito; mzdq – monzodiorito quártzico, monzogabro quártzico; mzgo – monzograbro, monzodiorito; mzz – monzonito quártzico; s – sienito; sq – sienito quártzico; to – tonalito, trondhjemitito. (C) Diagrama ASI vs. A/NK (Frost & Frost, 2008; Shand, 1943). (D) Diagrama SiO₂ vs. MALI (Frost & Frost, 2008). (E) Diagrama SiO₂ vs. Fe* (Frost & Frost, 2008). (F) Diagrama Y+Nb vs. Rb (Pearce *et al.*, 1984). VAG – Granitos de Arco Vulcânico; syn-COLG – Granitos Sin-colisionais; WPG – Granitos Intra-placa; ORG – Granitos de Crista Oceânica. Os diagramas incluem campos composicionais da Panasqueira (PAN) fazendo uso dos dados disponíveis em Marignac *et al.* (2020). 39

Figura VII.2 - Diagramas de Harker para elementos maiores das rochas graníticas e preenchimentos filonianos micrograníticos e aplíticos do bordo NE do plutão de Orca. (A) Al₂O₃, (B) Na₂O, (C) K₂O, (D) CaO, (E) P₂O₅, (F) Fe₂O₃(T), (G) MgO, (H) MnO e (I) TiO₂. 40

Figura VII.3 - Diagrama Q'-F' (Cathelineau & Kahou, 2024), ilustrando as variações de composição atribuíveis a três vetores de alteração, consoante a mobilidade do Al: A – conteúdo em Si contante (Si cst); B – adição de um catião Al³⁺, resultante da combinação dos vetores A e C; C – conteúdo em Al constante (Al cst). Processos adicionais de precipitação de quartzo (D) ou dissolução de quartzo e crescimento de micas (E), também definidos por vetores. Classificação de pseudo-greisen com base em Bouguebrine *et al.* (2023) e Breiter *et al.* (2017). Ab – albite, Kfs – feldspato potássico, Ms nf–moscovite neoformada, Qz – quartzo. 41

Figura VII.4 - Padrões de concentração multi-elementar normalizada à Crosta Continental Superior (Rudnick & Gao, 2014) das (A) rochas graníticas e (B) preenchimentos filonianos aplíticos e micrograníticos. 42

Figura VII.5 – Padrões de concentração normalizada de REE relativamente ao Condrito C1 (McDonough & Sun, 1995) das rochas graníticas e preenchimentos micrograníticos e aplíticos. 43

Figura VII.6 – Projecção de razões de elementos traço, marcando percursos de diferenciação magmática e especialização metalífera, para além da intervenção de processos magmático-hidrotermais tardios. (A)

Y/Ho vs. Nb/Ta, (B) K/Rb vs. Nb/Ta, (C) Sr/Eu vs. Nb/Ta, (D) U vs. Th, (E) Diagrama Zr/Hf vs. Nb/Ta, separando granitos estéreis e granitos enriquecidos em metais (Ballouard *et al.*, 2016). (F) Diagrama Rb/Sr vs. Sn, relativo ao enriquecimento em Sn relacionado com cristalização fracionada e transição magmático-hidrotermal (Romer & Pichavant, 2021). Linhas pretas a tracejado nos diagramas (A) a (C) correspondem aos valores de referência Nb/Ta < 5, Y/Ho ≠ 28, K/Rb < 150 e Sr/Eu > 200 (Irber, 1999; Ballouard *et al.*, 2020; Martins *et al.*, 2022). Os diagramas (B), (D), (E) e (F) incluem campos composicionais para litologias constituintes do sistema da Panasqueira, considerando os dados disponibilizados em Marignac *et al.* (2020). 44

Figura VII.7 - Diagramas do Parâmetro B vs Elementos fundentes e litófilos para os sistemas Mata da Rainha e Panasqueira. (A) P₂O₅, (B) F, (C) B, (D) Li, (E) Nb, (F) Ta, (G) Be, (H) Sn, (I) W. Os diagramas (A) e (D) a (I) incluem campos composicionais da Panasqueira, elaborados com base nos dados de Marignac *et al.* (2020), não tendo sido disponibilizados valores de F e B. 46

Figura VII.8 - Boxplots para elementos fundentes e litófilos em litologias constituintes dos sistemas (A) Mata da Rainha e (B) Panasqueira. Concentrações elementares da Panasqueira retiradas de Marignac *et al.* (2020), não tendo sido disponibilizados valores de F e B. 47

Figura VII.9 - Diagramas de Harker para elementos maiores das rochas metassedimentares encaixantes do plutão de Orca (Formação Rosmaninhal). (A) SiO₂, (B) Na₂O, (C) K₂O, (D) CaO, (E) P₂O₅, (F) Fe₂O₃(T), (G) MgO, (H) TiO₂. Os diagramas incluem campos composicionais das Formações Malpica do Tejo (MT; s – superior e i – inferior) e Rosmaninhal (R; s – proximal superior, i – proximal inferior, d – distal) do Grupo das Beiras, elaborados a partir de: i) projeto MOSTMEG (R_s, R_i, R_d, MT_s, MT_i), para a Faixa Góis-Segura; ii) Gonçalves *et al.* (2018), para a área da Panasqueira (R_d_PAN e MT_s_PAN); e iii) Nägler *et al.* (1995), Ugidos *et al.* (1997a, 1997b, 2003a, 2003b), Villaseca *et al.* (2014) e Fuenlabrada *et al.* (2016), para o setor espanhol (R_ES e MT_ES). 49

Figura VII.10 - Perfis de concentração multi-elementar de rochas metassedimentares das Formações Malpica do Tejo (MT; s – superior e i – inferior) e Rosmaninhal (R; s- proximal superior, i – proximal inferior, d - distal) do Grupo das Beiras, normalizados ao “Average Shale” (Wedepohl, 1971). (A) Rochas metassedimentares encaixantes do setor NE do plutão de Orca e (B) Valores médios das rochas metassedimentares do Grupo das Beiras em: i) faixa de Góis-Segura, recolhidas no âmbito do projeto MOSTMEG (R_s, R_i, R_d, MT_s, MT_i); ii) área da Panasqueira (R_d_PAN e MT_s_PAN), com base em Gonçalves *et al.* (2018); e iii) setor espanhol (R_ES e MT_ES), usando os resultados analíticos listados em Nägler *et al.* (1995), Ugidos *et al.* (1997a, 1997b, 2003a, 2003b), Villaseca *et al.* (2014) e Fuenlabrada *et al.* (2016). 50

Figura VIII.1 – Diagrama triangular albite (Ab)-anortite (An)- feldspato potássico (Or) com projeção dos componentes sódico, cálcico e potássico dos feldspatos em litologias graníticas e preenchimentos filonianos presentes na área de Mata da Rainha (A). Ampliação do diagrama para a família dos feldspatos potássicos (B) e plagioclases (C), com distinção de núcleo, bordo e pertites das plagioclases (D). Variação composicional da albite entre Ab₉₀-Ab₁₀₀ e oligoclase de Ab₇₀-Ab₉₀. 53

Figura VIII.2 – Projeção das análises de micas potássicas trioctaédricas em diversas fácies graníticas e preenchimentos filonianos de Mata da Rainha. (A) Diagrama classificativo Fe/(Fe+Mg) vs. Al^{iv} (Cesare *et al.*, 2008). (B) Conteúdos em F vs. Fe, Mg e Ti (apuf) (Speer, 1984). FNps – pseudomorfoses identificadas na fácies de núcleo. 54

Figura VIII.3 – (A) Projeção do vetor Tschermak. (B) Projeção do vetor que assinala a incorporação de Al³⁺ nas posições octaédricas, substituindo catiões divalentes na mesma posição de coordenação, com criação de lacunas nas posições octaédricas. (C) Projeção do vetor que explica a introdução de Ti⁴⁺ nas posições de coordenação octaédrica, substituindo catiões divalentes e gerando lacunas nas posições

octaédricas. (D) Projeção do vetor que sinaliza a incorporação de cátions divalentes nas posições dodecaédricas. FNps – pseudomorfoses identificadas na fácies de núcleo..... 55

Figura VIII.4 – (A) Diagrama classificativo para micas, tendo em conta os parâmetros $mgli = Mg - Li$ vs. $feal = Fe_{tot} + Mn + Ti - Al^{IV}$ (Tischendorf *et al.*, 2004). (B) Projeção dos conteúdos apuf de acordo com a relação R^{3+}_{tot} vs. $\sum(R^{+}, R^{2+}, R^{4+})^{vi} + (Si^{iv}-3)$; linha tracejada laranja: menor desvio trioctaédrico, linha tracejada castanha: maior desvio octaédrico. (C) Projeção do vetor de Tschermak. (D) Projeção do vetor que documenta a geração de vazios de ocupação nas posições de coordenação dodecaédrica acoplada ao desvio di-trioctaédrico. (E) Projeção do vetor que explica o decréscimo de R^{+} e consequente aumento de vazios de ocupação dodecaédrica. (F) Vetor que explica a incorporação de R^{2+} nas posições de coordenação dodecaédrica, compensada por saída de R^{+} e abertura de vazios de ocupação nessas posições. Ann – annite, Eas – eastonite, Ms – moscovite, Phe – fengite, Phl – flogopite, Pln – politionite, Sid – siderofilite, Tai – tainiolite..... 57

Figura VIII.5 – (A) Projeção dos conteúdos catiónicos Zr^{4+} vs. Si^{4+} dos zircões analisados, juntamente com o ponto de proporção ideal (1:1). (B) Projeção dos conteúdos em Zr^{4+} vs. Hf^{4+} , que corresponde ao vetor de substituição catiónica $Zr^{4+} = Hf^{4+}$. (C) Projeção do vetor-soma que documenta a incorporação de REE^{3+} , Ca^{2+} , $(U,Th)^{4+}$ e P^{5+} , compensada pela saída de Zr^{4+} e Si^{4+} 59

Figura VIII.6 – (A) Diagrama Mg vs. Fe (apuf), correspondendo também ao vetor de substituição catiónica $(Mg^{2+})^Y = (Fe^{2+})^Y$. (B) Diagrama $Mg/(Mg+Fe)$ vs. $Ca/(Ca+Na+K)$ (apuf), com projeção dos campos composicionais definidos pelas análises de turmalina em rochas da área da Panasqueira (vermelho) e em veios de quartzo de Mata da Rainha (azul) (Gaspar *et al.*, 2024a). (C) Projeção do vetor Tschermak. (D) Projeção do vetor $(Na^{+})^X + (Mg^{2+})^Y = \square^X + (Al^{3+})^Y$. (E) Projeção do vetor-soma dos vetores $2(Al^{3+})^Y = (Mg^{2+})^Y + (Ti^{4+})^Y$ e $(Na^{+})^X + (Al^{3+})^Y = (Ca^{2+})^X + (Mg^{2+})^Y$. n – núcleo, b – bordo, ind – indiferenciada. Legenda de (C), (D) e (E) como em (A)..... 60

Figura VIII.7 – (A) Diagrama P^{5+} vs. Ca^{2+} (apuf), com projeção da proporção ideal de P:Ca em apatites. (B) Diagrama Fe^{2+} vs. Mn^{2+} (apuf). (C) Projeção do vetor $(R^{2+})^A = Ca^{2+}$. (D) Projeção do vetor $2(R^{+})^A = (R^{2+})^A + \square^A$. (E) Projeção do vetor $2(R^{3+})^A + \square^A = 3(R^{2+})^A$. Legenda de (B), (C), (D) e (E) como em (A). 62

Figura VIII.8 – (A) Projeção dos conteúdos catiónicos P^{5+} vs. $\sum REE^{3+}$ das monazites analisadas, juntamente com a reta de proporção ideal (1:1). (B) Projeção do vetor que traduz a incorporação de cátions divalentes nas posições A, por substituição de cátions trivalentes e consumo de vazios de ocupação nessas mesmas posições. (C) Projeção do vetor que documenta a entrada de Th^{4+} e U^{6+} nas posições A, com substituição de cátions trivalentes e geração de vazios de ocupação nessas posições. 63

Figura IX.1 – Planos médios de estruturas filonianas de quartzo e turmalina, quartzo leitoso e preenchimentos aplítico-pegmatíticos; zonas de falha e fraturas associadas; zonas de cisalhamento esquerdo; fluxo magmático e foliações tectónicas medidas nos granitos (γ) e nos metassedimentos do Grupo das Beiras (GB); sanjas. Intervalos azimutais significativos a sombreado de falhas e fraturas associadas (laranja) e zonas de cisalhamento (vermelho). 65

Figura IX.2 – Diagrama T_{Zr} (°C) vs. concentração em Zr (ppm) do fundido, com projeção das amostras das fácies de Mata da Rainha e das linhas correspondentes a diversos valores do parâmetro M..... 68

Figura IX.3 – Diagrama T (°C) vs. solubilidade da apatite com base em Pichavant *et al.* (1992) para as amostras de Mata da Rainha..... 69

Figura IX.4 – Projeção comparativa dos valores de temperatura de saturação em apatite (T_{Apt}) e zircão (T_{Zrc}) e temperaturas de formação de biotite (T_{Bi}) para as fácies graníticas FN, FB e FBP e preenchimentos filonianos micrograníticos e aplíticos. 70

Figura IX.5 – (A) Projeção de X_{Mg} vs. conteúdo em Ti nas posições octaédricas de biotite em amostras de Mata da Rainha e Panasqueira, com as isotérmicas a cinzento (Henry *et al.*, 2005) e linha tracejada vertical para $Mg/(Mg+Fe) = 0,275$. (B) Projeção $T(^{\circ}C)$ vs. P (MPa) para as análises concordantes com as condições de utilização do geotermómetro Ti em biotite (Henry *et al.*, 2005; Uchida *et al.*, 2007), assinalando os valores medianos (*) e médios com o respetivo erro. Sombreado rosa - campo composicional de biotite em γ SEIXO#1; sombreado cinzento – campo composicional de biotite em γ 2-micasPAN..... 70

Figura IX.6 - Condições P-T de cristalização fazendo uso de análises químicas que cumprem as condições de utilização do geotermómetro Ti em biotite (Henry *et al.*, 2005; Uchida *et al.*, 2007). (A) *Solidi* no sistema Qz-Ab-Or-H₂O-CO₂ haplogranítico para diversas frações molares $X_{H_2O} = H_2O/(H_2O + CO_2)$ (linhas a cheio; Ebadi & Johannes, 1991); curva *solidus* de fundidos graníticos peraluminosos (linha a tracejado; Holtz *et al.*, 1992); e limite mínimo de pressão para granitos *subsolvus* (Bucholz *et al.*, 2018), i.e., granitos nos quais cristalizam dois tipos de feldspatos simultaneamente. Valores medianos representados por *. (B) *Solidus* de fundidos graníticos saturados em água e curvas *liquidus* para determinadas quantidades de H₂O no sistema Qz-Ab-Or-H₂O e composições eutécticas (Holtz *et al.*, 2001). 71

Figura IX.7 - Projeções de (A) IV(F) vs. IV(F/Cl), (B) X_{Mg} vs. IV(F/Cl) e (C) IV(Cl) vs. IV(F/Cl) para as rochas graníticas e preenchimentos micrograníticos de Mata da Rainha. (D) Esquemas ilustrativos das tendências observadas em (A) e (C). Em (A) e (C) constam campos composicionais das biotites de alguns plutões da Faixa de Góis Segura: i) Batão - fácies granodiorítica biotítica; ii) Zebreira - granodiorito de duas micas; e iii) Segura-Cabeza de Araya - granito porfiróide com biotite e cordierite (G_{SCA1}), granito porfiróide de duas micas (G_{SCA2}) e granito de grão grosseiro a fino com moscovite e turmalina (G_{SCA3}) (com base em dados do projeto MOSTMEG). As projeções incluem análises das biotites do granito de duas micas da Panasqueira (PAN), utilizando os dados disponibilizados pelo projeto MOSTMEG..... 73

Figura IX.8 – Razões (A) $\log(fH_2O/fHF)$, $\log(fH_2O/fHCl)$ e (B) $\log(fHF/fHCl)$ para as biotites das fácies e preenchimentos filonianos de Mata da Rainha. Campos composicionais para biotites em alguns plutões da Faixa de Góis Segura: i) Batão - fácies granodiorítica biotítica; ii) Zebreira - granodiorito de duas micas; e iii) Segura-Cabeza de Araya - granito porfiróide com biotite e cordierite (G_{SCA1}) (base de dados do projeto MOSTMEG). As projeções incluem análises de biotite no granito de duas micas da Panasqueira (PAN), fazendo uso dos dados disponibilizados pelo projeto MOSTMEG..... 74

Figura IX.9 – Possível esquema de cronologia relativa dos processos de moscovitização, turmalinização e silicificação, com as respetivas estruturas e texturas geradas. Cst- cassiterite, metassed – metassedimentos, Ms – moscovite, Qz- quartzo, Tur- turmalina. 77

Figura IX.10 – Esquema ilustrativo da evolução do plutão de Orca, em especial do bordo NE. (A) Intrusão do primeiro grupo de granitos, com exposição da fácies granítica moscovítica e nucleação de zonas de cisalhamento. (B) Intrusão do granito de Orca, com possível reativação e nucleação de zonas de cisalhamento. (C) Pormenor de B, com estruturas c-c'. (D) Arrefecimento contínuo do plutão, com desenvolvimento de sistemas de falhas tardias texturas de fluxo magmático e foliação tectónica nas fácies graníticas. (E) Instalação dos diferenciados tardi-magmáticos aplito-pegmatíticos no bordo do plutão. (F) Eventos de alteração hidrotermal, nomeadamente moscovitização, turmalinização e

silicificação, com desenvolvimento de estruturas filonianas de quartzo ± turmalina ± cassiterite. Idades retiradas de Martins <i>et al.</i> (2024a) e Gaspar <i>et al.</i> (2024b).....	79
Figura XII.1 - Esboço geológico da área de Santa Margarida, localizada a SE de Mata da Rainha. Retirado de Pinto & Barros (1978).....	95
Figura XII.2 - Condições de pressão e temperatura para a área de Mata da Rainha (seta vermelha) e dados da área da Panasqueira (seta azul). Linhas a cheio - isócoras calculadas a partir das inclusões fluidas em quartzo e turmalina de Mata da Rainha; linhas a tracejado – gradientes geotérmicos de 40°C/km e 50°C/km para pressões litostáticas e hidrostáticas; áreas coloridas – janelas P-T correspondentes a cada tipo de inclusão fluida descrita. Retirado de Khouya (2023).	96
Figura XII.3 – Localização do registo fotográfico de campo referido neste trabalho.....	100
Figura XII.4 - Locais de amostragem de campanhas de campo prévias e da última campanha realizada.	101
Figura XII.5 - Localização das zonas de exploração mineira, corta mineira e sanjas. Estereograma e diagrama de rosa das orientações das sanjas.	107
Figura XII.6 - Terminação da sanja 6 em “galeria abortada, exibindo um contacto por falha de um filão de quartzo e um filão aplítico, encaixados no granito da FBP. a) visão geral do afloramento, b) pormenor do interior da galeria.....	108
Figura XII.7 - Medições do fluxo magmático (S_m) e foliação tectónica em granitos (S_t), com os respetivos estereogramas, diagramas de rosa e contorno dos polos. Legenda das estruturas frágeis como na Figura IV.1.	109
Figura XII.8 - Medições da foliação tectónica (S_n) no Grupo das Beiras, com o respetivo estereograma, diagrama de rosa e contorno dos polos. Legenda das estruturas frágeis como na Figura IV.1.	110
Figura XII.9 – Medições de campo das atitudes dos filões quartzosos e aplito-aplitopegmatíticos. Estereograma, diagrama de rosa e contornos dos polos das estruturas aplíticas. A linha a verde denominada ‘A’ corresponde ao filão de onde foi retirado a amostra MDR29.1, aplito mais grosseiro.	110
Figura XII.10 - Filões com quartzo e turmalina dobrados a intersetar os metassedimentos do GB. (a) com clivagem de plano axial, na estação MDR40. vermelho: delimitação aproximada do filão, azul: foliação tectónica no GB com blastos; (b) veio muito provavelmente dobrado, na estação MDR03; (c) estação MDR33.....	111
Figura XII.11 - Afloramento de diversos veios de quartzo variavelmente enriquecidos em turmalina com disposição <i>en échelon</i> , hospedados em FB. (A) Fotografia de uma parte do afloramento e respetivo esquema ilustrativo. (B) Corte interpretativo do afloramento. (C) Turmalinização e albitização em domínio de terminação de dois veios.	112
Figura XII.12 - Estereograma, diagrama de rosa e contornos dos polos dos filões de quartzo com turmalina.....	113
Figura XII.13 - Estereograma, diagrama de rosa e contornos dos polos dos filões de quartzo sem turmalina.....	113
Figura XII.14 - Medições das zonas de falha e fraturas associadas, e zonas de cisalhamento esquerdo, com o respetivo estereograma, diagrama de rosa e contorno dos polos.....	114
Figura XII.15 - Diagramas classificativos e de proveniência para as rochas metassedimentares encaixantes do plutão de Orca. (A) Diagrama ternário $15Al_2O_3$ - $300TiO_2$ -Zr, traduzindo a maturidade	

composicional das rochas. Linha azul a cheio delimita campo das rochas sedimentares clásticas (Garcia *et al.*, 1994). (B) Diagrama ternário Th-Zr/10-Sc, que discrimina enquadramentos tectónicos (Bhatia & Crook, 1986). A – Arco-ilha oceânico, B – Arco-ilha continental, C – Margem continental ativa, D – Margem continental passiva. (C) Diagrama ternário A-K-CN, que ilustra a variação dos valores do Índice Químico de Alteração (CIA), conforme definido em McLennan *et al.* (1990) e Goodfellow *et al.* (2003). (D) Diagrama de proveniência de rochas metassedimentares com base na função discriminatória das razões de elementos maiores (Roser & Korsch, 1988) ($Df1 = 30.638TiO_2/Al_2O_3 - 12.541Fe_2O_3(total)/Al_2O_3 + 7.329MgO/Al_2O_3 + 12.03Na_2O/Al_2O_3 + 35.402K_2O/Al_2O_3 - 6.382$; $Df2 = 56.500TiO_2/Al_2O_3 - 10.879Fe_2O_3(total)/Al_2O_3 + 30.875MgO/Al_2O_3 - 5.404Na_2O/Al_2O_3 + 11.112K_2O/Al_2O_3 - 3.89$). (E) Diagrama de proveniência de rochas metassedimentares com base nas razões de elementos traço Hf vs. La/Th (Floyd & Leveridge, 1987). Os diagramas incluem campos composicionais das Formações Malpica do Tejo (MT; s – superior e i – inferior) e Rosmaninhal (R; s – proximal superior, i – proximal inferior, d – distal) do Grupo das Beiras, elaborados a partir de : i) projeto MOSTMEG (R_s , R_i , R_d , MT_s , MT_i), para a Faixa Góis-Segura; ii) Gonçalves *et al.* (2018), para a área da Panasqueira (R_d_PAN e MT_s_PAN); e iii) Nögler *et al.* (1995), Ugidos *et al.* (1997a, 1997b, 2003a, 2003b), Villaseca *et al.* (2014) e Fuenlabrada *et al.* (2016), para o setor espanhol (R_ES e MT_ES) 119

Figura XII.16 – Projeção das análises de óxidos no diagrama triangular $TiO_2-Fe_2O_3-FeO$ (adaptado de Butler, 1992)..... 173

Figura XII.17 - (A) Diagrama ternário $(R^{5+} + R^{6+})-(R^{3+} + R^{2+})-(R^{4+})$, com localização dos principais mecanismos de substituição catiónica (Grácio, 2020) e localização de (B). (B) Projeção das análises de rútilo no diagrama ternário $(R^{5+} + R^{6+})-(R^{3+} + R^{2+})-(R^{4+})$ (Grácio, 2020). (C) Projeção das mesmas análises no diagrama ternário $Ti-1000(Sn+W)-100(Fe+Cr+V)$ (Clark & Williams-Jones, 2004) e (D) no diagrama ternário $Sn-W-(Nb+Ta)$ (Carocci *et al.*, 2018). 173

Figura XII.18 - Comparação de valores de $\delta_{11}B$ de turmalinas de Mata da Rainha com outros locais da Zona Centro Ibérica (adaptado de Khouya, 2023). Valores de $\delta_{11}B$ de turmalinas de granitos tipo-S e tipo-I, de reservatórios primários globais e turmalinas da Panasqueira adaptados a partir de Codeço *et al.* (2017). Valores de $\delta_{11}B$ de turmalinas do sistema Penamacor-Monsanto retirados de Ribeiro da Costa *et al.* (2014). 180

Figura XII.19 – Razões elementares Zr/Hf, Ti/Al e Nb/Ta de cassiterites de diversos sistemas pertencentes à Faixa de Góis-Segura, obtidos por LA-ICP-MS. Adaptado de Gaspar *et al.* (2024b). 180

Figura XII.20 – Análises geocronológicas de fácies evoluídas e veios mineralizados de diversos sistemas da Faixa de Góis-Segura. Adaptado de Martins *et al.* (2024a)..... 181

Lista de tabelas

Tabela VIII.1 - Amplitude composicional (média, mediana mínimo e máximo) da percentagem das frações molares de Albite (Ab), Anortite (An) e Ortoclase (Or) para os feldspatos presentes nas rochas graníticas do bordo NE do plutão de Orca.	52
Tabela VIII.2 - Amplitude composicional (média, mediana mínimo e máximo) da percentagem das frações molares de Albite (Ab), Anortite (An) e Ortoclase (Or) para os núcleos e bordos das plagioclases das rochas graníticas.....	53
Tabela VIII.3 – Distribuição catiónica mediana por unidade de fórmula de micas potássicas trioctaédricas, com elementos selecionados.	54
Tabela VIII.4 - Distribuição catiónica mediana por unidade de fórmula de micas potássicas dioctaédricas, com elementos selecionados.	56
Tabela VIII.5 – Distribuição catiónica mediana por unidade de fórmula das análises de grãos de zircão. Os conteúdos medianos em Ti, Mg, Th, La, Ce e Nd não são apresentados, porquanto se cifram abaixo de 0,001 apuf.	59
Tabela VIII.6 - Distribuição catiónica mediana por unidade de fórmula da turmalina, com elementos selecionados.	59
Tabela VIII.7 - Distribuição catiónica mediana por unidade de fórmula das análises de apatite, com elementos selecionados.	61
Tabela VIII.8 - Distribuição catiónica mediana por unidade de fórmula das análises de monazite, com elementos selecionados. Valores não medidos assinalados com “-”.....	62
Tabela VIII.9 - Distribuição catiónica mediana por unidade de fórmula das análises de ilmenite, com elementos selecionados.	64
Tabela XII.1 – Comparação entre os granitóides dos plutões pré-Variscos e Variscos da FGS (Martins <i>et al.</i> , 2024a).....	95
Tabela XII.2 - Concentrações de alguns elementos nas turmalinas estudadas (Khouya, 2023; Boiron <i>et al.</i> , 2024a).....	96
Tabela XII.3 - Coordenadas, breve descrição, objetivos e fácies correspondentes das amostras recolhidas. Fácies: FN - núcleo, FB - bordadura, FBP – bordadura Proximal, FTG – tipo-greisen, APL – aplítico, MG – microgranítico. Objetivo: LGQ- Litogeoquímica, PET - Petrografia, Ar-Ar - geocronologia Ar-Ar em moscovites.....	102
Tabela XII.4 - Referências das lâminas delgadas polidas e dos concentrados de moscovites produzidos por fácies graníticas e preenchimentos filonianos. Identificação das lâminas delgadas polidas submetidas a análises de química mineral (QM) com recurso a Microsonda Eletrónica. FN - núcleo, FB - bordadura, FBP – bordadura Proximal, FTG – tipo-greisen, APL – preenchimento aplítico, MG – preenchimento microgranítico, MET – metassedimento.	103
Tabela XII.5 – Limites de deteção elementares (ppm) das análises de silicatos para a 1ª e 2ª fases de medição.	104
Tabela XII.6 - Limites de deteção elementares (ppm) das análises de fosfatos para a 1ª e 2ª fases de medição.	105
Tabela XII.7 - Limites de deteção elementares (ppm) das análises de óxidos e calcopirite para a 1ª e 2ª fases de medição.....	106

Tabela XII.8 - Composição geoquímica, em termos de elementos maiores, das amostras das fácies graníticas e preenchimentos filonianos micrograníticos e aplíticos de Mata da Rainha. Apresentam-se também os parâmetros de caracterização geoquímica A, B, P, Q, MALI; ASI, A/NK e Fe*. Fácies: FN – Núcleo, FB – Bordadura, FBP – Bordadura Proximal, FTG – Tipo-Greisen.	115
Tabela XII.9 - Composição geoquímica, em termos de elementos traço e terras raras, das fácies graníticas e preenchimentos filonianos micrograníticos e aplíticos de Mata da Rainha. Apresenta-se também as razões elementares Nb/Ta, K/Rb, Y/Ho, Sr/Eu, Rb/Sr e Zr/Hf. Fácies: FN – Núcleo, FB – Bordadura, FBP – Bordadura Proximal, FTG – Tipo-Greisen.....	116
Tabela XII.10 - Composição geoquímica, em termos de elementos maiores e traço das rochas metassedimentares encaixantes do plutão de Orca, zona NE.	117
Tabela XII.11 – Parâmetros utilizados para elaboração de diagramas de maturidade composicional e proveniência das rochas metassedimentares.	118
Tabela XII.12 – Análise composicional (wt%) dos feldspatos das diversas fácies graníticas e preenchimentos filonianos, com indicação da respetiva fase de medição. A não apresentação de resultados, simbolizada com “-”, reflete resultados pertencentes à primeira fase de leitura (1). Fácies: FN - núcleo, FB - bordadura, FBP – bordadura Proximal, FTG1 – tipo-greisen 1; Preenchimentos: APL – aplítico, MG – microgranítico.	120
Tabela XII.13 – Distribuição catiónica por unidade de fórmula das análises de feldspatos, calculada com base em 8 oxigénios, e percentagem das frações molares de Albite (Ab), Anortite (An) e Ortoclase (Or) das diversas fácies graníticas e preenchimentos filonianos. Fácies: FN - núcleo, FB - bordadura, FBP – bordadura Proximal, FTG1 – tipo-greisen 1; Preenchimentos: APL – aplítico, MG – microgranítico.	124
Tabela XII.14 - Análise composicional (wt%) das micas potássicas trioctaédricas das diversas fácies graníticas e preenchimentos filonianos, com indicação da respetiva fase de medição. Fácies: FN - núcleo, FB - bordadura, FBP – bordadura Proximal, FTG1 – tipo-greisen 1, FTG2 – tipo-greisen 2; Preenchimentos: MG – microgranítico.	128
Tabela XII.15 - Distribuição catiónica por unidade de fórmula das micas potássicas trioctaédricas, calculada com base em 11 oxigénios, das diversas fácies graníticas e preenchimentos filonianos. Fácies: FN - núcleo, FB - bordadura, FBP – bordadura Proximal, FTG1 – tipo-greisen 1, FTG2 – tipo-greisen 2; Preenchimentos: MG – microgranítico.	133
Tabela XII.16 – Mínimo, máximo e mediana da distribuição catiónica por unidade de fórmula dos bordos e núcleos das micas potássicas trioctaédricas, calculada com base em 11 oxigénios, das fácies FN, FBP e FTG1 e preenchimentos filonianos MG. Fácies: FN - núcleo, FBP – bordadura Proximal, FTG1 – tipo-greisen 1; Preenchimentos: MG – microgranítico.....	139
Tabela XII.17 - Análise composicional (wt%) das micas potássicas dioctaédricas das diversas fácies graníticas e preenchimentos filonianos, com indicação da respetiva fase de medição. Fácies: FN - núcleo, FB - bordadura, FBP – bordadura Proximal, FTG1 – tipo-greisen 1, FTG2 – tipo-greisen 2; Preenchimentos: APL – aplítico, MG – microgranítico.....	140
Tabela XII.18 - Distribuição catiónica por unidade de fórmula das micas potássicas dioctaédricas, calculada com base em 11 oxigénios, das diversas fácies graníticas e preenchimentos filonianos. Fácies: FN - núcleo, FB - bordadura, FBP – bordadura Proximal, FTG1 – tipo-greisen 1, FTG2 – tipo-greisen 2; Preenchimentos: APL – aplítico, MG – microgranítico.....	148

Tabela XII.19 - Mínimo, máximo e mediana da distribuição catiónica por unidade de fórmula dos bordos e núcleos das micas potássicas dioctaédricas, calculada com base em 11 oxigénios, da fácies FTG2 e preenchimentos filonianos MG. Fácies: FTG2 – tipo-greisen 2; Preenchimentos: MG – microgranítico.	157
Tabela XII.20 - Análise composicional (wt%) dos zircões das fácies FBP e FTG2 e preenchimentos filonianos APL e MG, com indicação da respetiva fase de medição. Fácies: FBP – bordadura Proximal, FTG2 – tipo-greisen 2; Preenchimentos: APL – aplítico, MG – microgranítico.	158
Tabela XII.21 - Distribuição catiónica por unidade de fórmula dos zircões, calculada com base em 4 oxigénios, das fácies FBP e FTG2 e preenchimentos filonianos APL e MG. Fácies: FBP – bordadura Proximal, FTG2 – tipo-greisen 2; Preenchimentos: APL – aplítico, MG – microgranítico.	159
Tabela XII.22 - Análise composicional (wt%) das turmalinas da fácies FBP e preenchimentos filonianos APL, com indicação da respetiva fase de medição. Fácies: FBP – bordadura Proximal; Preenchimentos: APL – aplítico.	160
Tabela XII.23 - Distribuição catiónica por unidade de fórmula das turmalinas, calculada com base em 58 cargas, da fácies FBP e preenchimentos filonianos APL. Fácies: FBP – bordadura Proximal; Preenchimentos: APL – aplítico.	162
Tabela XII.24 - Análise composicional (wt%) das apatites das fácies FBP, FTG1 e FTG2 e preenchimentos filonianos APL e MG, com indicação da respetiva fase de medição. Fácies: FBP – bordadura Proximal, FTG1 – tipo-greisen 1, FTG2 – tipo-greisen 2; Preenchimentos: APL – aplítico, MG – microgranítico.	165
Tabela XII.25 - Distribuição catiónica por unidade de fórmula das apatites, calculada com base em 12,5 oxigénios, das fácies FBP, FTG1 e FTG2 e preenchimentos filonianos APL e MG. Fácies: FBP – bordadura Proximal, FTG1 – tipo-greisen 1, FTG2 – tipo-greisen 2; Preenchimentos: APL – aplítico, MG – microgranítico.	166
Tabela XII.26 - Análise composicional (wt%) das monazites das fácies FBP e FTG2 e preenchimentos filonianos MG, com indicação da respetiva fase de medição. A não apresentação de resultados, simbolizada com “-”, reflete resultados pertencentes à primeira fase de leitura (1). Fácies: FBP – bordadura Proximal, FTG2 – tipo-greisen 2; Preenchimentos: MG – microgranítico.	167
Tabela XII.27 - Distribuição catiónica por unidade de fórmula das monazites, calculada com base em 8 cargas, das fácies FBP e FTG2 e preenchimentos filonianos MG. A não apresentação de resultados, simbolizada com “-”, reflete resultados pertencentes à primeira fase de leitura (1). Fácies: FBP – bordadura Proximal, FTG2 – tipo-greisen 2; Preenchimentos: MG – microgranítico.	168
Tabela XII.28 - Análise composicional (wt%) do fosfato de magnésio, ferro e manganês presente na amostra MDR01.1, pertencente a FBP.	169
Tabela XII.29 - Análise composicional mediana (wt%) do fosfato de magnésio, ferro e manganês presente em FBP.	169
Tabela XII.30 - Análise composicional (wt%) das ilmenites presentes em FN, com indicação da respetiva fase de medição.	170
Tabela XII.31 - Distribuição catiónica por unidade de fórmula das ilmenites de FN, calculada com base em 4 oxigénios.	170
Tabela XII.32 - Análise composicional (wt%) dos rútilos das fácies FB, FBP e FTG2 e preenchimentos filonianos APL e MG, com indicação da respetiva fase de medição. Fácies: FB - bordadura, FBP –	

bordadura Proximal, FTG2 – tipo-greisen 2; Preenchimentos: APL – aplítico, MG – microgranítico.	171
Tabela XII.33 – Distribuição catiónica por unidade de fórmula dos rútilos, calculada com base em 4 cargas, das fácies FB, FBP e FTG2 e preenchimentos filonianos APL e MG. Fácies: FB - bordadura, FBP – bordadura Proximal, FTG2 – tipo-greisen 2; Preenchimentos: APL – aplítico, MG – microgranítico.	172
Tabela XII.34 - Análise composicional (wt%) de calcopirite presente na amostra MDR01.1 pertencente a FBP, com indicação da respetiva fase de medição.	174
Tabela XII.35 – Valores médios da composição geoquímica em termos de elementos maiores e menores da fácies G4 do plutão de Castelo Branco (CB; Antunes, 2006) e da fácies de núcleo (FN) da área de Mata da Rainha (MDR) do plutão de Orca. Apresentam-se também os parâmetros de caracterização geoquímica A, B, P, Q, MALI; ASI, A/CNK e A/NK.	175
Tabela XII.36 - Concentração de Zr (ppm) do fundido e respetivos valores de parâmetro M e TZrc (Watson & Harrison, 1983) das diversas fácies graníticas e preenchimentos filonianos de Mata da Rainha.....	175
Tabela XII.37 – Índices e parâmetros utilizados no cálculo da temperatura de saturação em apatite (T^{PMR}), segundo Pichavant <i>et al.</i> (1992), das diversas fácies e preenchimentos filonianos da área de Mata da Rainha.....	176
Tabela XII.38 – Valores de interceção e fugacidade relativa de halogéneos no magma/fluido a partir do qual cristalizaram as biotites analisadas, juntamente com os parâmetros necessários ao cálculo. “-” corresponde a análises que não cumprem os critérios de utilização do geotermómetro de Ti na biotite (Henry <i>et al.</i> , 2005), pelo que não possuem valores de fugacidade de halogéneos.....	177
Tabela XII.39 – Datações U-Pb em zircão com SHRIMP, Ar-Ar e K-Ar em moscovites (Martins <i>et al.</i> , 2024a) de diversas fácies graníticas e preenchimentos filonianos da área da Rainha. Datações U-Pb de cassiterites com LA-ICP-MS, pertencentes a veios com wolframite, quartzo e turmalina (Gaspar <i>et al.</i> , 2024b).....	181

Lista de abreviaturas

Domínios tectono-estratigráficos e unidades tectono-estratigráficas			
FGS – Faixa de Góis-Panasqueira-Argemela-Segura		GB – Grupo das Beiras	
FMT – Formação de Malpica do Tejo		ZCI – Zona Centro-Ibérica	
FR – Formação de Rosmaninhal		ZGTM - Zona Galiza-Trás-os-Montes	
Fácies graníticas			
<u>Orca</u>	<u>Panasqueira</u>	<u>Segura-Cabeza de Araya</u>	
FN – fácies de núcleo	PAN - Panasqueira	G _{SCA1} - granito porfíroide com biotite e cordierite	
FB – fácies de bordadura	γ 2-micas PAN - granito de duas micas	G _{SCA2} - granito porfíroide de duas micas	
FBP – fácies de bordadura proximal	γ Ms PAN - granito moscovítico	G _{SCA3} - granito de grão grosseiro a fino com moscovite	
FTG – fácies “tipo greisen”	Greisen PAN – greisen		
APL - aplito	Diques PAN - diques		
MG – microgranito			
Fases minerais			
Ab - Albite	Chl – Clorite	Mnz – Monazite	Qz – Quartzo
An – Anortite	Crd – Cordierite	Ms – Moscovite	Rt – Rútilo
Ap – Apatite	Cst - Cassiterite	Or - Ortóclase	Tur - Turmalina
Bt – Biotite	Ep – Epidoto	Pl – Plagioclase	Xtm – Xenótimo
Carb – Carbonato	Kfs – Feldspato potássico	Py – Pirite	Zr - Zircão
Unidades			
apuf – átomos por unidade de fórmula		s – segundo	
kV - quilovolt		wt% - percentagem em peso	
Ma – milhões de anos		km - quilómetro	
MPa – megapascal		cm – centímetro	
nA - nanoampere		mm - milímetro	
°C – grau Celsius		µm - micrómetro	
ppm – partes por milhão			

Outros	
<i>ca.</i> – <i>circa</i> (cerca de)	SHRIMP - <i>Sensitive High Resolution Ion Microprobe</i>
<i>e.g.</i> – <i>exempli gratia</i> (por exemplo)	ASI – <i>Aluminum Saturation Index</i>
<i>i.e.</i> – <i>id est</i> (isto é)	MALI - <i>Modified Alkali-lime Index</i>
□ - vazios estruturais	MDR – Mata da Rainha
AS - Average Shale	MOSTMEG - <i>Predictive models for strategic metal rich, granite-related ore systems based on mineral and geochemical fingerprints and footprints</i>
CCS – Crosta Continental Superior	P// - luz simplesmente polarizada
CO₂ – dióxido de carbono	PX – luz duplamente polarizada
H₂O - água	Psdmf – pseudomorfose
D1/D2/D3 – fases de deformação Variscas	S₀/S₁ – foliações
DGFCUL – Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa	SIG – Sistemas de Informação Geológica
EDS - <i>Energy Dispersive Spectrometry</i>	T - temperatura
LREE - elementos de terras raras leves	P - pressão
HREE – elementos de terras raras pesadas	γ – granito
REE – elementos de terras raras	σ₃ – compressão máxima
IF – inclusões fluidas	
IV – valores de interseção	
LA-ICP-MS - <i>Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry</i>	

I. Introdução

A área de Mata da Rainha (distrito de Castelo Branco) integra a faixa mineralizada de Góis-Panasqueira-Argemela-Segura (FGS), que se localiza no domínio meridional da Zona Centro-Ibérica. Esta faixa, de orientação WNW-ESE, estende-se ao longo de *ca.* 150 km, intersetando as sequências siliciclásticas que formam o Grupo das Beiras (Neoproterozoico-Câmbrico Inferior) (Ferreira da Silva, 2013; Meireles *et al.*, 2022), sobre as quais assentam, em discordância, as unidades siliciclásticas do Ordovícico (Ferreira da Silva, 2013; Gutiérrez-Marco *et al.*, 2019). Estes sedimentos, recrystalizados em condições de baixo grau metamórfico (fácies dos xistos verdes) e afetados por intensa deformação polifásica (Ferreira da Silva, 2013), hospedam rochas granitoides de idade diversa (do Câmbrico ao Pérmico) (*e.g.*, Pereira *et al.*, 1986; Antunes *et al.*, 2010a; Antunes *et al.*, 2010b), salientando-se as que desenvolvem corpos plutónicos volumosos durante o Paleozoico Superior, *i.e.*, no decurso das últimas etapas da orogenia Varisca (Antunes *et al.*, 2008; Antunes *et al.*, 2010b; Ribeiro *et al.*, 2019). A FGS inclui ainda vários tipos de mineralizações (Au-Ag, Sn-W, W(-Sn-Cu), Sn, Sn-Li, Li, U, Pb-Zn, Ba; Mateus & Noronha, 2010), muitas das quais foram objeto de exploração no passado, destacando-se a mina da Panasqueira, ainda em atividade, como exemplo de classe mundial (*e.g.*, Kelly & Rye, 1979; Bussink, 1984; Cathelineau *et al.*, 2020; Marignac *et al.*, 2020). Também em Mata da Rainha existiu uma importante exploração mineira subterrânea de um depósito filoniano, de tonelagem desconhecida, de tungsténio e estanho (W-Sn). A atividade mineira neste local atingiu o apogeu durante a 2ª Guerra Mundial, tendo sido eventualmente complementada, nas décadas seguintes, com diversos trabalhos artesanais à superfície ou próximo desta.

Sobre a região em apreço, foram desenvolvidos trabalhos de prospeção mineral (*e.g.*, Costa, 1947; Pinto & Barros, 1978; Inverno, 1982) e cartografia geológica, esta última sintetizada na Carta Geológica de Portugal 1: 200.000 (Inverno *et al.* (Coord.), 2020). De facto, as mineralizações identificadas no SIORMINP (Sistema de Ocorrências e Recursos Minerais Portugueses; <https://geoportal.lneg.pt/pt/bds/siorminp/#!/>) nesta área nunca terão sido sujeitas a análise detalhada. Como tal, o projeto *Predictive models for strategic metal rich, granite-related ore systems based on mineral and geochemical fingerprints and footprints* (MOSTMEG), iniciado em 2020, elegeu a área de Mata da Rainha como um dos alvos prioritários para melhor compreender os processos metalogenéticos na FGS, abordando nomeadamente a relação entre plutonismo granítico, modificações no encaixante metassedimentar criadas pelos fenómenos mineralizantes e a tectónica Varisca. No âmbito do projeto mencionado, foram realizadas diversas campanhas de campo na área de Mata da Rainha. Este reconhecimento de campo, abrangendo o bordo NE do plutão de Orca, permitiu distinguir quatro fácies graníticas, com intensificação dos processos de moscovitização do núcleo para o bordo, bem como diferentes famílias de estruturas com preenchimentos aplíticos e quartzosos, estes últimos variavelmente enriquecidos em turmalina.

O presente trabalho, na sequência do que foi previamente executado no âmbito do projeto MOSTMEG, tem como principais objetivos a análise da distribuição espacial e caracterização (petrográfica, mineralógica, geoquímica e geocronológica) das várias fácies graníticas e estruturas filonianas no domínio NE do batólito de Orca, fundamentando eventuais afinidades com o sistema mineralizante filoniano magmático-hidrotermal de Mata da Rainha. Os resultados obtidos visam aperfeiçoar guias de prospeção existentes, ou inclusive sugerir novos critérios, orientados para a identificação de mineralizações de W e/ou Sn.

II. Enquadramento Geológico

II.1. Regional

O Maciço Ibérico é o setor mais ocidental do orógeno Varisco na Europa (*e.g.*, Murphy *et al.*, 2016). Entre as diferentes propostas de divisão do Maciço Ibérico, a definida por Julivert *et al.* (1972), mais tarde atualizada por Farias *et al.* (1987), é a usada mais frequentemente. Esta divisão inclui seis