

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



Ciências
ULisboa

**Petrologia e geoquímica do Ortognaisse das Alcáçovas e
rochas associadas: contributo para a compreensão da
evolução geodinâmica da Zona de Ossa Morena**

Filipe Morgado Telhado

Mestrado em Geologia

Especialização em Geoquímica, Mineralogia e Petrologia

Dissertação orientada por:

Ana Rita Solá

Telmo Manuel Bento dos Santos

2018

Agradecimentos

Quero agradecer desde já aos meus orientadores Rita Solá e Telmo Bento dos Santos, que me aceitaram como mestrando e que sempre dispuseram de apoio a todas as dificuldades enfrentadas ao longo deste trabalho.

Um obrigado ao LNEG (Laboratório Nacional de Energia e Geologia) que financiou a viagem ao campo e pelo tratamento de amostras colhidas no campo, bem como análises de geoquímica e cartografias da região.

Ao Professor Martim Chichorro pela participação na deslocação ao campo, na qual ajudou num melhor entendimento da região em estudo pela experiência pessoal passada e pela boa disposição e ajuda neste trabalho.

Um agradecimento a quem realizou as análises de geoquímica das amostras colhidas, como José Francisco Santos, Inês Pereira e Christian Pin. Um obrigado de novo a José Francisco Santos pela disponibilização de dados por ele trabalhados em trabalhos anteriores da região de Alcáçovas.

Agradeço ao apoio técnico prestado pela Cynthia Mourão no tratamento das amostras e a Pedro Rodrigues pelas explicações e ajudas com a microsonda electrónica.

Não posso deixar de referir a ajuda e um grande obrigado aos meus pais que sempre me apoiaram incondicionalmente no meu trabalho e incentivaram em chegar cada vez mais longe.

Um enorme obrigado à Tatiana, namorada e amiga, que me apoiou e incentivou imenso para que concluísse este trabalho. Obrigado ao Afonso e a Madalena, que nem sempre presentes, apoiaram-me neste percurso.

Aos meus amigos (Mauro, Daniel, Eduardo, Henrique, Hugo) um obrigado, que me fizeram sempre companhia e deram-me apoio fora da faculdade.

Resumo

A região de Alcáçovas localiza-se no SW da Zona de Ossa-Morena (ZOM) abrangendo o Sector de Montemor-Ficalho e o Complexo Ígneo de Beja (CIB). Nesta região afloram litologias (ou unidades) de idade Câmbria inferior a Carbonífera com deformação varisca sobreposta. De entre essas litologias ocorrem os Ortognaisses das Alcáçovas, de composição granítica e que foram datados de ~525 Ma (Cordani *et al.* 2006; Chichorro *et al.* 2008). Espacialmente associados aos ortognaisses ocorrem rochas básicas diferenciáveis por apresentarem ou não metamorfismo. São identificáveis duas gerações (rochas básicas metamórficas e ígneas) não existindo dados cronológicos para as mesmas. Contudo, é assumido a idade de ~350 Ma (datações de dioritos por: Pin *et al.*, 1999; Pin *et al.*, 2008) para as Rochas Básicas Ígneas por apresentarem afinidades genéticas com rochas dioríticas do CIB (Jesus *et al.* 2016). Como última litologia estudada, ocorrem os Pórfiros de Baleizão, considerados como sin- ou pós-variscos, com idade de ~320 Ma (Priem *et al.*, 1976; Santos *et al.* 2012).

Este trabalho visou caracterizar a petrologia e geoquímica dos quatro litótipos regionais com recurso à caracterização petrográfica e estudo da mineralogia das rochas através da química mineral. Foi efectuado análises de rocha total em 25 amostras, e isótopos de Sm-Nd (11 amostras) e Rb-Sr (6 amostras), que permitiram estabelecer relações entre os litótipos neste trabalho.

Obtiveram-se as seguintes conclusões: 1) os Ortognaisse das Alcáçovas não apresentam correlação genética com as Rochas Básicas Metamórficas; 2) existem duas gerações de Rochas Básicas; 3) a correlação existente entre as Rochas Básicas Ígneas e os Pórfiros de Baleizão permanece dúbia; 4) a geotermobarometria das Rochas Básicas Ígneas é compatível com os resultados obtidos para os dioritos mais a Sul do CIB na qual estão enquadrados; 5) a formação das unidades litológicas ocorreu em ambiente de margem continental activa, com a excepção das Rochas Básicas Metamórficas cujo ambiente é de intra-placa.

Foi proposto um modelo petrogenético tendo como base os dados obtidos, sendo que, optou-se pelo que apresenta maior robustez e que suporta melhor os resultados obtidos ao longo do estudo das rochas da região de Alcáçovas. Este modelo assenta numa hipótese que pressupõe a existência de 2 líquidos magmáticos de idade Câmbria e de composição química distinta que deram, dando origem ao protólito do Ortognaisse das Alcáçovas e das Rochas Básicas Metamórficas. Estas unidades sofreram posterior deformação e metamorfismo durante a Orogenia Varisca) e foram intruídas pelas restantes unidades presentes na região (Rochas Básicas Ígneas e os Pórfiros de Baleizão). Este modelo permite entender a evolução da região, e quais as possíveis implicações desta região na bordadura da ZOM (limite SW) e entre o limite do sector de Montemor-Ficalho com o Complexo Ígneo de Beja.

As questões abordadas neste trabalho, para além das óbvias implicações cartográficas, realçam a relevância de futuros trabalhos de petrologia e geologia estrutural mais específicos, particularmente no sector de Alcáçovas. No entanto, este trabalho contribuiu para uma melhor compreensão da evolução geodinâmica da região no contexto do Ciclo Varisco da ZOM.

Palavras-Chave: ZOM, Alcáçovas, geoquímica, isótopos, ortognaisses

Abstract

The region of Alcáçovas is located SW of the Ossa-Morena Zone (ZOM) covering the Montemor-Ficalho sector and the Beja Igneous Complex (CIB). In this region, outcrops units from lower Cambrian to Carbonic ages, with superimposed variscan deformation. Among these lithologies are the Orthogneisses of the Alcáçovas, of granitic composition that were dated to ~ 525 Ma (Cordani *et al.*, 2006; Chichorro *et al.*, 2008). Spatially associated to the orthogneisses are basic differentiable rocks because showing or not evidences of metamorphism. Two generations (basic metamorphic and igneous rocks) are identifiable and there are no chronological data for them. However, the age of ~ 350 Ma (diorites dated by Pin *et al.*, 1999; Pin *et al.*, 2008) is assumed for the Igneous Basic Rocks because they have genetic affinities with CIB diorite rocks (Jesus *et al.*, 2016). As last lithology studied, occur the Baleizão Porphyries, considered as sin- or post-variscan, with age of ~ 320 Ma (Priem *et al.*, 1976; Santos *et al.*, 2012).

This work aims to characterize the petrology and geochemistry of the four regional litho-types with the use of petrographic characterization and mineralogical study of rocks through mineral chemistry. A total of 25 samples were analyzed for total rock, and Sm-Nd (11 samples) and Rb-Sr (6 samples) isotopes were used to establish relationships among the litho-types in this work.

The following conclusions were obtained: 1) The Orthogneisses of the Alcáçovas do not present genetic correlation with the Metamorphic Basic Rocks; 2) There are two generations of Basic Rocks; 3) The correlation between the Igneous Basic Rocks and the Baleizão Porphyries remains dubious; 4) The geothermobarometry correlates the Igneous Basic Rocks with the diorites from CIB; 5) the formation of lithological units are in an active continental margin environment, with the exception of Metamorphic Basic Rocks whose environment is intra-plate.

It was proposed a petrogenetic model based on the obtained data, and it was chosen because it presents greater robustness and that better supports the results obtained during the study of the rocks of the region of Alcáçovas. This model is based on a hypothesis that presupposes the existence of two initial liquids of Cambrian ages, giving rise to the protolith of the Orthogneiss of the Alcáçovas and of the Basic Metamorphic Rocks. These units suffered posterior deformation (variscan orogeny) and were cut by the remaining units present in the region. This model allows to understand the evolution of the region, and what are the implications of this region in the boundary of the ZOM (SW limit) and between the boundary of the Montemor-Ficalho sector and the Beja Igneous Complex.

These issues, discussed in this work, apart from the obvious cartographic implications, is highlight the relevance of future and more specific petrology and structural geology works, particularly in the Alcáçovas sector. However, this work contributed to a better understanding of the geodynamic evolution of the region in the context of the ZOM Variscan Cycle.

Keywords: ZOM, Alcáçovas, geochemistry, isotopes, orthogneisses

Índice

Resumo	IV
Abstract.....	V
Índice de Figuras	VIII
Índice de Tabelas.....	XII
1. Introdução.....	1
2. Enquadramento Geológico	5
2.1. Maciço Ibérico e ZOM.....	5
2.2. Área de estudo	9
3. Trabalhos Anteriores	14
3.1. Ortognaisse das Alcáçovas:	14
3.2. Rochas Básicas.....	17
3.3. Pórfiros do Baleizão	18
3.4. Geocronologia	19
4. Metodologia.....	21
4.1. Trabalho de campo.....	21
4.2. Métodos laboratoriais	21
4.3. Microsonda electrónica	22
4.4. Fluorescência de raios-X e ICP (Inductively Coupled Plasma)	22
4.5. Métodos Isotópicos	22
5. Petrografia	23
5.1. Ortognaisse das Alcáçovas.....	23
5.2. Rochas Básicas Metamórficas	25
5.3. Rochas Básicas Ígneas.....	27
5.4. Pórfiros do Baleizão	29
6. Química Mineral.....	31
6.1. Feldspatos.....	31
6.2. Anfíbolos	33
6.3. Piroxenas	36
6.4. Biotites	37
6.5. Minerais Acessórios.....	38
7. Geotermobarometria.....	41
7.1. Resultados	43
8. Litogeoquímica	45

9.	Geoquímica isotópica	57
9.1.	Isótopos de Sm/Nd	61
9.1.1.	Idades modelo	61
9.1.2.	Isócronas Sm-Nd	64
9.1.3.	Notação ϵNd	65
9.2.	Isótopos de Rb-Sr	67
9.3.	ϵNd vs $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}(i)$	68
10.	Discussão	72
10.1.	Petrogénese	73
11.	Conclusões	75
12.	Bibliografia	77
13.	Anexos	85

Índice de Figuras

Fig. 1 – Esquema da evolução da margem norte do Gondwana no Paleozóico Inferior, desde a formação do arco Cadomiano (A); individualização dos terrenos da Avalonia e abertura do oceano Rheic (B); deriva da Avalonia para norte devido à abertura do oceano Rheic (C); deriva da Armorica provocada pela abertura do oceano Galiza – Massiço Central (D). Retirado de Dias <i>et al.</i> , (2016).....	1
Fig. 2 – Esquema da interacção entre a Avalonia/Aarmorica e o norte do Gondwana durante o Paleozóico Superior. (A) conversão entre a Iberia e Armorica no Devónico Médio; (B) Fase de colisão com fecho dos oceanos. Retirado de Dias <i>et al.</i> , (2016).	2
Fig. 3 – Representação dos arcos Ibericos juntamente com os arcos correlacionáveis na Bretanha. Retirado de Dias <i>et al.</i> , (2016).	3
Fig. 4 - Divisões tectónicas do MI com as zonas: CZ - Zona Cantábrica; WALZ - Zona Asturocidental Leonesa; GTMZ - Zona de Trás-os-Montes; CIZ - Zona Centro Ibérica; ZOM - Zona de Ossa-Morena SPZ: Zona Sul Portuguesa (retirado de Simancas <i>et al.</i> , 2003).....	5
Fig. 5 - Principais sectores da ZOM por Oliveira <i>et al.</i> , 1991. Adaptado e retirado de Araujo <i>et al.</i> , (2006). Area demarcada sinalizando a zona de Alcáçovas, alvo deste estudo.	6
Fig. 6 - Corte esquemático do sector de Montemor - Ficalho limitado por o Cavalgamento de Ferreira-Ficalho e o Sector de Estremoz - Barrancos. Adaptado de Borrego <i>et al.</i> , (2005) in Araujo <i>et al.</i> , (2006)	7
Fig. 7 – Mapa do sector de estudo modificado da folha 1:500000 do LNEG, da região de Alcáçovas, com as litologias da região (ver legenda). Projecção dos locais de amostragem com as referencias das amostras colhidas (total de 22 amostras “FRT” e 5 amostras “SC”).....	9
Fig. 8 – Fotos dos 4 grupos litológicos estudados. A - B) Amostra do ortognaisse das Alcáçovas, distintivo pela sua cor e especialmente o fabrico dado pela acumulação de minerais máficos (bandas finas de cor negra); C - D) rocha representativa dos pórfiros de Baleizão, de cor avermelhada a cinza, contendo minerais de granularidade superior (fenocristais); E - F) Rocha Básica Metamórfica (rocha de cor negra), que ocorre frequentemente associada ao ortognaisse e frequentemente com veios félsicos; G - H) rocha básica ígnea, apresentando maior granularidade que a anterior, e uma coloração menos negra, tendencialmente para cinzas escuras.	10
Fig. 9 – Fotos que demonstram a relação entre as rochas básica metamórficas com o ortognaisse de Alcáçovas, através do seu padrão de corte complexo. A) amostra de ortognaisse que sugere ser posterior à rocha básica metamórfica (rocha de cor negra) através do padrão de corte; B) caso semelhante a A, mostrando de novo o ortognaisse a cortar a rocha básica metamórfica; C) foto que demonstra a relação de corte contrária, demonstrando complexidade dos padrões de corte; D) foto do ortognaisse que provocou a fracturação e posterior instalação de líquido nas fracturas, sugerindo ser posterior à rocha básica metamórfica; E e F) Padrão de corte complexo.	12
Fig. 10 – A) e B) Foto de ortognaisse inclusa em rochas básicas ígneas; C e D) relação entre os ortognaises e as rochas básicas metamórficas; E) Foto da instalação de um filão de rocha básica ígnea num corpo rochoso composto essencialmente pelo Ortognaisse das Alcáçovas.....	13
Fig. 11 - Diagrama AFM (Irvine & Baragar, 1971) com a projecção dos “leptinitos” (Bolas pretas), Ortognaisse de Alcáçovas (Meia bola preta) e Rochas félsicas do Nordeste – Zona de Cisalhamento Badajoz-Córdoba (Pereira & Silva, 2002a) (losangos). Retirado de Chichorro (2006).....	15
Fig. 12 - Diagrama Zr/TiO ₂ vs Nb/Y, segundo Floyd & Windchester (1978) (B). Retirado de Chichorro (2006)	15
Fig. 13 - Padrões de REE normalizadas ao condrito (A). Anomalia negativa de Nb e Ta comparativamente ao Th e La (B). Padrão de REE normalizados à composição média da crosta superior (C). Retirado de Chichorro (2006)	16
Fig. 14 - Diagrama multi-elementar normalizado ao manto primitivo para os ortognaises de Alcáçovas e Portalegre (esquerda). – Padrão de normalização do manto primordial das REE, para os ortognaises de Alcáçovas e Portalegre (direita) (normalização segundo Sun & McDonough, 1989). Retirado de Cordani <i>et al.</i> (2006).	16

Fig. 15 – Petrografia do Ortognaisse das Alcáçovas. A – B: Imagem com nicóis paralelos e cruzados, mostrando a textura milonítica, com alinhamento dos minerais máficos (e.g.: biotite) e dos minerais félsicos. C) Imagem petrográfica de zircão (mineral acessório). D) figura petrográfica da presença de anfíbola no ortognaisse, apenas encontrado na amostra FRT-13. E) Imagem de nicóis cruzados demonstrando o “esmagamento” do quartzo e feldspato e respectivo alinhamento preferencial. F) Imagem que figura novamente o fabric do ortognaisse.....	24
Fig. 16 – Petrografia das Rochas Básicas Metamórficas. A) textura grano-nematoblástica com alinhamento preferencial dados pelos minerais máficos. B) Imagem petrográfica demonstrando a existência de clorite e ilmenite nas rochas básicas metamórficas. C) Imagem petrográfica demonstrando a blastese linear das piroxenas e respectiva substituição para anfíbola por retrogradação. D) Aspecto da R. B. Metamórfica com fabric linear menos visível. Este tipo de textura é pouco frequente. E) Imagem petrográfica do corte de veios félsicos na R. B. Metamórfica. F) Figura que demonstra o alinhamento bem demarcado, dado também pelos minerais opacos.....	26
Fig. 17 - Petrografia das Rochas Básicas Ígneas. A) Aspecto textural geral. B) Características particulares de corredores de cisalhamento apresentando granularidade mais fina. C – D) Particularidade da presença de prenite juntamente com plagioclase euédrica de granularidade grosseira e algum quartzo. E) Figura da textura demonstrando o equilíbrio entre a anfíbola e plagioclase. F) Detalhe da textura subofítica típica destas rochas, mostrando a anfíbola rodeada por plagioclase.....	28
Fig. 18 – Petrografia dos Pórfiros de Baleizão. A) Imagem petrográfica demonstrando os fenocristais de plagioclase numa matriz de granularidade fina. B) Fenocristais de anfíbola e plagioclase. C) Particularidade de agregados de fenocristais envolto numa matriz de granularidade fina. D) Imagem petrográfica de anfíbola e biotite crescida (fenocristais). E) Exemplo de fenocristais de feldspato K menos frequente que a plagioclase. F) Figura de agregado de fenocristais maioritariamente de anfíboa, plagioclase e algum feldspato K. A biotite nem sempre ocorre nos agregados.	30
Fig. 19 - Diagrama triangular do Feldspatos. Projecção das amostras pertencentes aos Ortognaises das Alcáçovas	31
Fig. 20 - Diagrama triangular do Feldspatos. Projecção das amostras pertencentes às rochas básicas metamórficas.	32
Fig. 21 -Diagrama triangular do Feldspatos. Projecção das amostras pertencentes às rochas básicas ígneas.....	32
Fig. 22 - Diagrama triangular do Feldspatos. Projecção das amostras pertencentes aos pórfiros de Baleizão.....	33
Fig. 23 - Gráfico de projecção das anfíbolas cálcicas segundo a nomenclatura do IMA (2012), com recurso a uma spreadsheet de Locock (2014), para os Ortognaises das Alcáçovas.....	34
Fig. 24 - Gráfico de projecção das anfíbolas cálcicas segundo a nomenclatura do IMA (2012), com recurso a uma spreadsheet de Locock (2014), para as rochas básicas com textura metamórfica.	34
Fig. 25 - Gráfico de projecção das anfíbolas cálcicas segundo a nomenclatura do IMA (2012), com recurso a uma spreadsheet de Locock (2014), para as rochas básicas com textura ígnea.....	35
Fig. 26 - Gráfico de projecção das anfíbolas cálcicas segundo a nomenclatura do IMA (2012), com recurso a uma spreadsheet de Locock (2014), para os pórfiros de Baleizão.....	36
Fig. 27 - Diagrama de nomenclatura das piroxenas, proposto por Morimoto <i>et al</i> , (1989).	37
Fig. 28 – Diagrama composicional das Biotites.....	38
Fig. 29 – Diagrama P-T-t para a evolução metamórfica dos Ortognaises das Alcáçovas (modificado a partir de Winter, 2013). As projecções dos pontos são referentes à única amostra de Ortognaisse com anfíbola na composição mineralógica (FRT-13). É estimado o percurso evolutivo com a seta a cinza.	44
Fig. 30 - – Diagrama P-T-t para a evolução metamórfica das Rochas Básicas Metamórficas (modificado a partir de Winter, 2013). As projecções dos pontos são referentes às três amostras estudadas de R. B. Metamórfica, sendo que o ponto 7 é referente à amostra FRT-7, o 12 à FRT-12b e a 14 à amostra FRT-14. É estimado o percurso evolutivo com a seta a cinza.	44

Fig. 31 – A) Diagrama TAS proposto por Middlemost (1994); B) Diagrama de aluminosidade segundo Shand (1943). Simbologia: ○ - Ortognaisses das Alcáçovas; Δ - Pórfiros de Baleizão; ■ - Rochas básicas metamórficas; ● - Rochas básicas ígneas.	45
Fig. 32 – (continuação) C) AFM por Irvine & Baragar (1971). Simbologia: ○ - Ortognaisses das Alcáçovas; Δ - Pórfiros de Baleizão; ■ - Rochas básicas metamórficas; ● - Rochas básicas ígneas. ...	46
Fig. 33 – Diagrama TAS retirado de Caldeira <i>et al.</i> (2007). Representação das rochas granodioríticas (quadrados) e dos pórfiros (triângulos e círculos).....	47
Fig. 34 - Diagramas Harker que correlaciona a %SiO ₂ contra os restantes elementos maiores e menores em % de óxido. ○ - Ortognaisses das Alcáçovas; Δ - Pórfiros de Baleizão; ■ - Rochas básicas metamórficas; ● - Rochas básicas ígneas.	48
Fig. 35 - Diagramas Harker que correlaciona a % de SiO ₂ contra os elementos menores/traço (ppm). Simbologia: ○ - Ortognaisses das Alcáçovas; Δ - Pórfiros de Baleizão; ■ - Rochas básicas metamórficas; ● - Rochas básicas ígneas.	49
Fig. 36 – Diagramas Harker que correlaciona elementos incompatíveis e traço. Foram escolhidos alguns que pudessem demonstrar algum tipo de fracionamento entre unidades litoógicas. Simbologia: ○ - Ortognaisses das Alcáçovas; Δ - Pórfiros de Baleizão; ■ - Rochas básicas metamórficas; ● - Rochas básicas ígneas.	50
Fig. 37 - Padrões dos elementos incompatíveis para as 4 unidades principais estudadas. Simbologia: ○ - Ortognaisses das Alcáçovas; Δ - Pórfiros de Baleizão; ■ - Rochas básicas metamórficas; ● - Rochas básicas ígneas.	51
Fig. 38 – Gráficos das razões La/Lu e Ce/Yb, normalizados ao condrito. Simbologia: ○ - Ortognaisses das Alcáçovas; Δ - Pórfiros de Baleizão; ■ - Rochas básicas metamórficas; ● - Rochas básicas ígneas.	52
Fig. 39 - Padrões de terras raras (REE) para as 4 unidades principais. Simbologia: ○ - Ortognaisses das Alcáçovas; Δ - Pórfiros de Baleizão; ■ - Rochas básicas metamórficas; ● - Rochas básicas ígneas. ...	52
Fig. 40 - Diagramas discriminantes, segundo Schandl & Gorton (2002), correlaciona elementos incompatíveis para os 4 grupos litológicos.	53
Fig. 41 - Diagramas discriminantes segundo Pearce <i>et al.</i> (1977) à esquerda e à direita o diagrama discriminante proposto por Pearce (2008).....	54
Fig. 42 – Diagramas discriminantes para rochas gabrodioríticas (quadrados) e os pórfiros (triângulos) segundo Pearce (1983) e Pearce <i>et al.</i> , (1984), retirado de Caldeira <i>et al.</i> , (2007).	55
Fig. 43 – Padrões de REE normalizados aos condritos (a) e spidergram normalizado aos MORB (b) dos ortognaisses do complexo do Sardoal. Retirado de Henriques <i>et al.</i> (2017).....	55
Fig. 44 – Diagrama discriminante Th/Ta vs Yb de Gorton & Schandel (2000), dos elementos maiores e menores do complexo do Sardoal. Retirado de Henriques <i>et al.</i> (2017).	55
Fig. 45 - Diagrama Th/Yb vs Ta/Yb de Pearce (1983) dos elementos traço para os anfíbolitos do Sardoal. Retirado de Henriques <i>et al.</i> (2017). ▲ Anfíbolitos de Cabeço de Moura; Δ Anfíbolitos de Vila Nova.	56
Fig. 46 – a) Evolução isotópica do Nd no reservatório CHUR com a formação do manto empobrecido (DM) por fusão parcial. b) Conceito teórico da fusão do manto empobrecido (DM) para dar origem a uma rocha ígnea. (e.g.: crosta terrestre). Retirado de Janoušek, <i>et al.</i> (2016).....	58
Fig. 47 – Conceito teórico do modelo de duas fases de fusão parcial. Como tal é assumido um reservatório intermédio com a razão Sm/Nd da crosta continental (CC) para obter as idades modelo das rochas em estudo. Retirado de Janoušek, <i>et al.</i> (2016).	59
Fig. 48 - Gráfico $87Sr/86Sr$ vs $87Rb/86Sr$ que demonstra a evolução do sistema isotópico Rb-Sr. Os círculos correspondem a rochas cogenéticas. Adaptado de Winter (2013).	60
Fig. 49 - Gráfico de projecção dos dados Sm/Nd e Nd/Nd analisados para os Ortognaisses das Alcáçovas, englobando os trabalhos de Santos <i>et al.</i> 2012. A idade obtida é aproximada da idade obtida para os Ortognaisses das Alcáçovas.	64

Fig. 50 - Gráfico de projecção dos dados Sm/Nd e Nd/Nd analisados para os Pórfiros de Baleizão, englobando os trabalhos de Santos <i>et al.</i> 2012. A idade obtida pelo método Rb-Sr e K-Ar é de aproximadamente 320 Ma.	64
Fig. 51 - Gráfico de projecção dos dados Sm/Nd e Nd/Nd analisados para as Rochas Básicas Metamórficas, englobando os trabalhos de Santos <i>et al.</i> 2012. A idade obtida é desenquadrada para esta unidade litológica.	65
Fig. 52 - Gráfico $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ vs $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ para as amostras de Ortognaisse das Alcáçovas, com 5 amostras projectadas. Idade calculada não apresenta significado geológico.....	67
Fig. 53 - Gráfico $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ vs $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ para as amostras de Pórfiros de Baleizão, com as 8 amostras projectadas.....	67
Fig. 54 - Gráfico $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ vs $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ para as amostras de Rochas Básicas Ígneas, com 7 amostras projectadas.....	68
Fig. 55 - Gráfico de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ vs ϵNd com os valores calculados para 350 Ma. Foram projectados os campos das Rochas da Crosta Inferior Meta-Ígneas e as Rochas da Crosta Média e Superior Meta-Ígneas propostos por (Turpin <i>et al.</i> 1990; Downes & Dutho, 1988).	69
Fig. 56 - Gráfico de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ vs ϵNd com os valores calculados para 525 Ma. Foram projectados os campos das Rochas da Crosta Inferior Meta-Ígneas e as Rochas da Crosta Média e Superior Meta-Ígneas propostos por (Turpin <i>et al.</i> 1990; Downes & Dutho, 1988).	70
Fig. 57 - Projecção de ϵNd vs Idade. Os campos representados são a representação aproximada das idades das respectivas litologias. Adaptado de Villaseca <i>et al.</i> 1997. A idade de evolução (T_{DM}) de 1.4 Ga calculada para a crosta continental, é assumida segundo a razão $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ de 0.12, através da fórmula de Liew & Hoffman (1988).	71
Fig. 58 - Diagrama de ϵNd vs Idade apresentado por Villaseca <i>et al.</i> 1997. Legenda: cruces (granitos hercínicos); quadrados (ortognaisses cadomianos); estrelas (metassedimentos pré-Ordovícicos).	71
Fig. 59 - Esquema representativo dos três modelos considerados para a evolução geodinâmica da região de Alcáçovas. Litologias: Ortognaisse de Alcáçovas - intrusão ígnea a cor de rosa; Rochas Básicas Metamórficas - cinza escuro assinalado com β ; Rochas Básicas Ígneas - intrusão a cinza claro com a simbologia "v"; Pórfiros de Baleizão - intrusão a vermelho com a simbologia "v. Soco Neo-Proterozóico (NP) colorido a castanho com simbologia de deformação anterior.....	74

Índice de Tabelas

Tab. 1 – Tabela com a compilação de datações efectuadas em trabalhos anteriores nos Ortognaisses das Alcáçovas e nos Pórfiros de Baleizão e nas rochas básicas associadas.....	20
Tab. 2 - Tabela com os catiões para a fórmula estrutural da biotite (s.l.). O cálculo teve como base 24 oxigénios.	37
Tab. 3 - Tabela das análises representativas de titanite e apatite.	39
Tab. 4 - Análises representativas de Ilmenites e Magnetites/Hematites.	40
Tab. 5 – Síntese dos resultados de Pressão e Temperatura calculados para as rochas estudadas, tendo em conta o conteúdo em Al na anfíbola. Em evidencia (negrito) encontram-se os valores que melhor estima a pressão e temperatura.	42
Tab. 6 – Tabela com as idades modelo calculadas com a correcção para 350 Ma e 526.6 Ma.....	63
Tab. 7 – Tabela com os valores de ϵNd para 350 Ma e 526.6 Ma	66
Tab. 8 – Tabela que correlaciona os valores da notação ϵNd com os valores da razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	69
Tab. 9 – Análises de microsonda electrónica para os feldspatos dos Ortognaisses das Alcáçovas.	85
Tab. 10 - Análises de microsonda electrónica para os feldspatos dos Ortognaisses das Alcáçovas (continuação).	86
Tab. 11 - Análises de microsonda electrónica para os feldspatos dos Ortognaisses das Alcáçovas (continuação).	87
Tab. 12 - Análises de microsonda electrónica para as anfíbolas nos Ortognaisses das Alcáçovas	88
Tab. 13 - Análises de microsonda electrónica para os feldspatos das Rochas Básicas Metamórficas.	89
Tab. 14 - Análises de microsonda electrónica para os feldspatos das Rochas Básicas Metamórficas (continuação).	90
Tab. 15 - Análises de microsonda electrónica para os feldspatos das Rochas Básicas Metamórficas (continuação).	91
Tab. 16 - Análises de microsonda electrónica para as anfíbolas das Rochas Básicas Metamórficas. .	92
Tab. 17 - Análises de microsonda electrónica para as piroxenas das Rochas Básicas Metamórficas.	93
Tab. 18 - Análises de microsonda electrónica para as piroxenas das Rochas Básicas Metamórficas (continuação).	94
Tab. 19 - Análises de microsonda electrónica para as piroxenas das Rochas Básicas Metamórficas (continuação).	95
Tab. 20 - Análises de microsonda electrónica para os feldspatos das Rochas Básicas Ígenas.	96
Tab. 21 - Análises de microsonda electrónica para os feldspatos das Rochas Básicas Ígneas (continuação).	97
Tab. 22 - Análises de microsonda electrónica para as anfíbolas das Rochas Básicas Ígneas.	98
Tab. 23 - Análises de microsonda electrónica para as anfíbolas das Rochas Básicas Ígneas (continuação).	99
Tab. 24 - Análises de microsonda electrónica para os feldspatos dos Pórfiros de Baleizão.....	100
Tab. 25 - Análises de microsonda electrónica para os feldspatos dos Pórfiros de Baleizão (continuação).	101
Tab. 26 - Análises de microsonda electrónica para as anfíbolas dos Pórfiros de Baleizão.	102
Tab. 27 - Análises de microsonda electrónica para as anfíbolas dos Pórfiros de Baleizão (continuação).	103
Tab. 28 – Tabela com análise elementar para todas as amostras analisadas.	104
Tab. 29 - Tabela com análise elementar para todas as amostras analisadas (continuação).	105
Tab. 30 – Tabela com as pressões e temperaturas estimadas para a formação do Ortognaisse das Alcáçovas a partir de análises de anfíbola.....	106
Tab. 31 - Tabela com as pressões e temperaturas estimadas para a formação dos Pórfiros de Baleizão a partir de análises de anfíbola.	106
Tab. 32 Tabela com as pressões e temperaturas estimadas para a formação das Rochas Básicas Metamórficas e Ígneas a partir de análises de anfíbola.	107

1. Introdução

A Zona de Ossa-Morena (ZOM), contextualizada no Maciço Ibérico (MI), é ainda hoje alvo de intenso estudo pela comunidade científica devido à sua intrigante complexidade e importância no entendimento da evolução do Ciclo Cadomiano e Varisco no MI.

Com base em critérios estratiográficos, estruturais e metamórficos, o MI subdivide-se em 5 zonas principais, de N para S: Zona Cantábrica (ZC), Zona Oeste-Astúrico-Leonesa (ZOAL), Zona Centro Ibérica (ZCI), Zona Ossa-Morena (ZOM), Zona Sul Portuguesa (ZSP) proposto mais tarde por Julivert *et al.* 1972.

Do ponto de vista paleogeográfico a ZOM tem sido considerada a margem mais externa do Gondwana (e.g. Robardet, 2003; Fig 1) ou uma microplaca isolada, denominada de Armorica (e.g., Matte, 2001). Corresponde a um bloco continental formado por rochas do Neoproterozóico ao Carbonífero. A evolução tectono-metamórfica da ZOM é complexa devido à sobreposição dos eventos Cadomianos (final do Neoproterozoico) e Variscos. O metamorfismo regional é de baixo grau com excepção dos domínios a Norte (Faixa Blastomilonítica) e a Sul (Évora-Aracena), onde existem ocorrências de médio-alto grau metamórfico, no contacto com as zonas adjacentes ZCI e ZSP. Dias *et al.* (2016) apresentam um resumo condensado, de várias visões da evolução do MI desde a orogenia cadomiana até à orogenia varisca. O Orógeno Cadomiano é resultado da colisão do tipo arco-continente pela subducção da margem N do continente Gondwana, durante o Ediacarano Superior. No Paleozóico Inferior ocorre adelgaçamento crustal. No Câmbrico Inferior/Médio com a abertura do oceano Rheic e a deriva para N dos terrenos da Avalónia (Linnemann *et al.*, 2008). A abertura do oceano com subducção a N no continente Laurêncica criou espaço para os domínios Ibéricos e Armoricanos (Fig. 1).

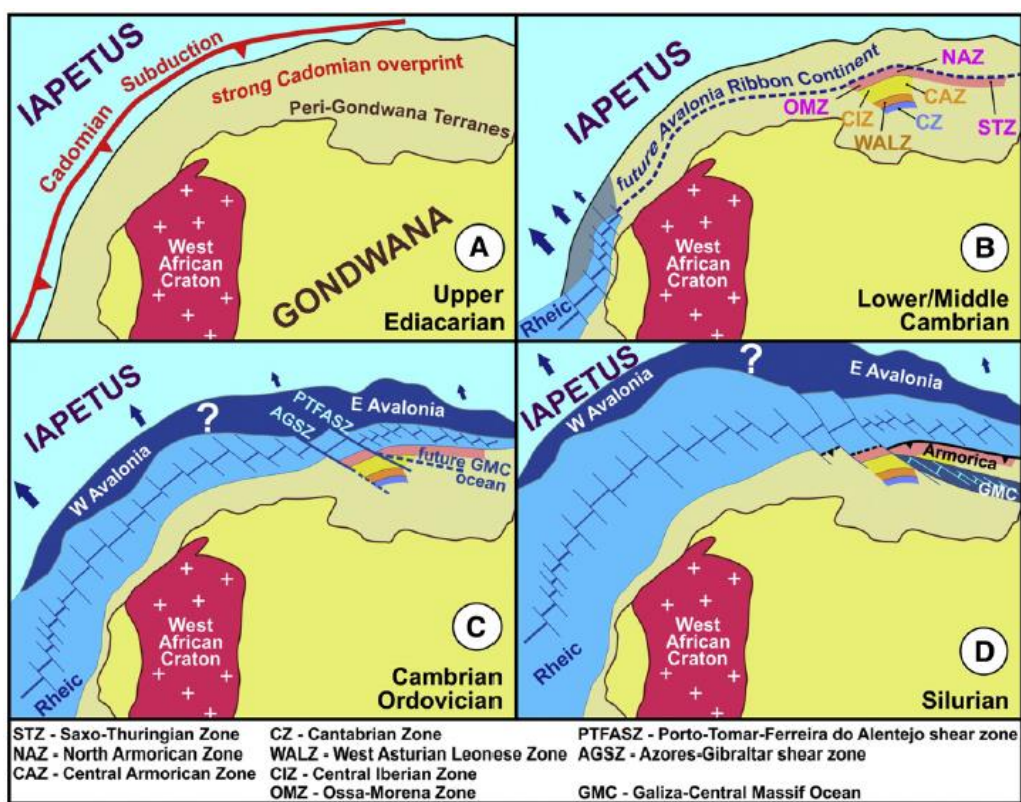


Fig. 1 – Esquema da evolução da margem norte do Gondwana no Paleozóico Inferior, desde a formação do arco Cadomiano (A); individualização dos terrenos da Avalonia e abertura do oceano Rheic (B); deriva da Avalonia para norte devido à abertura do oceano Rheic (C); deriva da Armorica provocada pela abertura do oceano Galiza – Massiço Central (D). Retirado de Dias *et al.*, (2016).

É no Devónico/Carbonífero que se dá a convergência dos continentes Laurência e Gondwana para formar o Supercontinente Pangeia, com a respectiva inversão das bacias. O MI fica assim limitado pela subducção do oceano Rheic e o Gondwana (Fig. 2), onde a deformação progrediu em regime transpressivo sinistrogiro (Dias and Ribeiro, 1995b). No entanto, devido à compartimentação do Maciço explicada pela existência de diferentes domínios, a deformação no Devónico foi muito heterogénea, onde a deformação transpersiva sinistrogira é dominante, e algumas regiões adjacentes apenas por pura compressão (Dias & Ribeiro, 1994, 1995b; Dias *et al.*, 2013b). Tais regiões, como exemplo da ZOM, a tectónica existente é, entre outras, maioritariamente por carreamentos (Simancas *et al.* 2003).

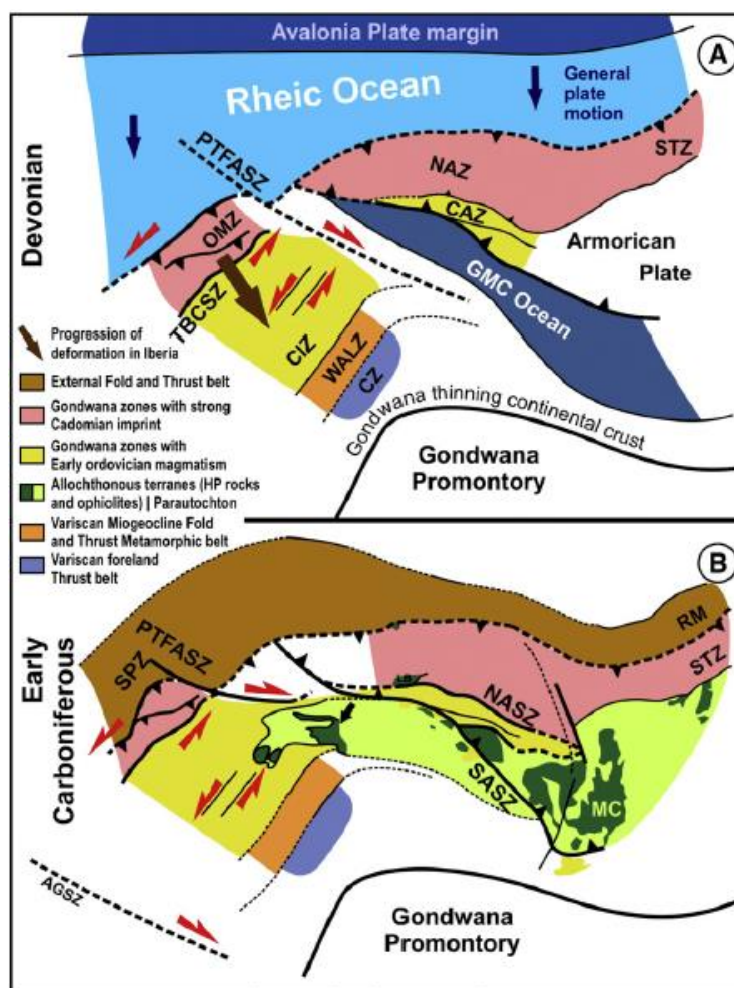


Fig. 2 – Esquema da interação entre a Avalonia/Armorica e o norte do Gondwana durante o Paleozóico Superior. (A) conversão entre a Iberia e Armorica no Devónico Médio; (B) Fase de colisão com fecho dos oceanos. Retirado de Dias *et al.*, (2016).

Durante o Carbónico/Pérmico inferior ocorre a rotação sinistrogira do MI, com deformação intra-continental (Dias & Ribeiro, 1995b), responsável pela forma irregular da margem sul. No sector norte do Arco Ibero - Armoricano formaram-se várias zonas de cisalhamento direito (Fig. 3), que sobrepuseram a deformação nas antigas estruturas do MI. Tal processo já tinha sido proposto para o orogénio Varisco (Lorenz & Nicholls, 1984). A evolução revela de facto intensa deformação em todos os domínios do MI e é necessário o estudo aprofundado de cada um, de modo a contribuir para uma compreensão da evolução geodinâmica detalhada.

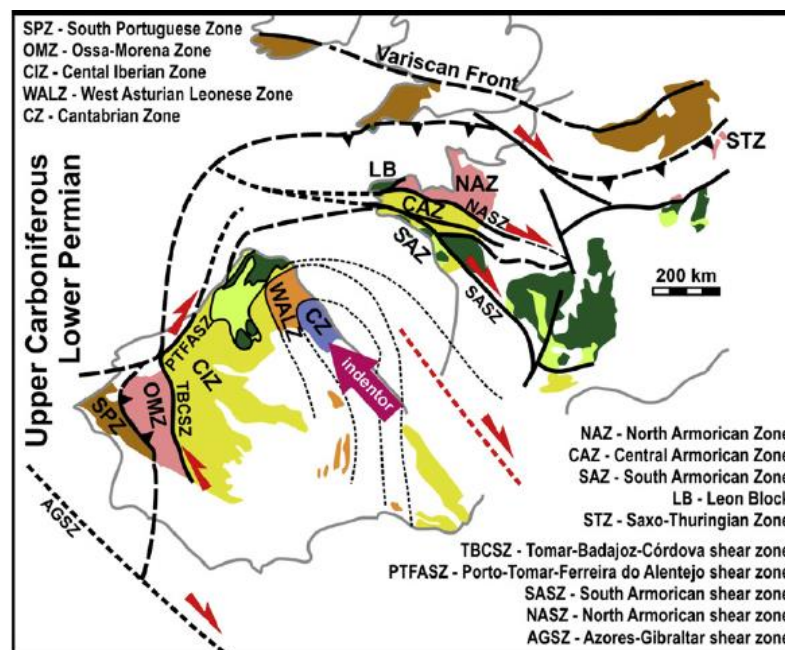


Fig. 3 – Representação dos arcos Ibericos juntamente com os arcos correlacionáveis na Bretanha. Retirado de Dias *et al.*, (2016).

A região de Alcáçovas, sector de estudo, abrange os sectores de Montemor – Ficalho e Complexo Ígneo de Beja (CIB) (Andrade, 1983). Carvalho *et al.*, (1977) designou “Maciço de Évora” a essa região. O magmatismo na Série Negra compreende intercalações vulcânicas nos níveis siliciclásticos e carbonatados do Câmbrio Inferior (530-517 Ma) com assinaturas orogénicas e associados a processos de rifting da margem Gondwana (Chichorro *et al.* 2008). Este plutonismo é interpretado como um reflexo herdado de uma crosta mais antiga que sofre processo de anatexia por efeitos de progressivo upwelling mantélico (Dias *et al.* 2013).

Neste sector ocorrem os Ortognaisses das Alcáçovas de composição granítica, referenciados pela primeira vez por Andrade (1974). Associadas espacialmente com o Ortognaisse ocorrem rochas básicas indiferenciadas. Estudos anteriores (Andrade, 1974) sugerem que as rochas básicas apresentam pelo menos duas gerações distintas, nas quais, uma delas se encontra associada ao Ortognaisse das Alcáçovas e outras aos Pórfiros de Baleizão que são rochas de composição dacítica-riolítica pertencentes ao CIB, descritos por Andrade (1983). Os Ortognaisses das Alcáçovas foram datados de aproximadamente 530 Ma (Cordani *et al.* 2006; Chichorro *et al.* 2008) e cartograficamente apresentam-se associadas às rochas básicas. As rochas básicas ocorrem também associadas aos Pórfiros de Baleizão, datados de 320 Ma (Priem *et al.*, 1976; Santos *et al.*, 2012).

A problemática existente neste sector reside na identificação das gerações existentes nas rochas básicas associadas aos Ortognaisses das Alcáçovas e Pórfiros de Baleizão. Independentemente das datações obtidas na região, a compreensão e o papel de cada unidade litológica fica comprometida pelo fraco entendimento das rochas básicas. De um ponto de vista cartográfico e estrutural existe a necessidade de separar as gerações de rochas básicas descritas e obter uma base cartográfica sólida para melhor entendimento da evolução local (área de Alcáçovas), bem como o limite entre o sector de Montemor-Ficalho e o CIB e as suas implicações na evolução geodinâmica regional (Maciço de Évora; ZOM).

Este trabalho contribui com novos dados petrográficos, geotermobarométricos e geoquímicos dos litótipos da região de Alcáçovas, que permite um melhor entendimento da região, que carece de estudos a este nível. Como tal, recorreu-se à petrografia detalhada, a técnicas de geotermobarometria, métodos analíticos de litogeoquímica de todas as unidades presentes (química mineral; análises de rocha total) e estudos isotópicos (Sm-Nd e Rb-Sr) que permitirão caracterizar com detalhe os litótipos da região.

Assim sendo, os objectivos definidos deste trabalho residem na caracterização detalhada das rochas da região e averiguar a eventual ligação genética entre os litótipos existentes. É também proposto um modelo geodinâmico evolutivo das litologias do sector de Alcáçovas. Outro dos objectivos reside no entendimento da importância do limite entre o sector de Montemor-Ficalho e CIB, bem como a natureza do limite entre os domínios da ZOM/ZSP, tendo em conta que o sector em estudo se encontra na bordadura da ZOM..

2. Enquadramento Geológico

2.1. Maciço Ibérico e ZOM

O Maciço Ibérico (MI) é composto por cinco principais zonas: Zona Cantábrica (ZC), Zona Oeste-Astúrico-Leonesa (ZWAL), Zona Centro Ibérica (ZCI), Zona Ossa-Morena (ZOM) e Zona Sul Portuguesa (ZSP) (Julivert *et al.* 1972). O sector de importância para este trabalho é a ZOM, na qual fica enquadrada a área de estudo. A ZOM é um domínio geotectónico, na região a sul de Portugal, e limitado a norte e a sul pela ZCI e ZSP respectivamente. Actualmente, alguns autores (e.g.: Arenas *et al.*, 2016), sugerem que a ZOM possa estar relacionada com a Zona da Galiza – Trás-os-Montes (GOMZ) (Fig. 4), relação essa suportada por estudos de petrografia, geoquímica e de geologia estrutural.

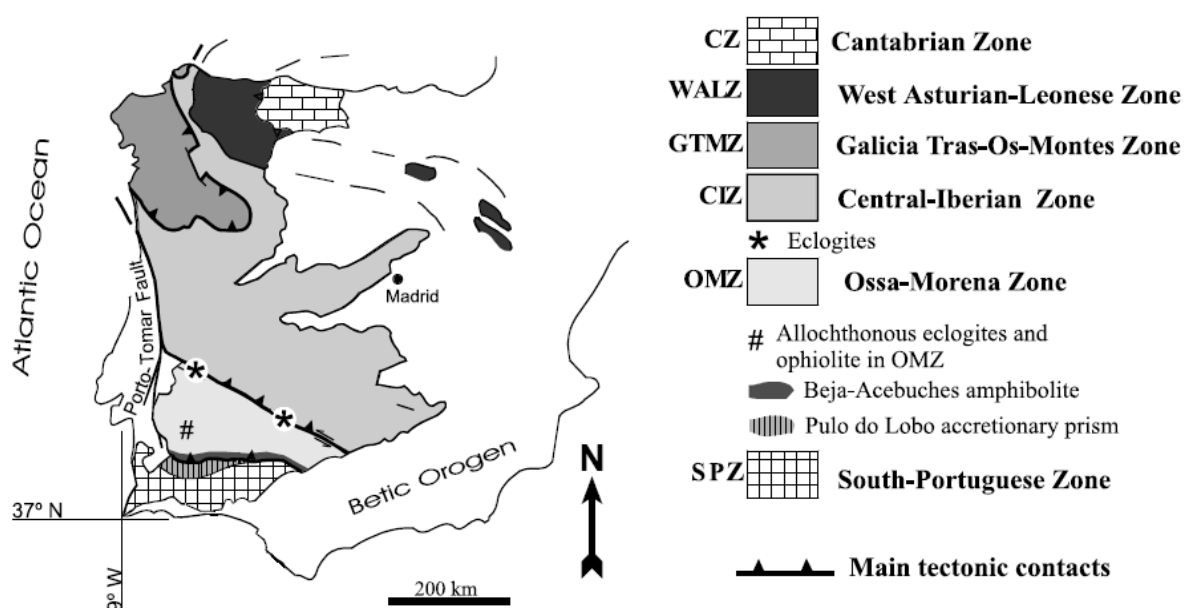


Fig. 4 - Divisões tectónicas do MI com as zonas: CZ - Zona Cantábrica; WALZ - Zona Oeste Asturo-Leonesa; GTMZ - Zona de Trás-os-Montes; CIZ - Zona Centro Ibérica; ZOM - Zona de Ossa-Morena SPZ: Zona Sul Portuguesa (retirado de Simancas *et al.*, 2003).

A estratigrafia geral da ZOM compreende na base a Série Negra (Carvalhosa, 1965), largamente representada nos vários sectores da ZOM, sendo formada por espessas sequências de pelitos e grauvaques quartzíticos, com anfíbolitos no topo da unidade. Ocorrem frequentemente lenticulas de cherts negros e localmente alguns mármore. O topo é também marcado pela presença de alguns horizontes de grauvaques e arenitos juntamente com raros anfíbolitos. As idades de deposição máxima variam entre os c. 565-545 Ma com base em datações pontuais de U-Pb de zircões detríticos (Schäfer *et al.*, 1993; Chichorro, 2006, Linnemann *et al.*, 2008; Formação de Montemolín, Espanha; Formação do Escoural e Formação de Mosteiros, respectivamente)

A evolução do Paleozóico (pós-cadomiana) da Zona de Ossa-Morena (ZOM) foi marcada pelo desenvolvimento de várias bacias sedimentares que testemunham um regime extensional generalizado (e.g Oliveira *et al.*, 1991), e acompanhada por uma atividade magmática significativa (e.g. Mata e Munhá 1990; Sánchez-Garcia *et al.*, 2008). Na ZOM, as formações Câmbrias assentam discordantemente sobre a Série Negra (SN). A sedimentação Câmbrica mostra importantes variações de espessuras e uma distribuição irregular de fácies detríticas e carbonatadas, reflexo das várias taxas de subsidência. Geralmente uma sucessão formação carbonatada/dolomítica inicia-se com um conglomerado de base seguido de vulcanitos ácidos. Este magmatismo foi recentemente datado de 530 ± 3 Ma (Romeu *et al.*, 2006; Chichorro *et al.*, 2008, Sánchez-Garcia *et al.*, 2008). Sobre esta formação

as unidades subsequentes incluem abundante magmatismo bimodal que se manteve por todo o Paleozóico inferior.

Os Complexos Vulcano – Sedimentares ocorrem em toda a ZOM e consistem em lavas piroclásticas, epiclásticas e rochas sedimentares. Vão desde composições basálticas a riolíticas, mas as composições andesíticas e dacíticas são as predominantes. As rochas vulcânicas *s. s.* (lavas e piroclastos) são minoritários devido à menor resistência aos processos erosivos para ambientes muito activos. O plutonismo de rochas graníticas e dioríticas ocorre ao longo de toda a ZOM, e apresentam evidências de uma fonte na crosta superficial.

No sector português, Oliveira *et al.* (1991) sub-divide a ZOM em 6 principais domínios desde NE para SW: Faixa Blastomilonítica, Sector de Alter do Chão – Elvas; Sector de Estremoz – Barrancos; Sector de Montemor – Ficalho; Maciço de Beja; Ofiólito de Beja – Acebuches. A área de estudo incide sobre o sector de Montemor – Ficalho e o Maciço de Beja, na região de Alcáçovas (Fig. 5). Estes sectores estão inclusos no sector de Beja – Aracena proposto por Quesada (1990).

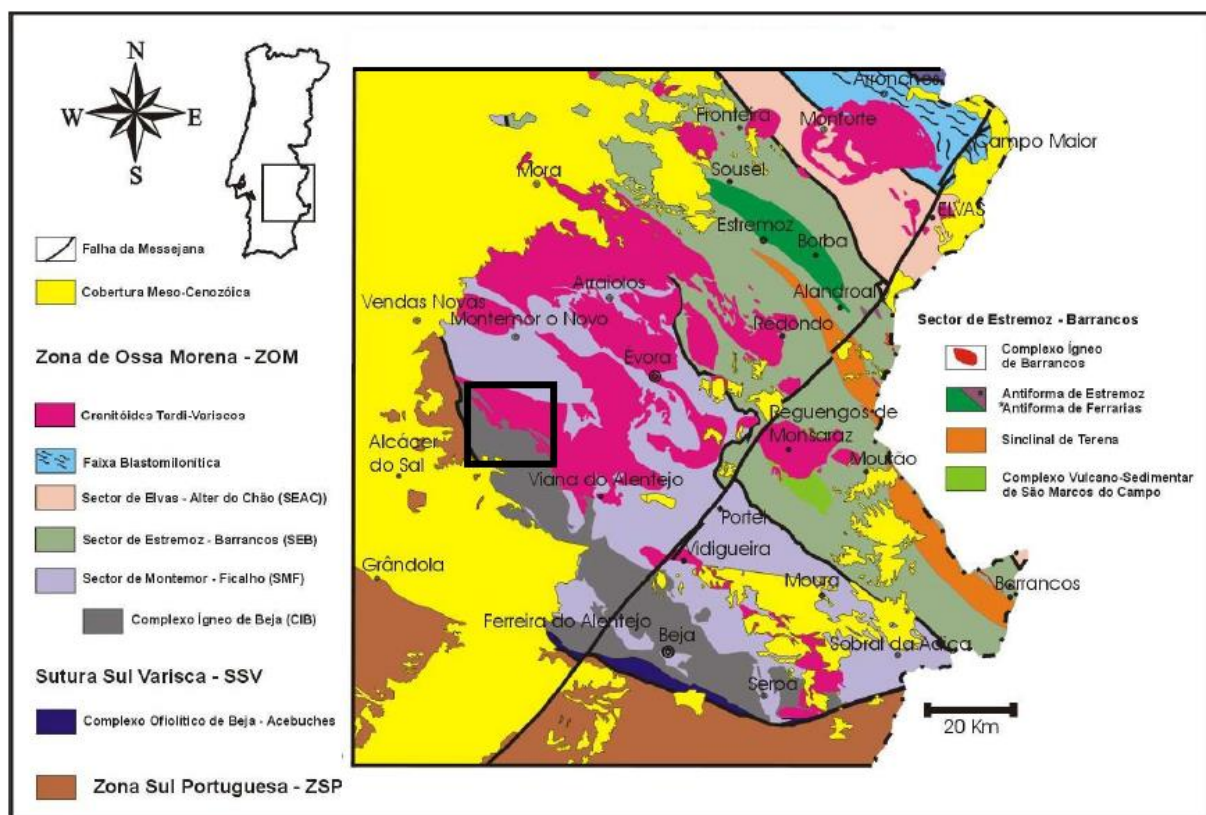


Fig. 5 - Principais sectores da ZOM por Oliveira *et al.*, 1991. Adaptado e retirado de Araujo *et al.*, (2006). Área demarcada sinalizando a zona de Alcáçovas, alvo deste estudo.

O sector de Montemor – Ficalho é limitado a norte por o sector Estremoz – Barrancos pelo carreamento de Santo Aleixo da Restauração (Araújo, 1995). O limite a sul é com o Maciço de Beja e pelas as estruturas de Serpa e Viana do Alentejo, não existindo limite tectónico visível. A estratigrafia deste sector foi feita com recurso a correlações com as sucessões existentes na Faixa Blastomilonítica e nos sectores de Alter do Chão – Elvas e Estremoz – Barrancos (Oliveira *et al.* 1991).

A estratigrafia geral do sector de Montemor – Ficalho (Fig. 6) inicia-se por um conjunto de rochas metamórficas composto essencialmente por xistos negros, chertes e grauvaques, na qual é denominado de Formação de Águas de Peixe (Série Negra) nos antiformas de Ficalho – Moura, Portel e Alvito - Viana do Alentejo. Com maior grau metamórfico, é representada nos antiformas de Serpa, S. Brissos e Escoural, micaxistos, metavulcanitos ácidos, anfíbolitos e gnaisses, que constituem a

Formação do Escoural. As seqüências anteriores são correlacionáveis com as Formações de Morenos e Mosteiros da Faixa Blastomilonítica e a Formação de Mares do antiforma de Estremoz.

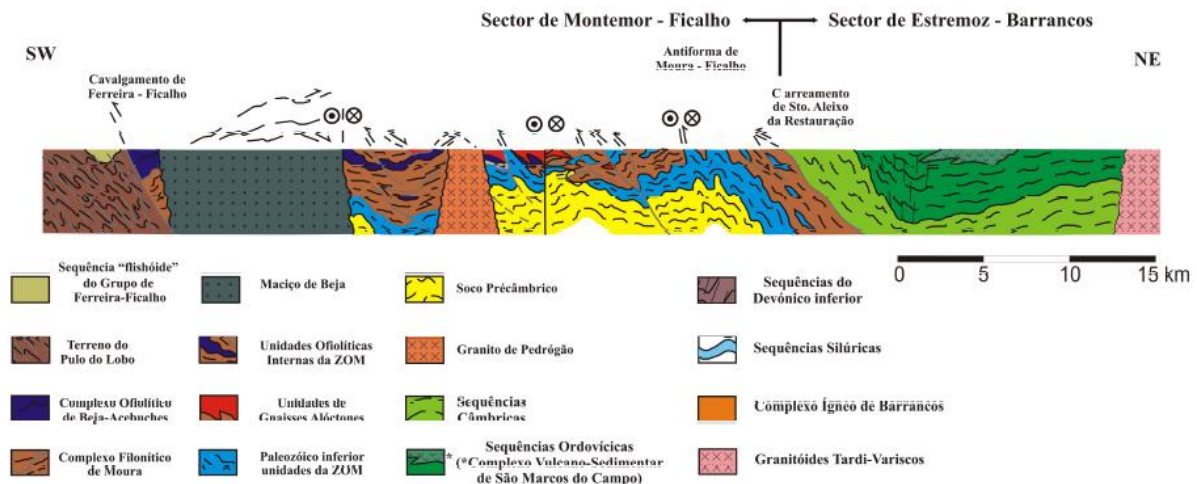


Fig. 6 - Corte esquemático do sector de Montemor - Ficalho limitado por o Cavalgamento de Ferreira-Ficalho e o Sector de Estremoz - Barrancos. Adaptado de Borrego et al., (2005) in Araujo et al., (2006)

Discordante das unidades anteriores, ocorrem calcários dolomíticos (Formação Dolomítica) e níveis areno-conglomeráticos e vulcanitos ácidos na base (Oliveira & Matos, 1992), onde ocorrem também mármores de grão grosseiro e metabasitos. Estas últimas litologias e as subjacentes apresentam idade pré-Câmbrica, com forte recristalização metamórfica e a existência de rochas de alta pressão como eclogitos (Fonseca *et al*, 1993). Já a Formação Dolomítica tem idade Câmbrico Inferior por correspondência com os calcários dolomíticos da região de Elvas (SPG, 1992). É seguido por um horizonte silico-ferruginoso, interpretado como um marcador de uma discordância Câmbrico – Ordovícico (Oliveira, 1984; Oliveira & Piçarra, 1986). No topo do horizonte anterior, ocorre o chamado Complexo Vulcano – Sedimentar de Ficalho (Piçarra *et al*, 1992b) ou de Ficalho - Moura (CVSFM) (Oliveira *et al*, 1991) que corresponde a rochas de natureza ácida tais como tufos, brechas, tufitos, xisto borra de vinho e calcoxistos. A idade do CVSFM não é consensual, sendo que são atribuídas idades desde pré-Câmbricas (Carvalhosa, 1983) a idades Ordovícico Superior ou pós Silúrico Superior (Piçarra & Le Menn, 1994). Procedente às seqüências/unidades anteriores, ocorre o Complexo Filonítico de Moura, mais conhecido como "Xistos de Moura" (Araújo, 1995; Araújo *et al*, 2005). É composto por uma seqüência imbricada de xistos siliciosos (micaxistos), intercalados com rochas vulcânicas ácidas e básicas, além de passagens de liditos, xistos negros e raros níveis carbonatados. A forte deformação tectónica deste complexo comparativamente com outros sectores, levou Oliveira *et al*, (1991) a admitirem que constitui uma seqüência muito complexa, englobando várias unidades litoestratigráficas afectadas por importante tectónica tangencial. Relativamente às rochas máficas deste complexo apresenta assinaturas geoquímicas que variam entre afinidades toleíticas, com assinatura anarogénica de tipo MORB, e basaltos toleíticos a alcalinos (Araújo *et al*, 1995). Admite-se que a idade deste complexo é entre o Ordovícico Superior e o Devónico Inferior (Piçarra, 2000).

O sector em estudo fica enquadrado no Maciço de Évora, definido por (Carvalhosa 1977, 1983); Quesada & Munhá, (1990a); Pereira *et al*, (2003a), localizado no bordo meridional da ZOM. A estrutura interna do Maciço de Évora pode ser subdividida em duas unidades tectónicas importantes: Terrenos de Alto grau Metamórfico de Évora e a Zona de Cisalhamento de Montemor-o-Novo (Pereira *et al*, 2003a)

A Zona de Cisalhamento de Montemor-o-Novo, abrangendo a área de estudo deste trabalho, é constituída por rochas extremamente cisalhadas essencialmente em condições da fácies anfibolítica e xistos verdes (Pereira *et al*, 2003a; Chichorro *et al*, 2003, 2004). Esta zona de cisalhamento afecta a Série Negra de idade neo-Proterozóica, o Complexo Ígneo-Sedimentar do Câmbrico (Formação do

Monfurado) e a Formação do Carvalhal. O limite entre as zonas de cisalhamento de Montemor-o-Novo e os terrenos de alto grau é dado pela zona de falha da Boa Fé, com cerca de 0.1 a 1 km de largura onde se concentram elevados gradientes de deformação testemunhados pela presença de texturas miloníticas que sobrepõem as texturas frágeis (Pereira *et al.*, 2003; Chichorro *et al.*, 2004).

O Complexo Ígneo de Beja (CIB) é formado por uma associação de corpos ígneos de entre os quais, Gabros de Beja, Gabros e Dioritos de Cuba-Alvito e Pórfiros de Baleizão, e complexos vulcano-sedimentares tais como o Complexo Básico de Odivelas e o Complexo da Toca da Moura. O limite a norte é marcado pelos Pórfiros de Baleizão e o limite a sul dá-se com o contacto com o Ofiólito de Beja-Acebuches ou com o cavalgamento de Ferreira-Ficalho. Segundo Machado *et al.* (2009; 2010) permitiram clarificar que as relações temporais e espaciais entre os plutões e os diferentes complexos vulcânicos mais antigos são contemporâneos da sedimentação carbonatada, datada de Eifeliano e Emsiano.

2.2. Área de estudo

O sector de trabalho fica enquadrado na região da povoação de Alcáçovas (Fig. 7), sendo que o trabalho de campo foi realizado maioritariamente entre as seguintes localidades: Alcáçovas a S, Santiago do Escoural a N e Santa Susana a W.

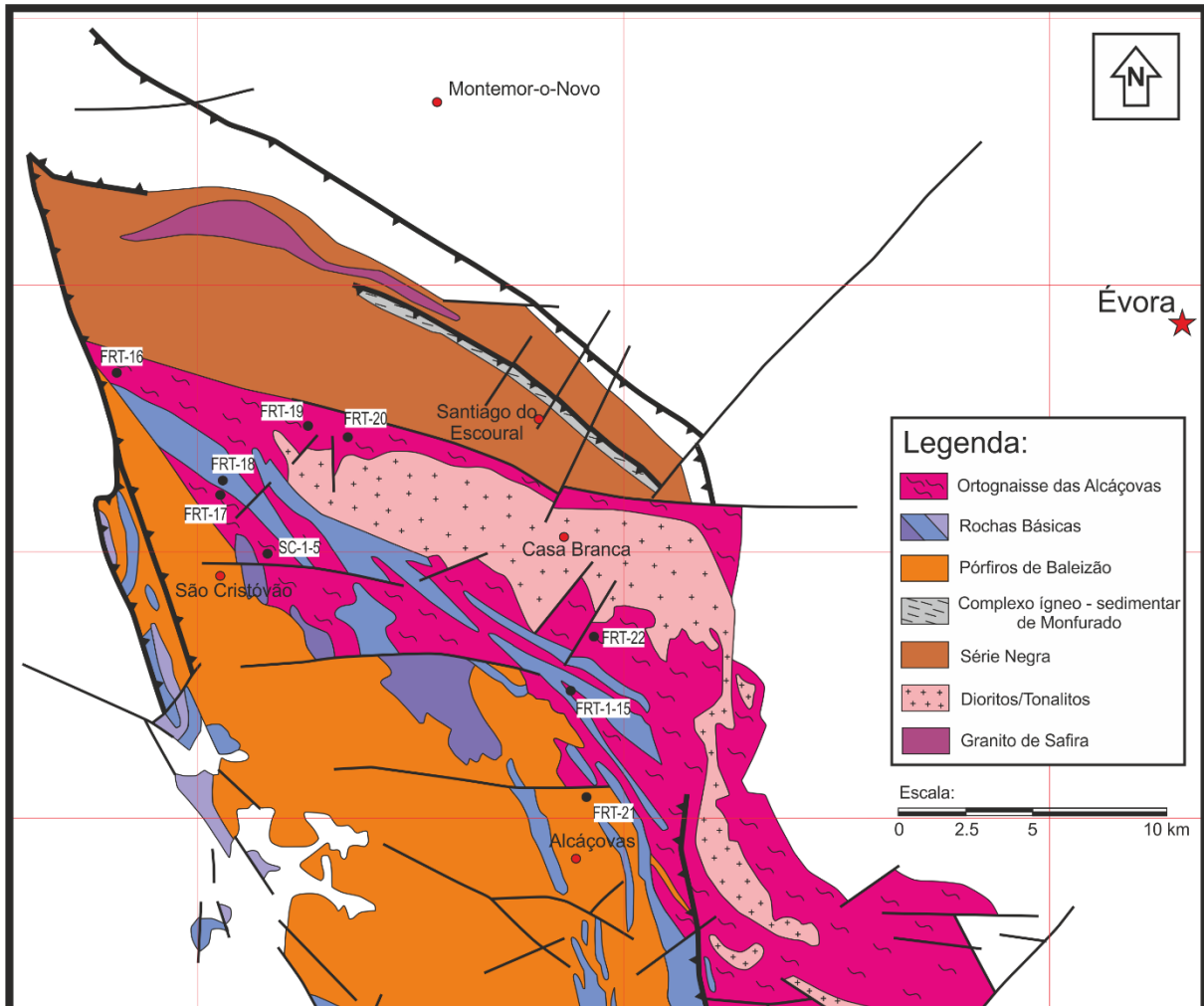


Fig. 7 – Mapa do sector de estudo modificado da folha 1:500000 do LNEG, da região de Alcáçovas, com as litologias da região (ver legenda). Projecção dos locais de amostragem com as referencias das amostras colhidas (total de 22 amostras “FRT” e 5 amostras “SC”).

O trabalho foi dirigido aos Ortognaisses das Alcáçovas, rochas básicas indiferenciadas e os Pórfiros de Baleizão. As rochas básicas foram posteriormente diferenciadas com base na textura (metamórficas e ígneas). O padrão de corte complexo que é identificável demonstra uma possível relação genética entre os ortognaisses e as rochas básicas metamórficas e entre os pórfiros e as rochas básicas (sendo que estas últimas são dificilmente visíveis no campo). No campo, são frequentes filões decimétricos de pórfiros no interior do Ortognaisses das Alcáçovas.

Os ortognaisses apresentam uma cor clara a rosada, com um *fabric* linear que confere uma textura gnaissica à rocha. Os pórfiros, mostram-se como típicas rochas vulcânicas, tipicamente com cor avermelhada/acinzentada e com fenocristais destacáveis da matriz. Por sua vez, as rochas básicas apresentam uma cor escura, com granularidade muito fina, não sendo possível a identificação de qualquer tipo de mineralogia (Fig. 8). As rochas básicas mostram duas texturas e cores distintas (cor negra intenso para texturas metamórficas e cinza escuro a negro para as de textura ígnea), contudo só ao microscópio se podem diferenciar com mais precisão.

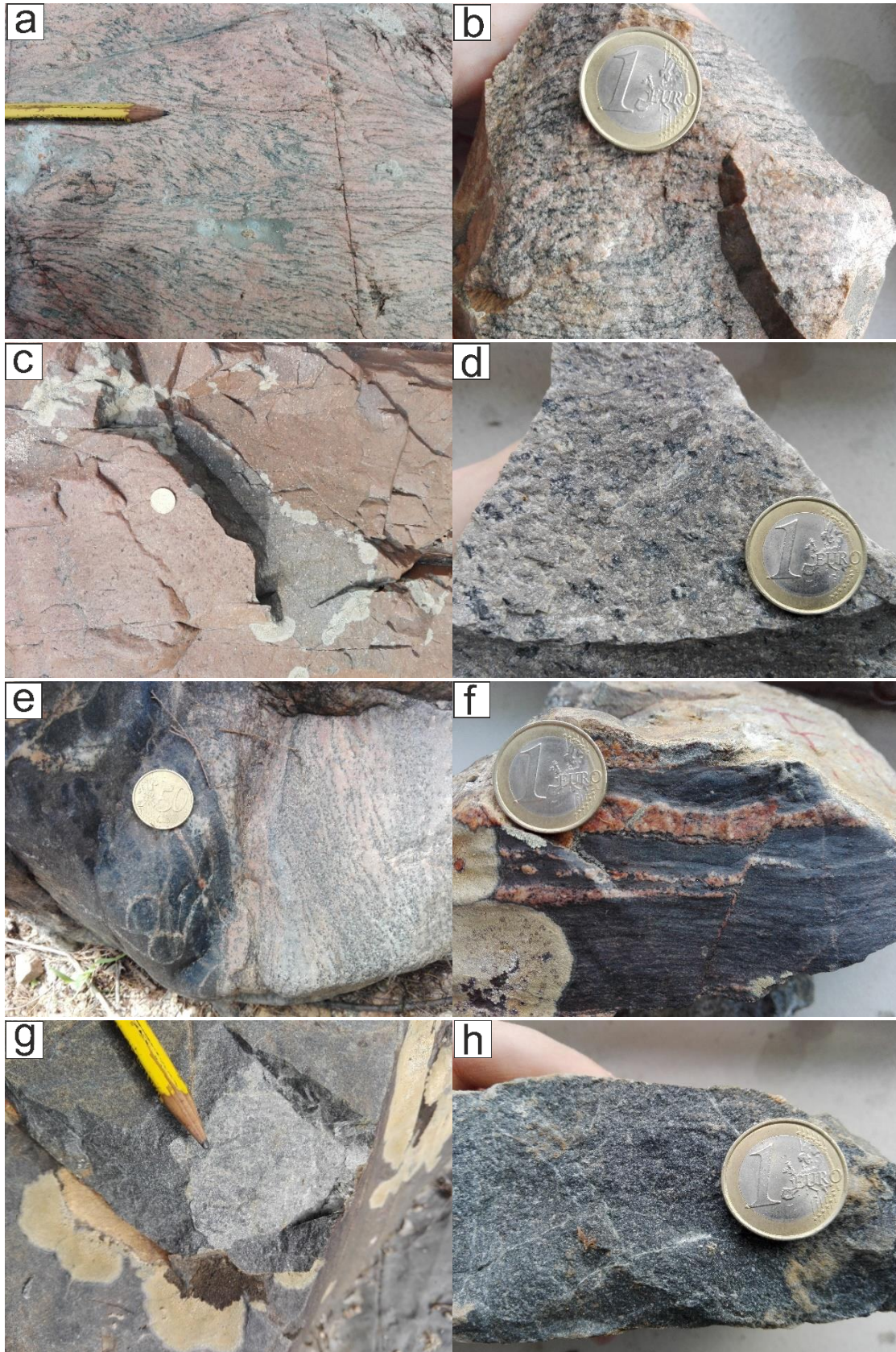


Fig. 8 – Fotos dos 4 grupos litológicos estudados. A - B) Amostra do ortogneisse das Alcáçovas, distintivo pela sua cor e especialmente o fabric dado pela concentração de minerais máficos (bandas finas de cor negra); C - D) rocha representativa dos pórfiros de Baleizão, de cor cinza, contendo minerais de granularidade superior (fenocristais); E - F) Rocha Básica Metamórfica (rocha de cor negra), que ocorre frequentemente associada ao ortogneisse e frequentemente com veios félsicos; G - H) rocha básica ígnea, apresentando maior granularidade que a anterior, e uma coloração menos negra, tendencialmente para cinzas escuros.

As rochas básicas são por vezes diferenciáveis no campo pela existência da correlação íntima entre as rochas básicas (*s.l.*) e os ortognaisses (Fig. 9, 10C e D). Tal padrão (Fig. 9) é sugerido para a ideia de que a fusão de uma rocha “mãe”, em que o líquido é responsável pela formação do ortognaisse e o resíduo da fusão resultaria na rocha básica metamórfica. Tal relação leva a que o líquido resultante da fusão, por apresentar maior volume, provoque fracturas que levem a um padrão de “xadrez”, ou seja, ortognaisse cruzado com as rochas básicas metamórficas.

Os padrões de corte entre as rochas básicas ígneas e os ortognaisses são distintos do observado anteriormente. A relação de corte apresentada entre os ortognaisses e as rochas básicas de textura ígnea não sugerem qualquer tipo de relação genética (contrariamente às rochas básicas metamórficas), revelando-se apenas relações estruturais. A relação mostra que as rochas básicas ígneas intruem o encaixante que é, neste caso, o Ortognaisse das Alcáçovas (Fig. 10). Os pórfiros, não demonstram uma relação tão íntima com os ortognaisses, pois estes, de um ponto de vista cartográfico, ficam na bordadura do limite entre a ZOM e a ZSP, onde a interacção com as demais litologias é reduzida. No entanto, o padrão cartográfico exibido, no limite do Maciço de Beja com o sector de Montemor – Ficalho, demonstra uma correlação entre as manchas dos Pórfiros de Baleizão e Rochas Básicas Ígneas, que permanece dúbia. No campo estas últimas ocorrem frequentemente como corpos intrusivos, sugerindo serem posteriores às restantes litologias.

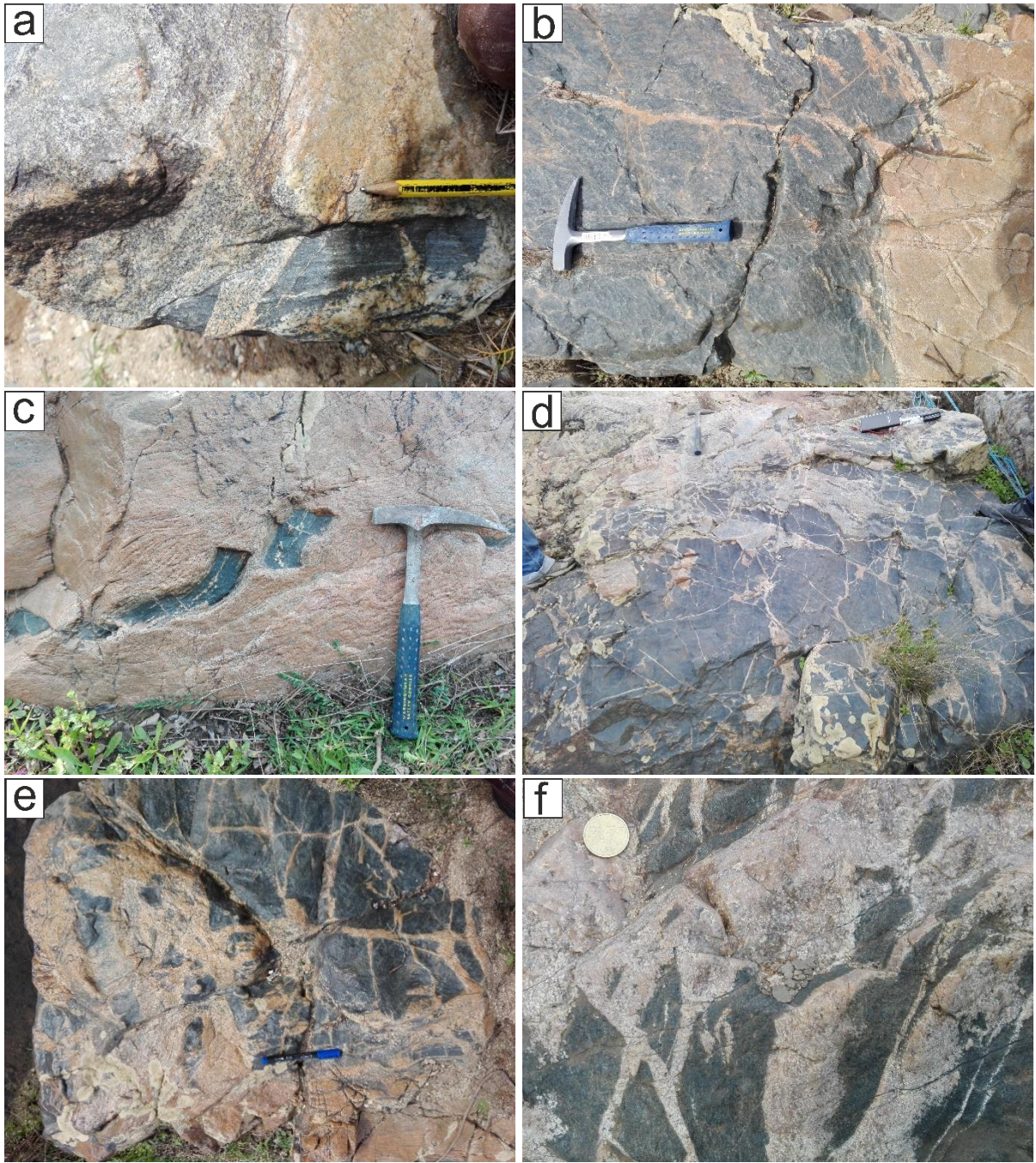


Fig. 9 – Fotos que demonstram a relação entre as rochas básica metamórficas com o ortognaisse de Alcáçovas, através do seu padrão de corte complexo. A) amostra de ortognaisse que sugere ser posterior à rocha básica metamórfica (rocha de cor negra) através do padrão de corte; B) caso semelhante a A, mostrando de novo o ortognaisse a cortar a rocha básica metamórfica; C) foto que demonstra a relação de corte contrária, demonstrando complexidade dos padrões de corte; D) foto do ortognaisse que provocou a fracturação e posterior instalação de líquido nas fracturas, sugerindo ser posterior à rocha básica metamórfica; E e F) Padrão de corte complexo.

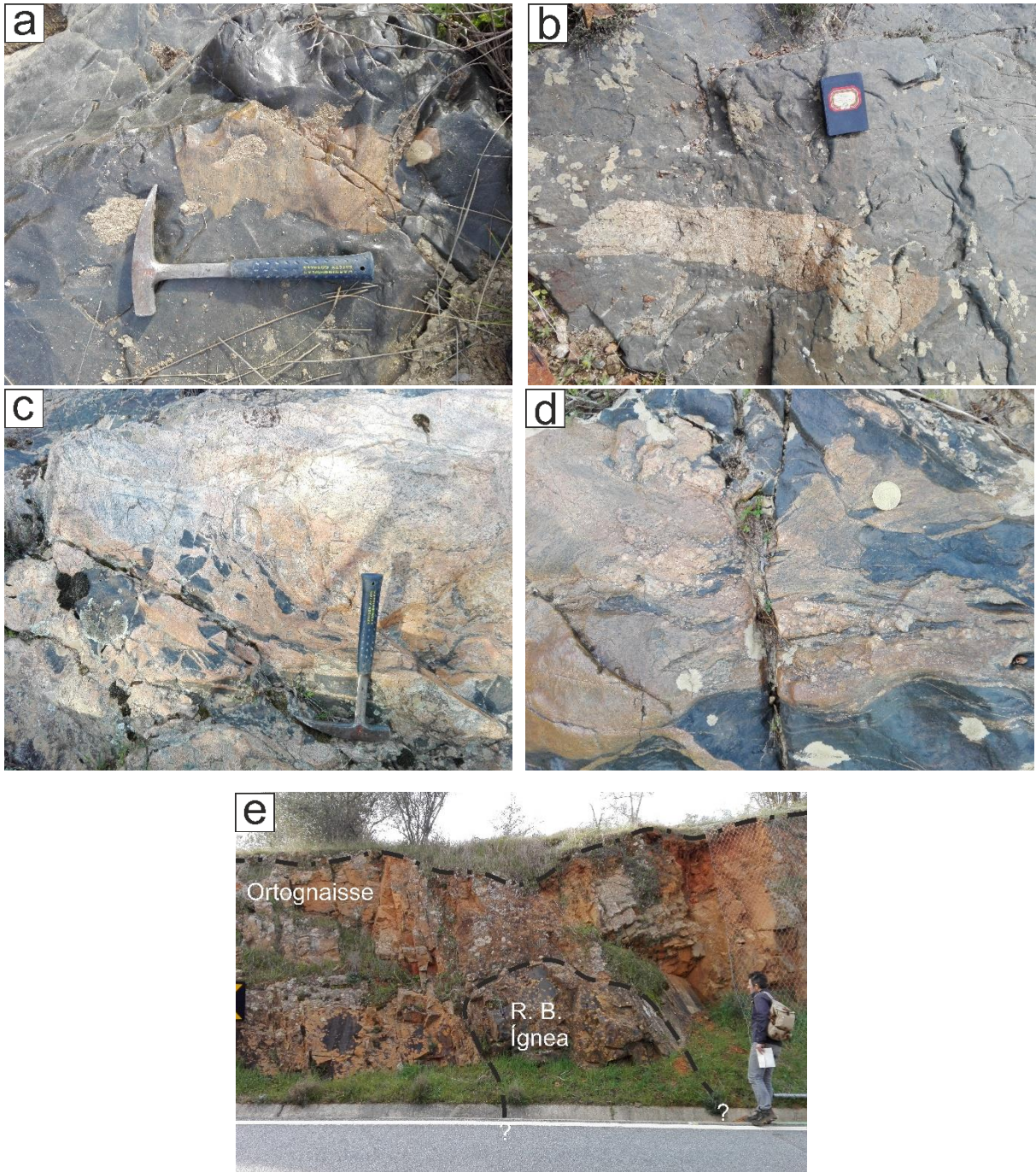


Fig. 10 – A) e B) Foto de ortognaisse inclusa em rochas básicas ígneas; C e D) relação entre os ortognaisses e as rochas básicas metamórficas; E) Foto da instalação de um filão de rocha básica ígnea num corpo rochoso composto essencialmente pelo Ortognaisse das Alcáçovas.

3. Trabalhos Anteriores

Este capítulo é dedicado ao trabalho desenvolvido na região de Alcáçovas. Toda a área de trabalho foi alvo de estudos anteriores por outros autores quer do ponto de vista petrográfico, geoquímico e geocronológico (Tab. 1), tendo como objetivo uma melhor caracterização e conhecimento da evolução da ZOM, nomeadamente do sector de Montemor – Ficalho e do Complexo Ígneo de Beja (CIB).

3.1. Ortognaisses das Alcáçovas:

Os dados obtidos para os Ortognaisses das Alcáçovas não são extensos, contudo existem alguns trabalhos focados diretamente nessa unidade geológica e/ou que abrangem os ortognaisses por afinidade ao local de estudo.

Andrade (1974) descreve os Ortognaisses das Alcáçovas como granitóides monzograníticos pré-Variscos, interpretando-os como podendo ser peralcalinas a alcalinos.

Posteriormente Chichorro (2006) caracteriza os ortognaisses das Alcáçovas como tendo um fabric bandado milonítico associado a estruturas S-C aproximadamente N-S a N20W, afectados por corredores estreitos de orientação N20E de intensa milonitização. Segundo o mesmo autor, ao microscópico os ortognaisses apresentam textura granoblástica, característica de fácies anfíbolítica originando uma foliação marcada por bandas de quartzo e plagioclase e feldspato alcalino (\pm biotite \pm anfíbola), que estão dinamicamente recristalizados de forma heterogénea, desenvolvendo localmente texturas poligonais, típico de fácies granulítica.

Chichorro (2006) aponta para a possibilidade de que gnaisses migmatíticos (Ortognaisses das Alcáçovas), através de evidências de campo e isotópicos, resultem da anatexia de protólitos no Terrenos de Alto Grau Metamórfico de Évora. Tal evento de anatexia poderia ser o mesmo que deu origem aos leptinitos do Escoural, sendo que por comparação, são projectados simultaneamente (ortognaisses e leptinitos) nos diagramas e gráficos apresentados na Fig. 11.

Por sua vez, os leptinitos apresentam fases compostas por quartzo + plagioclase (albite e oligoclase) sendo que o feldspato potássico e a biotite surgem em proporções muito variáveis. De entre as amostras de “leptinitos” projectadas, estas apresentam ainda fases acessórias com andaluzite, agregados de leucoxena, turmalina, anfíbolos e moscovite, que não ocorrem necessariamente em todas as amostras. Os leptinitos apresentam frequentemente textura milonítica granoblástica equigranular ou inequigranular, semelhante aos ortognaisses. As texturas variam com a composição mineralógica, podendo por vezes apresentar textura grano-porfiroblástica (quando as plagioclases se destacam da matriz quartzo-feldspática), e grano-nematoblástica, quando os cristais de biotite e/ou silimanite são alongados.

A projecção evidencia uma assinatura calco-alcalina quer para os Ortognaisses das Alcáçovas, juntamente com os “leptinitos” do Escoural (Fig. 11), segundo o diagrama discriminante de Irvine & Baragar (1971).

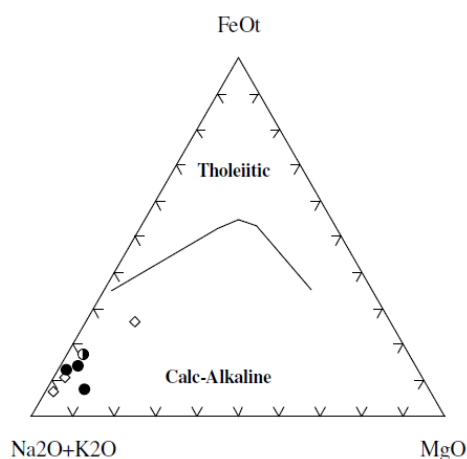


Fig. 11 - Diagrama AFM (Irvine & Baragar, 1971) com a projecção dos “leptinitos” (Bolas pretas), Ortognaisse de Alcáçovas (Meia bola preta) e Rochas félsicas do Nordeste – Zona de Cisalhamento Badajoz-Córdoba (Pereira & Silva, 2002a) (losangos). Retirado de Chichorro (2006)

Os dados geoquímicos de Chichorro (2006) para os elementos maiores, demonstram que as ambas as unidades são tipicamente ácidas riolíticas no diagrama de classificação de rochas ígneas segundo Floyd & Windchester (1978) (Fig. 12). O Ortognaisse das Alcáçovas ($\text{SiO}_2 = 74.7$ wt.%, $\text{Al}_2\text{O}_3 = 13.98$ wt.%, $\text{MgO} = 0.41$ wt.%, $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 2.06$ wt.%, $\text{TiO}_2 = 0.28$ wt.% $\text{CaO} = 1.07$ wt.%, $\text{Na}_2\text{O} = 3.89$ wt.%, $\text{K}_2\text{O} = 4.46$ %, $\text{A/CNK} = 1.48$) assemelha-se aos leptinitos no que diz respeito aos conteúdos de Na_2O e K_2O . (Fig. 12).

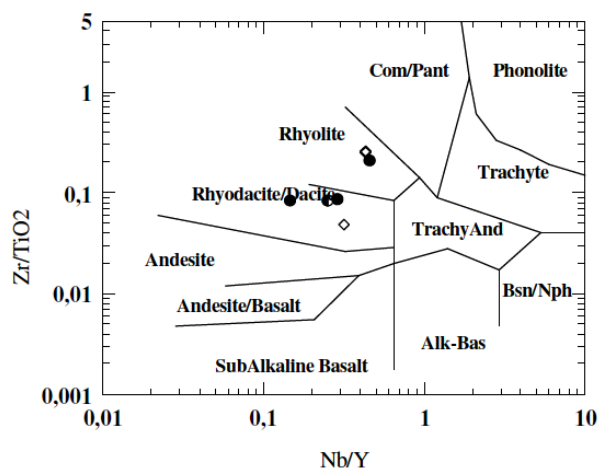


Fig. 12 - Diagrama Zr/TiO_2 vs Nb/Y , segundo Floyd & Windchester (1978) (B). Retirado de Chichorro (2006)

Os padrões de fraccionção de REE normalizadas ao condrito dos Ortognaises das Alcáçovas apresentam tipicamente a anomalia negativa de Eu, tal como para as outras litologias projetadas. O conjunto amostrado mostra maioritariamente um perfil que sugere fraccionção das LREE, que é em particular mais pronunciada nos Ortognaises das Alcáçovas ($\text{La}_N/\text{Lu}_N = 11.1$) (Fig. 13A), sendo que os “leptinitos” apresentam menor fraccionção de REE, comparativamente com o Ortognaises das Alcáçovas. Chichorro (2006) detetou também que todas as amostras apresentam anomalias negativas de Nb e Ta (Fig. 13B).

Comparativamente com a normalização para composição média da crosta superior (Fig. 13C), os perfis encontram-se próximos e ao longo do plano da unidade, com a característica (mas ligeira) anomalia negativa de Eu, o que segundo Chichorro (2006), sugere uma participação de rochas

sedimentares na gênese dos líquidos magmáticos. Também, as concentrações baixas de Rb realçam o caracter calco-alcalino associado a arco magmático.

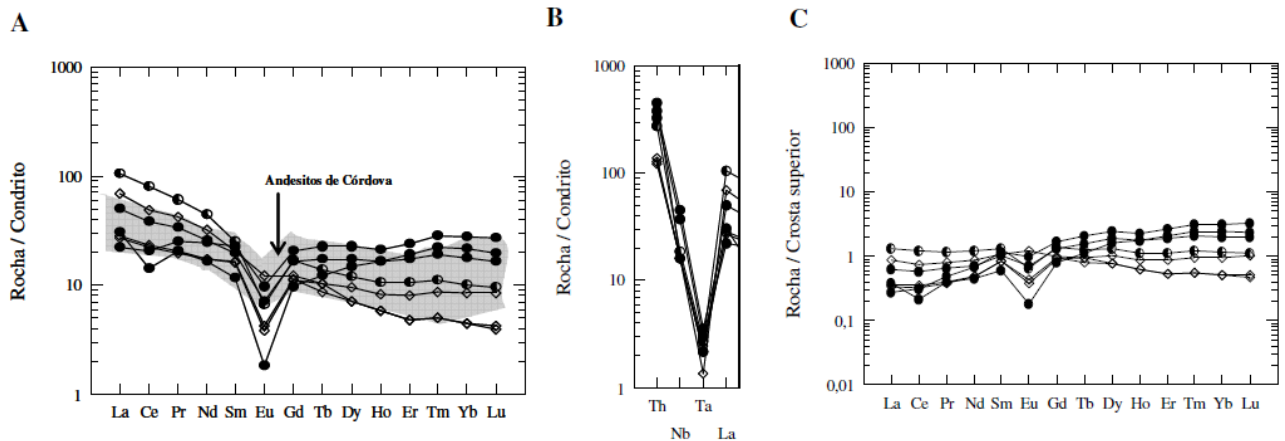


Fig. 13 - Padrões de REE normalizadas ao condrito (A). Anomalia negativa de Nb e Ta comparativamente ao Th e La (B). Padrão de REE normalizados à composição média da crosta superior (C). Retirado de Chichorro (2006)

Cordani *et al.* (2006) apresentam as mesmas descrições petrográficas e texturais referidas acima, afirmando que a textura dominante é milonítica, mas que pode variar até fácies de textura granoblástica e que o Ortognaisse das Alcáçovas se encontra cortado por filões e diques de pórfiros (Pórfiros de Baleizão) e doleritos (rochas básicas ígneas). Do ponto de vista geoquímico, indicam que os ortognaisses são monzograníticos, caracterizado por valores de $\text{SiO}_2 = 73\%$, $\text{ASI} = 1.07$ e relativo alto conteúdo em CaO (CaO = 1.42%).

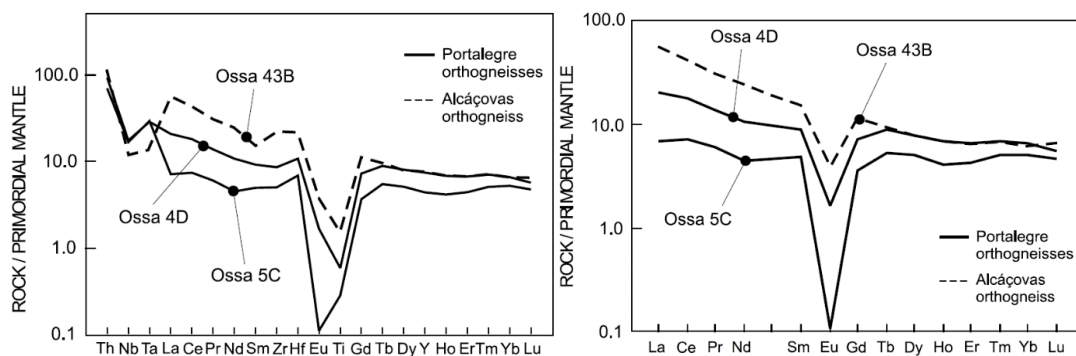


Fig. 14 - Diagrama multi-elementar normalizado ao manto primitivo para os ortognaisses de Alcáçovas e Portalegre (esquerda). - Padrão de normalização do manto primordial das REE, para os ortognaisses de Alcáçovas e Portalegre (direita) (normalização segundo Sun & McDonough, 1989). Retirado de Cordani *et al.* (2006).

Os ortognaisses apresentam fraccionação moderada ($\text{La}_N/\text{Lu}_N = 8.8$) e anomalias negativas de Eu e Nb ($\text{Eu}/\text{Eu}^* = 0.29$; $\text{Th}_N/\text{Nb}_N = 9.0$; $\text{La}_N/\text{Nb}_N = 4.7$) (Fig. 15).

Cordani *et al.* (2006) mostra que as assinaturas químicas dos ortognaisses das Alcáçovas derivam de magmas calco-alcalinos, típico de ambientes orogénicos, excluindo a possibilidade de granitóides do tipo A ou S serem os protólitos ígneos do Ortognaisse. Chichorro *et al.* (2008) sugere um protólito do tipo I para o protólito do Ortognaisse das Alcáçovas.

A idade proposta para o Ortognaisse das Alcáçovas não foi consensual até às mais recentes datações de U/Pb em zircão. Datações anteriores sugeriam que o ortognaisse tinha idade Câmbro-Ordovícica (Andrade, 1974; Priem *et al.*, 1986). No entanto, Andrade (1974) admitiu a possibilidade dos ortognaisses apresentem idades superiores às idades obtidas (ver Tab. 3, cap. 4.4). Cordani *et al.* (2006) e, mais tarde, Chichorro *et al.* (2008) confirmam a idade Cambriaca através da datação U/Pb *in situ* em zircão pelo método SHRIMP U/Pb para os ortognaisses, com idades próximas de 525 Ma, apresentando idades Cadomianas (Neo-Proterozóico) herdadas. Esta idade é semelhante à obtida por

Chichorro *et al.* (2008) para os “leptinitos” do Escoural (~518 Ma.) e os ortognaisses de Valverde (~510 Ma.) que apresentam idades muito próximas.

Chichorro (2006) assume que este novo ciclo magmático câmbrico é caracterizado por um claro predomínio de magmatismo ácido-intermédio riolítico e dacítico calco-alcalino representando maciços periféricos, testemunhados por extensos corpos subvulcânicos (hipabissais), em particular os ortognaisses de Alcáçovas e de Valverde, que alimentaram o Complexo Ígneo-Sedimentar de Monfurado. A evolução genética proposta para o Ortognaisses das Alcáçovas é descrita em maior detalhe no capítulo Geocronologia.

3.2. Rochas Básicas

Andrade (1974) estudou a região de Alcáçovas pela primeira vez de um ponto de vista cartográfico, petrográfico e geoquímico e caracterizou as rochas básicas como diabases (doleritos anfíbolíticos) que, segundo o mesmo autor, representam filões subverticais, de dimensão métrica a decimétrica e que claramente cortam a foliação do ortognaisse.

Do ponto de vista petrográfico, Andrade (1974) descreve que as rochas básicas apresentam textura sub-ofítica sendo compostas predominantemente por plagioclase (andesina) e hornblenda verde. Descreve a titanite como mineral acessório subordinado e a presença de magnetite (raro). A biotite e o quartzo são esporádicos. Já do ponto de vista geoquímico, denota que a razão FeO/MgO demonstra carácter toleítico (pelo diagrama de Miyashiro, 1974), mas que o enriquecimento em alcalis (nomeadamente no conteúdo em Na₂O) projecta as rochas estudadas por Andrade sob a linha de divisão entre os basaltos toleíticos e calco alcalinos (segundo a projecção de MacDonald & Katsura, 1964). Afirma também que os valores de TiO₂ distanciam estas rochas de ambientes de formação de cinturadas vulcânicas orogénicas e dos arcos ilhas (Bebien, 1972). Sugere também que a possibilidade da existência de duas gerações de rochas básicas, alvo de discussão ao longo deste trabalho.

O mesmo autor assume também que os filões ácidos (pórfiros de Baleizão), são posteriores aos filões básicos. No entanto não existiam dados cartográficos de detalhe para suportar tal evidência.

A datação feita por Andrade (1974), levantou algumas questões relativamente às rochas básicas. A idade de 323 Ma, obtidas por Rb-Sr e K-Ar nos pórfiros, pôs em causa a contemporaneidade da instalação das rochas básicas relativamente aos pórfiros. Como tal, Andrade (1974) propõe duas possibilidades para a relação entre os pórfiros e as rochas básicas: (1) as rochas básicas são posteriores aos pórfiros (logo a datação feita nos seus trabalhos de 271 Ma nas rochas básicas tem significado); (2) as rochas básicas são anteriores aos pórfiros, com base em semelhanças petrográficas e geoquímicas, pois as datações obtidas pelo mesmo são dúbias.

Em sectores mais a Sul de Alcáçovas (Torrão e Alvito), Caldeira *et al.* (2007) estudou rochas gabróicas e dioríticas a granodioríticas com afinidades toleíticas e calco-alcalinas respectivamente. Concluem que os gabros foram formados a partir de líquidos distintos dos que deram origem aos dioritos. Suporta a ideia de cristalização fraccionada, correlacionando as rochas básicas aos Pórfiros de Baleizão através de cristalização fraccionada (clinopiroxena, óxidos-Ti, plagioclase, anfíbola).

Mais recentemente, Santos *et al.* (2012) identifica as rochas básicas como apresentando carácter calco-alcalino, estabelecendo uma relação de corte com diques félsicos (Pórfiros de Baleizão), sendo que estes últimos são posteriores às rochas básicas. Contudo, assume que os processos que correlacionam as rochas básicas com os Pórfiros não podem ser exclusivamente por cristalização fraccionada, através dos dados isotópicos obtidos.

Jesus *et al.* (2016) descreve que as rochas dioríticas que ocorrem no CIB estão geneticamente relacionadas com sequências gabróicas nos sectores mais a Sul, através de evidências geoquímicas, isotópicas e geocronológicas. Assumem que a origem mantélica é a mesma quer para as sequências gabróicas, quer para as sequências dioríticas e com diversas contribuições das rochas da crosta inferior à superior.

3.3. Pórfiros do Baleizão

No sector em estudo, afloram rochas de cariz sub-vulcânico que formam o designado Complexo Porfírico de Baleizão ((Andrade, 1976; 1981; 1983; 1984; Andrade *et al.*, 1976; Santos, 1990; Santos *et al.*, 1990)) com relações de corte com o Ortognaisse das Alcaçovas. Segundo Andrade (1983) os Pórfiros do Baleizão podem ser subdivididos em dois, tendo em conta o carácter textural, podendo variar de mais fino (fase porfírica) a mais grosseira (fase granofírica), sendo que esta última é muito esporádica. O mesmo autor afirma também que a mineralogia é homogénea e constante para todas as fases descritas (quartzo + feldspato K + plagioclase + biotite + anfíbola) e apresentam composição dacítica a riodacítica, que frequentemente excede os 70% de SiO₂. Apresentam também uma forte depleção em MgO paralelamente a um enriquecimento em K₂O, enquanto a relação K₂O / Na₂O varia de 0.5 a 1.6. Os dados de Rb e Sr indicam que os pórfiros apresentam características típicas de intrusões do tipo graníticas intracrustais.

Jesus (2011) data os Pórfiros de Baleizão com 324 Ma, obtidas pelo método K-Ar em biotite. Através do carácter calco-alcálico (Andrade, 1974; Caldeira *et al.*, 2007) dos pórfiros e comparando com o agrupamento de rochas onde se enquadra (Layered Gabbroic Sequence; Jesus, 2011 – composto pelos Gabros de Beja, Complexo de Cuba – Alvito e o Complexo dos Pórfiros de Baleizão) os pórfiros são considerados tardios, durante o magmatismo da orogenia Varisca.

Santos *et al.* (2012), através de trabalho de campo, observa diques félsicos (possivelmente pórfiros) a cortar rochas básicas ígneas, e também que estas últimas exibem uma transição gradual de composições gabróicas para tonalíticas. De um ponto de vista cartográfico, Santos *et al.* (2012) assume que os diferentes corpos rochosos derivam de melts contemporâneos. Através de isótopos de Rb-Sr e Sm-Nd, nenhuma isócrona foi obtida, o que indica, segundo estes autores, que estas rochas não foram simplesmente sujeitas a processos de cristalização fraccionada.

3.4. Geocronologia

Muitos foram os trabalhos realizados com o intuito de datar rochas no sector em estudo de modo a ter um melhor entendimento da evolução geodinâmica da ZOM. A Tabela 1 apresenta um resumo das datações já realizadas bem como os métodos analíticos utilizados e umas breves conclusões.

Mais recentes e com métodos analíticos mais robustos os trabalhos de Cordani *et al.* (2006) e Chichorro *et al.* (2008) apresentam elevado rigor analítico, revelando dados importantes para a compreensão dos Ortognaisses das Alcáçovas. Como indicado na Tabela 1, estas rochas foram datadas do Câmbrico com aproximadamente 540 e 525 Ma, respetivamente, idades essas interpretadas com a génese do protólito.

Cordani *et al.* (2006) nas suas conclusões assume diferentes fases para a justificação das diferentes idades obtidas na análise dos zircões. A datação de 2.5 Ga (núcleo do zircão) de idade Paleo-Proterozóico é assumida como idade de zircões herdados que sofreram recristalização posterior durante a intrusão do protólito do ortognaisse. A idade da intrusão (génese do protólito do Ortognaisse das Alcáçovas) é aprox. 540 Ma, que segundo Cordani *et al.* (2006) é consistente com o desenvolvimento de uma margem continental activa na ZOM durante o fim do Proterozóico e que suporta a ideia de que a crosta ibérica é proveniente do Gondwana (Fernández-Suárez *et al.* 2002). Finalmente, assume que a idade de 370 Ma obtida resulta de uma actividade metamórfica varisca durante o Devónico Superior.

O trabalho desenvolvido por Chichorro *et al.* (2008) contextualiza a idade dos Ortognaisses do seguinte modo: durante o Ediacariano, ocorre o desmantelamento do arco magmático/cintura Avalonia-Cadomiano (630-530 Ma), no qual os sedimentos da erosão, contribuem para o enchimento das bacias Ediacarianas (Série Negra). O desmantelamento do arco magmático é evidenciado pela presença de zircões de origem máfica pelo zonamento simples, em paragnaisses (rochas representativas das bacias sedimentares) com idades de 700 Ma a 560 Ma. É mais tarde que se dá a instalação dos corpos ígneos que resultaram nos ortognaisses de Valverde, Santiago do Escoural e, em particular para este estudo, os Ortognaisses das Alcáçovas, sendo que, os protólitos destes corpos ígneos não são contemporâneos (Ortognaisse das Alcáçovas representa a instalação mais antiga). Os ortognaisses, por sua vez, impõem um constrangimento temporal (526-505 Ma; Câmbrico inferior a médio) para a idade do processo de rifting. O quimismo peralcalino destas rochas sugere mistura de materiais mantélicos e crustais ou fraccionação tardia e baixas taxas de fusão. Após a instalação destes corpos dá-se o progressivo estiramento crustal e desenvolvimento de um proto-oceano (possível Oceano Rheic?) à semelhança do que é hoje o Mar Vermelho (Chichorro *et al.* 2008).

Ambos os trabalhos (Cordani *et al.* 2006; Chichorro *et al.* 2008) confirmam através de datações pelo método U/Pb dos ortognaisses que estes são de idade câmbrica e não pré-câmbrica.

Relativamente às datações feitas nos pórfiros do Baleizão, o estudo de maior detalhe foi realizado por Jesus (2011). As idades obtidas pelo método K/Ar datam os pórfiros em ca. 320 Ma relacionados com um contexto de ambiente colisional tardio, resultando em magmas mais evoluídos, com mistura de magmas e assimilação de material crustal. A idade desta intrusão é, segundo Jesus (2011), uma boa estimativa do pico do terceiro evento tectono-magmático na ZOM, que representa a colisão oblíqua entre a ZOM e a ZSP.

Santos *et al.* (2012) faz nova datação dos pórfiros de Baleizão através do método Rb-Sr e obtém a mesma idade de Jesus (2011) (~320 Ma). Os autores sugerem, pelo carácter químico das rochas uma mistura de materiais mantélicos com crustais. Os valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ obtidos apontam para a mistura de magmas na génese destas rochas, tal como já tinha sido anteriormente proposto por Caldeira *et al.* (2007) no estudo das rochas gabro-dioríticas da região de Torrão e Alvito.

Tab. 1 – Tabela com a compilação de datações efectuadas em trabalhos anteriores nos Ortognaisses das Alcáçovas e nos Pórfiros de Baleizão e nas rochas básicas associadas.

	Autores	Métodos	Idades	Info. Adicional	Notas
Ortognaisse das Alcáçovas	Andrade (1974)	K-Ar	273 Ma 269 Ma	k% = 3.88 ^{40}Ar em 10^{15} at/g = 1.21155/1.19244	Além dos ortognaisses e pórfiros, datou diabases (rochas básicas) com 279 Ma/ 271 Ma pelo método K-Ar. Pelo mesmo método, mas na hornblenda, obteve a idade de 541 ± 9 Ma.
	Priem <i>et al.</i> (1986)	Rb-Sr K- Ar (Biotite)	456 \pm 23 Ma 333-339 Ma	$(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0 = 0.71 \pm 0.0001$; MSWD = 0.65;	A idade de 456 Ma é relativa à instalação do protólito. 335 Ma é a idade da deformação Varisca
	* ¹ Cordani <i>et al.</i> (2006)	U-Pb	539 \pm 20 Ma 464 \pm 14 Ma 368 \pm 21 Ma 2540 \pm 40 Ma	2 σ , MSWD = 1.20 (539 Ma) 2 σ , MSWD = 0.42 (464 Ma) 2 σ , MSWD = 1.6 (368 Ma)	Semelhante a Priem <i>et al.</i> 1986, mas com maior robustez na datação da instalação do protólito ígneo (539 Ma) 2,5 Ga idade dos zircões herdados do manto
	** ² Chichorro <i>et al.</i> (2008)	U-Pb	526,6 \pm 9,9 Ma 330 Ma 2068 \pm 16 Ma	-	Resultados semelhantes a Cordani <i>et al.</i> 2006. 526 Ma para a instalação do protólito. 330 Ma para o metamorfismo Varisco
CIB (Complexo Ígneo de Beja) Pórfiros de Baleizão	Andrade (1974)	K-Ar	321 Ma 315 Ma	k% = 0.64 ^{40}Ar em 10^{15} at/g = 0.23840/0.23346	-
	Priem <i>et al.</i> (1986)	Rb-Sr	319 \pm 5 Ma	$(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0 = 0.708 \pm 0.0003$; MSWD = 0.14;	-
	Pinto Coelho <i>et al.</i> (1986)	Rb-Sr	306 \pm 9 Ma	$(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0 = 0.70678 \pm 0.00116$; MSWD = 0.663;	Data também dacitos de Valverde por comparação, tendo obtido 291 ± 27 Ma para essas litologias
	*** ³ Priem <i>et al.</i> (1976) in Jesus (2011)	K-Ar (Biotite)	324 (+8/-5) Ma	-	Idade da temperatura de fecho da biotite (350 °C). Provavelmente relacionada com a D3 da deformação Varisca
	Santos <i>et al.</i> (2012)	Rb-Sr	323 \pm 16 Ma	$(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0 = 0.7097 \pm 0.0018$; MSWD = 1.9;	-
CIB (Complexo Ígneo de Beja) Rochas Básicas indiferenciadas	Pin <i>et al.</i> , 1999;	U-Pb	352 \pm 4 Ma	-	Amostra de gabro na zona do Torrão
	Pin <i>et al.</i> , 2008;	U-Pb (SHRIMP)	351.7 \pm 2.1	-	Amostra de Tonalito da zona do Torrão
	Gomes, 2000	K-Ar	331 \pm 7	-	Amostra de diorito de Alvito
	Rosas, 2003	K-Ar	325 \pm 10	-	Amostra de gabro-diorito de Viana-Alvito

¹ As diferentes datações obtidas por Cordani *et al.* (2006) são em diferentes domínios dos zircões analisados sendo possível inferir diferentes eventos geodinâmicos com as interpretações descritas no texto.

² Chichorro *et al.* (2008) obtiveram análises nos diferentes sobrecrescimentos de zircão à semelhança de Cordani *et al.* (2006) chegando a conclusões semelhantes.

³ Jesus (2011) apresenta datações que de rochas básicas pertencentes ao CIB (Complexo Ígneo de Beja) na qual estão enquadrados os pórfiros de Baleizão.

4. Metodologia

O estudo petrográfico e geoquímico das rochas da região de Alcáçovas teve como etapas iniciais a deslocação ao campo com respectiva recolha e amostras e posterior tratamento laboratorial.

4.1. Trabalho de campo

A visita efectuada à região de Alcáçovas teve dois principais objectivos: 1) visualização e interpretação das estruturas e contactos entre as rochas, de modo a obter informação sobre a disposição e forma dos maciços rochosos e se existe algum tipo de relação entre os mesmos; 2) recolha de amostras para um estudo petrológico e geoquímico (mineralógico, elementar e isotópico).

A deslocação ao campo foi efectuada em 2 dias, com financiamento por parte do LNEG, onde foram recolhidas 15 amostras no primeiro dia, junto à ribeira de Alcáçovas, 5 km a N da povoação de Alcáçovas. Desse local, foram colhidas as seguintes unidades litológicas: ortognaisses das Alcáçovas; rochas básicas indiferenciadas; pórfiros de Baleizão. O segundo dia foi a continuação do trabalho do dia anterior com a obtenção de mais informação e colheita de amostras, que fez um total de 25 amostras, ao longo da região de Alcáçovas e da Ribeira de São Cristóvão. O trabalho de campo teve como base a informação de minutas de campo e cartografias resultantes de trabalhos do LNEG. Os locais foram seleccionados de acordo com a melhor, exposição de afloramentos, algo que naquela região nem sempre se verifica.

4.2. Métodos laboratoriais

As amostras colhidas foram sujeitas a um tratamento laboratorial antes de serem alvo de estudos posteriores. Ademais, foi efectuada uma breve descrição à vista macroscópica das amostras, quer do ponto de vista textural, cor, mineralogia (se visível), entre outros. Sendo os objectivos do estudo a química das rochas, estas foram sujeitas a várias etapas de tratamentos.

Um estudo petrográfico inicial revela-se essencial para qualquer estudo de geoquímica. Como tal, a realização de taliscas (posterior realização de laminas polidas por parte do LNEG) foram o primeiro passo ao estudo das amostras. As lâminas, para além de estudos de petrografia, foram posteriormente utilizadas em análises de microsonda para a caracterização da variabilidade química dos minerais constituintes das rochas e para cálculos geotermobarométricos.

O restante do corte das amostras cortadas na realização das taliscas, foi utilizado para a trituração e moagem de rocha, para posterior uso na análise de amostra de rocha total e análise de elementos isotópica. Para a trituração foi realizada o corte de amostras de maiores dimensões (~30 cm de comprimento no eixo maior da amostra) para dimensões de 5-10 cm, possíveis de ser utilizados na prensa hidráulica para ainda maior redução da dimensão das amostras. Este material partido é posteriormente utilizado no moinho de maxilas, que tem a função de reduzir as amostras a cascalho fino.

Este cascalho foi posteriormente introduzido na panela de ágata que reduz o cascalho a um pó muito fino (semelhante a pó de talco). A limpeza dos equipamentos entre cada utilização de amostras foi tida em conta pela sua importância afim de, evitar ou reduzir a contaminação das amostras moídas.

A selecção de amostras para o posterior tratamento laboratorial e envio para as instituições responsáveis pela análise elementar e isotópica, teve como critérios as observações petrográficas. As amostras escolhidas para isótopos foram limitadas pela quantidade disponível de serem feitas e de amostras mais relevantes para o estudo deste trabalho.

4.3. Microsonda electrónica

As lâminas polidas foram utilizadas na microsonda electrónica no Laboratório de Microsonda Electrónica da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa de modo a realizar-se um estudo mais aprofundado da mineralogia das litologias em estudo.

Este equipamento (microsonda electrónica JEOL JXA-8200), que faz correcção automática das contagens com recurso ao método ZAF e com a calibração feita com padrões naturais, permite analisar quimicamente amostras de rocha de forma não destrutiva obtendo as fases minerais analisadas, análises quantitativas pontuais ou perfis e mapas de raio X da distribuição espacial dos diferentes elementos. As amostras (lâminas polidas) são colocadas num suporte móvel nas 3 direcções do espaço, sobre vácuo de modo a que mitigue a interferência de moléculas do ar com o feixe de electrões que impacta a amostra. Este feixe é produzido num filamento de tungsténio, condensado e concentrado por uma série de lentes electromagnéticas. Existem várias sondas que detectam a radiação e/ou electrões emitidos pela amostras após o embate do feixe de electrões. Os dados obtidos são sob forma de óxidos e normalizados a padrões de minerais previamente estabelecidos.

4.4. Fluorescência de raios-X e ICP (Inductively Coupled Plasma)

As análises de elementos maiores e menores, foram realizadas no laboratório do LNEG no Porto no Laboratório da Unidade de Ciência e Tecnologia Mineral, por Fluorescência de Raios-X, e na School of Earth and Environmental Sciences – Portsmouth por ICP.

A fluorescência de raios-x foi o método instrumental utilizado para a análise das 19 amostras escolhidas. Os elementos maiores analisados foram: SiO_2 , Al_2O_3 , FeO^T , CaO , MgO , Na_2O e K_2O ; elementos menores: MnO , TiO_2 , P_2O_5 ; elementos traço: Cs, Rb, Ba, Th, U, Nb, La, Ce, Pb, Pr, Sr, Nd, Zr, Sm, Eu, Ti, Dy, Y, Yb, entre outros que poderão não ter sido utilizados em projecções.

A fluorescência de raios-X funciona com o bombardeamento da amostra com ondas de fluorescência de raios X que, ao incidir nos átomos, excita electrões que são expelidos na nuvem electrónica. O espaço em falta é colmatado por electrões de orbitas de maior energia, resultando na libertação de energia magnética sobre forma de raios X. Esta energia emitida é característica de cada elemento da tabela periódica, independentemente do tipo de ligação química que faça com os outros elementos. A contagem de fótons da onda de raios X é chamada de intensidade, e é a partir desta intensidade que se efectua a primeira estimativa da concentração do elemento na amostra, detectados por dois sensores específicos do equipamento.

O ICP por sua vez funciona, à semelhança da Fluorescência de raios-X, pelo bombardeamento da amostra, mas neste equipamento com recurso a um feixe de plasma ionizado a partir de um gás, que contém iões suficientes para que esse mesmo gás seja electricamente condutivo. O feixe de plasma ao atingir a amostra, vai ionizar a superfície e libertar iões que serão depois lidos pelos espectrometros de massa. A temperatura do feixe de plasma é regulada tendo em conta o tipo de análise e/ou que elementos serão analisados.

4.5. Métodos Isotópicos

As análises isotópicas foram realizadas no Laboratório de Geologia Isotópica da Universidade de Aveiro (LGI-UA), com recurso a ao Espectómetro de Massa de Ionização Térmica (TIMS) e no Laboratoire des Magmas et Volcans, do Observatório de Física do Globo de Clermont-Ferrand, com o equipamento TIMS Triton. À semelhança do equipamento anterior, é composto por um primeiro componente que produz, acelera e foca o feixe iónico, um analisador que separa o feixe baseado na razão entre a massa e a carga e um colector onde o feixe é medido. Neste trabalho foram analisados os isótopos do sistema Rb-Sr e Sm-Nd.

5. Petrografia

5.1. Ortognaisse das Alcáçovas

Os Ortognaises das Alcáçovas (Fig. 15) apresentam uma textura grano lepidoblástica, sendo que os cristais se contactam frequentemente em pontos triplos. A foliação metamórfica presente nesta rocha apresenta um alinhamento materializado preferencialmente pelos filosilicatos (frequentemente biotite) conferindo o fabric linear visível em amostra de mão (Fig. 15B, E e F). Os restantes cristais também se encontram alinhados (menos notório) apresentando características de “esmagamento” pelo cisalhamento que originou o *fabric*, formando cristais com os bordos partidos e com ligeiro alongamento, sendo que, o maior comprimento coincide com a direcção do *fabric* milonítico dos ortognaises.

Em relação à direcção do *fabric*, este foi medido em 2 amostras do ortognaisse colhidas a Norte de S. Cristóvão. A amostra SC-3 apresenta um *fabric* com direcção N45E e a amostra SC-4 com a direcção N20W. A direcção de N20W é coincidente com a deformação regional (Araújo, 1995) sendo atribuída à fase de deformação D1 durante a orogena varisca (Araújo *et al.* 2006). A direcção N45E pode se tratar apenas de um par conjugado da direcção anterior.

A composição mineralógica dos ortognaises é essencialmente formada por quartzo (incolor, baixo relevo e birrefrangência muito baixa) que se encontra frequentemente fracturado e/ou arredondado no bordo do mineral (conferindo-lhe frequentemente uma forma alongada) (Fig. 15A, B, E). Com menor frequência, ocorre a plagioclase e o feldspato alcalino (incolores, baixo relevo e apresentando maclas), diferenciáveis pelas maclas, contudo de difícil interpretação devido ao grau de deformação imposta aos ortognaises, que deforma as maclas dos feldspatos (*s.l.*). Os minerais máficos mais comuns são as biotites (com relevo moderado, habito lamelar, pleocroísmo entre os castanhos claros e escuros) que ocorre alinhada segundo o *fabric* da rocha (Fig. 15A e B). A clorite ocorre muito raramente sendo o resultado da cloritização da biotite. A anfíbola também foi identificada ao microscópio apenas em algumas amostras (Fig. 15D). No entanto, a sua presença já descrita em trabalhos anteriores (Cordani *et al.*, 2006; Chichorro *et al.*, 2008) pode estar relacionada com a interacção litológica, identificada no campo, entre os ortognaises e as rochas básicas metamórficas, sendo que as anfíbolas podem ser as mesmas que estão presentes entre as rochas básicas metamórficas e os ortognaises.

Os minerais acessórios mais comuns são a titanite (elevado relevo, pleocróica e birrefrangência alta, grosseira e subeuédrica) (Fig. 15F). Com menor frequência ocorre ainda apatite (incolor e de médio relevo) e zircão (elevado relevo e birrefrangência alta) (Fig. 15C e D).

A rocha apresenta uma composição granítica e a mineralogia sugere fortemente um protólito ígneo na geração do ortognaisse, podendo também ser considerado um proto-milonito. A granada não foi identificada, embora tenha sido descrita por Carvalhosa (1977).

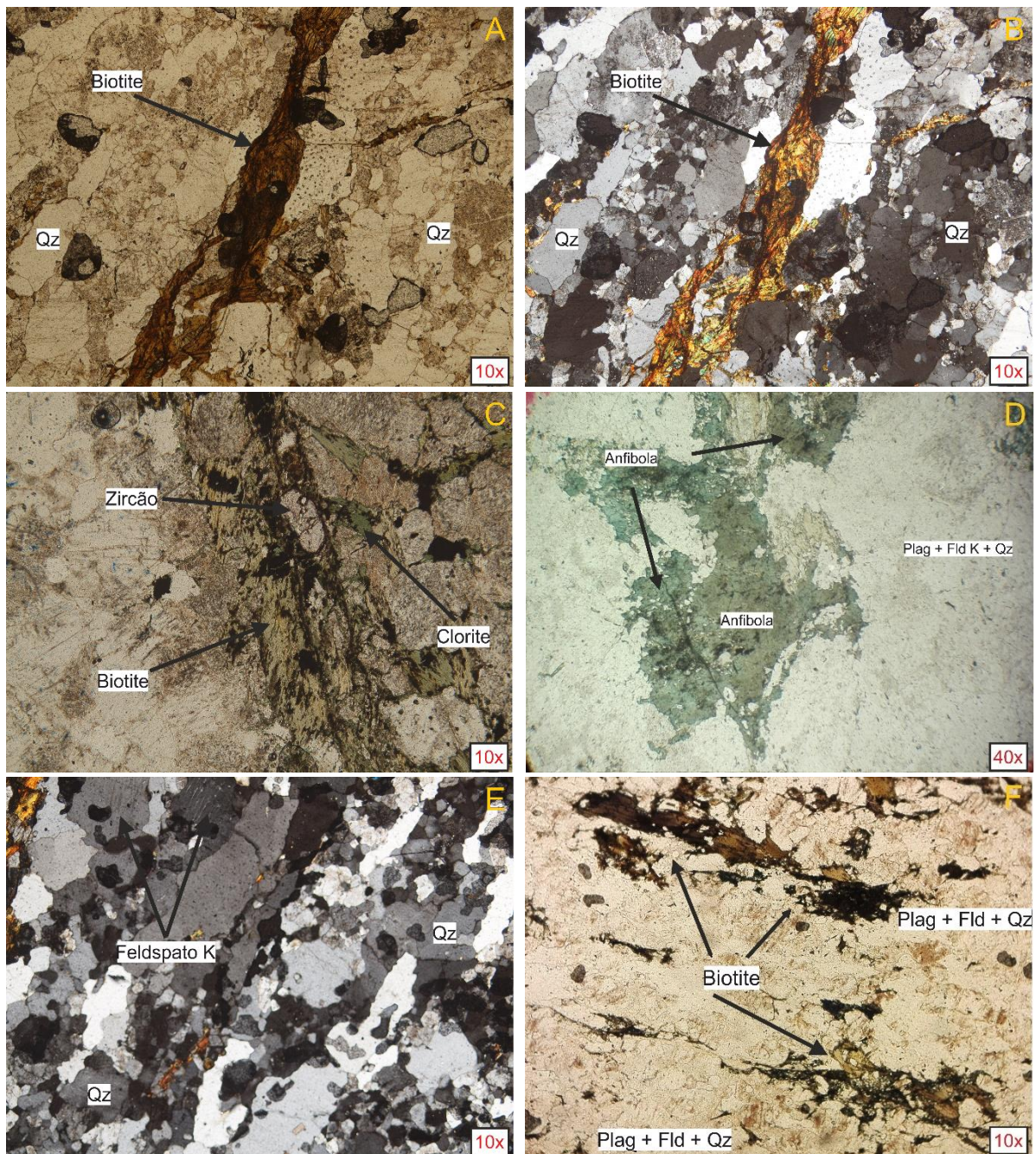


Fig. 15 – Petrografia do Ortognaisse das Alcáçovas. A – B: Imagem com nicóis paralelos e cruzados, mostrando a textura milonítica, com alinhamento dos minerais máficos (e.g.: biotite) e dos minerais félsicos. C) Imagem petrográfica de zircão (mineral acessório). D) figura petrográfica da presença de anfíbola no ortognaisse, apenas encontrado na amostra FRT-13. E) Imagem de nicóis cruzados demonstrando o “esmagamento” do quartzo e feldspato e respectivo alinhamento preferencial. F) Imagem que figura novamente o fabric do ortognaisse.

5.2. Rochas Básicas Metamórficas

As rochas básicas metamórficas (Fig. 16) apresentam textura grano-nematoblástica, definida por minerais aciculares e/ou prismáticos (neste caso particular inossilicatos) que se encontram orientados de um modo homogêneo, sendo que a direção de orientação corresponde ao eixo de maior comprimento dos minerais. A foliação é dada pelos minerais, evidenciando o crescimento alinhado de pequenos núcleos de piroxena juntamente com minerais de anfíbola e filossilicatos (biotites e clorites) que conferem uma anisotropia preferencial à rocha.

Estas rochas são constituídas por anfíbolos de composição pargasítica (relevo moderado, alto pleocroísmo entre verdes escuro e castanhos e clivagens a 120°), piroxenas (relevo alto, incolores e birrefringência moderada a alta) possivelmente augites/diópsidos. Na amostra FRT-12 foram encontrados pequenos aglomerados de enstatites (piroxenas incolores de relevo alto, com extinção recta e birrefringência baixa).

A amostra FRT-12 apresenta alguns veios félsicos, compostos essencialmente por feldspatos (s.l.) e quartzo, a cortar a rocha encaixante (Fig. 16E).

A presença de biotite (relevo moderado, habito lamelar com pleocroísmo de castanhos claros a escuros) e clorite (habito lamelar, mas com pleocroísmo verde claro a escuro e com birrefringência anómala), completam a paragênese de minerais máficos presentes nestas rochas. Os minerais félsicos são compostos essencialmente por plagioclases (incolor, de baixo relevo e com maclas da albite) e menos frequente feldspato alcalino e quartzo. Os feldspatos (s.l.) e o quartzo colmatam os espaços entre os minerais máficos, apresentando a orientação anteriormente referida.

Os minerais acessórios mais comuns são a titanite (relevo alto, incolor e birrefringência alta) e os minerais opacos, frequentemente ilmenite associada às titanites e pontualmente sulfuretos de ferro. Apatite (incolor com relevo moderado) e zircão (alto relevo e birrefringência alta) também ocorrem ocasionalmente.

Estas rochas apresentam a particularidade de ter anfíbolos zonados (com alguma frequência) e as piroxenas apresentam por vezes colorações esverdeadas, confundíveis com as anfíbolos (Fig 16C). Isto sugere que a rocha apresenta retrogradação para a fácies anfíbolítica. No entanto, a presença de piroxena + plagioclase sugere que estas rochas básicas, estagiaram inicialmente em condições metamórficas da fácies granulítica.

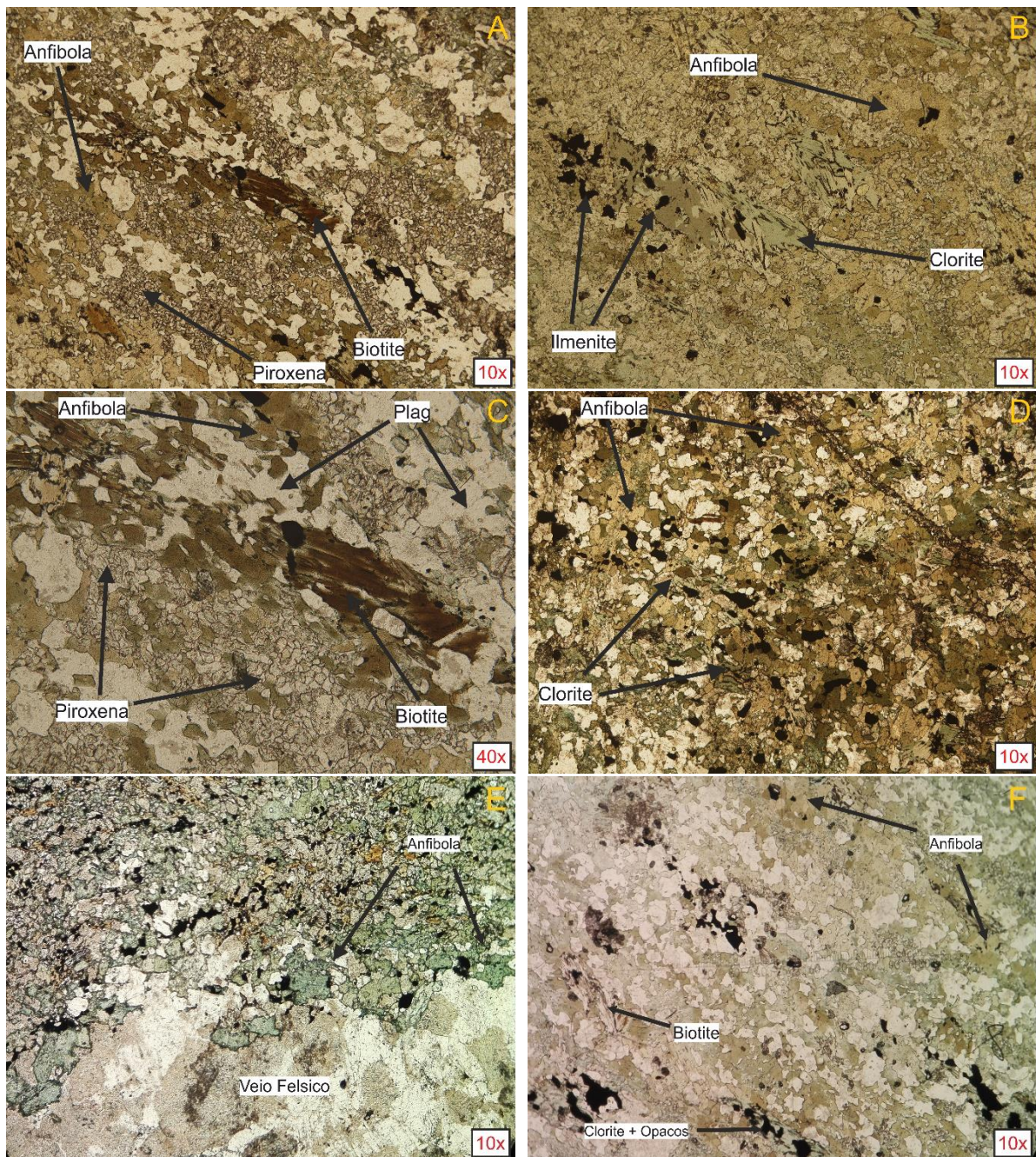


Fig. 16 – Petrografia das Rochas Básicas Metamórficas. A) textura grano-nematoblástica com alinhamento preferencial dados pelos minerais máficos. B) Imagem petrográfica demonstrando a existência de clorite e ilmenite nas rochas básicas metamórficas. C) Imagem petrográfica demonstrando a blastese linear das piroxenas e respectiva substituição para anfíbola por retrogradação. D) Aspecto da R. B. Metamórfica com fabric linear menos visível. Este tipo de textura é pouco frequente. E) Imagem petrográfica do corte de veios félsicos na R. B. Metamórfica. F) Figura que demonstra o alinhamento bem demarcado, dado também pelos minerais opacos.

5.3. Rochas Básicas Ígneas

As rochas básicas ígneas são holocristalinas faneríticas, com textura cristalina, inequiangular (Fig. 17A, B e E), essencialmente compostas por anfíbola (cor entre os tons verdes claros a escuros e clivagens a 120°), plagioclases (com maclas da albite) e quartzo (incolor, de baixa birrefringência). Os minerais félsicos apresentam alguma deformação, visível na extinção ondulante do quartzo e maclas dobradas nas plagioclases. Todos os feldspatos (s.l.) apresentam alteração (ponteados ao longo dos cristais, sugerindo sericitização dos mesmos). A amostra FRT-4 apresenta a particularidade de apresentar localmente uma zona com intercrescimentos de plagioclase e algum quartzo associado a cristais de prenite (habito fibroso e incolor) a preencher os espaços intersticiais (Fig. 17C-D), e ocasionalmente cristais de carbonatos (possivelmente calcite), denotando metamorfismo incipiente.

Os minerais acessórios mais comuns são titanites (relevo elevado, incolor, e com elevada birrefringência), apatites (relevo moderado, incolor e de birrefringência baixa) e minerais opacos, frequentemente associados à titanite.

As amostras apresentam-se, no geral, muito idênticas, podendo variar na granularidade, embora sejam todas faneríticas, a granularidade pode diminuir significativamente de amostra para amostra. A textura subofítica (Fig. 17E e F), caracterizada pela envolvimento de cristais de anfíbola por plagioclase é frequente em todas as amostras deste grupo.

A composição mineralógica deste grupo (máfica), bem como a interpretação dos padrões texturais e crescimento isotrópico dos cristais sugerem que a litologia possa ser enquadrada no grupo dos dioritos a gabrodioritos.

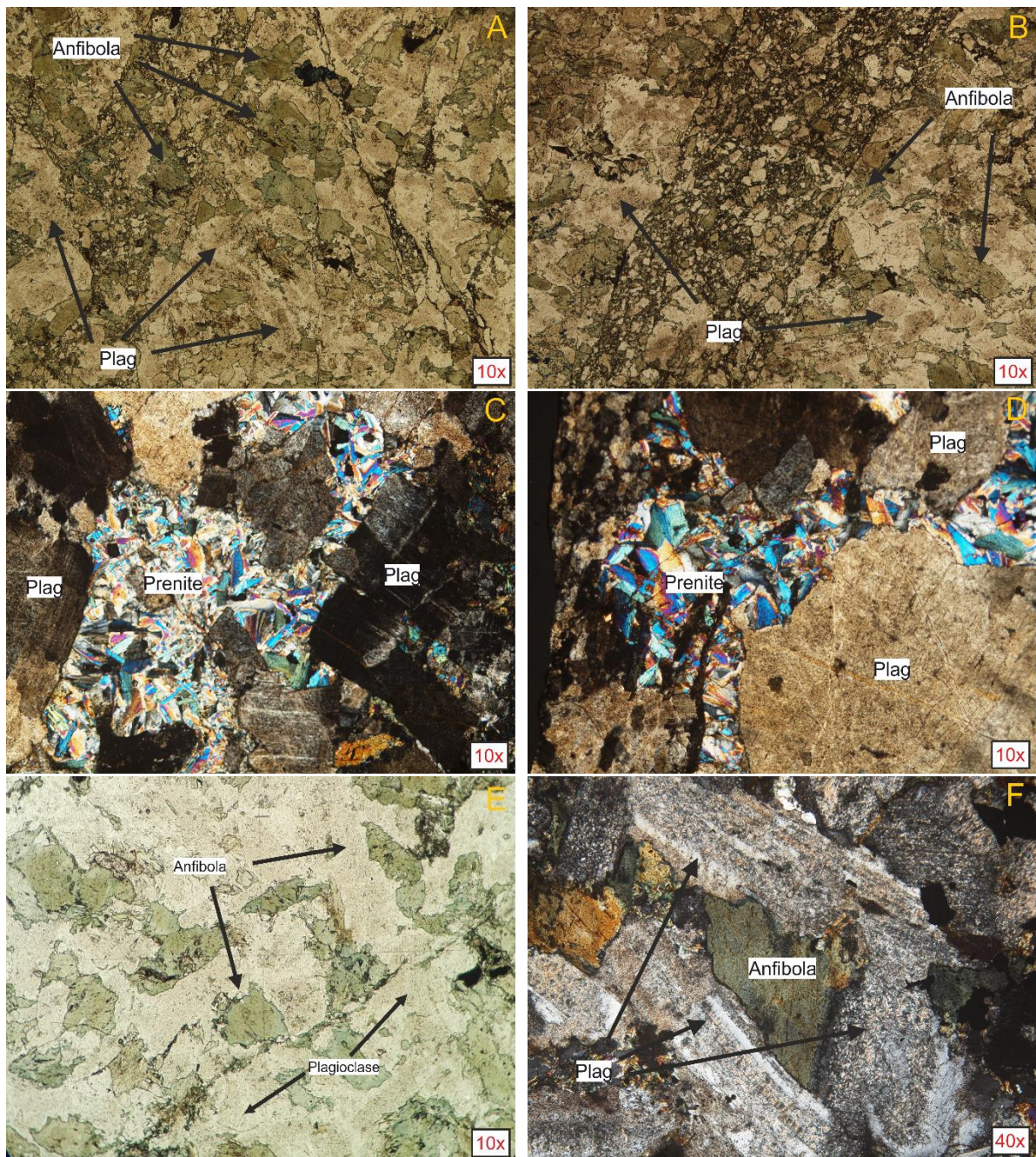


Fig. 17 - Petrografia das Rochas Básicas Ígneas. A) Aspecto textural geral. B) Características particulares de corredores de cisalhamento apresentando granularidade mais fina. C - D) Particularidade da presença de prenite juntamente com plagioclase euédrica de granularidade grosseira e algum quartzo. E) Figura da textura demonstrando o equilíbrio entre a anfíbola e plagioclase. F) Detalhe da textura subofítica típica destas rochas, mostrando a anfíbola rodeada por plagioclase.

5.4. Pórfiros do Baleizão

Os Pórfiros do Baleizão (Fig. 18) são caracterizados por apresentarem textura porfírica/porfiróide, claramente bimodal nas dimensões dos cristais, apresentando duas fases de cristalização: a) formação e crescimento dos fenocristais (Fig. 18A, B e D); b) formação da matriz mais fina. Os fenocristais presentes nas amostras de pórfiros são de feldspato alcalino (identificado pela macla de Carlsbad), plagioclase (com macla da albite) e a anfíbola verde azulada. A matriz, afanítica, microcristalina, é formada por quartzo, feldspato alcalino e plagioclase. Ocorre por vezes biotite maior que a granularidade da matriz, mas nunca atingindo as dimensões dos outros fenocristais. Os feldspatos alcalinos bem como as plagioclases apresentam um ponteadado ao longo dos cristais (meteorização). As anfíbolas são caracterizadas pelo pleocroísmo forte entre o verde a verde azulado e podem apresentar zonamentos cromáticos. A biotite apresenta, por vezes, alguma cloritização, e ocorre com um dos fenocristais.

Os minerais acessórios são a titanite, que ocorre frequentemente junto dos minerais opacos e biotites, muito raramente apatite e zircão. Os minerais opacos são essencialmente ilmenites, demonstrada pela íntima relação com a titanite na partilha do Ti, e magnetites.

Uma particularidade deste grupo é a existência de agregados de megacristais (Fig. 18C e F), indicadores de uma cristalização primária (1ª fase de cristalização) e deposição por cristalização no “fundo” da camara magmática. Posteriormente (2ª fase de cristalização) dá-se a remobilização dos megacristais depositados (evento vulcânico) que será responsável pelo arrefecimento rápido do magma formando uma matriz microgranular envolvendo agregados de fenocristais (Fig. 18C).

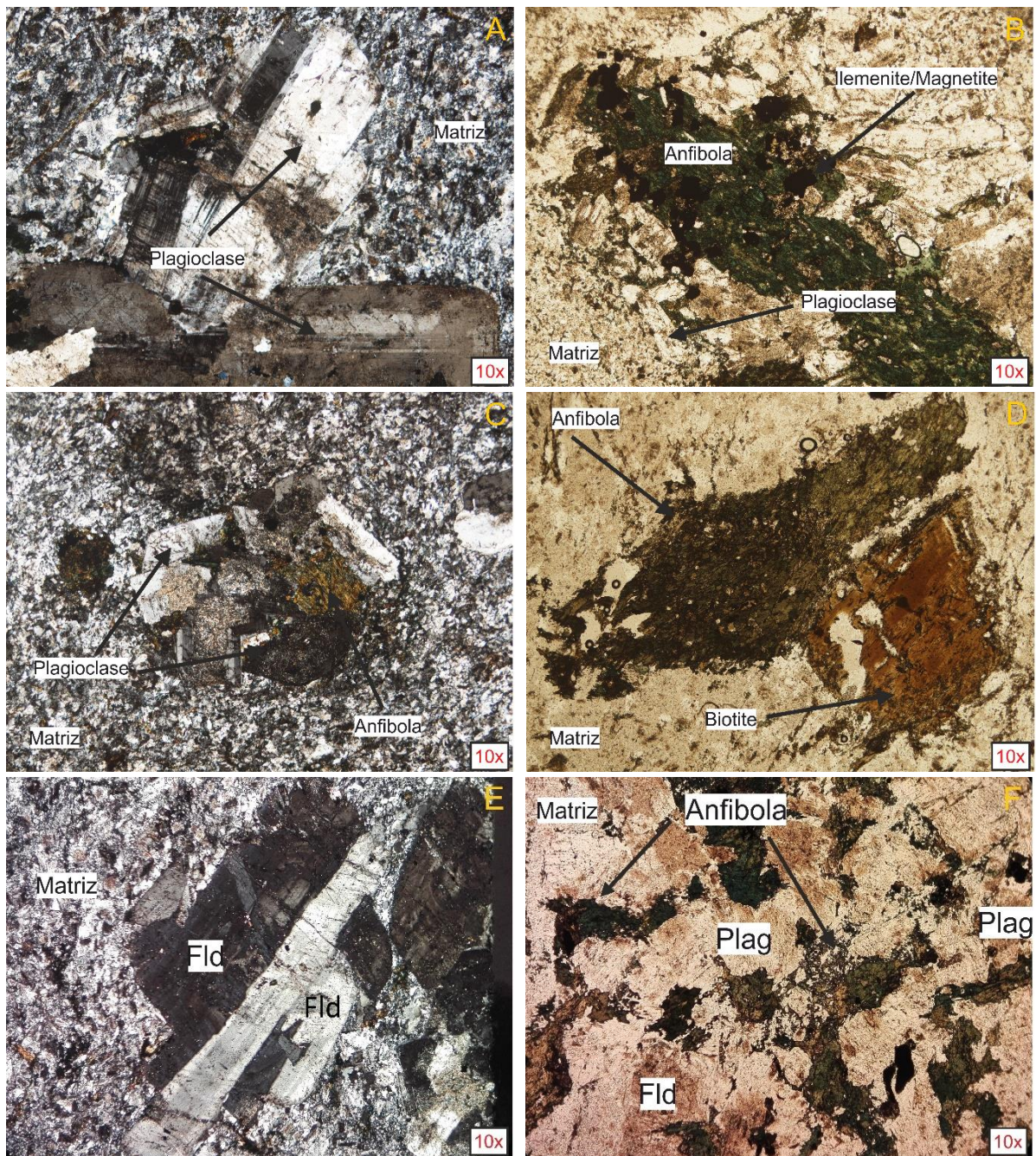


Fig. 18 – Petrografia dos Pórfiros de Baleizão. A) Imagem petrográfica demonstrando os fenocristais de plagioclase numa matriz de granularidade fina. B) Fenocristais de anfíbola e plagioclase. C) Particularidade de agregados de fenocristais envolto numa matriz de granularidade fina. D) Imagem petrográfica de anfíbola e biotite crescida (fenocristais). E) Exemplo de fenocristais de feldspato K menos frequente que a plagioclase. F) Figura de agregado de fenocristais maioritariamente de anfíboa, plagioclase e algum feldspato K. A biotite nem sempre ocorre nos agregados.

6. Química Mineral

Este capítulo pretende caracterizar a variação da composição química das principais fases minerais presentes nas quatro litologias em estudo. Foi utilizado o programa A-X do THERMOCALC (Holland & Powell, 1998) para o cálculo das fórmulas estruturais dos minerais.

6.1. Feldspatos

A caracterização dos feldspatos presente neste capítulo foi feita com base na nomenclatura do diagrama ternário dos feldspatos (Ribbe, 1983). O diagrama projecta os extremos da solução sólida das plagioclases entre a anortite (An) rica em Ca e a albite (Ab) rica em Na, e a solução entre os feldspatos sódicos e os feldspatos alcalinos ou potássicos (Or).

Os Ortognaisses das Alcáçovas são caracterizados por apresentarem plagioclases essencialmente de composição albítica $Ab_{97} - Ab_{78}$ e feldspatos potássicos, essencialmente de ortose $Or_{85} - Or_{97}$ (Fig. 19). Estas composições são típicas de rochas plutónicas félsicas a intermédias.

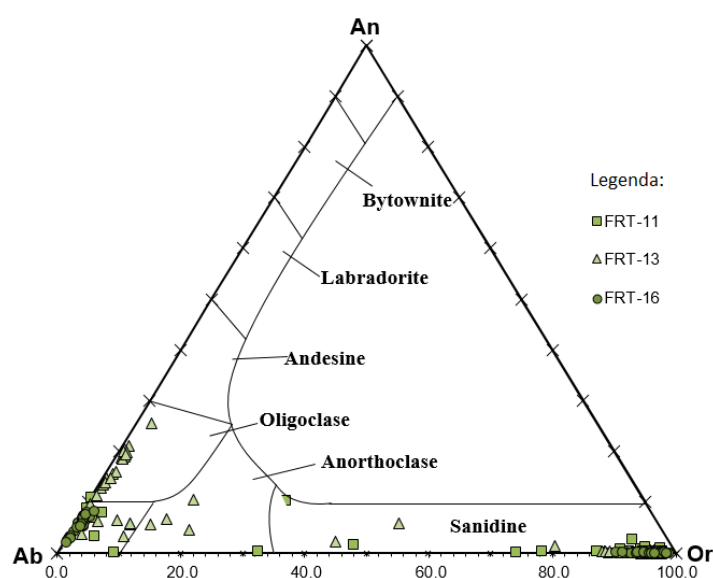
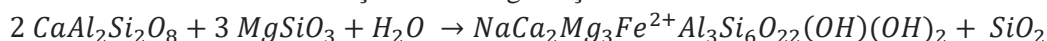


Fig. 19 - Diagrama triangular do Feldspatos. Projecção das amostras pertencentes aos Ortognaisses das Alcáçovas

As rochas básicas metamórficas apresentam maioritariamente plagioclases com composição $An_{20} - An_{50}$ (fig. 20), ou seja, oligoclase e andesina. As rochas básicas metamórficas revelam que em determinada altura estagiaram na fácies granulítica. Este facto é evidenciado nos feldspatos pela presença de labradorite, que embora reduzida, corresponde a composições de maior temperatura (mais próximas da fácies granulítica). Seria de esperar encontrar plagioclases mais ricas na componente anortítica, devido à maior temperatura da fácies granulítica. O enriquecimento em Na, em contrapartida ao Ca, é um reflexo da retrogradação ao formar cristais de plagioclase, tendencialmente sódicos. A retrogradação e a fixação do Ca nas piroxenas (capítulo seguinte) podem ser os responsáveis das plagioclases se apresentarem empobrecidas na composição anortítica. Para a fácies granulítica, a reacção para o consumo da anortite em condições de retrogradação seria:



Existe uma população considerável de albites e ortoses que são feldspatos alcalinos exsolvidos nos dois extremos composicionais. Esta projecção nos extremos está relacionada com a pertúitização dos feldspatos.

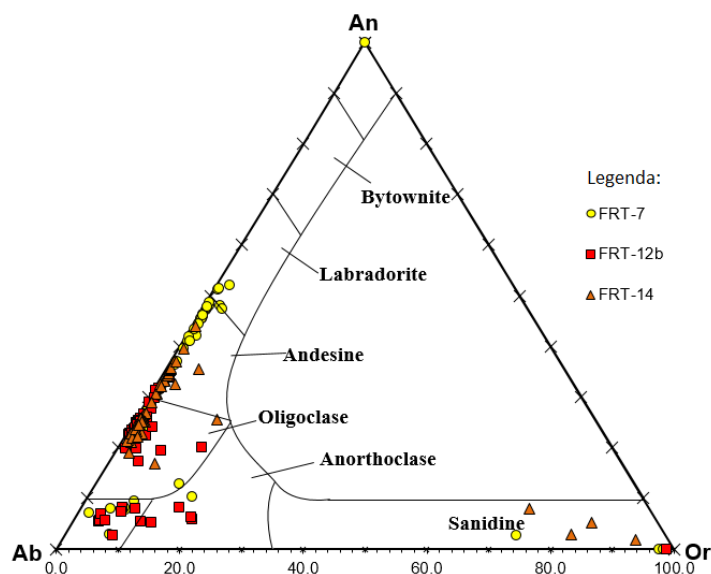


Fig. 20 - Diagrama triangular do Feldspatos. Projecção das amostras pertencentes às rochas básicas metamórficas.

O diagrama da Fig. 21 apresenta os feldspatos analisados nas rochas básicas com textura ígnea. O enriquecimento de Na nos feldspatos é visível pela maior projecção de análises no campo da albite e oligoclase. As composições das plagioclases, variam de An7-An35, e não representam composições típicas de plagioclases resultantes de líquidos mais básicos para rochas plutónicas. Contudo, sendo que as rochas básicas ígneas são fortemente compostas por anfíbola + plagioclase, o Ca é fortemente retido na estrutura da anfíbola, o que poderá justificar a presença de plagioclase mais sódica. A presença de prenite, demonstra que houve um estágio na fácies da prenite-pumpeleíte que poderá também contribuir com a maior presença de minerais de plagioclase com maior componente sódica.

Os feldspatos alcalinos são menos abundantes nestas rochas devido à composição das rochas, mas ocorrem ocasionalmente. Ocorreu pertitzização dos feldspatos alcalinos.

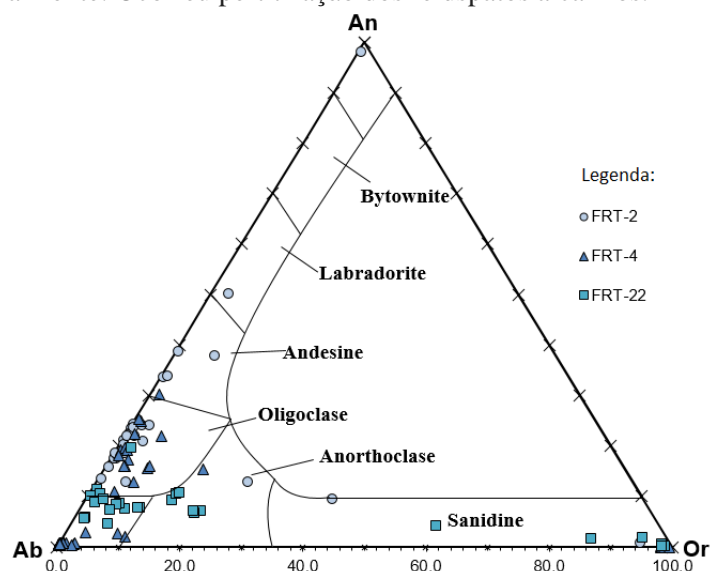


Fig. 21 -Diagrama triangular do Feldspatos. Projecção das amostras pertencentes às rochas básicas ígneas.

No caso dos pórfiros, os feldspatos são plagioclases de composição An₅₆-An₈ caindo essencialmente no campo das andesinas e oligoclases (Fig. 22). No caso dos feldspatos potássicos, a projecção das análises dá-se no campo da ortoclase de composição Or_{>80}.

Este tipo de casos, na existência de 2 tipos de feldspatos, ocorre quando a cristalização é directa de um magma a temperaturas abaixo do *solvus*, originando dois feldspatos, um alcalino (ortose) e uma

plagioclase pobre em Na. A lacuna entre as composições é variável para rochas hipabissais, sendo que é mais pronunciado em rochas granitóides (Deer, *et al.*, 1992).

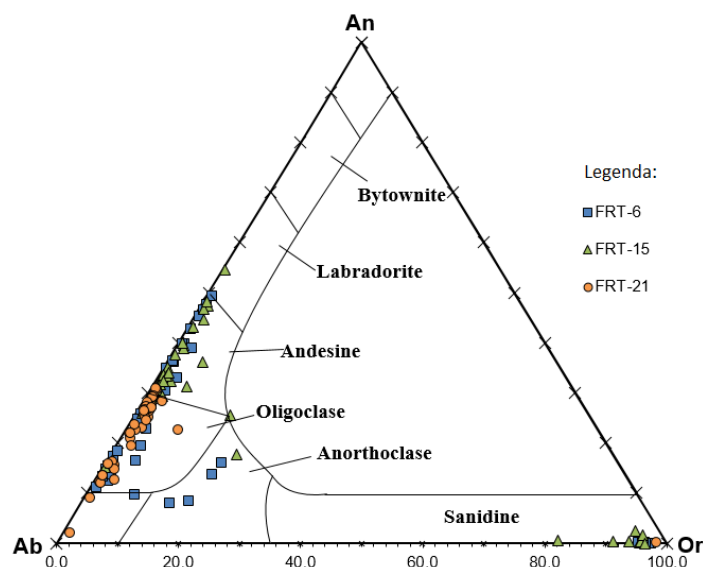


Fig. 22 - Diagrama triangular do Feldspatos. Projecção das amostras pertencentes aos pórfiros de Baleizão.

6.2. Anfíbolas

Neste capítulo, a nomenclatura e classificação das anfíbolas foi feita de acordo com a Associação Internacional de Mineralogia (IMA) do ano de 2012 publicado por Hawthorne *et al.* (2012). As anfíbolas, para todas as amostras analisadas na microsonda, são projectadas no campo das anfíbolas cálcicas com a fórmula geral $(AX_2Z_5((Si,Al,Ti)_8O_{22})(OH,F,Cl,O)_2)$. A projecção teve como recurso uma spreadsheet disponibilizada por Locock (2014).

A projecção das anfíbolas, neste caso, anfíbolas cálcicas é definida pelo programa que calcula as respectivas fórmulas estruturais e calcula em que campo se enquadra. Este programa projecta segundo as seguintes equações: $[(Al+Fe^{3+}+Mn^{3+}+Cr+V+Sc+2Ti+2Zr)-^W O-^C Li]$ para a posição C da estrutura da anfíbola e $(Li + Na + K + 2Ca + 2Pb)$ para a posição A da estrutura. As equações de Locock (2014) determinam os eixos dos x e y respectivamente.

As anfíbolas presentes nas Ortognaisses das Alcáçovas são projectadas nos campos das pargasites (*s.l.*), com a formula química geral $(NaCa_2(Mg,Fe)_4AlSi_2Al_2O_{22}(OH)_2)$ e das horneblendas (*s.l.*) com a formula química geral $(NaCa_2(Mg,Fe)_5Si_7AlO_{22}(OH)_2)$, mas que designaremos o grupo da magnésio-horneblenda (Fig. 23).

Estes dois grupos de anfíbolas dentro do grande grupo das horneblendas, é diferenciável pela quantidade de Na presente na estrutura. As magnésio-horneblendas, para além da ausência de Na (significativo para substituir o Ca) apresenta também um incremento na quantidade de Si comparativamente às pargasites. O grupo das horneblendas pargasíticas apresenta, na sua estrutura $(NaCa_2(Mg,Fe)_5Si_7AlO_{22}(OH)_2)$, substituição de Al por Si na qual é equilibrada pela entrada de Na ($AlNa \rightleftharpoons Si\Box$).

Comparativamente, o grupo da pargasite-ferro-pargasite $(NaCa_2(Mg,Fe)_4AlSi_2Al_2O_{22}(OH)_2)$ é caracterizada pela adição da substituição do grupo anterior mas na qual é feita pela entrada de dois Al em detrimento de um e que é equilibrada em parte pela substituição de Al por (Mg,Fe) e entrada de Na. A substituição deste grupo é $Al_2AlNa \rightleftharpoons Si_2(Mg,Fe)\Box$ (Deer *et al.* 1992).

As projecções apresentam alguma dispersão (Fig. 23) que mostra alguma variabilidade composicional nas anfíbolas analisadas. Esta variação deverá estar relacionada com a composição geral da rocha sendo que as anfíbolas sugerem ser o resultado da deformação metamórfica imposta aos

Ortognaisses das Alcáçovas. Apresentam semelhanças composicionais com as Rochas Básicas Metamórficas descritas no texto mais à frente. Esta semelhança poderá sugerir aproximação genética entre ambas unidades litológicas.

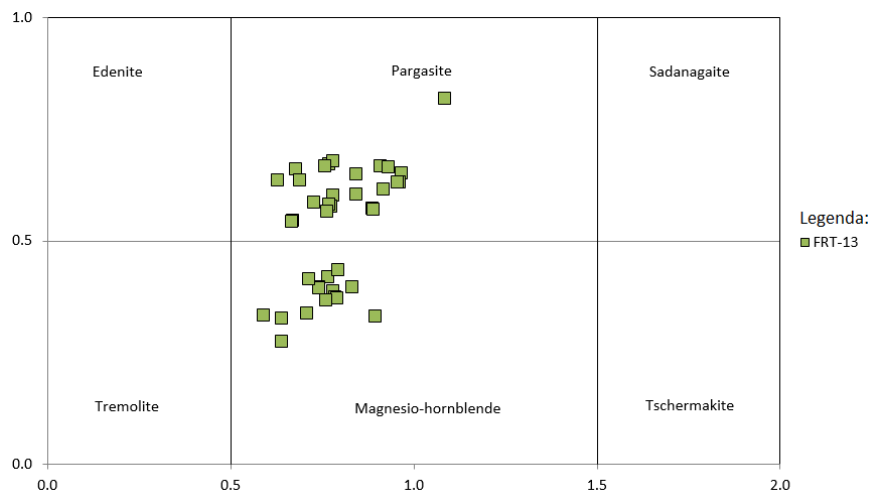


Fig. 23 - Gráfico de projecção das anfíbulas cálcicas segundo a nomenclatura do IMA (2012), com recurso a uma spreadsheet de Locock (2014), para os Ortognaisses das Alcáçovas. A projecção tem como base as equações $[(Al+Fe^{3++}Mn^{3++}Cr+V+Sc+2Ti+2Zr)-WO-CLi]$ para o eixo das abcissas e $(Li + Na + K + 2Ca + 2Pb)$ para o eixo das ordenadas.

Para as Rochas Básicas Metamórficas, as projecções caem no campo de transição entre o grupo da pargasite (*s.l.*) e das hornblendas (*s.l.*).

As anfíbulas das rochas básicas metamórficas (Fig. 24) são bastante consistentes, sendo que se agrupam relativamente na mesma zona de projecção, segundo o eixo das abcissas, apenas com alguma variação para o campo das magnésio-hornblendas, sendo que a maior variação registada é a do Na enquanto o K e o Ca são menos significativas. Elementos como Li e Pb não são significativos e/ou não detectados na análise de microsonda. Relativamente ao eixo das abcissas, a variação registada é muito menor, o que sugere que a modificação das composições das anfíbulas nas rochas básicas seja maioritariamente feita pela introdução de Na que substitui o Ca na posição A da estrutura.

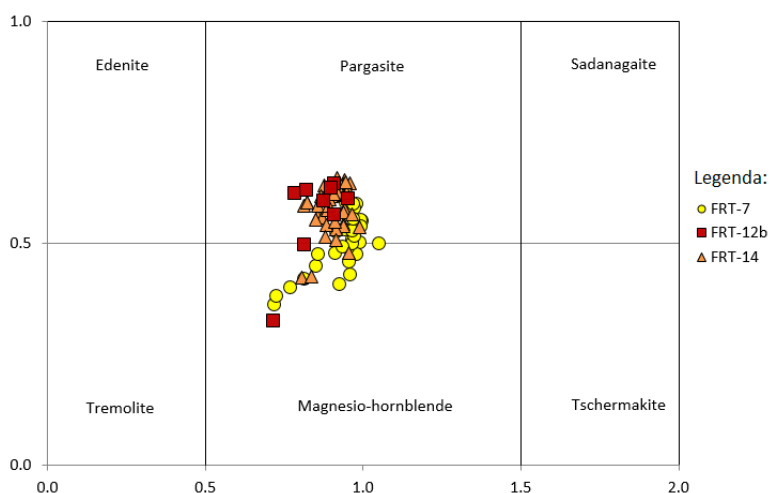


Fig. 24 - Gráfico de projecção das anfíbulas cálcicas segundo a nomenclatura do IMA (2012), com recurso a uma spreadsheet de Locock (2014), para as rochas básicas com textura metamórfica. . A projecção tem como base as equações $[(Al+Fe^{3++}Mn^{3++}Cr+V+Sc+2Ti+2Zr)-WO-CLi]$ para o eixo das abcissas e $(Li + Na + K + 2Ca + 2Pb)$ para o eixo das ordenadas.

As Rochas Básicas Ígneas apresentam mineralogia significativamente distinta das Rochas Básicas Metamórficas. Nestas litologias, as anfíbulas são essencialmente tremolites-ferro-actinolites a

tender para composições da hornblenda (*s.l.*) (Fig. 25) variando num largo espectro composicional. A maior concentração das projecções encontra-se na fronteira entre os dois grupos, apenas com a amostra FRT-2 que apresenta uma maior dispersão das anfíbolas projectadas para o campo das hornblendas.

As tremolites-ferro-actinolites $\text{Ca}_2(\text{Mg},\text{Fe}^{2+})_5[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH},\text{F})_2$ são a fase mineral menos aluminosa do grupo das anfíbolas cálcicas. Tal facto, está relacionado com a menor presença de substituição tchermakítica, o que leva, em alguns casos, a entrada de 7,5 átomos de Si por unidade de fórmula, ou seja, os tetraedros presentes na estrutura das anfíbolas são quase, exclusivamente, compostos por tetraedros de SiO_4 . Frequentemente, nas anfíbolas cálcicas, existe um afastamento considerável das composições extremas da série tremolites-ferro-actinolites pela substituição do Si pelo Al, na qual é compensada pela substituição de (Mg,Fe) por alumínio (aproximação do grupo da tschermakite), ou pela entrada de Na na posição A da estrutura (aproximação à série da ednrite) ou pela combinação conjunta das duas substituições (aproximação à série da pargasite).

As anfíbolas analisadas podem ser caracterizadas como ferro-actinolites (dentro do grupo das tremolites) por diversos factores. As características ópticas, descritas no capítulo da petrografia, identifica anfíbolas com pleocroísmo entre verdes claros a escuros, típicos da actinolite enriquecida em ferro, contrastando com as tremolites, o extremo da solução solida rico em Mg, por se apresentarem incolores. A química das anfíbolas demonstra que apresentam frequentemente valores até 7,5 átomos de Si para os 8 átomos da posição T da estrutura das anfíbolas (o restante ocupado por Al). Para além da baixa aluminosidade das mesmas, elas apresentam valores superiores de Fe comparativamente ao Mg. Este aumento de Fe nas anfíbolas é visível opticamente no pleocroísmo dos minerais e reflectida na projecção onde é evidente a progressão das anfíbolas para composições da hornblenda, mais ricas em ferro.

As actinolites e tremolites são minerais típicos de regiões metamórficas de baixa a média pressão, tipicamente das fácies de xistos verdes, enquanto a hornblenda é típica da fácies anfíbolítica. Como tal, as anfíbolas nestas rochas demonstram cristalização nesses campos de P-T.

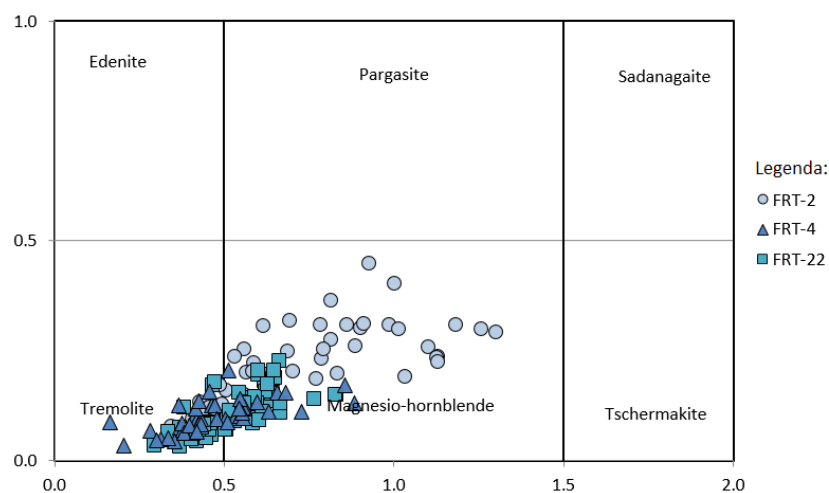


Fig. 25 - Gráfico de projecção das anfíbolas cálcicas segundo a nomenclatura do IMA (2012), com recurso a uma spreadsheet de Locoock (2014), para as rochas básicas com textura ígnea. . A projecção tem como base as equações $[(\text{Al}+\text{Fe}^{3++}\text{Mn}^{3++}\text{Cr}+\text{V}+\text{Sc}+2\text{Ti}+2\text{Zr})-\text{WO}-\text{CLi}]$ para o eixo das abcissas e $(\text{Li} + \text{Na} + \text{K} + 2\text{Ca} + 2\text{Pb})$ para o eixo das ordenadas.

Relativamente aos pórfiros, estes apresentam anfíbolas tendencialmente mais semelhantes às rochas básicas metamórficas, apresentando uma maior concentração no campo das pargasites (Fig. 26).

A diferença presente nestas anfíbolas é, para além das características ópticas, a dispersão das projecções, do ponto de vista químico, devido à variação da quantidade de Na que entra na estrutura das anfíbolas, variando-as entre os campos das pargasites-ferro-pargasite e hornblendas-magnésio-

horneblendas. Tal variação é reflectida no eixo das ordenadas. Menos significativo, mas com expressão, é a variação do Mg, Fe e Al ao longo do eixo das abcissas.

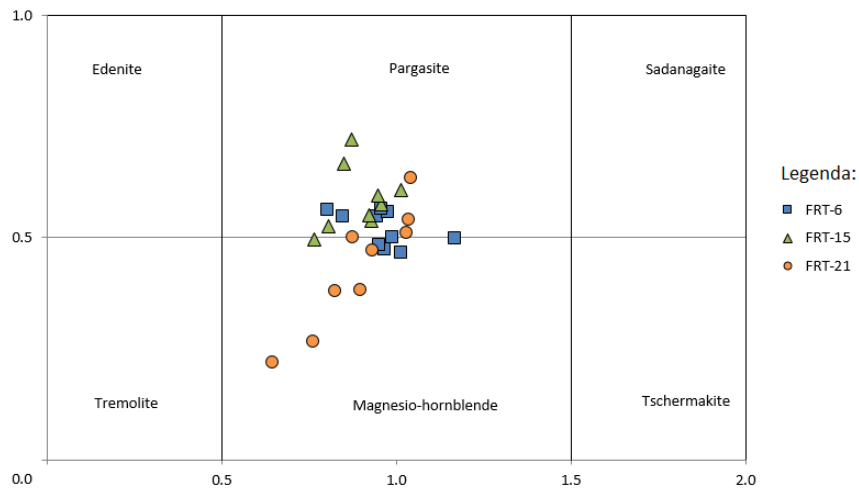


Fig. 26 - Gráfico de projecção das anfíbulas cálcicas segundo a nomenclatura do IMA (2012), com recurso a uma spreadsheet de Locock (2014), para os pórfiros de Baleizão. A projecção tem como base as equações $[(Al+Fe^{3++}Mn^{3++}Cr+V+Sc+2Ti+2Zr)-WO-CLi]$ para o eixo das abcissas e $(Li + Na + K + 2Ca + 2Pb)$ para o eixo das ordenadas.

6.3. Piroxenas

As piroxenas foram apenas encontradas nas Rochas Básicas Metamórficas. A maior parte das piroxenas representadas é projectada no diagrama das clinopiroxenas (Fig. 27), segundo a nomenclatura proposta por Morimoto *et al.*, (1989), e são essencialmente piroxenas cálcicas, projectando-se no campo das augites $(Ca,Mg,Fe^{2+},Fe^{3+},Ti,Al)_2[(Si,Al)_2O_6]$ e do diópsido $Ca(Mg,Fe)[Si_2O_6]$. As amostras FRT-12b e FRT-14 são as únicas com projecção das clinopiroxenas no campo das augites (de notar que uma única análise cai no campo da pigeonite). A amostra FRT-7 apresenta clinopiroxenas com composição diopsídica, sugerindo o estágio na entrada das fácies granulítica. Tipicamente, as augites ocorrem como piroxenas de rochas ígneas tais como gabros, dioritos e basaltos. No entanto, também podem ocorrer em granulitos sendo o produto do metamorfismo imposto às rochas básicas. A presença de augite metamórfica é suportada não só por critérios texturais, nucleação e alinhamento com o *fabric* da rocha, mas pela presença de anfíbola de composição pargasítica (referido no capítulo anterior) que ocorre frequentemente associada à augite. Outra característica distintiva é a evidência da presença significativa de Al, sugerindo que a sua blastese ocorre a alta pressão. A ausência de ortopiroxena é sintomática da zona de transição entre a fácies anfíbolítica e a fácies granulítica, mas também pode ser o resultado de condições P-T típicas da fácies granulítica de alta pressão ($P > 13$ kbar). Não há, no entanto, qualquer outra evidência que corrobore tal.

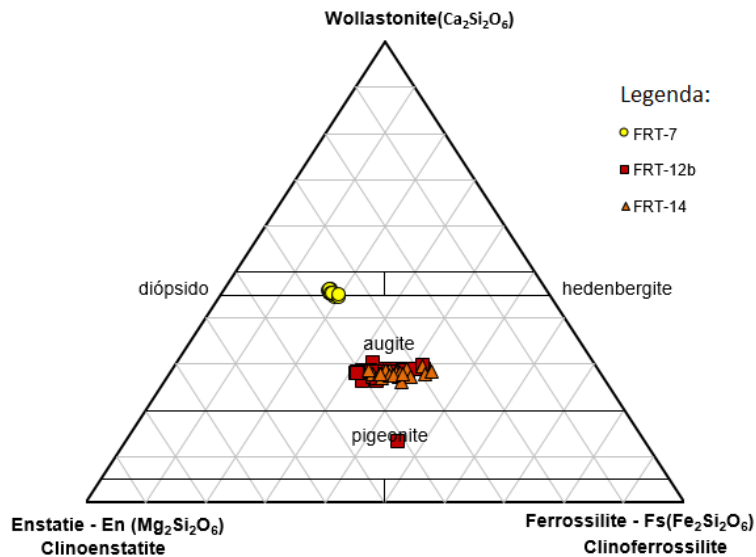


Fig. 27 - Diagrama de nomenclatura das piroxenas, proposto por Morimoto et al. (1989).

6.4. Biotites

As biotites são filossilicatos que ocorrem nos Ortognaisses das Alcáçovas, rochas básicas metamórficas e nos Pórfiros de Baleizão. Os valores máximos e mínimos para todas as análises de biotite nas rochas estudadas encontram-se na Tabela 2.

Tab. 2 - Tabela com os catiões para a fórmula estrutural da biotite (s.l.). O cálculo teve como base 24 oxigénios.

	Ortognaisses	R. B. Metamórficas	Pórfiros de Baleizão
Si	4.90 - 4.70	5.71 - 5.48	5.74 - 5.28
Ti	0.20 - 0.07	0.45 - 0.248	0.31 - 0.16
Al	3.16 - 3.03	2.61 - 2.47	2.85 - 2.46
Fe³⁺	0.72 - 0.70	0.41 - 0.00	0.53 - 0.00
Fe²⁺	4.10 - 3.96	2.84 - 2.31	3.06 - 2.63
Mg	2.47 - 1.84	2.86 - 2.26	2.77 - 1.99
Ca	0.23 - 0.01	0.05 - 0.00	0.82 - 0.01
Na	0.10 - 0.01	0.05 - 0.01	0.02 - 0.01
K	0.21 - 0.04	1.96 - 1.71	1.93 - 0.94
Al IV	3.34 - 3.08	2.52 - 2.29	2.72 - 2.26
Fe^{Tot}/(Fe^{Tot}+Mg)	0.72 - 0.66	0.56 - 0.46	0.60 - 0.56

Relativamente às projecções da Fig. 28, os ortognaisses apresentam biotites com composições aproximadas da Eastonite ($KAlMg_2(Si_2Al_2)O_{10}(OH)_2$). Os pórfiros bem como as rochas básicas metamórficas apresentam valores ricos em flogopite na sua composição mineralógica ($K_2Mg_6[Si_6Al_2O_{20}](OH)_4$). Ocorrem substituições comuns entre o Mg e Fe, o Fe e Al na posição tetraédrica e entre o Al e Si, sendo como resultado uma pequena variação na composição.

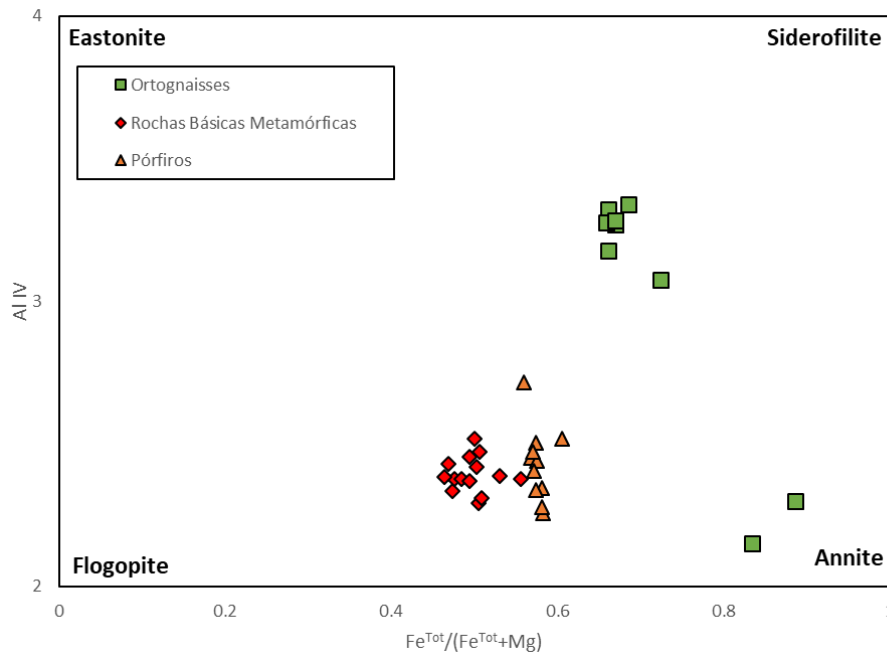


Fig. 28 – Diagrama composicional das Biotites.

As biotites encontram-se frequentemente cloritizadas nas rochas básicas e nos pórfiros de Baleizão e muito raramente nos ortognaisses.

6.5. Minerais Acessórios

As titanites ($CaTi(SiO_4)O$) são comuns em todas as rochas estudadas, pois a sua formação está fortemente associada às rochas básicas. Ocorre também em rochas mais ácidas como os pórfiros. O caso das apatites ($Ca_5(PO_4)_3(OH,F,Cl)$), também representadas na tabela, são igualmente comuns em todas as litologias de estudo. Ocorre como mineral acessório desde rochas básicas às mais ácidas. Atendendo à sua química, podem-se considerar fluor-apatites devido às elevadas quantidades de F presente. Não sendo possível a utilização do programa AX do THERMOCLAC, são apenas apresentadas análises de referência da química obtida nas titanites e apatites (Tab. 3).

Os óxidos ou minerais opacos são usualmente ilmenites ($Fe^{2+}TiO_3$) e pontualmente hematites (Fe_2O_3). Só os Pórfiros apresentam magnetite ($Fe^{2+}Fe^{3+}_2O_4$). Foram analisados alguns sulfuretos de ferro (pirites) nas rochas básicas. Não foram detectados/analísados óxidos nos ortognaisses (Tab. 4).

Tab. 3 - Tabela das análises representativas de titanite e apatite.

Amostras	Ortognaisse das Alcáçovas FRT-13*	Rochas Básicas				Pórfiros de Baleizão	
		tex. Metamórfica		tex. Ígnea		FRT-6	FRT-15
		FRT- 7	FRT-14	FRT-2	FRT-22		
<i>Titanite</i>							
SiO ₂	30.07	29.79	30.30	30.08	30.03	30.05	30.51
TiO ₂	33.60	37.17	36.90	38.76	39.17	36.79	34.42
Al ₂ O ₃	01.63	01.55	01.66	00.67	00.68	01.49	02.76
FeOt	00.95	00.77	00.68	00.77	00.43	00.97	01.37
MnO	00.05	00.05	00.02	00.04	00.00	00.09	00.05
MgO	00.11	00.01	00.00	00.01	00.00	00.00	00.01
CaO	33.37	28.37	28.85	28.46	28.77	28.62	28.79
Na ₂ O	---	00.03	00.01	00.04	00.02	00.01	00.01
K ₂ O	---	00.02	00.00	00.02	00.00	00.01	00.01
F	---	---	00.64	00.35	00.09	00.95	01.44
TR ₂ O ₃	---	---	01.06	00.86	00.71	01.26	01.92
Total	99.78	97.75	100.1	100.1	99.90	100.1	99.85
							FRT-21
<i>Apatite*</i>							
FeOt	00.06	00.21	00.24	-	00.06	-	00.07
MnO	00.01	00.03	00.01	-	00.02	-	00.05
MgO	00.00	00.00	00.00	-	00.02	-	00.01
CaO	55.23	56.30	55.65	-	54.88	-	54.25
SrO	00.00	00.00	00.00	-	00.00	-	00.00
Na ₂ O	00.05	00.01	00.02	-	00.01	-	00.06
K ₂ O	---	---	---	-	---	-	00.00
P ₂ O ₅	42.39	43.15	42.49	-	43.17	-	42.49
F	02.93	02.84	02.70	-	02.71	-	03.27
Cl	00.10	00.32	00.13	-	00.06	-	00.06
H ₂ O	00.31	00.00	00.00	-	---	-	---
Total	101.3	101.7	100.1	-	100.9	-	101.0

*as análises de apatite também contêm La₂O₃, Nd₂O₃, Ce₂O₃

Tab. 4 - Análises representativas de Ilmenites e Magnetites/Hematites.

Amostras	Ortognaisse das Alcáçovas	Rochas Básicas		Pórfiros de Baleizão
		tex. Metamórfica	tex. Ígnea	
Ilmenites*				
Ti	-	1.25-0.89	1.09-1.00	1.00-0.93
Si	-	0.01-0.00	0.07-0.00	0.01-0.00
Al	-	0.01-0.00	0.01-0.00	0.01-0.00
Cr	-	0.01-0.00	0.01-0.00	0.01-0.00
Fe ³⁺	-	0.22-0.00	0.07-0.00	0.13-0.01
Fe ²⁺	-	0.96-0.49	0.94-0.78	0.95-0.83
Mn	-	0.22-0.00	0.10-0.00	0.12-0.06
Mg	-	0.01-0.00	0.01-0.00	0.01-0.00
Magnetite/Hematite				
Ti	-	0.00	0.02-0.01	0.01-0.00
Si	-	0.00	0.01-0.00	0.06-0.01
Al	-	0.00	0.02-0.01	0.02-0.01
Cr	-	0.00	0.01-0.00	0.02-0.00
Fe ³⁺	-	1.98	1.98-1.95	1.99-1.86
Fe ²⁺	-	0.02	0.02-0.02	1.03-0.99
Mn	-	0.01	0.01-0.00	0.02-0.00
Mg	-	0.00	0.01-0.00	0.01-0.00
*o cálculo das ilmenites foi efectuado para 3O (oxigénios), com recurso ao programa AXwin do THERMOCALC				

A prenite é um mineral que ocorre única e exclusivamente nas rochas básicas ígneas. A sua ocorrência sugere que as rochas básicas de textura ígnea estiveram, posteriormente à sua instalação, sujeitas a condições metamórficas de muito baixo grau, evidenciado pela presença de prenite e clorite. O campo de estabilidade da prenite varia entre 2 a 4 kbar e até aos 400 °C, no máximo (Deer *et al.* 1992).

7. Geotermobarometria

Este capítulo é dedicado ao cálculo das condições barométricas e termométricas das litologias em estudo.

A geotermobarometria é uma técnica que usa dois componentes distintos: termometria e barometria que calculam temperaturas (T) e pressões (P) da formação das rochas através do estabelecimento de paragêneses, associações minerais em equilíbrio. Estes cálculos têm como base o equilíbrio das pressões e temperaturas medidas para a distribuição dos elementos nas fases coexistentes. A composição química destas fases (minerais), envolvidas nas reacções são, portanto bastante sensíveis às variações de P e T.

Foram utilizados 3 barómetros (Schmidt, 1992; Anderson & Schmidt, 1995; Mutch *et al.* 2016) e três termómetros (Otten, 1984; Holland & Blundy, 1994; Blundy & Holland, 1990). Estes geotermobarómetros foram concebidos com base no conteúdo em Al na hornblenda, tendo em conta o equilíbrio das fases minerais.

O barómetro proposto por Schmidt (1992), recalibrado mais tarde por Anderson & Schmidt (1995), utiliza o Al presente nas hornblendas e está calibrado para condições de pressão entre 2.5 – 13 kbar e temperaturas entre os 655 e os 700 °C. As fases de equilíbrio para este modelo são hornblenda – biotite – plagioclase – ortose – quartzo – titanite - óxidos (Fe e Ti) – melt – vapor, fases essas presentes nas litologias em estudo. A equação definida por esta calibração é:

$$P(\pm 0.6 \text{ kbar}) = -3.01 + 4.76 Al_{hb}^{tot} \quad r^2 = 0.99$$

O barómetro de Mutch *et al.* (2016), relativamente ao anterior, está calibrado para pressões de entre os 0.8 – 10 kbar correlacionando também a quantidade de Al presente na hornblenda. As fases de equilíbrio são: anfíbola + plagioclase + biotite + quartzo + feldspato alcalino + ilmenite/titanite + magnetite + apatite. A equação que traduz o cálculo para a pressão é:

$$P(\text{kbar}) = 0.5 + 0.331(8) \cdot Al^{tot} + 0.995(4) \cdot (Al^{tot})^2$$

As pressões são calculadas a par com o cálculo das temperaturas utilizando os métodos de Holland & Blundy (1994) e Blundy & Holland (1990). O cálculo iterativo fornece 3 valores de temperatura dependendo das fases minerais em equilíbrio que se está a assumir.

Holland & Blundy (1994) assumem que as temperaturas dependem do equilíbrio de fases em 2 reacções: 1) edenite + 4 quartzos = tremolite + albite; 2) edenite + albite = richeterite + anortite. Blundy & Holland (1990) apresentam a primeira reacção descrita anteriormente, mas com uma calibração menos precisa.

O termómetro de Otten (1984) relaciona a temperatura com o conteúdo em Ti na hornblenda, sendo os resultados muito pouco precisos. A sua apresentação neste trabalho é apenas feita a título comparativo com os restantes cálculos.

A tabela seguinte mostra os cálculos geotermobarométricos feitos para as rochas com presença de anfíbolos cálcicos (todas as litologias) (Tab. 5). Todos os cálculos efectuados podem ser visualizados nas Tab. 33 - 35 dos Anexos.

Tab. 5 – Síntese dos resultados de Pressão e Temperatura calculados para as rochas estudadas, tendo em conta o conteúdo em Al na anfíbola. Em evidência (negrito) encontram-se os valores que melhor estima a pressão e temperatura.

		Ortognaisse	R. B. Metamórfica	R. B. Ígnea	Pórfiros
Schmidt (1992)	Pressão (kbar)	2 8	3 5	-2 5	1 6
	Temperatura (°C)	602 730	591 736	403 757	642 827
		567 643	614 753	506 789	625 836
		643 753	656 768	506 768	641 814
Anderson & Schmidt (1995)	Pressão (kbar)	2 7	3 6	-4 3	0 4
		2 9	3 6	-2 3	1 4
		2 6	3 5	-3 3	-1 4
Holland & Blundy (1994)	Temperatura (°C)	601 731	591 741	412 768.71	641 882
		569 646	618 747	503 782.55	626 830
		641 798	654 808	519 803.16	639 922
Otten (1984)	Temperatura (°C)	604 728	705 900	555 905.06	586 991
Mutch <i>et al.</i> (2016)	Pressão (kbar)	2 7	2 4	1 4	2 5

7.1. Resultados

Para os cálculos obtidos (Tab. 5) são assumidos como valores de referência, os barómetros de Anderson & Schmidt (1995) e Mutch *et al.* (2016) e os termómetros de Holland & Blundy (1994) utilizado no programa de Anderson & Schmidt (1995), por apresentarem maior robustez.

Do conjunto dos resultados obtidos (estimativas) verifica-se que os Ortognaisses das Alcáçovas alcançaram no decurso da sua formação/evolução as maiores pressões, relativamente às restantes litologias (Tab. 5). As pressões calculadas vão desde 2 a 8.7 kbar e temperaturas de 570 a 646 °C, para as melhores estimativas (Anderson & Schmidt, 1995). Contudo, a nível regional, os valores de pressão obtidos tão elevados (até 8.7 kbar), podem ser questionáveis. Segundo o método de Mutch *et al.* (2016) as pressões dos ortognaisses variam entre 2 a 7 kbar.

Os Ortognaisses de Alcáçovas e as Rochas Básicas Metamórficas diferenciam-se do ponto de vista da temperatura e pressão, sendo que estas últimas variam entre 620 a 750 °C e 2.4 a 4.2 kbar. Ambos os barómetros bem como os termómetros calculados, corroboram os dados petrográficos que as rochas básicas metamórficas alcançaram no seu trajecto P-T a transição entre a fácies anfíbolítica e a fácies granulítica.

Foram estimados os percursos P-T dos Ortognaisses e Rochas Básicas Metamórficas com recurso aos picos metamórficos calculados nas anfíbolos (Fig. 29 e 30).

Os Pórfiros apresentam temperaturas de formação superiores às Rochas Básicas Metamórficas, mas a menores pressões. As pressões vão desde os 1.5 – 4.9 kbar e 626 a 830 °C. As estimativas calculadas são aceitáveis para esta unidade litológica, tendo em conta o carácter hipabissal da mesma, que ocorrem sobretudo sob forma de corpos filoneanos.

As Rochas Básicas Ígneas apresentam cálculos anómalos na pressão, chegando o programa a fornecer valores negativos. Isto deve-se ao facto destas rochas conterem anfíbolos com baixo conteúdo em Al (utilizado no cálculo da pressão) e elevado conteúdo em Fe, o que provoca substituições na estrutura da anfíbola impossibilitando estimar com alguma certeza a pressão. Contudo, as temperaturas de formação variam entre os 500 – 780 °C e a pressão máxima obtida é próxima de 3 kbar.

É de notar que os valores obtidos para os Ortognaisses e as Rochas Básicas Metamórficas enquadram-nos no campo da fácies anfíbolítica, contudo a presença de clinopiroxena retrograda para anfíbola nas R. B. Metamórficas sugerem estágio na fácies granulítica com transição para a fácies anfíbolítica (Fig 30). As rochas básicas ígneas e os pórfiros não são enquadrados num diagrama P-T por não serem rochas metamórficas, ou com evidências de significativas de metamorfismo.

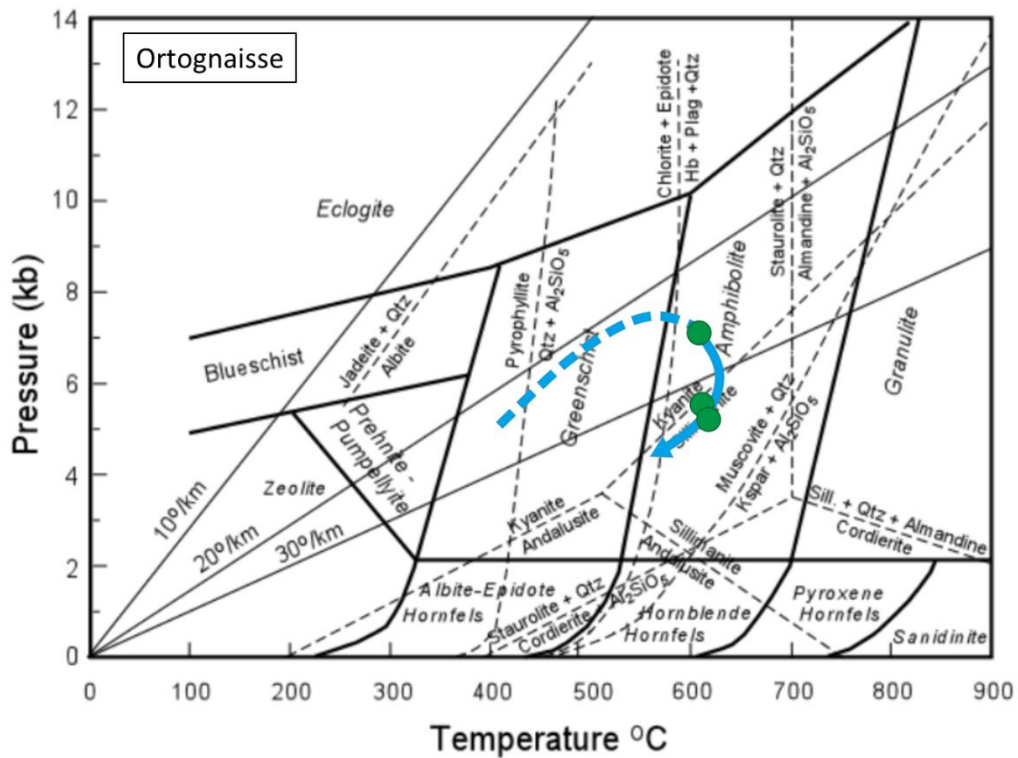


Fig. 29 – Diagrama P-T-t para a evolução metamórfica dos Ortognaisses das Alcáçovas (modificado a partir de Winter, 2013). As projecções dos pontos são referentes à única amostra de Ortognaisse com anfíbola na composição mineralógica (FRT-13). É estimado o percurso evolutivo com a seta a cinza.

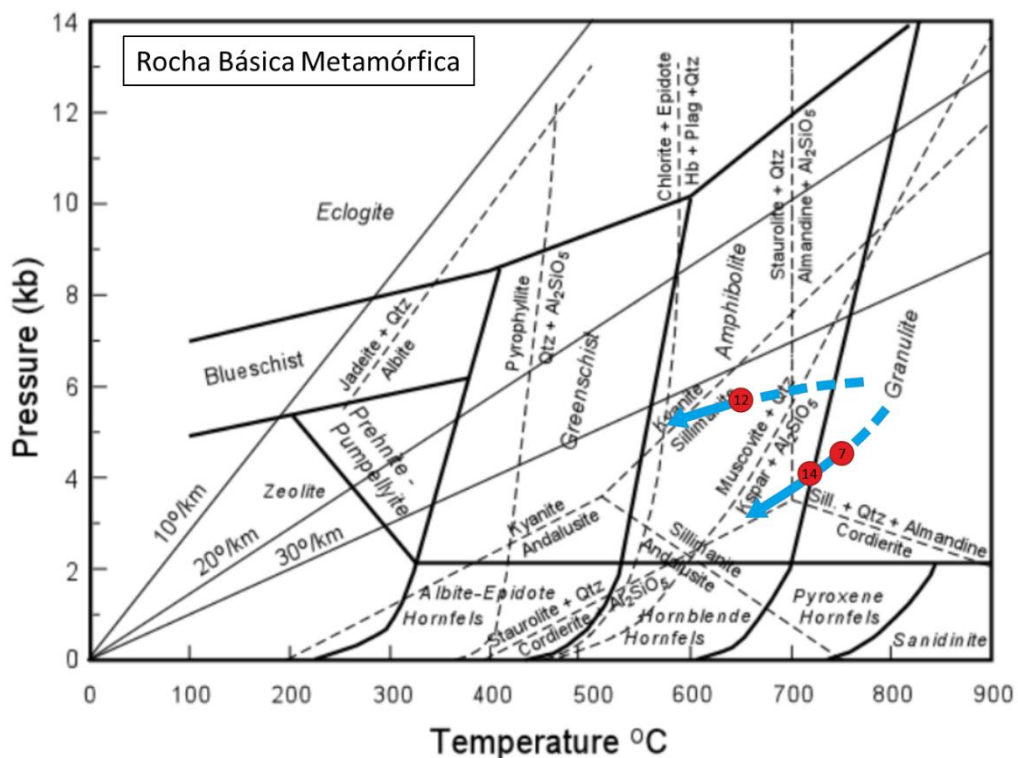


Fig. 30 - - Diagrama P-T-t para a evolução metamórfica das Rochas Básicas Metamórficas (modificado a partir de Winter, 2013). As projecções dos pontos são referentes às três amostras estudadas de R. B. Metamórfica, sendo que o ponto 7 é referente à amostra FRT-7, o 12 à FRT-12b e a 14 à amostra FRT-14. É estimado o percurso evolutivo com a seta a cinza.

8. Litogeoquímica

A geoquímica de rocha total foi efectuada em 25 amostras. Das 20 amostras da região de Alcáçovas, 9 são do Ortognaisse das Alcáçovas, 3 das Rochas Básicas Metamórficas, 4 Rochas Básicas Ígneas e 4 Pórfiros de Baleizão da região de Alcáçovas. As restantes são 2 do Ortognaisse das Alcáçovas, 1 de Rocha Básica Metamórfica e 2 de Rocha Básica Ígnea, colhidas na ribeira de São Cristóvão.

Os elementos analisados subdividem-se nos seguintes grupos: i) elementos maiores, que correspondem a >1.0% do total da rocha e são expressos sob a forma de óxidos; ii) elementos menores, que variam entre 0.1 e 1.0% da rocha, expressos em óxidos; iii) elementos traço: correspondem a <0.1% total de rocha e são expressos na forma elementar (em ppm ou ppb). As projecções seguintes tiveram como recurso a ferramenta GCDkit (Geochemical Data Toolkit) criada por Janoušek *et al.* (2006). As composições químicas das liologias estão nas Tab 31 e 32, dos Anexos.

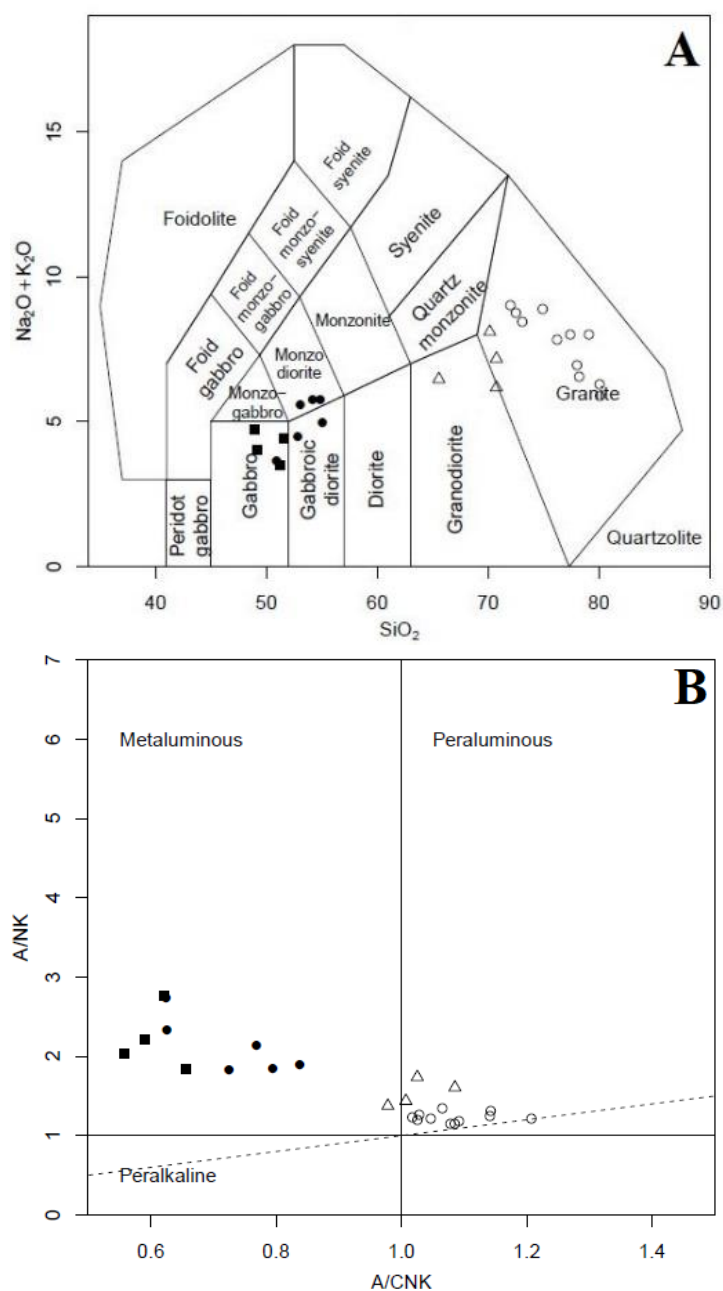


Fig. 31 – A) Diagrama TAS proposto por Middlemost (1994); B) Diagrama de aluminosidade segundo Shand (1943). Simbologia: ○ - Ortognaises das Alcáçovas; △ - Pórfiros de Baleizão; ■ - Rochas básicas metamórficas; ● - Rochas básicas ígneas.

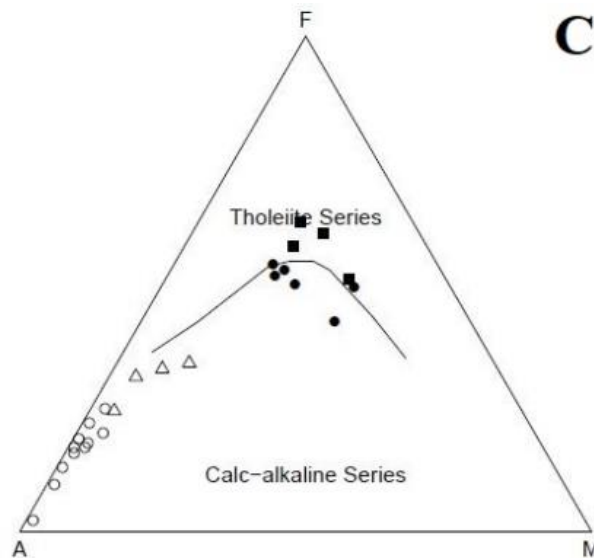


Fig. 32 – (continuação) C) AFM por Irvine & Baragar (1971). Simbologia: ○ - Ortogneisses das Alcáçovas; Δ - Pórfiros de Baleizão; ■ - Rochas básicas metamórficas; ● - Rochas básicas ígneas.

Considerando todas as litologias em estudo a SiO_2 varia de 49 a 80%, apresentando larga distribuição no diagrama TAS (Fig. 31A), segundo a classificação de Middlemost (1994). Neste diagrama as rochas básicas são classificadas como tendo composição gabróica a gabro-diorítica e monzodiorítica e os ortogneisses e os pórfiros essencialmente graníticas. É utilizado o diagrama de rochas plutónicas segundo Middlemost (1994), tendo em conta as texturas das rochas e o padrão de afloramento apresenta características hipabissais para os Pórfiros. As diferenças que podem ser detectadas entre as rochas ácidas e básicas são também visíveis no índice de aluminosidade (Fig. 31B). As rochas básicas apresentam-se claramente como metaluminosas, contrariamente ao carácter peraluminoso das rochas ácidas. No grupo das rochas básicas, as que apresentam textura metamórfica, são mais metaluminosas que as de textura ígnea.

Existem também diferenças ao nível das séries composicionais, evidenciadas pelo diagrama AFM (Fig. 32), proposto por Irvine & Baragar (1971). Todas as rochas estudadas pertencem a sequências calco-alcalina, com a excepção das rochas básicas metamórficas que apresenta um carácter toleítico.

Os trabalhos desenvolvidos por Caldeira *et al.* (2007) mostram que os pórfiros estudados, em sectores mais a sul de Alcáçovas tem composição semelhante aos do presente estudo, enquanto as rochas gabrodioríticas (Torrão, Alvito) apresentam composições mais calco-alcalinas, semelhantes às rochas básicas ígneas deste trabalho. O diagrama AFM da Fig. 33 mostra as projecções das litologias a Sul de Alcáçovas para comparação com o da Fig. 32C.

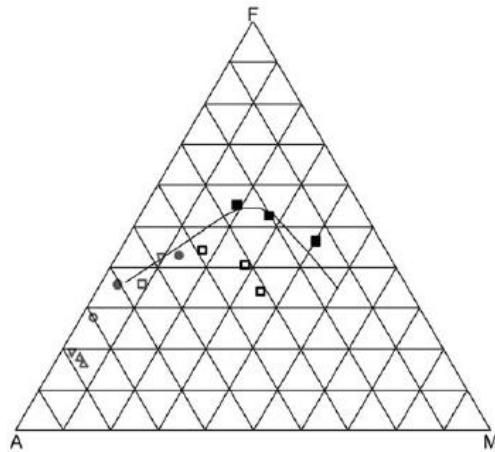


Fig. 33 – Diagrama TAS retirado de Caldeira et al. (2007). Representação das rochas granodioríticas (quadrados) e dos pórfiros (triângulos e círculos)

Os diagramas de Harker para os elementos maiores e menores (Fig. 34) demonstram correlação negativa em todos os elementos com a exceção do Al_2O_3 e do Na_2O nas rochas básicas. As unidades félsicas poderão apresentar uma correlação positiva no caso do K_2O , contudo o K é um elemento que mostra um padrão muito disperso devido à sua forte mobilidade em rochas que sofreram metamorfismo. A SiO_2 , como óxido que demonstra a evolução dos sistemas magmáticos, mostra que os litótipos félsicos são fortemente empobrecidos em CaO, MgO, FeO, P_2O_5 , MnO e TiO_2 , contrariamente às rochas máficas. O Na_2O e K_2O (mais móveis) ocorrem em maiores concentrações nas rochas mais evoluídas (ortognaisses e pórfiros). É evidente também que existem correlações entre as próprias rochas básicas e félsicas, e os gráficos demonstram, principalmente no Ca, Mg e Fe uma correlação linear. Contudo, esta proximidade deve-se exclusivamente ao carácter químico da rocha, não se podendo assumir que os ortognaisses estão intrinsecamente ligados aos pórfiros, às rochas básicas metamórficas ou às Rochas Básicas Ígneas, ou seja, que as litologias são cogenéticas.

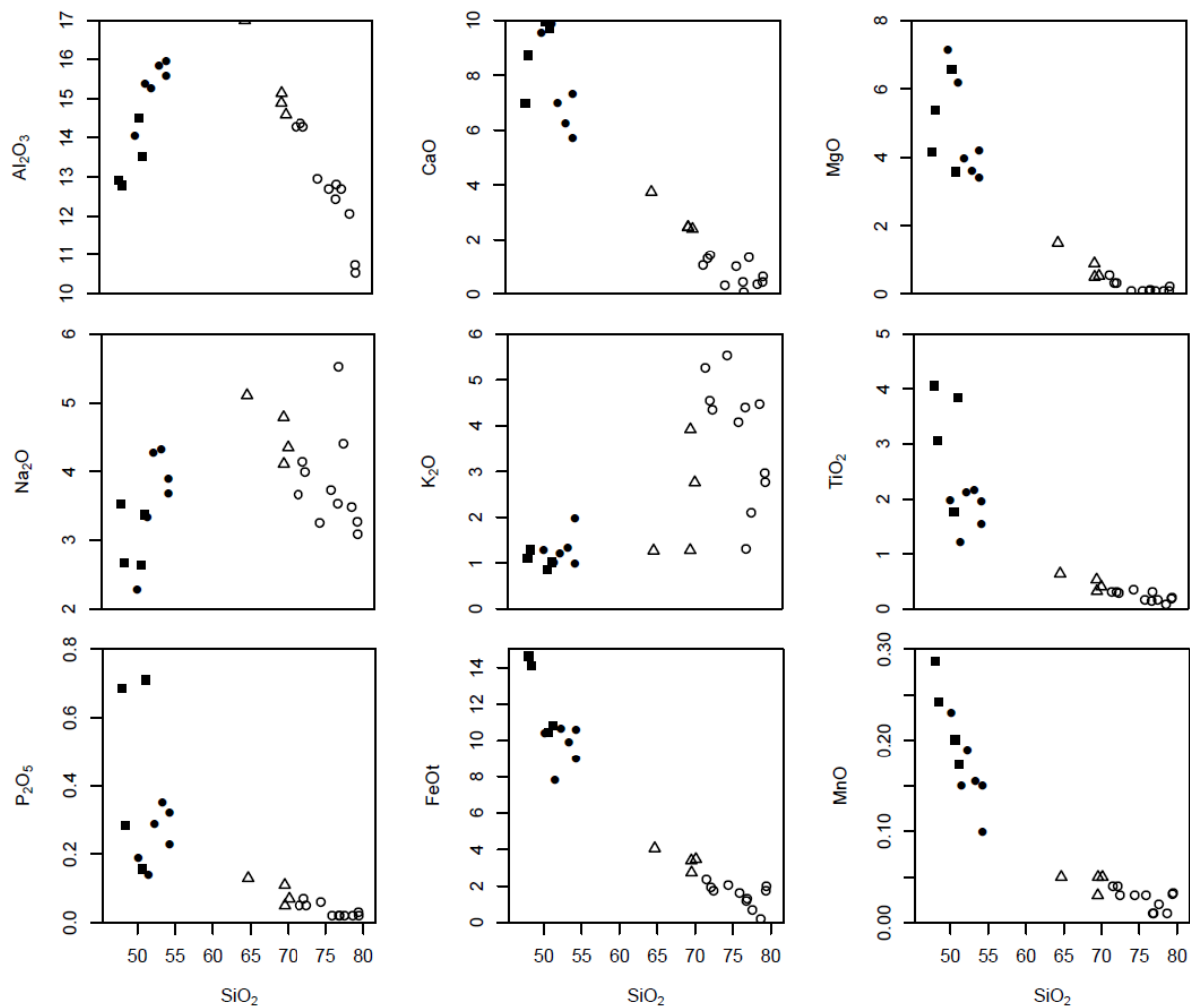


Fig. 34 - Diagramas Harker que correlaciona a %SiO₂ contra os restantes elementos maiores e menores em % de óxido. ○ - Ortognaisses das Alcáçovas; △ - Pórfiros de Baleizão; ■ - Rochas básicas metamórficas; ● - Rochas básicas ígneas.

Nos diagramas Harker para os elementos traço (Fig. 35) é identificável uma correlação entre as rochas básicas ígneas e os pórfiros. Isto é sugerido pelo facto de existir uma possível evolução (demarcada pelo o incremento de SiO₂) no Th, Ce, Ti e possivelmente Nb e U (Fig. 35). Estes elementos apresentam possíveis evoluções ao longo de um “trend” evolutivo da sílica, sugerindo que possam ser cogenéticas. Para as restantes rochas é difícil identificar uma aproximação ou correlação exclusivamente com a razão entre os elementos incompatíveis e a sílica.

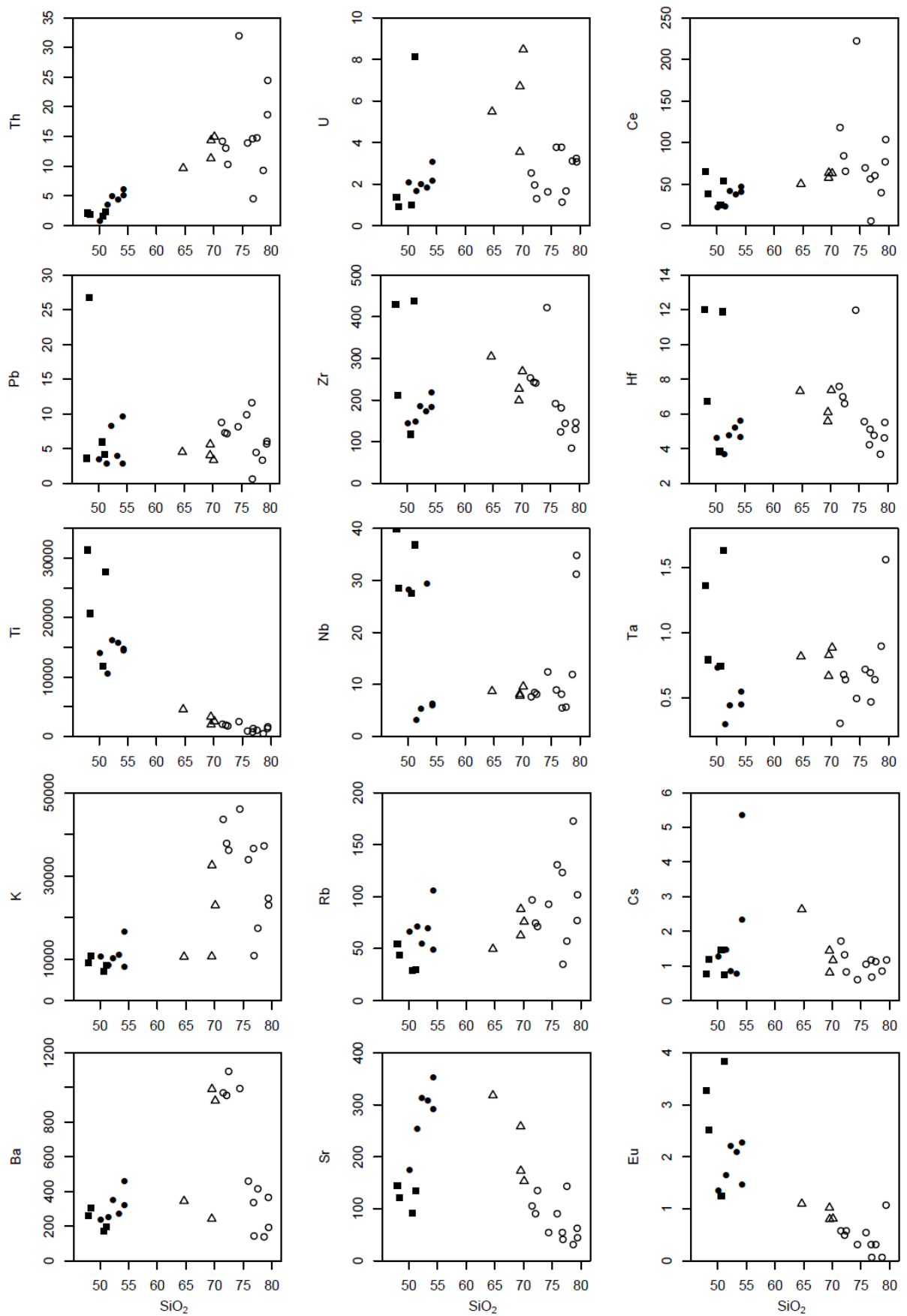


Fig. 35 - Diagramas Harker que correlaciona a % de SiO₂ contra os elementos menores/traço (ppm). Simbologia: ○ - Ortognaisses das Alcáçovas; △ - Pórfiros de Baleizão; ■ - Rochas básicas metamórficas; ● - Rochas básicas ígneas.

Os elementos incompatíveis não revelam algum tipo de correlação entre as litologias, o que sugere que estas poderão ter sido formadas sem qualquer tipo de afinidade genética. Os gráficos da Fig. 36 mostram diagramas Harker de alguns elementos incompatíveis vs traço.

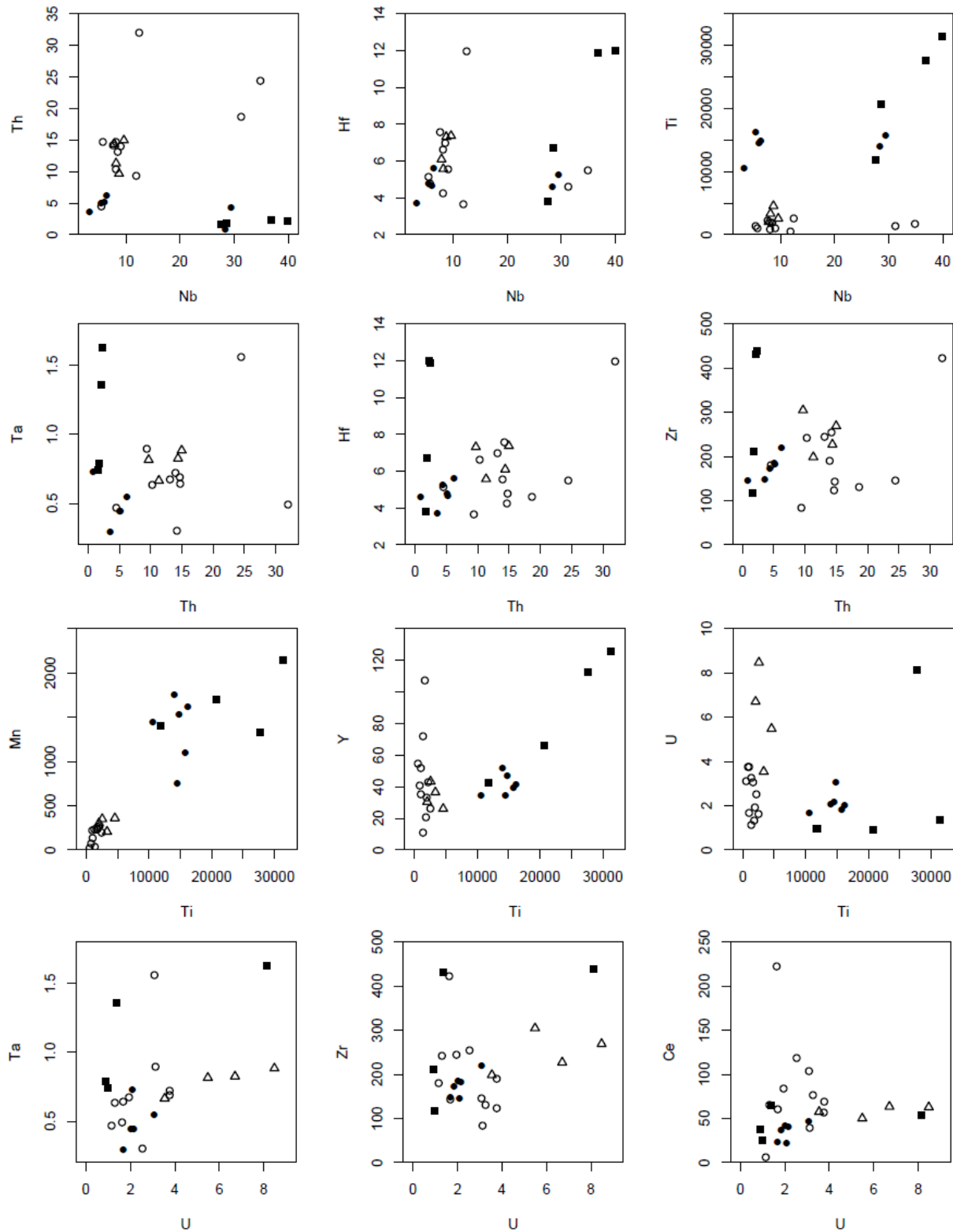


Fig. 36 – Diagramas Harker que correlaciona elementos incompatíveis e traço. Foram escolhidos alguns que pudessem demonstrar algum tipo de fracionamento entre unidades litológicas. Simbologia: ○ - Ortognaisses das Alcáçovas; △ - Pórfiros de Baleizão; ■ - Rochas básicas metamórficas; ● - Rochas básicas ígneas.

Relativamente aos spidergrams, para os elementos incompatíveis normalizados para os N-MORB e REE normalizados aos condritos, os padrões demonstram anomalias com clara importância na interpretação das condições geodinâmicas.

De entre todos os padrões normalizados aos N-MORB para os elementos incompatíveis (Fig. 37), são identificáveis as anomalias negativas no Nb e P em todas as litologias, com excepção das rochas básicas metamórficas. Para os litótipos félsicos é também identificável a anomalia negativa de Ti. Estas anomalias sugerem formação em ambiente de margem activa. As anomalias negativas de Ba, Sr e Eu estão presentes nos ortognaisses e, menos pronunciadas, nas rochas básicas metamórficas. Tal evidência poderá sugerir alguma relação genética, pelo facto dessas anomalias estarem relacionadas com a fraccionação de plagioclase. Por outro lado, as anomalias positivas no U e Pb frequentes em todas as litologias, sugere que a origem dos líquidos magmáticos, que resultaram na cristalização das rochas estudadas, tem origem essencialmente crustal, ou que sofreram contaminação com a crosta no caso das rochas máficas.

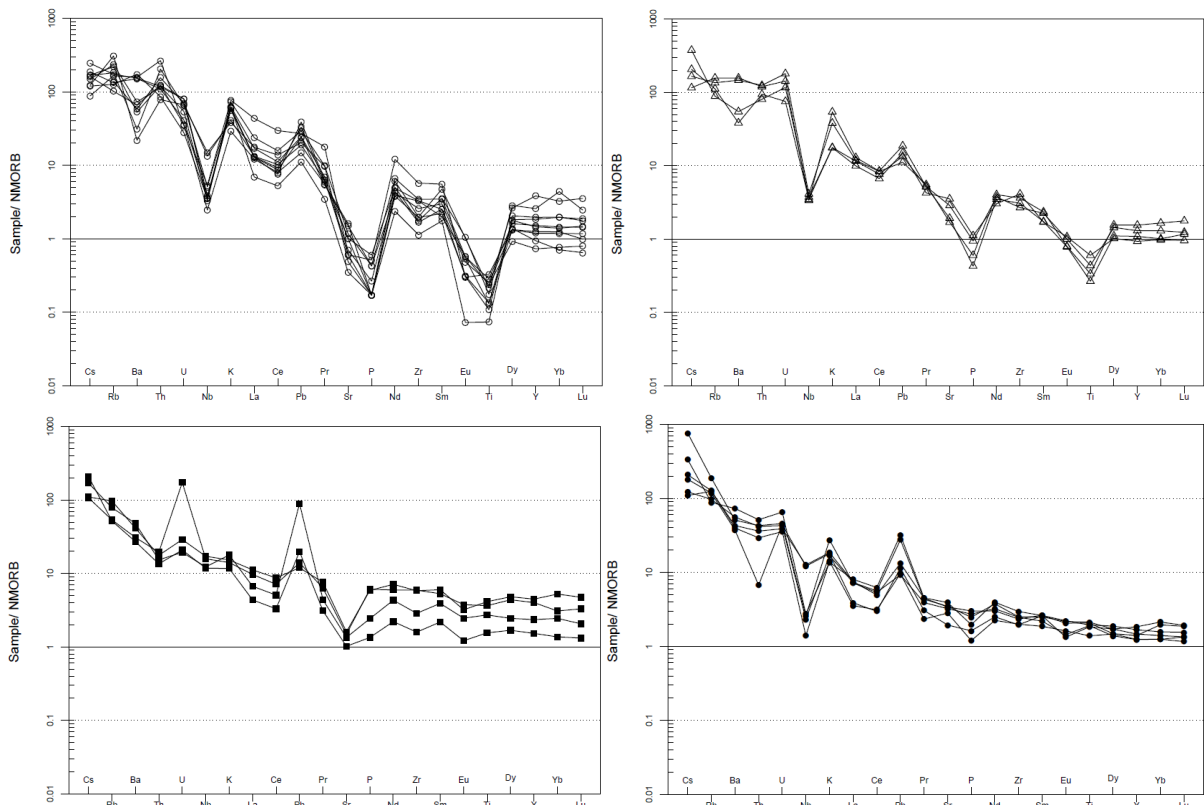


Fig. 37 - Padrões dos elementos incompatíveis para as 4 unidades principais estudadas. Simbologia: \circ - Ortognaisses das Alcáçovas; Δ - Pórfiros de Baleizão; \blacksquare - Rochas básicas metamórficas; \bullet - Rochas básicas ígneas.

Os diagramas (La/Lu)_N e (Ce/Yb)_N (Fig. 38), mostram que as rochas não apresentam algum tipo de correlação entre si, visto que não apresentam lineações que possam sugerir fraccionação de um líquido em comum. É identificável pela maior dispersão de projecções do ortognaisse, que apresenta maior fraccionação dos REE, comparativamente às demais litologias.

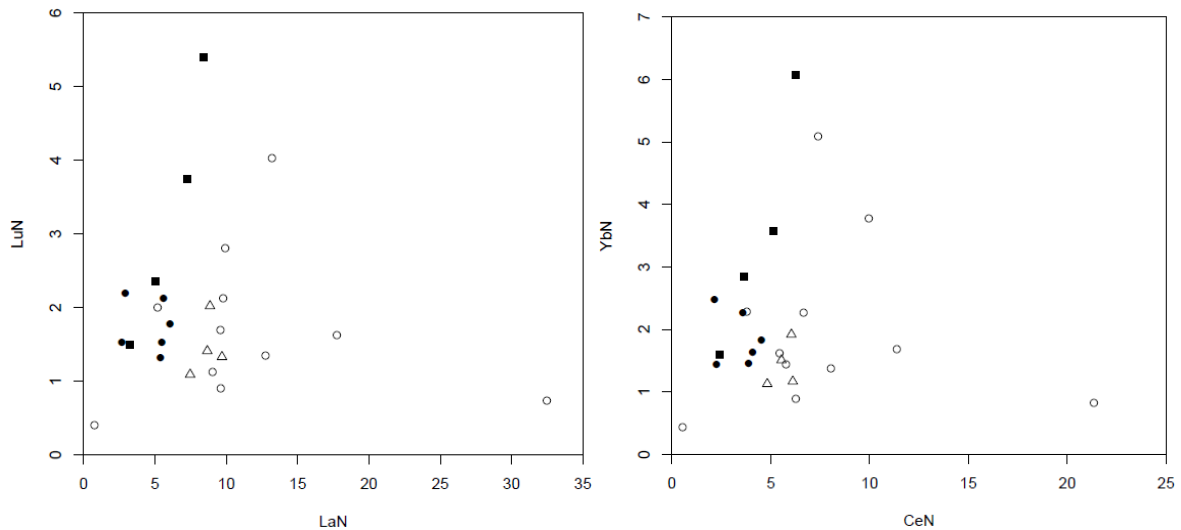


Fig. 38 – Gráficos das razões La/Lu e Ce/Yb , normalizados ao condrito. Simbologia: \circ - Ortognaisses das Alcáçovas; Δ - Pórfiros de Baleizão; \blacksquare - Rochas básicas metamórficas; \bullet - Rochas básicas ígneas.

Os padrões REE normalizados relativamente aos condritos (Fig. 39) mostram que as rochas básicas apresentam padrões pouco fraccionados enquanto os ortognaisses e pórfiros apresentam alguma fraccionação sobretudo ao nível das LREE.

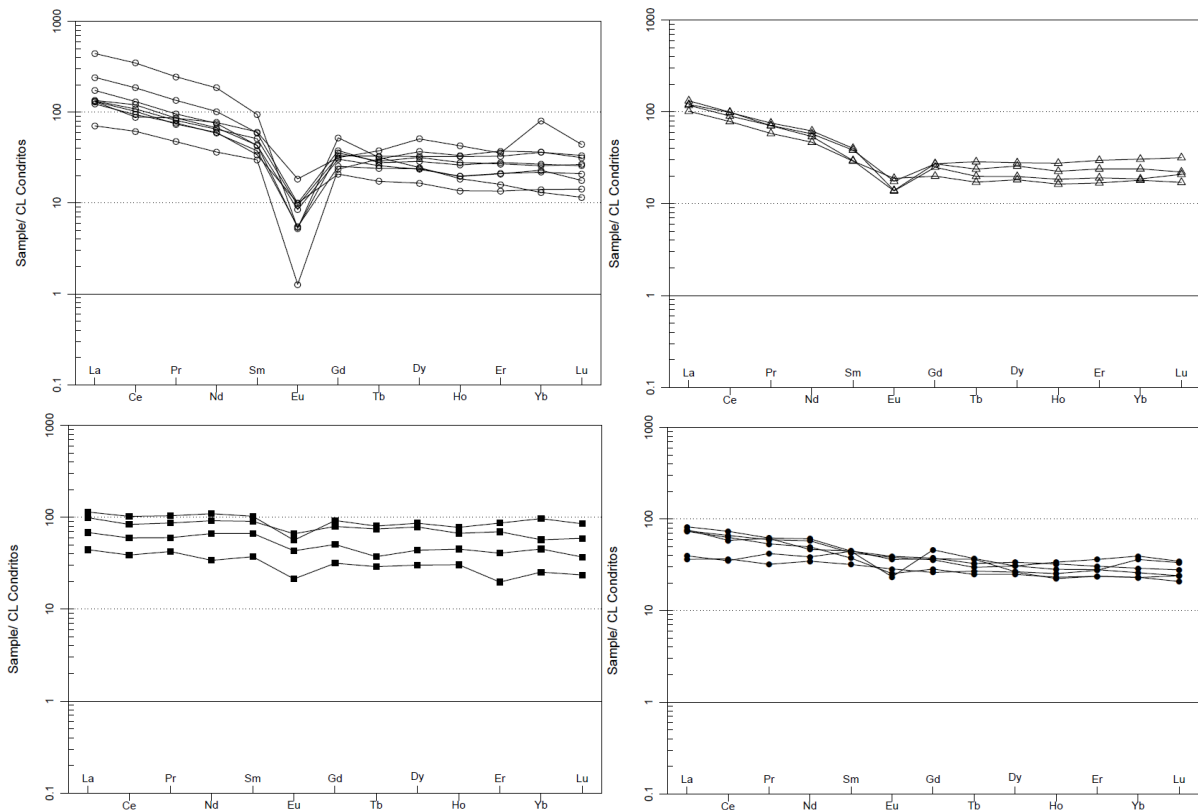


Fig. 39 - Padrões de terras raras (REE) para as 4 unidades principais. Simbologia: \circ - Ortognaisses das Alcáçovas; Δ - Pórfiros de Baleizão; \blacksquare - Rochas básicas metamórficas; \bullet - Rochas básicas ígneas.

Relativamente aos diagramas discriminantes de ambientes geodinâmicos (Fig. 40), existe o problema de algumas das rochas da região de Alcáçovas serem hipabissais, ao invés de rochas vulcânicas, em que tais diagramas e respectivos campos, foram construídos. A utilização destes diagramas discriminantes poderá não reflectir o ambiente geotectónico para as rochas em estudo.

Schandl & Gorton (2002), propuseram diagramas discriminantes que correlacionam elementos incompatíveis, a fim de separar grupos litológicos pelos seus ambientes geodinâmicos (Fig. 40). De facto, olhando para elementos como o Th, Yb, Ta e Hf, é possível definir que as rochas calco-alcálicas, nomeadamente os ortognaisses, pórfiros e rochas básicas ígneas, são projectadas no campo de rochas de margem continental activa. Por comparação, as rochas toleíticas (rochas básicas metamórficas) são enquadradas em zonas de intraplaca vulcânica, ou seja, com uma fonte mais primitiva (ex: manto superior). As razões Yb vs Th/Ta, mostram uma clara separação de ambientes geodinâmicos relacionada com as séries magmáticas das rochas.

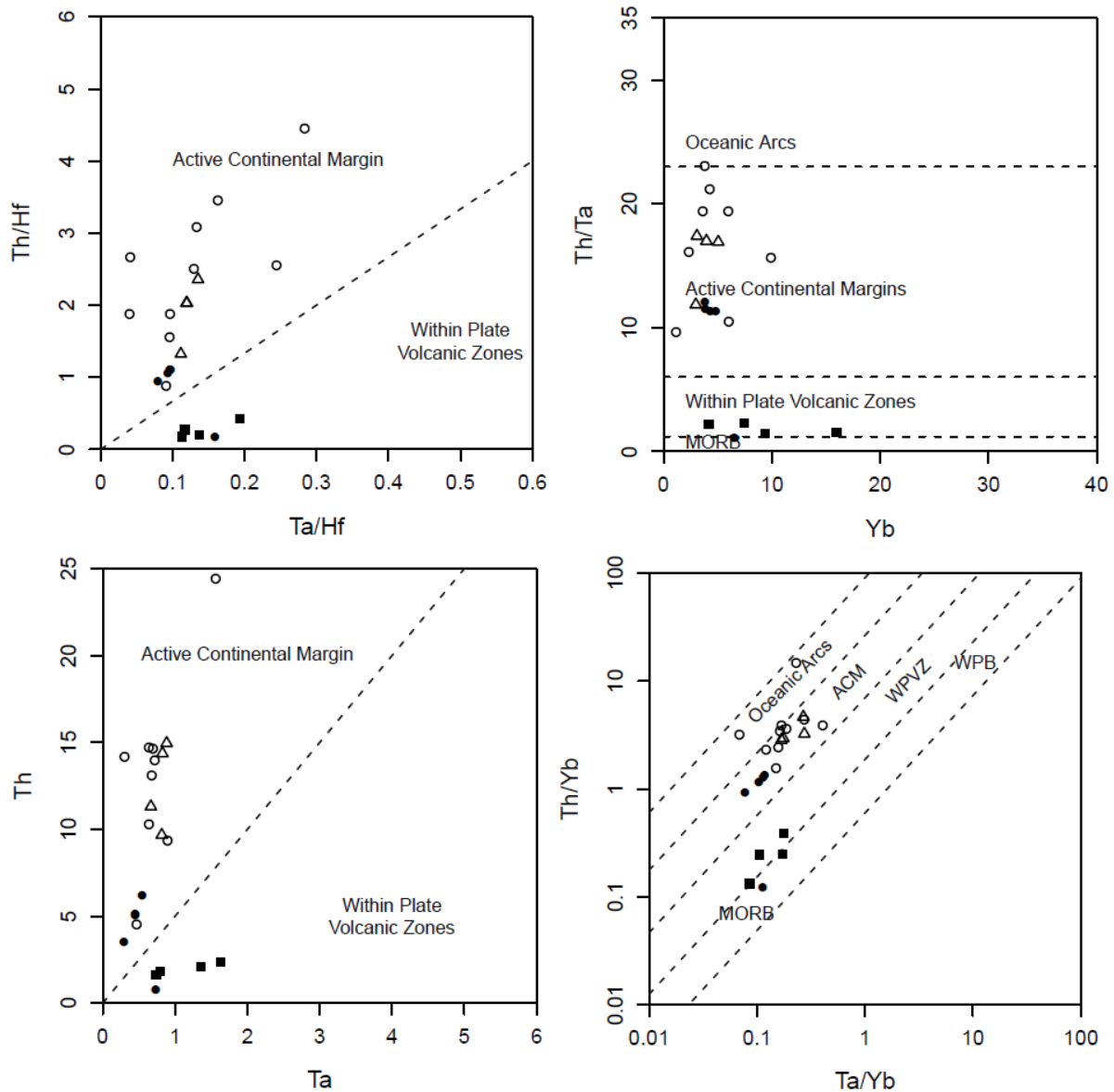


Fig. 40 - Diagramas discriminantes, segundo Schandl & Gorton (2002), correlaciona elementos incompatíveis para os 4 grupos litológicos. ACM: Active Continental Margin; WPVZ Within Plate Volcanic Zone; MORB: Mid Ocean Ridge Basalts. WPB: Within Plate Basalts.

O diagrama de Pearce *et al.* (1977) foi inicialmente concebido para discriminar ambientes geodinâmicos em rochas de composição basáltica. Contudo, é também utilizado em rochas plutónicas de composição básica e em anfíbolitos. Segundo o diagrama as Rochas Básicas Metamórficas são do tipo continental (intraplaca) e as rochas básicas ígneas de ambiente geodinâmico orogénico (Fig. 41).

Na projecção do diagrama que correlaciona as razões de Th/Yb vs Nb/Yb proposto por Pearce (2008), é evidente uma clara distinção da origem das duas gerações de rochas básicas. As rochas básicas

Ígneas são fortemente associadas e próximas de um ambiente de arco vulcânico (margem activa). Por sua vez, as rochas básicas metamórficas, com maiores semelhanças nas razões aos MORB's (s.l.) são projectadas no campo das E-MORB (enriched MORB). Estes são granulitos retrogradados para a fácies anfíbolítica com maior enriquecimento em Th do que rochas N-MORB usuais. Contudo, estas rochas básicas metamórficas sofreram intenso metamorfismo e, sendo o Th um elemento altamente móvel em melts e fluidos aquosos a alta temperatura (fácies granulítica) (e.g.: Keppler, 1996; Johnson & Plank, 1999), os diagramas sugerem que parte desse elemento poderá ter migrado durante os eventos metamórficos. Ademais, o enriquecimento em Th é o reflexo de uma origem crustal ou de alguma interacção entre líquidos originários do manto com rochas crustais. Este facto demonstra uma forte associação de todas as rochas estudadas à crosta terrestre, sendo que a possibilidade de serem resultado de líquido mais primitivos (e.g.: líquidos originários no manto) é reduzida.

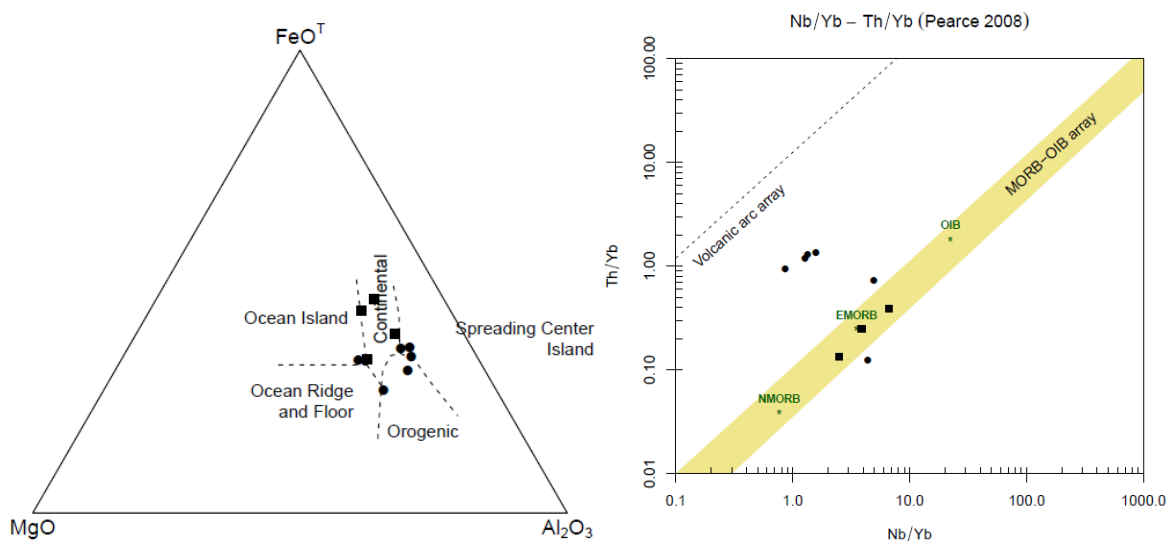


Fig. 41 - Diagramas discriminantes segundo Pearce et al. (1977) à esquerda e à direita o diagrama discriminante proposto por Pearce (2008).

Os trabalhos prévios de Caldeira *et al.* (2007), mostraram que as rochas básicas (gabrodioritos) e os pórfiros são representativas de ambientes de margem activa. A Fig. 42 mostra o diagrama discriminante de Pearce (1983) e o diagrama discriminante de projecção de rochas de composição granítica (s.l.), para os pórfiros, de Pearce *et al.* (1984), para comparação com as litologias agora estudadas.

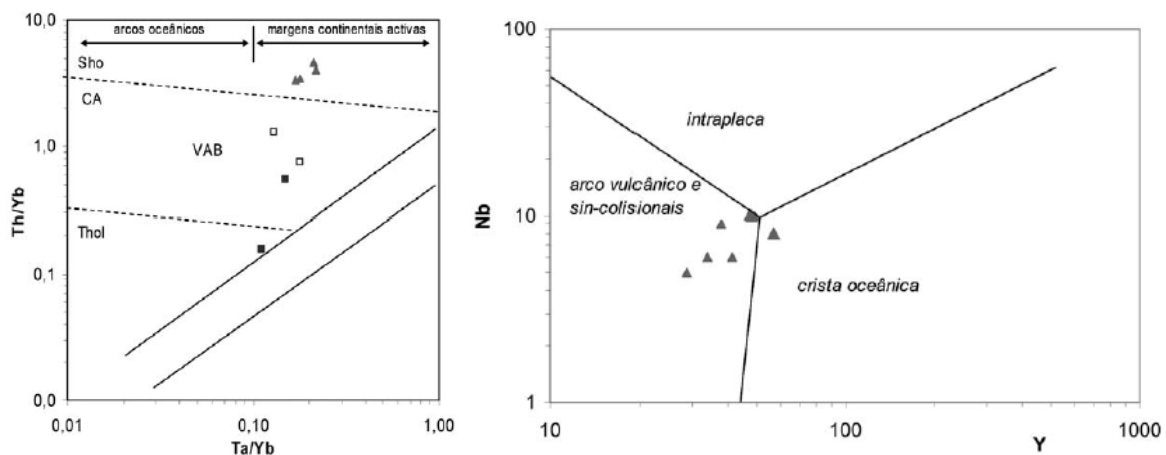


Fig. 42 – Diagramas discriminantes para rochas gabrodioríticas (quadrados) e os pórfiros (triângulos) segundo Pearce (1983) e Pearce et al., (1984), retirado de Caldeira et al., (2007).

Comparativamente à região de Alcáçovas, no sector norte da ZOM, na região de Abrantes, é identificável um ambiente geológico semelhante ao deste estudo, embora para rochas de idade mais antiga (Neoproterozoico). São identificadas rochas graníticas deformadas (ortognaisses), calco-alcálicos e peraluminosos, de composição granítica a granodiorítica, típicos de margem continental activa. Em associação, ocorrem espacialmente rochas básicas, com composições plutónicas a intermédias, apresentando um carácter calco-alcálico e com afinidades de arco continental e vulcanismo intra-placa (Henriques *et al.* 2013; Henriques *et al.* 2015). Do ponto de vista da litogeoquímica, os ortognaisses deste complexo (complexo do Sardoal, composto por 4 formações de ortognaisses) e os anfibólitos associados, apresentam semelhanças com os Ortognaisses das Alcáçovas e as rochas básicas adjacentes.

Os ortognaisses do Complexo do Sardoal, apresentam anomalias negativas em Ti, P e Nb tais como os Ortognaisses das Alcáçovas e um padrão de REE semelhante, com alguma fracção nos LREE (Fig. 43 e sua comparação com a Fig. 39).

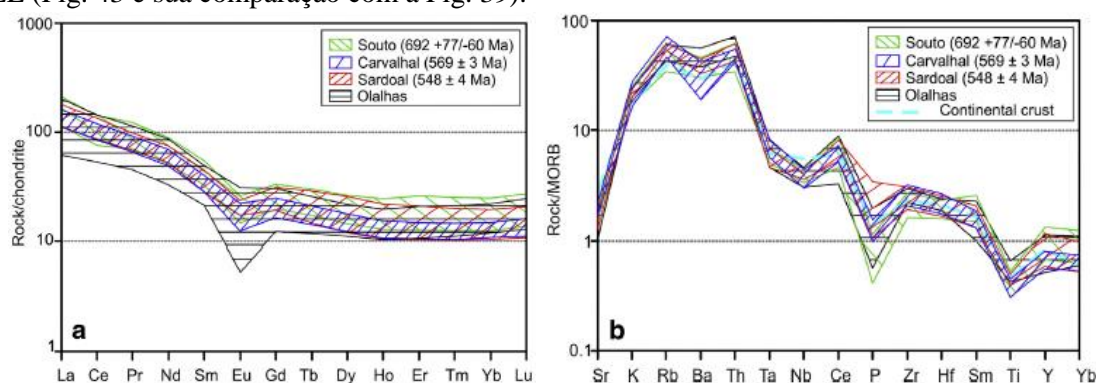


Fig. 43 – Padrões de REE normalizados aos condritos (a) e spidergram normalizado aos MORB (b) dos ortognaisses do complexo do Sardoal. Retirado de Henriques *et al.* (2017).

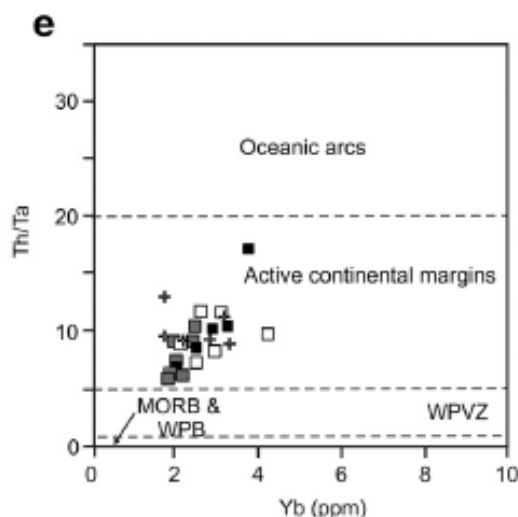


Fig. 44 – Diagrama discriminante Th/Ta vs Yb de Gorton & Schandel (2000), dos elementos maiores e menores do complexo do Sardoal. Retirado de Henriques *et al.* (2017).

Relativamente às rochas anfíbólicas associadas aos ortognaisses do complexo do Sardoal, aproximam-se composicionalmente e geodinamicamente das rochas básicas metamórficas estudadas neste trabalho, em especial pelo diagrama discriminante de Pearce (1983) (Fig. 44 comparar com Fig. 40).

As semelhanças geodinâmicas entre as rochas do complexo do Sardeal com o que é verificado na região de Alcáçovas pressupõe que as condições de formação das duas regiões possam ter sido semelhantes.

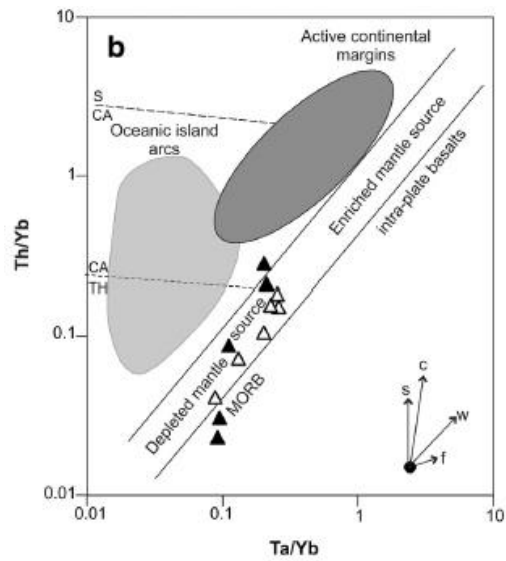


Fig. 45 - Diagrama Th/Yb vs Ta/Yb de Pearce (1983) dos elementos traço para os anfíbolitos do Sardeal. Retirado de Henriques et al. (2017). ▲ Anfíbolitos de Cabeço de Moura; △ Anfíbolitos de Vila Nova.

9. Geoquímica isotópica

Alguns elementos químicos podem apresentar, diferentes massas atómicas. Isto deve-se ao facto de os elementos apresentarem diferente número de neutrões. Como exemplo, o carbono (C) tem 6 protões e refere-se ao número atómico do C ($Z=6$). No entanto, o carbono pode apresentar 6 a 8 neutrões no núcleo juntamente com os protões, sendo possível descrever o carbono como ^{12}C , ^{13}C e ^{14}C . As variantes do mesmo elemento são denominadas de isótopos (Winter, 2013).

Os isótopos são cada vez mais importantes como traçadores petrogenéticos, sendo cada vez mais explorados na Geoquímica. Dentro dos isótopos, estes podem ser classificados como estáveis ou radiogénicos. Estes últimos revelam-se de maior importância em estudos de evolução das rochas ígneas, pois estão dependentes de processos de decaimento ao longo do tempo (milhares a milhões de anos). Tal importância está relacionada com o decaimento do isótopo pai (radioactivo) para o isótopo filho (o qual pode ser estável ou não), sendo que, a razão entre os dois é variável ao longo do decaimento. Algumas razões isotópicas são ainda mais afectadas dependendo da fraccionação que ocorre em líquidos magmáticos devido a eventos de fusão parcial. Como exemplo, se uma determinada rocha ígnea que contenha Rb e Sr na mesma quantidade sofre 10% fusão parcial (ex: $F = 0.1$), a quantidade de Rb no melt da fusão será várias ordens de grandeza superior ao Sr, devido à fraccionação química, porque o Rb tende preferencialmente para a fracção líquida, relativamente ao Sr. Para fusões de 50% ($F = 0.5$) existirá menos Rb comparativamente ao Sr no líquido resultante da fusão (fundido), porque, devido às elevadas taxas de fundido (*melt*), existirá uma quantidade de Sr significativa que tenderá para a fracção líquida (Winter, 2013).

Os sistemas isotópicos, principalmente os radiogénicos, são particularmente úteis para os petrólogos, não só por existirem variadíssimos sistemas (e.g.: U-Pb, Rb-Sr, etc.) utilizados na determinação de eventos geodinâmicos responsáveis pela formação de rochas ígneas e/ou metamórficas, devido à evolução da fraccionação isotópica ao longo do tempo, o que permite estudar o percurso evolutivo das mesmas. São também largamente utilizados como indicadores da fonte originária das rochas (e.g.: manto ou crosta). Este estudo teve recurso aos sistemas isotópicos Sm-Nd e Rb-Sr (Faure & Messing, 2008).

O sistema isotópico Sm/Nd tem a particularidade de ser um sistema com elementos pertencentes aos elementos leves das terras raras (LREE) e incompatíveis. O neodímio (Nd) apresenta 6 isótopos estáveis: ^{142}Nd , ^{143}Nd , ^{144}Nd , ^{146}Nd , ^{148}Nd e ^{150}Nd . O samário (Sm) tem 7 isótopos, dos quais 5 são estáveis ^{144}Sm , ^{149}Sm , ^{150}Sm , ^{152}Sm , e ^{154}Sm ; e 2 são radioactivos: ^{147}Sm e ^{148}Sm . O período de semi-vida do ^{147}Sm é suficientemente elevado ($T_{1/2} = 106 \text{ Ga}$) para que seja possível produzir pequenas diferenças na abundância de ^{143}Nd ao longo de milhões de anos. Assim sendo, os isótopos ^{147}Sm e ^{143}Nd relacionam-se pelo decaimento radioactivo do $^{147}\text{Sm} \rightarrow ^{143}\text{Nd}$ a uma taxa de $\lambda = 6.54 \times 10^{-12} \text{ a}^{-1}$. A equação, do tipo $y = b + m \cdot x$, que correlaciona esta razão com o isótopo não radiogénico ^{144}Nd é:

$$\left(\frac{^{143}\text{Nd}}{^{144}\text{Nd}} \right) = \left(\frac{^{143}\text{Nd}}{^{144}\text{Nd}} \right)_0 + \left(\frac{^{147}\text{Sm}}{^{144}\text{Nd}} \right) \cdot (e^{\lambda t} - 1)$$

No sistema isotópico Sm-Nd, o isótopo radiogénico ^{143}Nd mais incompatível com o isótopo pai radioactivo ^{147}Sm (e.g.: retenção de Sm em granada em detrimento do Nd mais incompatível). Como resultado, a razão Sm/Nd decresce em situações de fusão parcial comparativamente com a fonte, ou em líquidos tendencialmente mais evoluídos devido à cristalização fraccionada. Se a razão for menor ou maior após a fusão parcial, a fonte é enriquecida (e.g.: fonte continental) ou empobrecida (e.g.: manto terrestre), respectivamente. Como tal, num gráfico de evolução da CHUR – Reservatório Condritico

Uniforme (Fig. 46 a-b) para a composição da Terra é expectável uma evolução linear (Faure & Messing, 2008).

A Fig. 46 a-b mostra a evolução da Terra ao longo do tempo com base nas linhas de evolução do sistema isotópico Sm-Nd possibilitando a datação através de idades modelo. Para rochas crustais, é necessário cálculos intermédios e correcções para obter idades modelo aproximadas, isto pelo facto de rochas com idades relativamente recentes (comparativamente à idade da Terra) não resultarem de razões Sm/Nd e Nd/Nd da linha de evolução do CHUR. O CHUR é o reservatório que corresponde à composição dos condritos (DePaolo, 1988) e, portanto, equivalente à Terra como um todo. O valor de $(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_{\text{CHUR}}$ é 0.512638 (Faure & Messing, 2008). No passado o manto deu origem à crosta e como tal, apresentam razões $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ distintas.

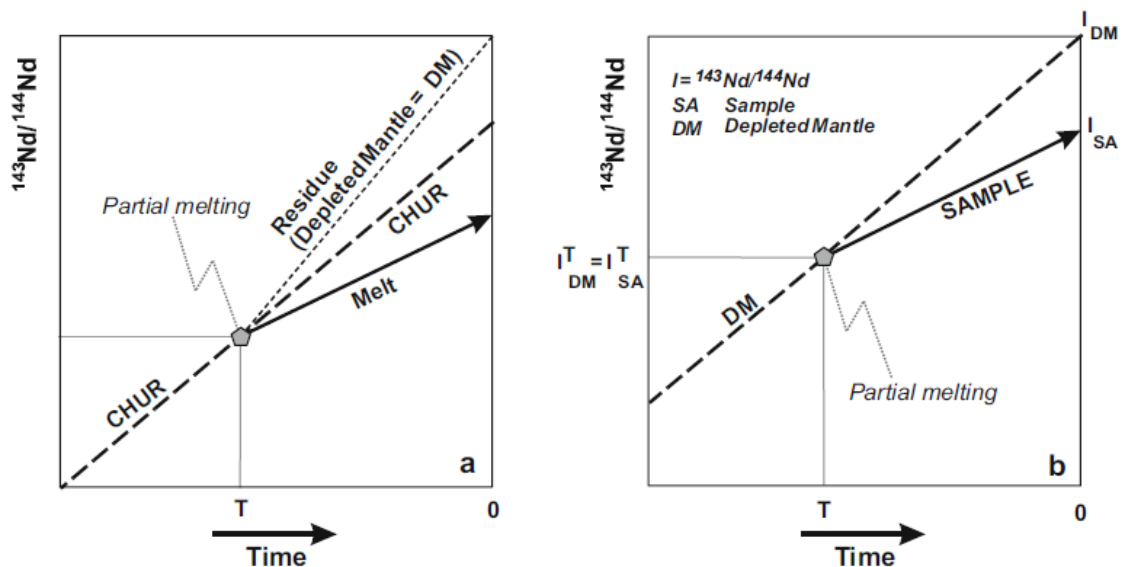


Fig. 46 – a) Evolução isotópica do Nd no reservatório CHUR com a formação do manto empobrecido (DM) por fusão parcial. b) Conceito teórico da fusão do manto empobrecido (DM) para dar origem a uma rocha ígnea. (e.g.: crosta terrestre). Retirado de Janoušek, et al. (2016). CHUR: Chondritic Uniform Reservoir; DM: Depleted Mantle

Graficamente, o valor que se pretende obter é a intersecção entre a linha de evolução da rocha com a linha de evolução do manto empobrecido (DM) (Fig. 48a). Para tal é calculado inicialmente a idade modelo CHUR (T_{CHUR}) segundo a equação seguinte:

$$T_{\text{CHUR}} = 1/\lambda \cdot \ln \left[1 + \left(\frac{\frac{^{143}\text{Nd}}{^{144}\text{Nd}}_{\text{amostra}} - \frac{^{143}\text{Nd}}{^{144}\text{Nd}}_{\text{CHUR}}}{\frac{^{147}\text{Sm}}{^{144}\text{Nd}}_{\text{amostra}} - \frac{^{147}\text{Sm}}{^{144}\text{Nd}}_{\text{CHUR}}} \right) \right]$$

Sendo a crosta originária do manto, é mais correcto calcular a idade modelo com a linha de evolução do DM (Fig. 46b). Os valores de $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}_{\text{DM}}$ e $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}_{\text{DM}}$ foram obtido a partir de análises a MORB's, e desta forma, o cálculo é feito com:

$$T_{\text{DM}} = 1/\lambda \cdot \ln \left[1 + \left(\frac{\frac{^{143}\text{Nd}}{^{144}\text{Nd}}_{\text{amostra}} - \frac{^{143}\text{Nd}}{^{144}\text{Nd}}_{\text{DM}}}{\frac{^{147}\text{Sm}}{^{144}\text{Nd}}_{\text{amostra}} - \frac{^{147}\text{Sm}}{^{144}\text{Nd}}_{\text{DM}}} \right) \right]$$

No entanto, o cálculo da idade modelo é só valido quando corrigido à crosta terrestre, pois as rochas resultam de 2 estágios distintos, ou seja, o modelo do estágio duplo (Liew & Hofmann, 1988).

Este modelo tem como base 2 fases de fusão: 1) fusão no manto; 2) fusão parcial da crosta continental (Fig. 47).

A equação que calcula esta idade modelo corrigida é:

$$T_{DM_2} = 1/\lambda \cdot \ln \left[1 + \left(\left(\frac{^{143}\text{Nd}}{^{144}\text{Nd}} \right)_{\text{amostra}} - \frac{^{143}\text{Nd}}{^{144}\text{Nd}}_{DM} \right) - \left(\frac{^{147}\text{Sm}}{^{144}\text{Nd}} \right)_{\text{amostra}} - \frac{^{147}\text{Sm}}{^{144}\text{Nd}}_{CC} \right) \cdot (e^{\lambda t - 1}) / \left(\frac{^{147}\text{Sm}}{^{144}\text{Nd}} \right)_{CC} - \frac{^{147}\text{Sm}}{^{144}\text{Nd}}_{DM} \right]$$

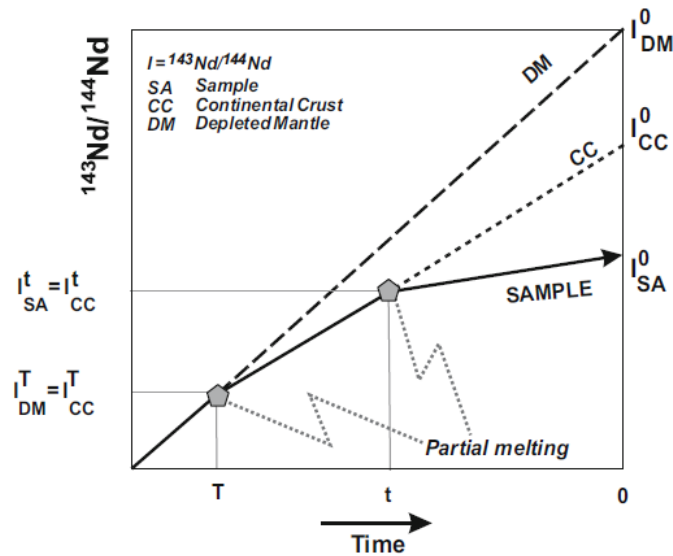


Fig. 47 – Conceito teórico do modelo de duas fases de fusão parcial. Como tal é assumido um reservatório intermédio com a razão Sm/Nd da crosta continental (CC) para obter as idades modelo das rochas em estudo. Retirado de Janoušek, et al. (2016). CC: Continental Crust

A particularidade deste sistema isotópico reside na interpretação petrogenética. Como tal, considera-se que o sistema solar era isotopicamente homogéneo na altura de formação da Terra e como tal, o valor de $^{147}\text{Sm}/^{143}\text{Nd}$ é igual ao valor dos condritos (0.1967) (Jacobsen & Wasserburg, 1980). Assumindo que se dá uma evolução em sistema fechado (Planeta Terra) e sem fraccionação Sm-Nd, é possível saber o valor de $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ actual e que evolução tomou ao longo do tempo.

Com base nesta teoria, é possível estimar, para qualquer rocha ígnea, o desvio relativamente ao valor que os condritos assumiriam na altura. Como tais desvios de Nd são de ordens de grandeza muito pequenas, foi criado a notação ϵ , proposto por DePaolo & Wasserberg (1976). A notação é descrita por:

$$\epsilon_{Nd} = \left[\frac{\left(\frac{^{143}\text{Nd}}{^{144}\text{Nd}} \right)}{I_{CHUR}^t} - 1 \right] \times 10000$$

O valor de $(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_{CHUR}$ é 0.512638 (Faure & Messing, 2008). A notação ϵ demonstra a fonte dos líquidos que originam as rochas em estudo. Como tal, valores de ϵ_{Nd} positivos são indicadores de fontes mais primitivas (e.g.: manto terrestre), ao invés de valores de ϵ_{Nd} negativos, que indicam de rochas e/ou líquidos evoluídos (e.g.: derivados da crosta terrestre).

O segundo sistema isotópico utilizado neste estudo é o sistema Rb-Sr. O rubídio (Rb) é um metal alcalino muito similar ao potássio (K) que o substitui nas estruturas dos minerais. O Rb não é um elemento formador de minerais por si e como tal ocorre disperso, mas é detectável em minerais que

possuam K na sua mineralogia. Apresenta dois isótopos $^{85}_{37}\text{Rb}$ e $^{87}_{38}\text{Rb}$, sendo que este último é radioactivo, decaindo para ^{87}Sr .

Por sua vez o estrôncio (Sr) pertence ao grupo dos metais alcalino terrosos e substitui o Ca. Tal como o Rb, o Sr não é um elemento constituinte dos minerais. A sua ocorrência em quantidades significativas está limitada a minerais que incorporem Ca na estrutura. Apresenta 4 isótopos estáveis: ^{88}Sr , ^{87}Sr , ^{86}Sr e ^{84}Sr , sendo que o isótopo ^{87}Sr resulta também do decaimento do ^{87}Rb e como tal a composição do Sr na rocha e/ou mineral que contenha Rb, depende directamente da idade da rocha e/ou mineral.

Este método tem como recurso a utilização do sistema de isócronas. Como caso hipotético (Fig. 48), um conjunto de rochas cogenéticas, projectam-se numa linha recta, com declive 0, na altura da sua formação por apresentarem a mesma razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ inicial. Após a cristalização a razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ aumenta como resultado do decaimento do ^{87}Rb para ^{87}Sr . O decaimento do Rb para Sr é proporcional para todas as rochas e como tal o declive da recta aumenta ao longo do tempo, mas que o valor de y ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(i)}$) mantém-se constante (fixo no eixo das ordenadas).

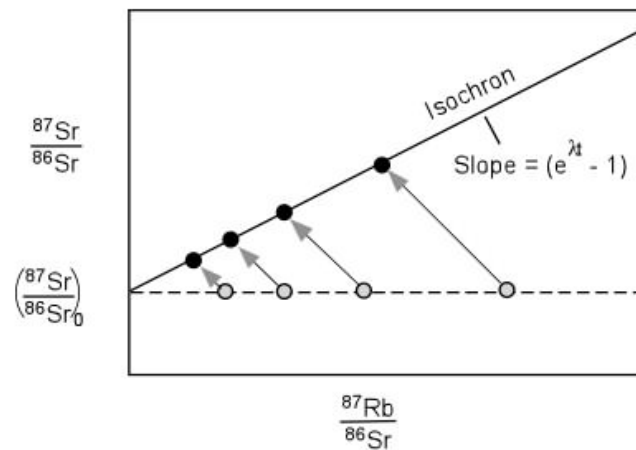


Fig. 48 - Gráfico $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ vs $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ que demonstra a evolução do sistema isotópico Rb-Sr. Os círculos correspondem a rochas cogenéticas. Adaptado de Winter (2013).

A equação que descreve a evolução do sistema isotópico Rb-Sr é derivável da lei do decaimento radioactivo. Como tal a seguinte equação é a base para a determinação de idades em rochas e/ou minerais, segundo o método Rb-Sr, onde λ é o valor de decaimento de Rb medido por Steiger & Jäger (1977), tendo sido posteriormente aceite pela subcomissão de Geocronologia da IUGS (International Union of Geological Sciences), taxa ($\lambda = 1.42 \cdot 10^{-11} \text{ a}^{-1}$). A equação, do tipo $y = b + m \cdot x$, dada para o decaimento é:

$$\frac{^{87}\text{Sr}}{^{86}\text{Sr}} = \frac{^{87}\text{Sr}}{^{86}\text{Sr}_0} + \frac{^{87}\text{Rb}}{^{86}\text{Sr}} \cdot (e^{\lambda t} - 1)$$

A datação com recurso a este método, tem como base a utilização de isócronas. Assim, dados de rocha total para rochas ígneas e/ou de alto grau metamórfico, cogenéticas, formam isócronas em gráficos de $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ vs $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, tendo como base a equação anterior (Fig. 48). Esta isócrona parte do pressuposto que todas as amostras têm o valor de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ inicial iguais e que não existem ganhos nem perdas de Rb ou Sr ao longo do tempo. A idade calculada através do valor do declive da isócrona, corresponde à idade da formação da rocha segundo a equação:

$$m = e^{\lambda \cdot t} - 1$$

Que se transforma em ordem ao tempo (t) em:

$$t = \frac{1}{\lambda} \ln(m + 1)$$

Com recurso aos dados de Rb e Sr actuais das rochas, possibilita o calculo da idade das mesmas, mas que em rochas alteradas e metamorizadas, existe o risco das razões não apresentarem significado geológico devido à elevada mobilidade do Rb e Sr, bem como o “reset” do sistema isotópico a relativamente baixas temperaturas (até ~ 400 °C).

Sendo um dos primeiros sistemas isotópicos na datação de rochas essencialmente plutónicas, vulcânicas e metamórficas, ainda é hoje largamente utilizado em trabalhos científicos que envolvam rochas da crosta terrestre. Contudo, o sistema pode ser falível em rochas metamórficas que apresentem elevada deformação metamórfica o que permite a mobilização do Rb como elemento mais incompatível.

9.1. Isótopos de Sm/Nd

9.1.1. Idades modelo

As idades modelo calculadas através do sistema isotópico Sm-Nd são referentes à idade em que o protólito das rochas em estudo foi “removidos” de um determinado reservatório (DePaolo & Wasserburg, 1976), isto porque a razão Sm/Nd, bem como a generalidade das REE, apresentam comportamentos similares e não são fraccionados pelos processos geológicos crustais (Faure, 1977). Para os cálculos feitos são utilizados os valores de idade modelo T_{DM} (manto empobrecido; *Depleted Mantle – DM*), com a respectiva correcção aos valores da crosta continental devido ao facto das presentes rochas apresentarem idades relativamente recentes (idades Câmbrias e mais recentes), logo as razões Sm-Nd são significativamente diferentes da razão CHUR, utilizada para idades muito mais antigas (ordem dos Ga).

Os valores das idades modelo para este sistema incorrem em algumas limitações no que diz respeito às taxas e períodos de crescimento em segmentos crustais (Allègre & Ben Othman, 1980; De Paolo, 1981; Harris *et al.*, 1996), desde a contaminação por outros materiais geológicos (e.g.: mistura de líquidos magmáticos; assimilação de sedimentos, etc.). O metamorfismo é também influenciador deste sistema isotópico pois pode provocar a homogeneização isotópica se a temperatura for suficientemente alta ($T > 700$ °C) (Black & McCulloch, 1987).

Os valores de idades modelos, bem como todos os restantes métodos de geoquímica isotópica, foram realizados em 12 amostras (6 Ortognaisses das Alcáçovas; 3 Rochas Básicas Metamórficas; 1 Rocha Básica Ígnea; 2 Pórfiros de Baleizão). Foram adicionados a estes os dados provenientes de trabalhos anteriores (Chichorro *et al.*, 2008) e dados fornecidos gentilmente resultantes dos trabalhos de Santos *et al.*, (2012), que apresentam dados dos Leptinitos do Escoural, dos Pórfiros de Baleizão, do Ortognaisse de Alcáçovas, de rochas dioríticas do CIB, da Série Negra e anfíbolitos estudados ao longo da região de Alcáçovas (Tab. 6 e 7).

Para os cálculos, as idades modelo foram corrigidas usando a razão Sm/Nd para a evolução isotópica até duas idades diferentes (equações de correcção descritas anteriormente). É considerada a idade 350 Ma (idade Varisca) que corresponde à idade das rochas básicas, para o Complexo Ígneo de Beja, datadas pelo método U-Pb (Pin *et al.*, 1999; Pin *et al.*, 2008). Estas rochas são consideradas sin- e/ou pós-hercínias, e é assumido que durante esta altura ocorre a deformação de rochas mais antigas (e.g.: Ortognaisses das Alcáçovas). A outra idade utilizada é 526.6 Ma (idade Câmbria), que corresponde à idade cristalização do protólito do Ortognaisse das Alcáçovas (Chichorro *et al.* 2008). As

razões Sm/Nd entre estas 2 idades e a remoção do reservatório mantélico são tidas como as típicas da crosta (colocar o valor – 0.11 ou 0.12 dependendo do que usámos e a referência). A Tab. 6 apresenta os cálculos com a correcção da evolução isotópica para ambas as idades. Os valores são, regra geral, bastante semelhantes, o que implica que os processos variscos não afectaram de forma significativa os valores de Sm/Nd presentes nas amostras.

As amostras do Ortognaisses das Alcáçovas apresentam idades modelo bastante consistentes, na ordem dos 1.4 Ga. Comparativamente, os Leptinitos do Escoural (Chichorro *et al.* 2008) apresentam idades modelo próximas, mas mais baixas (1.2 - 1.3 Ga). Os valores obtidos para as Rochas Básicas Metamórficas são mais recentes que os Ortognaisses (~ 1.0 Ga) e, distintas das Rochas Básicas Ígneas com a idade modelo de 789 Ma (uma única amostra analisada). Os Pórfiros de Baleizão apresentam idades que variam também entre 1.2 - 1.3 Ga. Santos *et al.* (2012) também estudou as Rochas Básicas Ígneas (rochas dioríticas e tonalíticas), tendo obtido idades modelo que variam significativamente (744 Ma a 1.3 Ga). Os anfíbolitos estudados por Chichorro *et al.* (2008) bem como a Série Negra mostram idades modelo que variam entre os 360 Ma a 835 Ma e 1.6 Ga, respectivamente. As idades modelo calculadas para os anfíbolitos é, contudo, dúbia dado para o valor mínimo calculado, podendo ser um erro de análise ou uma rocha que fosse originária directamente do manto. É importante notar que as Rochas Básicas Metamórficas são granulitos retrogradados e que as suas idades modelo podem apresentar alterações devido à homogeneização dos isótopos de Sm-Nd, tal como referido por Black & McCulloch (1987).

Tab. 6 – Tabela com as idades modelo calculadas com a correcção para 350 Ma e 526.6 Ma.

Litologia	Autores	Amostra	Idade Modelo (Ma) Corrigido para 350 Ma	Idade Modelo (Ma) Corrigido para 526.6 Ma	
Ortognaisse das Alcáçovas	Chichorro <i>et al.</i> , 2008	ALC-10	1427	1414	
	Este estudo	FRT-1 ⁴	1463	1449	
		FRT-1 ⁵	1430	1416	
		FRT-5	1483	1449	
		FRT-8	1472	1463	
		FRT-16	1403	1477	
		FRT-19	1386	1398	
	Santos <i>et al.</i> , 2012	ALC-8	1346	1382	
Leptinitos do Escoural	Chichorro <i>et al.</i> , 2008	<i>ESC-101</i>	1198	1243	
		<i>ESC-100</i>	1279	1296	
Pórfiros do Baleizão	Este estudo	FRT-15	1247	1226	
		FRT-21	1192	1205	
	Santos <i>et al.</i> , 2012	LMR-1M	1238	1249	
		LMR-2	1269	1284	
		LMR-3	1229	1239	
		LMR-4	1260	1278	
		LMR-6	1256	1283	
		LMR-1F	1263	1262	
R. B. Metamórficas	Este estudo	FRT-7	993	1163	
		FRT-12	890	1029	
		FRT-14	876	1006	
R. B. Ígnea		FRT-2	789	832	
Dioritos	Santos <i>et al.</i> , 2012	ALC-1	744	824	
		ALC-3	942	1003	
		ALC-4	923	988	
		ALC-7	1176	1227	
Tonalitos		ALC-2	1108	1156	
		ALC-5	1309	1343	
		ALC-6M	1327	1360	
Anfibolitos I		Chichorro <i>et al.</i> , 2008	<i>CSN-A24</i>	696	829
	<i>VAL-2</i>		567	799	
	<i>BSC-3</i>		835	914	
	<i>BSC-10</i>		782	883	
Anfibolitos II	<i>ARL-1</i>		508	613	
	<i>ARL-2</i>		580	660	
	<i>BDV-2</i>		561	611	
Anfibolitos III	<i>SCD</i>		605	680	
	<i>MOF</i>		507	646	
	<i>VAL-1</i>		360	469	
Série Negra			<i>CSN-B24</i>	615	737
			<i>BSC-1</i>	1644	1647

⁴ Amostra com análise de Sm e Nd do Laboratoire Magmas et Volcans, Observatoire de Physique du Globe de Clermont-Ferrand.

⁵ Amostra com análise de Sm e Nd do Laboratório de Geologia Isotópica da Universidade de Aveiro.

9.1.2. Isócronas Sm-Nd

De entre todas as litologias estudadas, os Ortognaisses de Alcáçovas são os únicos que apresentam validade geológica para a idade obtida através da regressão linear da isócrona de Sm-Nd (Fig. 49). Os dados presentes para as Rochas Básicas metamórficas são reduzidos impossibilitando a realização de isócronas.

A idade obtida de 519 Ma é relativamente próxima da idade de formação do protólito do Ortognaisse de Alcáçovas (526.6 Ma, Chichorro *et al.* 2008). O significado geológico da mesma é, no entanto, incerto.

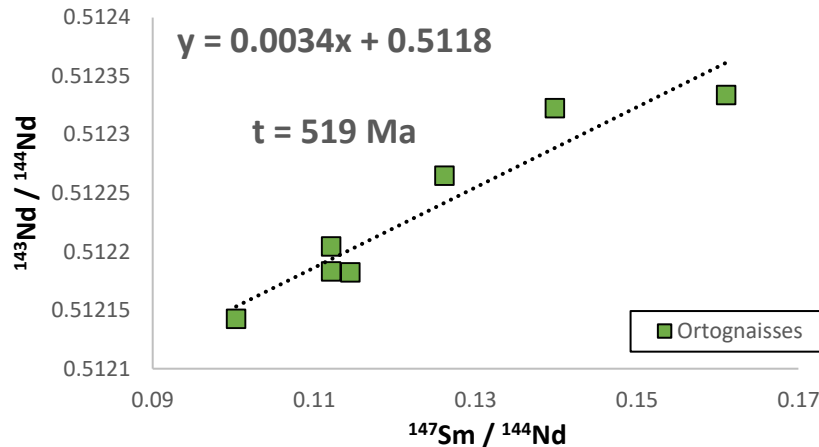


Fig. 49 - Gráfico de projecção dos dados Sm/Nd e Nd/Nd analisados para os Ortognaisses das Alcáçovas, englobando os trabalhos de Santos *et al.* 2012. A idade obtida é aproximada da idade obtida para os Ortognaisses das Alcáçovas.

O gráfico da Fig. 50 apresenta uma idade Sm-Nd concordante com as idades obtidas para rochas básicas de sectores mais a sul à região de Alcáçovas. Contudo, poderá ser a idade de cristalização para os Pórfiros de Baleizão, tendo em conta que pertencem ao magmatismo do Complexo Ígneo de Beja (CIB). A Fig. 51 não apresenta significado geológico tendo em conta a idade previamente obtida para rochas desta composição (datações de dioritos por: Pin *et al.*, 1999; Pin *et al.*, 2008). Os critérios de campo mostram que são posteriores aos Ortognaisses e não apresentam deformação metamórfica, como visível nos Ortognaisses e Rochas Básicas Metamórficas.

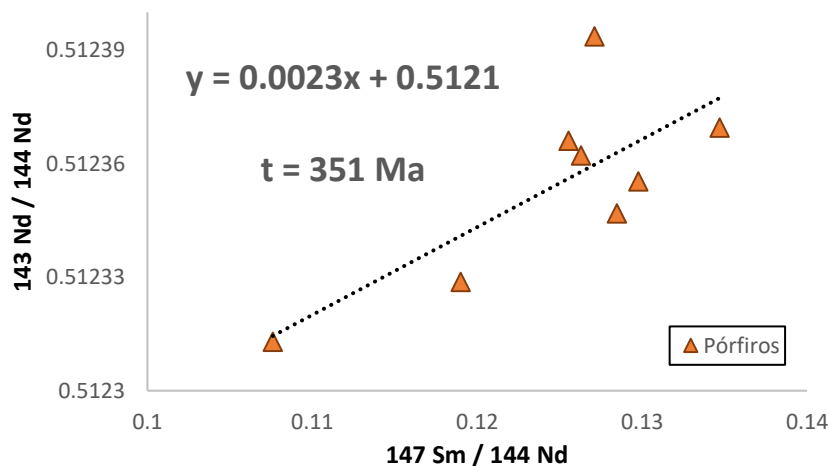


Fig. 50 - Gráfico de projecção dos dados Sm/Nd e Nd/Nd analisados para os Pórfiros de Baleizão, englobando os trabalhos sobre os Pórfiros estudados nos trabalhos de Santos *et al.* 2012. A idade obtida pelo método Rb-Sr e K-Ar é de aproximadamente 320 Ma.

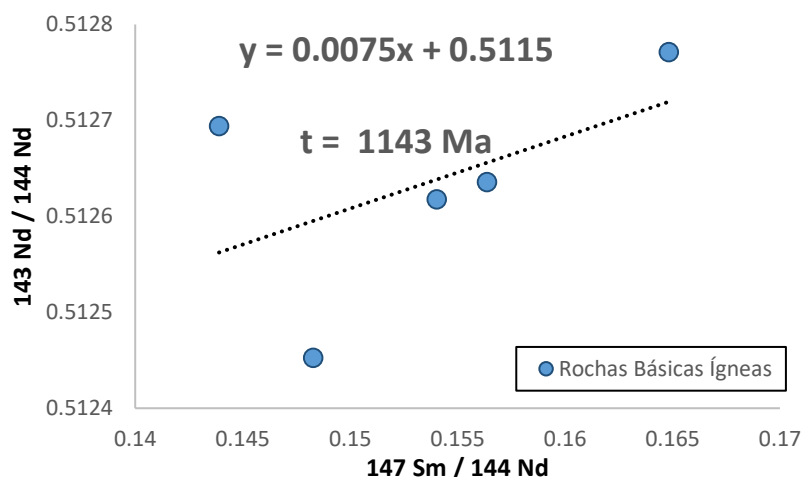


Fig. 51 - Gráfico de projecção dos dados Sm/Nd e Nd/Nd analisados para as Rochas Básicas Ígneas, englobando os trabalhos de Santos *et al.* 2012. A idade obtida é desenquadrada para esta unidade litológica.

9.1.3. Notação ϵNd

A notação ϵNd apresentada permite a comparação entre os valores de $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ das rochas em estudo e o manto empobrecido (DM) à data de formação das mesmas ou outros eventos geodinâmicos (DePaolo & Wasserburg, 1976). Como referido anteriormente, são utilizadas duas idades (350 Ma e 526.6 Ma). A tabela 8 apresenta os valores de ϵNd calculados para 350 Ma e 526.6 Ma.

Os Ortognaisses das Alcáçovas apresentam valores de ϵNd_{350} negativos, entre os -3.61 e -5.36 e -2.33 e -3.18 para $\epsilon\text{Nd}_{526.6}$. Os Leptinitos do Escoural voltam a mostrar-se distintos dos ortognaisses apresentando ϵNd_{350} e $\epsilon\text{Nd}_{526.6}$ entre os -1.73 a -2.77 e -0.56 a 1.23, respectivamente. Os Pórfiros de Baleizão apresentam variações de -1.66 a -2.63 (ϵNd_{350}) e -0.08 a -1.09 ($\epsilon\text{Nd}_{526.6}$). As Rochas Básicas Metamórficas têm valores de ϵNd_{350} entre os 0.88 a 2.36 e 0.45 a 2.44 ($\epsilon\text{Nd}_{526.6}$), valores mais baixos que os da Rocha Básica Ígnea analisada com valores de ϵNd_{350} e $\epsilon\text{Nd}_{526.6}$ de 3.27 e 4.65, respectivamente. As rochas dioríticas de Santos *et al.* (2012) mostram valores que vão desde os -3.38 a 3.46 (ϵNd_{350}) e -2.06 a 4.75 ($\epsilon\text{Nd}_{526.6}$). Estas últimas englobam uma variação de composições entre dioríticas a tonalíticas. Relativamente aos anfíbolitos estudados por Chichorro *et al.* (2008), as variações são de 2.87 a 8.89 (ϵNd_{350}) e 3.62 a 9.25 ($\epsilon\text{Nd}_{526.6}$). A Série Negra varia entre -7.41 (ϵNd_{350}) e -5.70 ($\epsilon\text{Nd}_{526.6}$).

Tab. 7 – Tabela com os valores de ϵNd para 350 Ma e 526.6 Ma

Litologia	Autores	Amostra	ϵNd_{350}	$\epsilon Nd_{526.6}$	
Ortognaisse das Alcáçovas	Chichorro <i>et al.</i> , 2008	ALC-10	-4.64	-2.74	
	Este estudo	FRT-1 ⁶	-5.10	-3.19	
		FRT-1 ⁷	-4.68	-2.77	
		FRT-5	-5.36	-3.18	
		FRT-8	-5.22	-3.36	
		FRT-16	-4.34	-3.54	
	FRT-19	-4.13	-2.53		
Santos <i>et al.</i> , 2012	ALC-8	-3.61	-2.33		
Leptinitos do Escoural	Chichorro <i>et al.</i> , 2008	ESC-101	-1.73	-0.56	
		ESC-100	-2.77	-1.23	
Pórfiros do Baleizão	Este estudo	FRT-15	-2.36	-0.35	
		FRT-21	-1.66	-0.08	
	Santos <i>et al.</i> , 2012	LMR-1M	-2.24	-0.64	
		LMR-2	-2.63	-1.09	
		LMR-3	-2.13	-0.52	
		LMR-4	-2.53	-1.01	
		LMR-6	-2.47	-1.07	
LMR-1F	-2.56	-0.80			
R. B. Metamórficas	Este estudo	FRT-7	0.88	0.45	
		FRT-12	2.18	2.16	
		FRT-14	2.36	2.44	
R. B. Ígnea		FRT-2	3.46	4.65	
Dioritos	Santos <i>et al.</i> , 2012	ALC-1	4.03	4.75	
		ALC-3	1.51	2.48	
		ALC-4	1.76	2.67	
ALC-7		-1.46	-0.36		
Tonalitos		ALC-2	-0.59	0.54	
		ALC-5	-3.14	-1.84	
		ALC-6M	-3.38	-2.06	
Anfíbolitos I	Chichorro <i>et al.</i> , 2008	CSN-A24	4.64	4.69	
		VAL-2	6.27	5.07	
		BSC-3	2.87	3.62	
		BSC-10	3.55	4.00	
Anfíbolitos II		ARL-1	7.01	7.42	
		ARL-2	6.11	6.83	
		BDV-2	6.35	7.46	
		SCD	5.79	6.58	
Anfíbolitos III		MOF	7.03	7.01	
		VAL-1	8.89	9.25	
		CSN-B24	5.66	5.86	
Série Negra			BSC-1	-7.41	-5.70

⁶ Amostra com análise de Sm e Nd do Laboratoire Magmas et Volcans, Observatoire de Physique du Globe de Clermont-Ferrand.

⁷ Amostra com análise de Sm e Nd do Laboratório de Geologia Isotópica da Universidade de Aveiro.

9.2. Isótopos de Rb-Sr

Os isótopos de Rb-Sr foram apenas realizados em 4 Ortognaisses das Alcáçovas e 2 Pórfiros de Baleizão. Foram adicionados a este estudo, análises isotópicas de Rb-Sr de Pórfiros de Baleizão, Ortognaisse das Alcáçovas e rochas dioríticas e tonalitos, de trabalhos prévios desenvolvidos por Santos *et al.* (2012).

Os dados obtidos para as análises de Rb/Sr não foram totalmente conclusivos para todos os litótipos. As rochas dioríticas (incluindo a única amostra de Rocha Básica Ígnea) e os Ortognaisses das Alcáçovas não mostram uma datação por Rb-Sr com significado geológico (Fig. 52). Apenas nos pórfiros de Baleizão apresentam uma datação de 323.2 Ma. Esta datação foi obtida com as amostras estudados por Santos *et al.* (2012) e juntamente com as 2 amostras de pórfiros estudadas. A adição destas amostras enquadra-se perfeitamente na datação obtida por Santos *et al.* (2012). A idade obtida é concordante com as restantes datações feitas nos Pórfiros de Baleizão (Andrade, 1974; Priem *et al.*, 1986; Jesus, 2011).

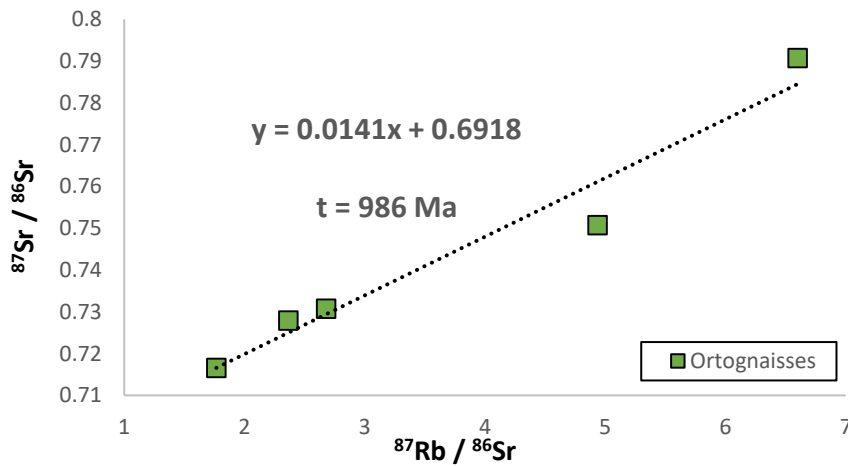


Fig. 52 - Gráfico $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ vs $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ para as amostras de Ortognaisse das Alcáçovas, com 5 amostras projectadas. Idade calculada não apresenta significado geológico.

O gráfico seguinte (Fig. 53) mostra a projecção dos Pórfiros num gráfico $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ vs $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, com a idade “t” inferida após regressão linear das projecções.

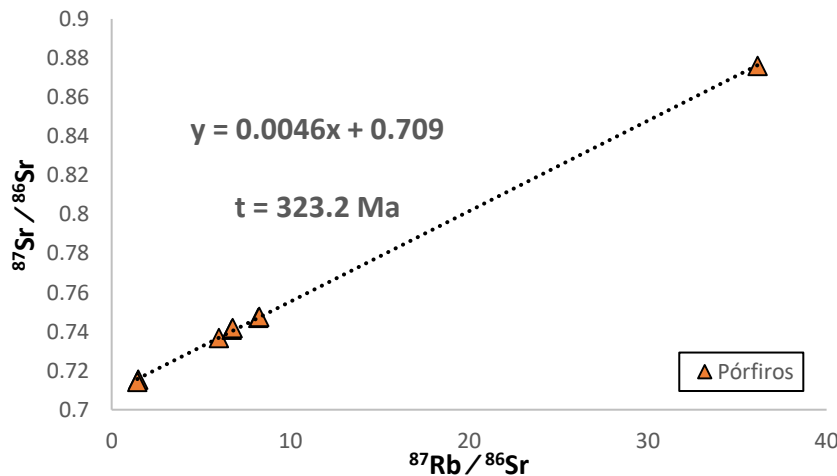


Fig. 53 – Gráfico $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ vs $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ para as amostras de Pórfiros de Baleizão, com as 8 amostras projectadas.

Relativamente às Rochas Básicas Ígneas (Fig. 54), são projectadas sete amostras, das quais apenas uma é referente a este trabalho. As restantes amostras são de trabalhos desenvolvidos anteriormente por Santos *et al.* (2012). A isócrona obtida não reflecte a possível idade real para esta unidade, sendo que, estando enquadrada no CIB, terá aproximadamente 350 Ma.

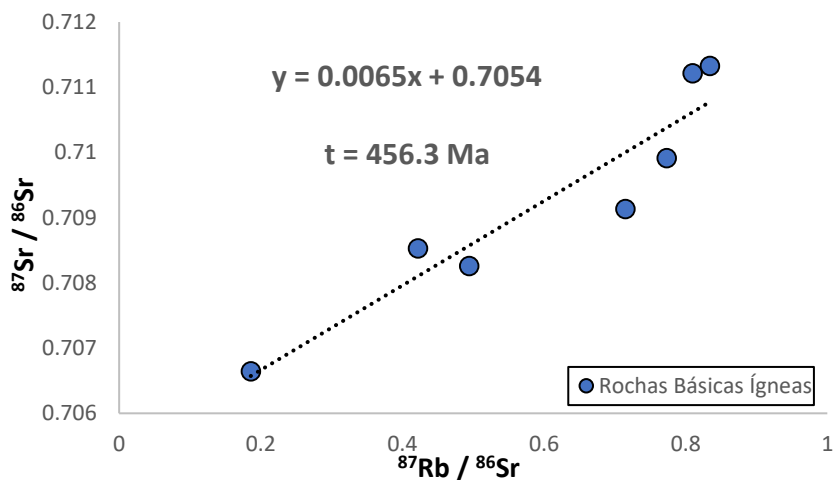


Fig. 54 - Gráfico $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ vs $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ para as amostras de Rochas Básicas Ígneas, com 7 amostras projectadas.

9.3. ϵNd vs $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}(i)$

A notação ϵNd e a razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ são notações que utilizadas em conjunto permitem definir proveniências isotópicas no que diz respeito a tipos de reservatórios mantélicos ou outros (Zindler & Hart, 1986).

De novo, são tidas em consideração duas idades importantes neste estudo: 1) 525 Ma correspondendo à idade da génese do protólito dos Ortognaisses das Alcáçovas; 2) 350 Ma idade das rochas básicas presentes no Complexo Ígneo de Beja, sendo que, corresponde a uma idade varisca, possivelmente próxima da idade que deformou o Ortognaisse das Alcáçovas e das Rochas Básicas Metamórficas. Foram calculados os valores de ϵNd_{525} e ϵNd_{350} bem como as razões $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(525)}$ e $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(350)}$ e projectados num gráfico ϵNd vs $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}(i)$.

Os valores obtidos podem ser visualizados na Tab. 9. Os dados estão projectados e calculados para a idade de 350 Ma, que corresponde à altura do metamorfismo Varisco, são os únicos que apresentam valores com significado geológico (Fig. 55). As amostras projectadas dentro dos campos definidos por Turpin *et al.* 1990 e Downes & Dutho, 1988, mostram que os ortognaisses correspondem às rochas Meta-Ígneas da crosta média a superior. Já os Pórfiros de Baleizão e as R. B. Ígneas ficam enquadradas no campo das rochas Meta-Ígneas da crosta inferior. Contudo os Pórfiros, pela proximidade do campo onde estão enquadrados os Ortognaisses, podem ser assumidos numa zona de transição. As R. B. Ígneas (dioritos) encontram-se projectadas ao longo do Mantle Array. Os cálculos para as idades de 525 Ma não podem ser considerados com recurso a esta notação visto que os valores são projectados em quadrantes onde as rochas naturais não se projectam (Fig. 56). Tal acontece porque os valores de Rb-Sr estão muito afectados pela Orogenia Varisca que mobilizou o Rb.

Não foram obtidos valores de Rb-Sr para as Rochas Básicas Metamórficas. Contudo, é exposta a gama de valores de ϵNd obtidos. As rochas anfibolíticas estudadas nos trabalhos de Chichorro *et al.* (2008) são expostas a título comparativo, na qual carecem também dos valores de Rb-Sr.

Tab. 8 – Tabela que correlaciona os valores da notação ϵNd com os valores da razão $^{87}Sr/^{86}Sr$

Litologia	Autores	Amostra	$\epsilon Nd_{(350)}$	$^{87}Sr/^{86}Sr_{(350)}$	$\epsilon Nd_{(525)}$	$^{87}Sr/^{86}Sr_{(525)}$
Ortognaisse das Alcáçovas	Este estudo	FRT-1	-4.973	0.717001	-2.769	0.710123
		FRT-5	-5.695	0.728019	-3.185	0.713662
		FRT-8	-5.506	0.718397	-3.364	0.710610
		FRT-19	-4.371	0.760393	-2.532	0.741199
	Santos <i>et al.</i> , 2012	ALC-8	-3.810	0.708474	-2.329	0.703339
Pórfiros do Baleizão	Este estudo	FRT-15	-2.668	0.708677	-0.346	0.704392
		FRT-21	-1.898	0.707561	-0.084	0.703389
	Santos <i>et al.</i> , 2012	LMR-1M	-2.478	0.709305	-0.644	0.685440
		LMR-2	-2.867	0.709163	-1.088	0.691721
		LMR-3	-2.371	0.709482	-0.516	0.685472
		LMR-4	-2.756	0.710092	-1.012	0.690569
		LMR-6	-2.682	0.710613	-1.067	0.690911
		LMR-1F	-2.829	0.709838	-0.804	0.604738
Dioritos e Tonalitos	Santos <i>et al.</i> , 2012	ALC-5	-3.342	0.707492	-1.836	0.705066
		ALC-6M	-3.578	0.707490	-2.055	0.705134
		ALC-7	-1.623	0.706356	-0.360	0.704107
		ALC-2	-0.760	0.706589	0.540	0.705362
		ALC-1	3.916	0.705846	4.750	0.703766
		ALC-3	1.367	0.705791	2.481	0.705250
		ALC-4	1.618	0.705988	2.671	0.704550

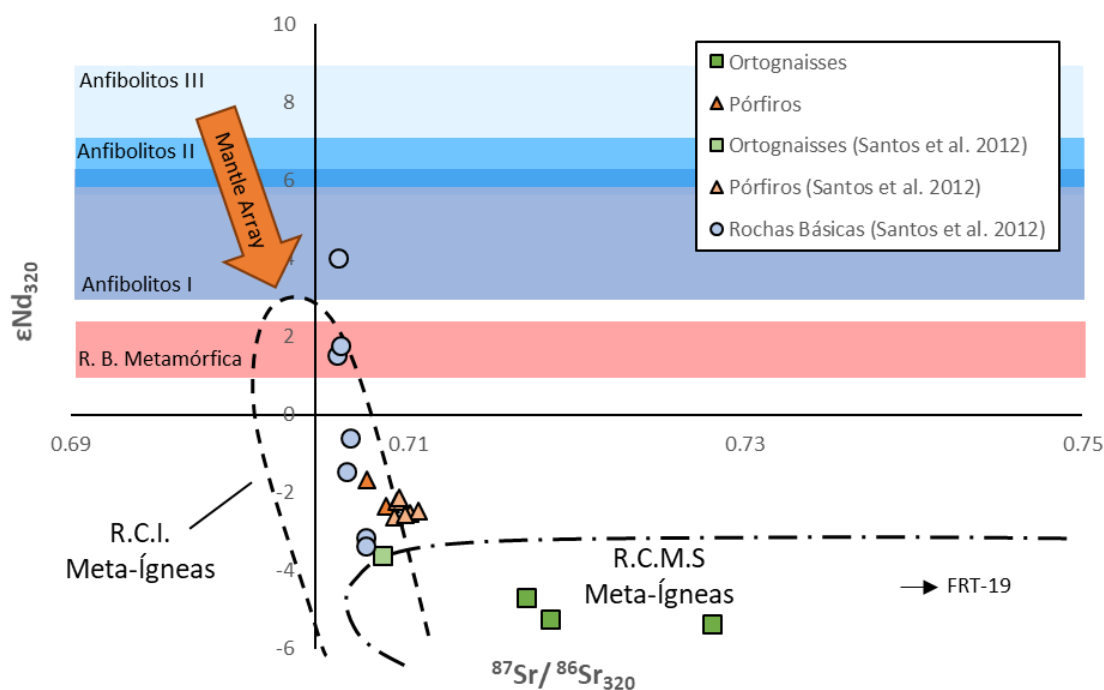


Fig. 55 – Gráfico de $^{87}Sr/^{86}Sr$ vs ϵNd com os valores calculados para 350 Ma. Foram projectados os campos das Rochas da Crosta Inferior Meta-Ígneas (R. C. I. Meta-Ígneas) e as Rochas da Crosta Média e Superior Meta-Ígneas (R. C. M. S. Meta-Ígneas) propostos por (Turpin *et al.* 1990; Downes & Dutho, 1988).

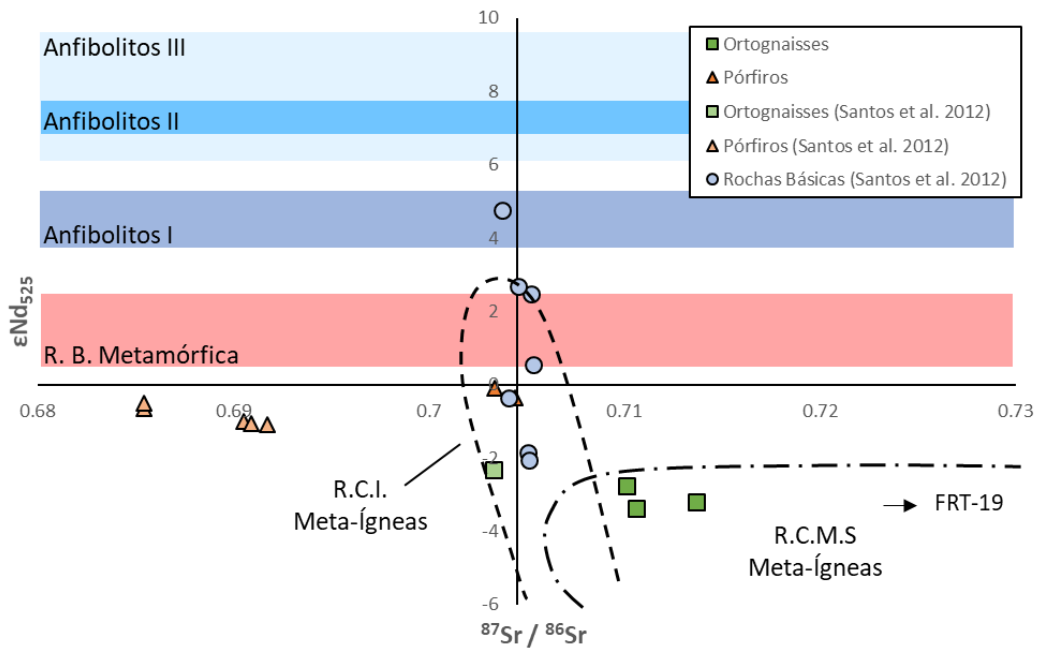


Fig. 56 - Gráfico de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ vs ϵNd_{525} com os valores calculados para 525 Ma. Foram projectados os campos das Rochas da Crosta Inferior Meta-Ígneas (R. C. I. Meta-Ígneas) e as Rochas da Crosta Média e Superior Meta-Ígneas (R. C. M. S. Meta-Ígneas) propostos por (Turpin et al. 1990; Downes & Dutho, 1988).

A interpretação com base nos reservatórios demarcados, em função das razões isotópicas de Sr e Nd (Fig. 55 - 56), sugere que os Ortognaisses e os Pórfiros são rochas enriquecidas e próximas da crosta continental média a superior. Segundo a razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_i$, os ortognaisses são representativos de rochas mais supracrustais que os pórfiros. As rochas básicas por sua vez, representam rochas de composição mais empobrecida, de origem mantélica, projectando-se no Mantle Array. As Rochas Básicas Metamórficas ficam limitadas a composições mais empobrecidas (valores de ϵNd positivos), bem como as rochas anfíbolíticas.

Segundo o diagrama proposto por Villaseca *et al.* (1997), que correlaciona a notação ϵNd com a idade para a cristalização das rochas em estudo enquadra as amostras dos Ortognaisses de Alcáçovas e as R. B. Metamórficas no ciclo cadomiano e as R. B. Ígneas e os Pórfiros de Baleizão no ciclo e varisco (Fig. 57). A linha de 1.4 Ga e 2.0 Ga (T_{DM}) são os valores médios calculados para a evolução da crosta continental assumindo uma evolução pela razão $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ de 0.12 segundo a fórmula de Liew & Hoffman (1988). Mais importante é o significado da idade de 1.4 Ga, que é frequentemente a idade modelo obtida para os granitos do maciço Ibérico (Liew and Hofmann, 1988; Pin and Duthou, 1990; Moreno-Ventas *et al.*, 1995). É importante referenciar que ambas as Rochas Básicas projectadas não apresentam datações realizadas, contudo, é assumido a idade dos Ortognaisses como idade próxima das Rochas Básicas Metamórficas, devido à correlação espacial e serem ambas rochas metamórficas, o que implica que tenham sofrido, pelo menos, os efeitos do ciclo varisco. Por sua vez as Rochas Básicas Ígneas são atribuídas idades próximas de 350 Ma, sendo que, a sua composição assemelha-se a outras rochas dioríticas estudadas a sectores mais a sul de Alcáçovas, pertencentes ao CIB (Complexo Ígneo de Beja), que foram datadas de aproximadamente 350 Ma pelo método U-Pb (Pin *et al.*, 1999; Pin *et al.*, 2008)

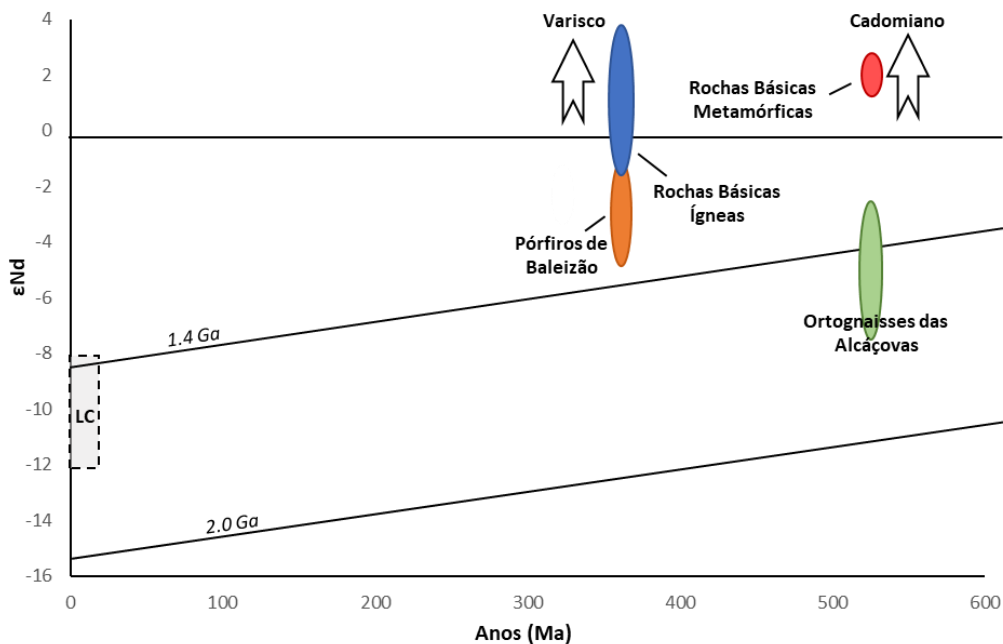


Fig. 57 – Projecção de ϵNd vs Idade. Os campos representados são a representação aproximada das idades das respectivas litologias. Adaptado de Villaseca *et al.* 1997. A idade de evolução (T_{DM}) de 1.4 Ga calculada para a crosta continental, é assumida segundo a razão $^{147}Sm/^{144}Nd$ de 0.12, através da fórmula de Liew & Hoffman (1988).

Comparativamente entre o diagrama obtido para as rochas da região de Alcáçovas (Fig. 57) e o diagrama apresentado por Villaseca *et al.* (1997) (Fig. 58), demonstra que os Ortognaisses das Alcáçovas são concordantes com os ortognaisses projectados do Maciço Central (Ibéria e sector central Francês). Os Pórfiros de Baleizão ficam confirmados que correspondem aos eventos ígneos que aconteceram no ciclo varisco.

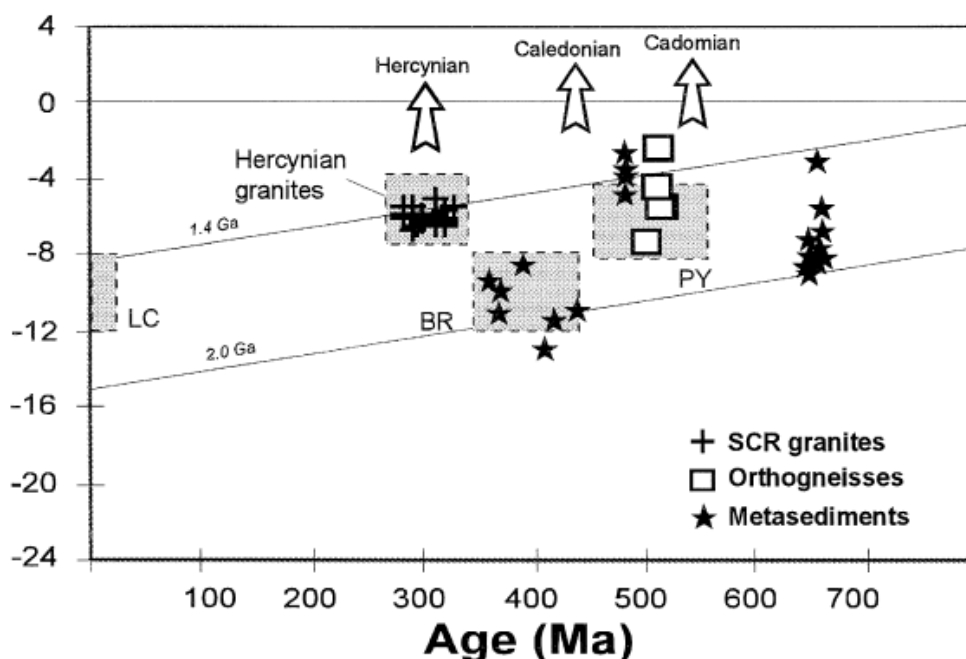


Fig. 58 – Diagrama de ϵNd vs Idade apresentado por Villaseca *et al.* 1997. Legenda: cruces (granitos hercínicos); quadrados (ortognaisses cadomianos); estrelas (metassedimentos pré-Ordovícicos).

10. Discussão

Após os dados obtidos nos capítulos anteriores é possível formular uma ideia de quais foram os processos e ambientes geodinâmicos no qual as rochas estudadas se formaram. Os ortognaisses apresentam uma composição mineralógica muito próxima de rochas graníticas possivelmente de protólitos granitóides, do tipo I. Sofreram deformação, muito provavelmente durante a Orogenia Varisca como é explicado em trabalhos anteriores (e.g.: Cordani *et al.* 2006; Chichorro *et al.* 2008). As isócronas de Sm-Nd (Fig. 51) mostram que a idade obtida por este método é semelhante às datações obtidas anteriormente (Cordani *et al.* 2006; Chichorro *et al.* 2008). São rochas peraluminosas, calco-alcalinas de ambientes tipicamente de margem continental activa e com alguma fraccionação no LREE. Relativamente aos cálculos geotermobarométricos, os Ortognaisses das Alcáçovas atingiram a fácies anfíbolítica, com pressões que variam entre 2 a 7 kbar e temperaturas entre os 570 a 646 °C. Contudo, a variação da pressão (em particular o valor máximo obtido) poderá ser discutível tendo em conta o contexto regional.

Relativamente às Rochas Básicas, espacialmente associadas aos Ortognaisses das Alcáçovas, são claramente identificáveis duas gerações distintas com base na petrografia, química mineral e da litogeoquímica e isótopos de Nd. Uma geração, tipicamente metamórfica (Rochas Básicas Metamórficas), apresenta uma textura grano-nematoblástica. Apresentam composições gabróicas e são interpretadas como sendo geradas em ambiente intraplaca. As condições P-T estimadas para a sua formação, rondam $P = 2$ a 4 kbar e $T = 618$ a 747 °C. A maior temperatura atingida pelas Rochas Básicas Metamórficas permitiram que esta atingisse a transição fácies anfíbolítica - granulítica, contrariamente ao Ortognaisse das Alcáçovas que apenas atingiu a fácies anfíbolítica. Contudo, embora a litogeoquímica e os isótopos apontem para a ausência de uma relação genética entre as Rochas Básicas Metamórficas e os Ortognaisses das Alcáçovas, estas unidades apresentam anomalias negativas do Eu (ambas anomalias verificadas nos spidergrams), e uma íntima relação espacial observada no campo. Do ponto de vista geotermobarométrico é possível observar uma evolução algo distinta, particularmente no que à retrogradação diz respeito.

Por sua vez as Rochas Básicas Ígneas apresentam texturas cristalinas, tipicamente plutónicas. Mineralogicamente e texturalmente são distintas das Rochas Básicas Metamórficas e não aparentam estabelecer qualquer correlação através de elementos incompatíveis. Ademais, as Rochas Básicas Metamórficas apresentam carácter toleítico contrastando com o carácter calco-alcalino das Rochas Básicas Ígneas. Apresentam diferenças nas idades modelo calculadas e em especial na notação ϵNd . É considerada uma idade de formação de 350 Ma (Pin *et al.*, 1999; Pin *et al.*, 2008) para esta unidade, tendo em conta que se assemelham a rochas dioríticas estudadas em trabalhos anteriores (Santos *et al.* 2012) que se enquadram no CIB (Complexo Ígneo de Beja). A geotermobarometria calculada através da análise de Al na anfíbola para este grupo litológico indica pressões máximas de 3kbar. Do ponto de vista da temperatura são obtidos também valores mais baixos (780 °C, comparativamente aos 800 a 1000 °C), o que não anula a proximidade destas rochas, apenas sugerindo que a cristalização das Rochas Básicas Ígneas se deu mais próxima da superfície.

Os Pórfiros de Baleizão correspondem a uma unidade litológica ácida e afloram frequentemente como corpos filonianos, orientados paralelamente ao contacto ZOM/ZSP, a cortar os Ortognaisses das Alcáçovas. Apesar da proximidade composicional com os Ortognaisses das Alcáçovas, não apresentam ter qualquer correlação litogeoquímica, e além disso apresentam idades de formação significativamente distintas (~320 Ma por Priem *et al.* 1986; Jesus, 2011; Santos *et al.* 2012). Contudo, esta idade obtida poderá ser a temperatura de arrefecimento dos Pórfiros de Baleizão, sendo que, a idade obtida pela isócrona Sm-Nd é de 350 Ma que é a idade obtida para as demais rochas presentes no CIB (Jesus *et al.* 2016). São rochas calco-alcalinas, peraluminosas, e apresentam textura porfirítica. Estão associados a ambientes de margem continental activa. Os Pórfiros e as Rochas Básicas Ígneas apresentam correlação

nos padrões de REE, com anomalias idênticas e possíveis lineamentos nos gráficos Harker dos elementos incompatíveis, que pode indicar algum tipo de afinidade. Ademais, a idade obtida pela isócrona Sm-Nd nos Pórfiros, é muito próxima da idade obtida em trabalhos anteriores por U-Pb para rochas básicas do CIB, na qual estão enquadradas as Rochas Básicas Ígneas deste estudo. As idades de aproximadamente 320 Ma obtidas em Rb-Sr e K-Ar para os Pórfiros deverão representar a idade de arrefecimento desta unidade (temperaturas de fecho diferentes). Os isótopos mostram pela notação ϵ_{Nd} que as Rochas Básicas Ígneas apresentam valores distintos dos Pórfiros de Baleizão. Tendo estes dados em conta, e não podendo afirmar com clareza a existência de uma correlação genética, embora que fortemente sugestiva para que haja entre ambas, permanece dúbia até mais dados serem obtidos.

Adicionalmente aos dados isotópicos obtidos neste trabalho, foram também usados outros dados de trabalhos anteriores (Chichorro *et al.* 2008; Santos *et al.* 2012) a título comparativo. Os novos dados isotópicos dos Ortognaisses e os Pórfiros da região, são semelhantes aos dos trabalhos anteriores. Relativamente às rochas básicas, que neste trabalho apresentam uma grande gama de valores de ϵ_{Nd} , verifica-se uma correlação das Rochas Básicas Ígneas com as rochas dioríticas e tonalíticas estudados por Santos *et al.* (2012) pelo aspectos petrográficos, composicionais, isotópicos, etc. A variação da notação pode estar relacionada com processos metassomáticos que alteram os valores de Sm-Nd. É também importante referir que estas rochas dioríticas/tonalíticas não foram colhidas no mesmo local de amostragem.

Foi também efectuada a comparação dos dados isotópicos deste trabalho com os dados de Chichorro *et al.* 2008, que analisa 3 grupos principais de anfibolitos, rochas básicas para comparação com as deste estudo. São subdivididas em 3 grupos principais: (1) anfibolitos tipo VAB; (2) anfiboítos tipo E-MORB; (3) anfibolitos tipo N-MORB. O primeiro grupo corresponde a anfibolitos espacialmente associados à Série Negra e apresentam anomalias negativas no Ta. São comuns e originários da fusão das cunhas mantélicas em zona de subducção que apresentam contaminação crustal e variação da razão Th/Yb entre 0.07 a 0.39. Podem apresentar um padrão de normalização aos condritos ligeiramente enriquecido, empobrecido ou horizontal, que sugere troca da assinatura dos elementos traço de toleíticos para calco-alcálicos. Foram interpretadas como intrusões na Série Negra e rochas Câmbricas. Os restantes dois grupos são rochas de composição gabróica com características geoquímicas semelhante a MORB's e gabros. Ocorrem frequentemente como filões e/ou soleiras.

As Rochas Básicas Metamórficas do presente trabalho não apresentam correlação com nenhum destes 3 grupos, tal como mostram as Fig. 55-56. Contudo, sem dados de Rb-Sr para completar os gráficos, é impossível confirmar a existência ou ausência de uma correlação entre elas.

Verifica-se também que os dados isotópicos de Sm-Nd obtidos para o Ortognaisse das Alcáçovas são distintos dos obtidos por Chichorro *et al.* (2008) para os Leptinitos do Escoural, de idade equivalente. São também distintos dos dados obtidos para a Série Negra ($\epsilon_{Nd} = -7.67$) de Chichorro *et al.* (2008), excluindo a hipótese desta ser o protólito dos ortognaisses.

10.1. Petrogénese

No decurso do estudo petrogenético e geoquímico das rochas da região de Alcáçovas, foram idealizados 3 cenários possíveis da génese do sector (Fig. 59). Estes cenários têm como base as evidências de campo, bem como os dados factuais e analíticos obtidos e discutidos no capítulo anterior.

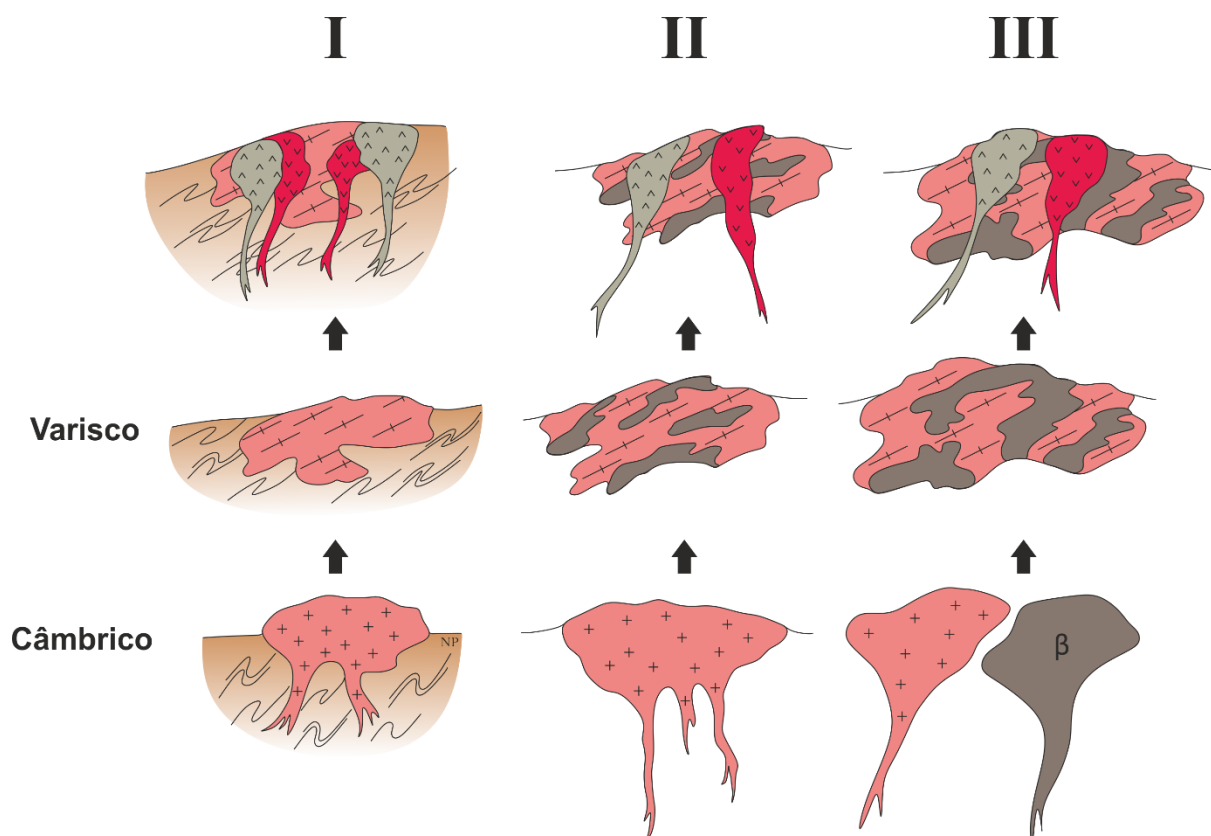


Fig. 59 - Esquema representativo dos três modelos considerados para a evolução geodinâmica da região de Alcáçovas. Litologias: Ortognaisse de Alcáçovas – intrusão ígnea a cor de rosa; Rochas Básicas Metamórficas – cinza escuro assinalado com β; Rochas Básicas Ígneas – intrusão a cinza claro com a simbologia "v"; Pórfiros de Baleizão – intrusão a vermelho com a simbologia "v. Soco Neo-Proterozóico (NP) colorido a castanho com simbologia de deformação anterior.

O primeiro modelo sugere a pré-existência de um basement (soco rochoso) de idade Neo-Proterozóica que, num dado evento geodinâmico de idade câmbrica (datação da cristalização do ortognaisse com aprox. 525 Ma levou à sua fusão originando o então protólito do actual Ortognaisse das Alcáçovas com composição granítica (*s.l.*: granito). É durante a orogenia varisca que se dá a deformação do protólito ígneo, deformando-o e dando origem ao ortognaisse. A rocha da qual resultou o protólito do ortognaisse, sofre igualmente a deformação e aflora como rocha básicas (rocha básica metamórfica) associadas aos ortognaisses (evidências de campo).

Esta ideia apresenta pontos que se revelam dúbios na sua concepção. A pré-existência de um soco originário do ortognaisse é plausível para o caso de estudo. Contudo, a extensão de afloramento do ortognaisse é significativamente maior que as rochas básicas metamórficas aflorantes. No entanto estas podem se encontrar em profundidade, sendo que só é visível algumas partes pertencentes às rochas básicas metamórficas. Contudo, se o ortognaisse for dominante espacialmente, a sua composição não poderia ser tão félsica como aparenta, devido às elevadas taxas de fusão do protólito Neo-Proterozóico, que resultaria numa composição mais intermédia. Ademais, tais taxas de fusão e os litótipos resultantes, teriam de necessariamente resultar de um protólito de composição granodiorítico a diorítico, o que não é possível de comprovar. No entanto, os valores de ϵNd indicam que a fonte dos ortognaisses e das rochas básicas metamórficas são diferentes (valores negativos nos ortognaisses e positivos nas rochas básicas metamórficas), o que invalida a possibilidade deste modelo.

O segundo modelo, pressupõe que a uma dada altura no Câmbrico (data da geração do protólito do Ortognaisse de Alcáçovas) é gerada uma rocha desconhecida de composição intermédia (exemplo granodiorito). A orogenia varisca deforma esse protólito, a temperaturas elevadas, chegando mesmo à criação de melts (líquido originário do ortognaisse). Os melts serão então a parte félsica na qual seria

considerada o Ortognaise das Alcáçovas e o “restito”, ou seja a parte da rocha que não sofre fusão, a Rocha Básica Metamórfica.

A falta de correlação química entre as Rochas Básicas Metamórficas e os Ortognaisses é um entrave à comprovação deste modelo. Não apresentam correlações ao nível dos elementos incompatíveis, mesmo apresentando anomalias negativas no Eu para ambas litologias. Contudo, as relações de campo sugerem uma correlação espacial (padrões de corte entre os dois litótipos) próxima. Os valores de ϵNd bem como as idades modelos não sustentam este modelo, sendo que, dos três modelos apresentados, é possivelmente o que menos provas factuais apresenta.

A terceira proposta reside na evolução geodinâmica do fim do Neo-Proterozóico, início do Paleozóico. É nesta altura (início do Câmbrico) que se inicia um evento regional extensivo que ocorrem eventos extencionais que leva à formação de oceanos (ex: abertura do oceano Rheic). O adelgaçamento crustal, leva a uma subida do manto que fica a menores pressões e como resultado maiores taxas de fusão. Esta elevada actividade ígnea, é o suficiente para originar diferentes melts, com origem desde o manto até à crosta. Como tal, a hipótese em causa é a formação (ao nível regional da área de Alcáçovas) de 2 fontes de líquidos magmáticos que se instalaram no mesmo local (correlação espacial confirmada). Mais tarde, durante o varisco são, ao mesmo tempo, deformadas.

Esta ideia é sustentada pelos dados de ϵNd calculados e com os critérios de campo, pois não implica que haja uma correlação genética entre as rochas. A química elementar bem como da química mineral, sustenta a teoria de que existem diferentes origens para as diferentes rochas, num contexto espacial “pequeno” (região de Alcáçovas; ZOM). Sendo que as rochas foram geradas num contexto de arco continental (diagramas discriminatórios), é comum a existência de magmatismo félsico e máfico (Wilson, 1989), que apoia o caso de estudo. A inexistência de correlações nos elementos incompatíveis e nos isótopos de Sm-Nd, leva à suspeita de que a hipótese da existência de 2 líquidos distintos ocorreram na mesma região.

Um caso de estudo na zona N da ZOM, feito por Henriques *et al.* (2015), no complexo do Sardoal, identifica rochas gnaissicas associadas a anfíbolitos, e sugere que as rochas ácidas são o resultado de 3 pulsos magmáticos de composição ácida nas idades de: 692 Ma; 569 Ma; 548 Ma. A proposta de geração destes maciços rochosos tem como base um magmatismo “multiestágio”, em que as rochas existentes são de variados focos de actividade ígnea, com idades distintas. Não sabendo a idade das rochas máficas, são descritas como anteriores a 540 Ma devido ao metamorfismo presente na região (Henriques *et al.* 2018).

A possibilidade da região de Alcáçovas ser uma situação análoga à identificada nos trabalhos de Henriques *et al.* (2015; 2017), tendo em conta a semelhança dos dados factuais identificados ao longo do estudo. Ademais, as litologias presentes no complexo do Sardoal, bem como as rochas na região de Alcáçovas, sugerem um tipo de ambiente geodinâmico semelhante. As datações das rochas ácidas do complexo do Sardoal, embora que mais antigas, são relativamente próximas dos ortognaisses de Alcáçovas, o que poderá ser um mesmo tipo de magmatismo que ocorreu temporalmente e especialmente em alturas diferentes.

As rochas básicas ígneas e os pórfiros, mostram ser rochas mais tardias, e ocorrem frequentemente a cortar as unidades anteriores. Por não apresentarem a deformação evidenciada nos ortognaisses e nas rochas básicas metamórficas, são enquadradas nas fases finais dos modelos por serem consideradas variscas (aprox. 350 Ma, idade das rochas dioríticas do Complexo Ígneo de Beja; Pin *et al.*, 1999; Pin *et al.*, 2008), sendo que, afloram regularmente como corpos filonianos.

11. Conclusões

Os resultados obtidos e discutidos ao longo deste trabalho, permitiram adicionar novos dados petrológicos e geoquímicos na região de Alcáçovas, oferecendo um contributo no entendimento da

evolução geodinâmica deste sector da ZOM, que poderá ter (ou não) implicações cartográficas. As principais conclusões são aqui enumeradas:

- 1) Os Ortognaisses das Alcáçovas são rochas metamórficas de idade câmbrio inferior (~525 Ma, Cordani *et al.*, 2006; Chichorro *et al.* 2008)) resultantes de prótolitos ígneos (granitos do tipo I) e não derivam da fusão dos metassedimentos da Série Negra, de idade Ediacariana (notação ϵNd contrastante).
- 2) Os Ortognaisses das Alcáçovas aparentam não ter nenhuma correlação genética com as rochas básicas espacialmente associadas, nem com os pórfiros, através dos dados isotópicos.
- 3) São identificáveis 2 gerações de rochas básicas, metaluminosas, com carácter toleítico e calco alcalino, para as gerações metamórficas e ígneas respectivamente, através da observação de campo, petrográfica, geotermobarométrica e litogeoquímica, apresentando anomalias distintas.
- 4) Os Pórfiros de Baleizão são rochas mais tardias na evolução geodinâmica e ocorrem a cortar as unidades anteriores, juntamente com as rochas básicas ígneas.
- 5) Os Ortognaisses das Alcáçovas, as Rochas Básicas Ígneas e os Pórfiros de Baleizão apresentam assinaturas geoquímicas típicas de ambientes de margem continental activa evidenciado pelas anomalias negativas de Nb e Ti, enquanto que as Rochas Básicas Metamórficas têm assinaturas de ambientes vulcânicos intra-placa com forte componente crustal pelas dada anomalias positivas de U e Pb.
- 6) As Rochas Básicas Ígneas e os Pórfiros de Baleizão apresentam, ainda que dúbia, uma possível relação genética por apresentarem correlações litogeoquímicas através dos elementos incompatíveis e anomalias semelhantes ao nível dos spidergrams, e idades estimadas semelhantes (aproximadamente 350 Ma, idade para rochas básicas do CIB). Contudo, os dados isotópicos sugerem o contrário.
- 7) A geotermobarometria mostra que, embora as condições P-T sejam diferentes para os Ortognaisses das Alcáçovas e Rochas Básicas Metamórficas, não invalida que estes tenham sido alvos, possivelmente, do mesmo evento metamórfico. Ademais, as Rochas Básicas Ígneas pertencem ao mesmo grupo de rochas dioríticas do CIB, datadas de 350 Ma (Pin *et al.*, 1999; Pin *et al.*, 2008), apresentando condições de formação P-T semelhantes às estimadas por Jesus *et al.* (2016).

De acordo com os dados obtidos e discutidos neste trabalho o modelo geodinâmico que melhor se enquadra no contexto regional é o seguinte:

É durante o Pré-Câmbrico que ocorreram eventos de estiramento crustal correspondente à formação do oceano Rheic. Este adelgaçamento corresponde a uma ascensão do manto astenosférico aumentando, como consequência de maior condução de calor, maiores taxas de fusão nas rochas, quer da crosta, quer originárias do manto. Tal elevada actividade ígnea é o suficiente para originar diferentes melts que possam apresentar composições distintas (máficas vs félsicas). Este modelo é o que melhor se enquadra para a instalação dos Ortognaisses das Alcáçovas e da Rochas Básicas metamórficas associadas. A instalação das Rochas Básicas Ígneas e Pórfiros de Baleizão deu-se durante o ciclo Varisco (~320 Ma).

Não obstante, é essencial associar estes dados a informação de geologia estrutural de modo a que se possa ter uma ideia mais consolidada relativamente à evolução dos sectores de Montemor-Ficalho e o Complexo Ígneo de Beja, na região SW da ZOM.

12. Bibliografia

- Allègre, C. J., Ben Othman, D., (1980) - Nd-Sr isotopic relationship in granitoid rocks and continental crust development: a chemical approach to orogenesis. *Nature*, 286, 335-342.
- Anderson, J. L. & Smith, D. R. (1995) - The effect of temperature and oxygen fugacity on Al-hornblende barometry. *AM MINERAL* 80, 549-59.
- Andrade, A.S., (1974) - Sur l'âge des orthogneiss d'Alcáçovas (Alentejo) - et des filons (basiques et acides que les recourent. *Mem. Not. Mus. Lab. Mineral. Geol., Univ. Coimbra*, n° 78, pp. 29-36.
- Andrade, A. S. (1976) - Remarques sur le chemisme des gabros d'Odivelas (Massif de Beja). *Mem. Not. Publ. Mus. Lab. Mineral. Geol. Univ. Coimbra* 81: 75-84.
- Andrade, A. S. (1981) - Sobre os três Complexos Gabro-Dioríticos de Beja. *Bol. Soc. Geol. de Portugal XXII*: 73-76.
- Andrade, A. S. (1983) - Contribution à la analyse d la suture Hercynienne de Beja (Portugal), perspectives metallogéniques. *Dr. Sci. Thesis, INLP, Univ. Nancy*, 137 pp.
- Andrade, A. S. (1984) - Sobre a originalidade (ou talvez não) do Maciço de Beja no sudoeste Peninsular. *Mem. Not., Publ. Mus. Lab. Mineral. Geol. Univ. Coimbra* 97: 115-132.
- Andrade, A. S., Ferreira Pinto, A. F., Conde, L. E. N. (1976) - Sur la géologie du Massif de Beja: observations sur la transversale d'Odivelas. *Comun. Serv. Geol. Portugal* 60: 171-202.
- Araújo, A. (1995) - Estrutura de uma geotransversal entre Brinches e Mourão (Zona de Ossa-Morena): implicações na evolução geodinâmica da margem sudoeste do Terreno Autóctone Ibérico. Tese de Doutoramento, Dep. Geociências da Univ. de Évora, 200 p.
- Araújo, A., Fonseca, P. Munhá, J., Moita, P., Pedro, J., Ribeiro, A., (2005) - The Moura Phyllonitic Complex: An Accretionary Complex related with obduction in the Southern Iberia Variscan Suture. *Geodinamica Acta* 18/5, 375-388.
- Araújo, A., Almeida, J. P., Borrego, J., Pedro, J., Oliveira, T. (2006) - As regiões central e sul da Zona de Ossa-Morena. R. Dias, A. Araújo, P. Terrinha, J.C. Kullberg (Eds.), *Geologia de Portugal no contexto da Ibéria*, Universidade de Évora (2006), pp. 151-172
- Arena, R., Fernández, R. D., Rubio Pascual, F. J., Matínez, S. S., Parra, L. M. M., Matas, J., del Tánago, J. G., Jiménez-Díaz, A., Fuenlabrada, J. M., Andonaegui, P., Garcia-Casco, A. (2016) - The Galicia–Ossa-Morena Zone: Proposal for a new zone of the Iberian Massif. Variscan implications. *Tectonophysics*, 681, pp. 135–143.
- Bebien, J. (1972) – Teneurs en TiO₂ des roches volcaniques: comparaison des volcanismes actuel et ophiolitique. *C. R. Acad. Sc. Paris*, 275, D, 1967-1969.
- Black, L., McCulloch, M., (1987) - Evidence for isotopic equilibration of Sm-Nd whole-rock systems in early Archaean crust of Enderby Land, Antarctica. *Earth and Planetary Science Letters*, 82, 15-24.
- Blundy, J. D. & Holland, T. J. B. (1990) - Calcic amphibole equilibria and a new amphibole-plagioclase geothermometer. *Contrib Mineral Petrol* 104, 208-24.

- Caldeira, R., Ribeiro, M. L., Moreira, M. E. (2007) - Geoquímica das sequências máficas e félsicas entre Alvito, Torrão e Alcáçovas (SW da ZOM). *Comunicações geológicas*, tomo 94, pp. 05-28.
- Carvalhosa, A. (1965) - Contribuição para o conhecimento geológico da região entre Portel e Ficalho (Alentejo). *Mem. Serv. Geol. Port.* II: 1-130.
- Carvalhosa, A. (1977) – Características geológicas do Maciço de Évora (nota preliminar). *Bol. Soc. Geol. Portugal*, Lisboa, 20: 283-312.
- Carvalhosa, A. (1983) - Esquema Geológico do Maciço de Évora. *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal* 69/2, 201-208.
- Chichorro, M. (2006) – A evolução tectónica da zona de cisalhamento de Montemor-o-Novo (sudeste da zona de Ossa-Morena – Área de Santiago do Escoural – Cabrela). Ph.D. dissertation, Universidade de Évora, Portugal, 502 pp.
- Chichorro, M., Pereira, M. F., Apraiz, A., Silva, J. B. (2003) – Syntectonic High-Temperature / Low-Pressure metamorphism in the Boa Fé fault zone (Évora Massif, Western Ossa-Morena Zone). *Proceedings VI Congresso Nacional de Geologia*. Universidade Nova Lisboa.
- Chichorro, M., Pereira, M. F., Apraiz, A., Silva, J. B. (2004) – High temperature – Low pressure tectonites from Boa Fé fault zone (Évora Massif, Ossa Morena Zone, Portugal): evidences for transtensional tectonics, *Geogaceta*, 34, pp. 43-46
- Chichorro, M., Pereira, M.F., Díaz-Azpiroz, M., Williams, I.S., Fernández, C., Pin, C., Silva, J.B. (2008) - Cambrian ensialic rift-related magmatism in the Ossa-Morena Zone (Évora-Aracena metamorphic belt, SW Iberian Massif): SM-Nd isotopes and SHRIMP zircon U-Th-Pb geochronology, *Tectonophysics*.
- Coelho, A.V.P., Abranches C., Canilho, M.H. (1986) – O Pórfiro dacítico de Valverde (Alcácer do Sal) idade Rb-Sr e suas implicações. *Ciências da Terra (UNL)*, Lisboa, nº 8. Pp. 65-72.
- Cordani, U.G., Nutman, A.P., Andrade, A.S., Santos, J.H., Azevedo, M.R., Mendes, M.H., Pinto, M.S. (2006) - New U-Pb SHRIMP ages for pré-variscan orthogneisses from Portugal and their bearing on the evolution of the Ossa-Morena Tectonic Zone. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 78 (1), pp. 133-149.
- Deer, W. A., Howie, R. A., Zussman, J. (1992) – An Introduction to the Rock Forming Minerals. Addison Wesley Longman Limited, London, 2nd Edition. 727 pp.
- DePaolo, D. J., (1981) - Nd isotopes in the Colorado Front Range and crust-mantle evolution in the Proterozoic. *Nature*, 291, 193-196.
- DePaolo, D. J. & Wasserburg, G. J. (1976) - Nd isotopic variations and petrogenetic models. *Geophysical Research Letters*. Vol. 3, Issue5. pp. 249-252.
- DePaolo, D. J. (1988) – Neodymium isotope geochemistry. Springer, Berlin.
- Dias, R., Ribeiro, A., (1995b) - The Ibero-Armorican arc: a collisional effect against an irregular continent? *Tectonophysics* 246 (1–3), 113–128.
- Dias, R., Araújo, A., Terrinha, P., Kullberg, J. C. (2013) - *Geologia de Portugal*. Vol. I: Geologia Pré-mesozóica de Portugal. Lisboa: Escolar Editora, 807 pp.

- Dias, R., Ribeiro, A., Romão, J., Coke, C., Moreira, N. (2016) - A review of the arcuate structures in the Iberian Variscides; constraints and genetic models. *Tectonophysics* 681. pp 170–194.
- Downes, H., Duthou, J.L., (1988) - Isotopic and trace element arguments for the lower-crustal origin of Hercynian granitoids and pre-Hercynian orthogneisses, Massif Central (France). *Chem. Geol.* 68, 291–308.
- Faure, G., (1977) - *Principles of Isotope Geology*. John Wiley & Sons, New York, 589.
- Faure, G. & Messing, T. M. (2008) – *Isotopes: Principles and Applications*. 3rd Edition, Hoboken, N.J.: Wiley, ©2005.
- Fernández-Suárez, J., Gutiérrez-Alonso, G., Jeffries, T. E. (2002) – The importance of along-margin terrane transport in northern Gondwana: insights from detrital zircon parentage in Neoproterozoic rocks from Iberia and Brittany. *Earth Planetary Science Letters*, pp. 75-88.
- Floyd, P.A., Winchester, J.A. (1978) - Identification and discrimination of altered and metamorphosed volcanic rocks using immobile elements. *Chem. Geol.*, v. 21, p. 291-306.
- Fonseca, P., Ribeiro, A., (1993) - Tectonics of the Beja-Acebuches Ophiolite: a major suture in the Iberian Variscan Foldbelt. *Geol Rundsch* 82, Springer Verlag, 440-447.
- Gomes, E. M. (2000) – *Metamorfismo de rochas carbonatadas siliciosas da região de Alvito (Alentejo, Sul de Portugal)*. Ph.D. Thesis. Univ. Coimbra, 247pp.
- Gorton, M.P., Schandl, E.S., (2000) - From continents to island arcs: a geochemical index of tectonic setting for arc-related and within-plate felsic to intermediate volcanic rocks. *The Canadian Mineralogist* 38, 1065–1073.
- Hawthorne *et al.* (2012) - Nomenclature of the amphibole supergroup. *American Mineralogist*. Vol. 97 number 11-12: 2031-2048.
- Henriques, S.B.A., (2013) - *Magmatitos e metamorfitos de alto grau no contacto entre as zonas de Ossa Morena e Centro Ibérica: significado geodinâmico*. Unpublished PhD thesis, Universidade de Coimbra, Portugal, (249 pp.).
- Henriques, S.B.A., Neiva, A.M.R., Ribeiro, M.L., Dunning, G.R., Tajčmanová, L., (2015) - Evolution of a Neoproterozoic suture in the Iberian Massif, Central Portugal: New U–Pb ages of igneous and metamorphic events at the contact between the Ossa Morena Zone and Central Iberian Zone. *Lithos* 220–223, pp. 43–59.
- Henriques, S.B.A., Neiva, A.M.R., Tajčmanová, L., Dunning, G.R. (2017) - Cadomian magmatism and metamorphism at the Ossa Morena/Central Iberian zone boundary, Iberian Massif, Central Portugal: Geochemistry and P–T constraints of the Sardeal Complex. *Lithos*, 268–271, pp. 131–148
- Henriques, S.B.A., Neiva, A.M.R., Tajčmanová, L., Dunning, G.R. (2018) - Geochemistry and metamorphism of the Mouriscas Complex, Ossa-Morena/Central Iberian zone boundary, Iberian Massif, Central Portugal: Implications for the Cadomian and Variscan orogenies. *Lithos* 296-299. pp. 496-512.
- Holland, T. & Blundy, J. (1994) - Non-ideal interactions in calcic amphiboles and their bearing on amphibole-plagioclase thermometry. *Contrib Mineral Petrol* 116, 433-47.

- Holland, T.J.B., Powell, R., (1998) - An internally consistent thermodynamic dataset for phases of petrological interest. *Journal of Metamorphic Geology* 16, 309-344.
- Irvine, T.N. & Baragar, W.R.A. (1971) - A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 8, pp. 523-548.
- Jacobsen, S. B. & Wasserburg, G. J. (1980) - Sm-Nd isotopic evolution of chondrites. *Earth and Planetary Science Letters* Vol. 50, Issue 1, pp. 139-155.
- Janoušek, V., Farrow, C. M., Erban, V. (2006) - Interpretation of Whole-rock Geochemical Data in Igneous Geochemistry: Introducing Geochemical Data Toolkit (GCDkit). *Journal of Petrology*, Vol. 47, Issue 6, pp. 1255-1259.
- Janoušek, V., Moyen, J.F., Martin, H., Erban, V., Farrow, C. (2016) – Geochemical Modelling of Igneous Processes – Principles and Recipes in R Language, First Ed.
- Jesus, A. (2011). Ore forming systems in the western compartment of the Beja Layered Gabbroic Sequence (Ossa Morena Zone Portugal). PhD Thesis, Universidade Lisboa, 604 pp.
- Jesus, A., Mateus, A., Munhá, J. M., Tassinari, C. C. G., Bento dos Santos, T., Benoit, M. (2016) - Evidence for underplating in the genesis of the Variscan synorogenic Beja Layered Gabbroic Sequence (Portugal) and related mesocratic rocks. *Tectonophysics* 683, 148-171 pp.
- Johnson, M.C., Plank, T., (1999) - Dehydration and melting experiments constrain the fate of subducted sediments. *Geochem. Geophys. Geosyst.* 1 GC000014.
- Julivert M., Fontboté J., Ribeiro A., Conde L., (1972) - Memória explicativa del Mapa Tectónico de la Península Ibérica y Baleares. Escala 1/1 000 000. Inst. Geol. Min. España, Madrid. 133 pp.
- Keppler, H., (1996) - Constraints from partitioning experiments on the composition of subduction-zone fluids. *Nature*, 380, pp. 237–240.
- Liew, T.C. & Hofmann, A. W. (1988) - Precambrian crustal components, plutonic associations, plate environment of the Hercynian Fold Belt of central Europe: Indications from a Nd and Sr isotopic study. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 98, pp. 129-138.
- Linnemann, U., Pereira, F., Jeffries, T. E., Drost, K., Gerdes, A. (2008) - The Cadomian Orogeny and the opening of the Rheic Ocean: The diachrony of geotectonic processes constrained by LA-ICP-MS U–Pb zircon dating (Ossa-Morena and Saxo-Thuringian Zones, Iberian and Bohemian Massifs). *Tectonophysics*. Vol. 461, Issues 1–4, pp 21-43.
- Locock, A.J. (2014) - An Excel spreadsheet to classify chemical analyses of amphiboles following the IMA 2012 recommendations. *Computers & Geosciences*. Vol. 62, pp 1-11.
- MacDonald, G. A. & Katsura, T. (1964) – Chemical composition of Hawaiian lavas. *J. Petrol.*, 5, pp 82-133.
- Machado, G., Hladil, J., Koptíková, L., Fonseca, P.E., Rocha, F.T. e Galle A. (2009) – The Odivelas Limestone: Evidence for a Middle Devonian reef system in western Ossa-Morena Zone. *Geologica Carpathica*, 60, 2, pp. 121-137
- Machado, G., Hladil, J., Koptikova, L., Slavik, L., Moreira, N., Fonseca, P.E. (2010) - An Emsian-Eifelian Carbonate-Volcaniclastic Sequence and the possible Record of the basal choteč event in western Ossa-Morena Zone, Portugal (Odivelas Limestone), *Geologica Belgica*.

- Mata, J., & J. Munhá (1990) - Magmatogénese de metavulcanitos Câmbrios do Nordeste Alentejano: Os estádios iniciais de rifting continental. *Comun. Serv. Geol. Port.*, 76, pp. 61 – 69.
- Matte, P. (2001) - The Variscan collage and orogeny (480–290 Ma) and the tectonic definition of the Armorica microplate: a review. *Terra Nova*, Volume 13, Issue 2, pp. 122-128.
- Middlemost, E. A. K. (1994) - Naming materials in the magma/igneous rock system-. *Earth-Science Reviews*. Vol. 37, Issues 3–4, pp. 215-224.
- Miyashiro, A. (1974) – Volcanic rock series in Island arcs and active continental margins. *American Journal of Science*, 274, pp 321-355.
- Moreno-Ventas, I., Rogers, G., Castro, A., (1995) - The role of hybridization in the genesis of Hercynian granitoids in the Gredos Massif, Spain: inferences from Sr–Nd isotopes. *Contrib. Mineral. Petrol.* 120, 137–149.
- Morimoto *et al.*, (1989) - Nomenclature of pyroxene. *Mineralogical Journal*. Vol. 14, Issue 5, pp 198-221.
- Mutch, E. J. F., Blundy, J. D., Tattich, B. C., Cooper, F. J., Brooker, R. A. (2016) – An experimental study of amphibole stability in low-pressure granitic magmas and a revised Al-in-hornblend geobarometer. *Contrib Mineral Petrol* 171:85.
- Oliveira, J.T., Oliveira, V., Piçarra, J.M., (1991) - Traços gerais da evolução tectonoestratigrafica da Zona de Ossa Morena em Portugal. *Cuadernos Laboratorio Xeologico Laxe, Coruña*, 16, pp. 221–250.
- Oliveira, V. (1984) - Contribuição para o conhecimento geológico-mineiro da região de Alandroal-Juromenha (Alto Alentejo). *Estudos, Notas e Trabalhos do SFM* 26/1-4, 103-126.
- Oliveira, V., Piçarra, J.M. (1986) - Litoestratigrafia do Anticlinório de Moura-Ficalho (Zona de Ossa Morena). *Maleo* 2/13, p.33.
- Oliveira, V., Matos, J. (1992) - Enquadramento Geológico-Mineiro da Jazida de Enfermarias (Faixa Magnético-Zincífera, Sector SW, da Zona de Ossa-Morena). In: Gutiérrez-Marco, J.C., Saavedra, J., Rábano, I. (Eds.), *Paleozoico Inferior de Ibero-America*. Universidad de Extremadura, 114-115.
- Otten, M. T. (1984) - The origin of brown hornblende in the Artfjallet gabbro and dolerites. *Contrib Mineral Petrol* 86, 189-99.
- Pearce, J. A. (1983) – Role of sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. In: Hawkesworth, C. J. & Nurry, M. J. (eds) *Continental Basalts and Mantle Xenoliths*, Shiva Publishing, Nantwich, 230–249.
- Pearce, J. A. (2008) - Geochemical fingerprinting of oceanic basalts with applications to ophiolite classification and the search for Archean oceanic crust. *Lithos*, 100, pp. 14–48.
- Pearce, J.A., Cann, J.R., (1973) - Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses. *Earth and Planetary Science Letters* 19, 290–300.
- Pearce, J.A., Harris, N. B. W., Tindle, A. G. (1984) - Trace Element Discrimination Diagrams for the Tectonic Interpretation of Granitic Rocks. *Journal of Petrology*, Volume 25, Issue 4, 1 November 1984, Pages 956–983.

- Pearce, T. H., Gorman, B. E., Birkett, T. C. (1977) - The relationship between major element geochemistry and tectonic environment of basic and intermediate volcanic rocks. *Earth Planet Science Letters*. 36. pp. 121-132.
- Pereira, M. F. & Silva, J.B. (2002a) – Neoproterozoic-Paleozoic tectonic evolution of the Coimbra-Cordoba shear zone and related áreas of the Ossa-Morena and Central-Iberian zones (Northeast Alentejo, Portugal). *Com. Inst. Geol. Mineiro*, tomo 89.
- Pereira, M. F. Silva, J. B., Chichorro, M. (2003a) – Internal Structure of the Évora High-grade Terrains and the Montemor-o-Novo Shear Zona (Ossa-Morena Zone, Portugal), *Geogaceta*, 33, pp. 79-82.
- Piçarra J.M. (2000) - Estudo estratigráfico do sector de Estremoz-Barrancos, Zona de Ossa Morena, Portugal. Vol. I - Litoestratigrafia do intervalo Câmbrico médio?-Devónico inferior, Vol. II - Bioestratigrafia do intervalo Ordovícico-Devónico inferior. Tese de doutoramento, Universidade de Évora, 268 pp.
- Piçarra, J.M., Oliveira, V., Oliveira, J.T. (1992b) - Paleozóico, Estratigrafia, Zona de Ossa Morena. In Oliveira, J.T. (coord.): Carta Geológica de Portugal à escala 1:200 000, Notícia explicativa da folha 8, Serviços Geológicos de Portugal, 17-25.
- Piçarra, J.M., Le Meen, J. (1994) - Ocorrência de crinóides em mármore do Complexo Vulcano-Sedimentar Carbonatado de Estremoz: implicações estratigráficas. *Comunicações do Instituto Geológico e Mineiro* 80, 15-25.
- Pin, C., Duthou, J.L., (1990) - Sources of Hercynian granitoids from the French Massif Central: inferences from Nd-isotopes and consequences for crustal evolution. *Chem. Geol.* 83, 281–296.
- Pin, C., Paquette, J. L, Fonseca, P. E. (1999) - 350 Ma (U-Pb zircon) igneous emplacement age and Sr-Nd isotopic study of the Beja gabbroic complex (S. Portugal) - In: XV Reunión de Geología del Oeste Peninsular, Disputación de Badajoz, Badajoz, Spain. Gámez JA, Eguiluz L & Palacios T (Eds.): 190-194.
- Pin, C., Fonseca, P. E., Paquette, J. L., Castro, P., Matted, P. (2008) - The ca. 350 Ma Beja Igneous Complex: A record of transcurrent slab break-off in the Southern Iberia Variscan Belt? *Tectonophysics*. Vol. 461, Issues 1–4, pp. 356-377.
- Priem, H. N. A., Boelrijk, N. A. I. M., Hebeda, E. H., Verdumen, E. A. Th., Verchure, R. A. (1976) - Isotopic dating in Southern Portugal. *E.CO.G. IV Meeting*, 1976.
- Priem, H.N.A., Boelrijk, N.A.I.M., Hebeda, E.H., Schermerhorn, L.J.G., (1986) - Isotopic ages of the Alcáçovas orthogneiss and the Beja Porphyries, South Portugal. *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal* 72, 3–7.
- Quesada, C., (1990) - OssaMorena zone, introduction. In: Dallmeyer, R.D.,Martínez-Garcia, E. (Eds.), *Pre-Mesozoic Geology of Iberia*. Springer-Verlag, Berlin, pp. 249–251.Ribeiro & Sanderson, 1996).
- Quesada, C. & Munhá, J.M. (1990a) - Ossa Morena Zone: Na introduction. Em “Pre Mesozoic Geology of Iberia” edited by Dallmeyer, R.D. and E. Martinez-Garcia (eds). Springer-Verlag: pp. 249-251.
- Ribbe, P. H. (1983) - Feldspar mineralogy. *Mineralogical Society of America*. 2nd. Ed., pp 362.

- Robardet M. (2003) - The Armorica 'microplate': fact or fiction? Critical review of the concept and contradictory palaeobiogeographical data. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Volume 195, Issues 1–2, 5 June 2003, Pages 125-148
- Romeu, I., Lunar, R., Capote, R., Quesada, C., Dunning, G.R., Piña, R., Ortega, L. (2006) - U–Pb age constraints on Variscan magmatism and Ni–Cu–PGE metallogeny in the Ossa–Morena Zone (SW Iberia). *Journal of the Geological Society*, 163, pp. 837-846
- Rosas F (2003) - Estudo tectónico do sector de Viana do Alentejo - Alvito; evolução geodinâmica e modelação analógica de estruturas em afloramentos chave (Ramo Sul da Cadeia Varisca Ibérica – SW da Zona de Ossa-Morena). PhD Thesis, Univ. Lisboa, 264 pp.
- Sánchez-García, T., Quesada, C., Bellido, F., Dunning, G.R., González del Tánago, J. (2008) - Two-step magma flooding of the upper crust during rifting: The Early Paleozoic of the Ossa Morena Zone (SW Iberia). *Tectonophysics*, Volume 461, Issues 1–4, pp. 72-90
- Santos, J. F. (1990) - Petrologia do sector Ocidental da unidade de Odivelas (Maciço de Beja). M.Sc. Thesis, Univ. Aveiro, 226 pp.
- Santos, J. F., Andrade, S. A. , Munhá, J. (1990) - Magmatismo orogénico Varisco no limite meridional da Zona de Ossa-Morena. *Comun. Serv. Geol. Portugal* 76: 91-124.
- Santos, J. F., Moita, P., Marques, J. (2012) - Sr and Nd isotope composition of the Alcáçovas calc-alkaline rocks (OssaMorena Zone, Portugal). *Goldschmidt 2012 Conference Abstracts*
- Schäfer, H. J., Gebauer, D., Nägler, T., Eguiluz, L. (1993) - Conventional and ion-microprobe U-Pb dating of detrital zircons of the Tentudía Group (Serie Negra, SW Spain): implications for zircon systematics, stratigraphy, tectonics and the Precambrian/Cambrian boundary. *Contributions to Mineralogy and Petrology*. Volume 113, Issue 3, pp 289–299
- Schandl & Gorton (2002) - Application of high field strength elements to discriminate tectonic settings in vms environments. *Economic Geology* (2002) 97 (3): 629-642.
- Schmidt, M. W. (1992) - Amphibole composition in tonalite as a function of pressure: an experimental calibration of the Al-in-hornblende barometer. *Contrib Mineral Petrol* 110, 304-10.
- SGP (Serviços Geológicos de Portugal) (1992) - Carta Geológica de Portugal à escala 1:500 000. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.
- Simancas, J. F., Carbonell, R., González Lodeiro, F., Pérez Estaún, A., Juhlin, C., Ayarza, P., Kashubin, A., Azor, A., Martínez Poyatos, D., Almodóvar, G.R., Pascual, E., Saéz, R., Expósito, I. (2003) - Crustal structure of the transpressional Variscan orogen of SW Iberia: SW Iberia deep seismic reflection profile (IBERSEIS) – *Tectonics*. Vol. 22, Issue 6.
- Shand, S. J. (1943) - *Eruptive rocks*, 2nd ed, pp 1-444.
- Steiger & Jäger (1977) - Subcommission on geochronology: Convention on the use of decay constants in geo- and cosmochronology. *Earth and Planetary Science Letters*. Vol. 36, Issue 3, pp. 359-362.
- Sun, S. & Mcdonough, W.F. (1989). Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In: SAUNDERS AD AND NORRYY MJ (Eds), *Magmatism in the Ocean Basins*. *Geol Soc Special Publication* 42: 313–345.

- Turpin, L., Cuney, M., Friedrich, M., Bouchez, J.L., Aubertin, M., (1990) - Meta-igneous origin of Hercynian peraluminous granites in the NW French Massif Central: implications for crustal history reconstructions. *Contrib. Mineral. Petrol.* 118, 13–32.
- Villaseca, C., Barbero, L. Rogers, G. (1998) - Crustal origin of Hercynian peraluminous granitic batholiths of Central Spain: petrological, geochemical and isotopic (Sr, Nd) constraints. *Lithos* 43. pp. 55–79
- Winter, J. D. (2013) – *Principles of Igneous and Metamorphic Petrology*. Pearson Education, Inc, 2nd Edition.
- Wilson, M., (1989) - *Igneous Petrogenesis*. Unwin Hyman, London. pp. 466.

13. Anexos

Tab. 9 – Análises de microsonda electrónica para os feldspatos dos Ortognaisses das Alcáçovas.

	Feldspatos													Total
	SiO2	TiO2	Al2O3	Cr2O3	Fe2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	SrO	BaO	
FRT-11	65.27	0	17.749	0	0	0.122	0	0	0.066	0.613	14.802	0.094	0.539	99.255
	65.916	0.037	17.547	0	0	0.08	0.002	0	0.039	0.347	15.725	0	0.332	100.025
	65.385	0	17.661	0	0	0.012	0	0	0.057	0.833	15.741	0.118	0.232	100.039
	83.482	0.017	7.345	0	0	0.521	0.026	0	0.06	0.513	5.421	0	0.047	97.432
	65.344	0	17.9	0	0	0.027	0	0.001	0.072	0.613	16.025	0	0.23	100.212
	65.872	0.018	18.047	0	0	0	0.009	0	0.252	2.387	13.396	0	0.147	100.128
	65.332	0	17.815	0	0	0.045	0.018	0	0.036	0.546	16.297	0.066	0.199	100.354
	65.234	0	17.976	0	0	0.02	0	0	0.013	0.377	16.578	0	0.367	100.565
	65.386	0.039	17.887	0	0	0.052	0.03	0.005	0.041	0.794	16.511	0.088	0.227	101.06
	65.083	0	17.983	0	0	0.044	0.018	0.004	0.045	0.484	16.223	0	0.336	100.22
	65.914	0	17.722	0	0	0.032	0.022	0.004	0	0.453	16.243	0	0.422	100.812
	64.636	0.04	17.839	0	0	0.084	0	0	0.059	0.403	16.436	0.018	0.71	100.225
	65.615	0	18.052	0	0	0.044	0	0.002	0.046	0.842	15.843	0	0.104	100.548
	65.444	0.022	17.802	0	0	0.03	0	0.004	0.021	0.621	16.183	0.069	0.187	100.383
	65.492	0.027	17.828	0	0	0.059	0	0	0.055	0.604	16.238	0	0.232	100.535
	67.881	0.039	18.878	0	0	0.461	0.022	0.009	0.619	8.188	5.878	0.056	0.263	102.294
	65.971	0	17.81	0	0	0.079	0.015	0.007	0.139	0.752	15.892	0	0.197	100.862
	65.663	0	17.996	0	0	0.132	0.083	0	0.102	0.982	15.534	0.054	0.315	100.861
	64.976	0	17.682	0	0	0.045	0.02	0.009	0.027	0.295	16.666	0.023	0.353	100.096
	66.186	0	18.157	0	0	0.014	0.042	0	0.346	3.123	13.914	0.106	0.331	102.219
	75.587	0	11.248	0	0	0.416	0	0	0.111	2.943	4.116	0.138	0.12	94.679
	65.082	0	17.796	0	0	0.021	0.055	0	0.07	0.281	16.766	0	0.1	100.171
	65.753	0.039	17.648	0	0	0	0	0.02	0	0.41	16.606	0.077	0.277	100.83
	65.886	0	17.247	0	0	0.029	0.033	0	0	0.507	16.378	0.107	0.244	100.431
	64.949	0	17.209	0	0	0.073	0.056	0.005	0.074	0.506	16.384	0	0.246	99.502
	64.034	0	17.078	0	0	0.041	0	0	0.028	0.414	16.383	0.028	0.403	98.409
	65.211	0.005	17.341	0	0	0.059	0	0.023	0	0.518	16.295	0	0.166	99.618
	66.061	0	17.615	0	0	0.035	0	0	0.078	1.087	13.789	0.035	0.085	98.785
	65.006	0	17.539	0	0	0.331	0.035	0.043	0.045	0.245	16.504	0.032	0.379	100.159
	65.199	0.012	17.319	0	0	0.021	0	0	0.012	0.613	16.239	0.059	0.237	99.711
	65.534	0.004	17.266	0	0	0.024	0	0.008	0	0.553	16.243	0	0.298	99.93
	65.529	0.013	17.785	0	0	0.023	0	0	0.026	0.266	16.705	0	0.287	100.634
	65.528	0.028	17.979	0	0	0.025	0	0	0.035	0.6	16.151	0.095	0.253	100.694
	65.761	0.001	17.601	0	0	0.062	0.013	0.016	0	0.48	16.4	0.063	0.137	100.534
	65.778	0.026	17.783	0	0	0.095	0	0.006	0.035	0.424	16.434	0	0.18	100.761
	65.942	0.041	18.075	0	0	0	0	0.005	0.08	0.7	15.949	0	0.336	101.128
	65.537	0.006	17.964	0	0	0.016	0	0	0.049	0.599	16.172	0.151	0.429	100.923
	65.709	0.009	21.553	0	0	0.084	0.017	0.023	1.838	9.883	0.826	0	0.08	100.022
	66.414	0	19.88	0	0	0.342	0.028	0.159	1.418	10.372	0.249	0	0.11	98.972
	67.228	0	19.789	0	0	0.132	0	0	2.219	9.864	0.112	0	0	99.344
	66.197	0	20.008	0	0	0.01	0	0.017	2.154	10.31	0.089	0.1	0	98.885
	66.224	0	18.904	0	0	0.23	0.024	0.022	0.741	7.756	6.809	0	0.263	100.973
	67.365	0	19.599	0	0	0.118	0	0.021	1.646	10.401	0.372	0.016	0.087	99.625
	65.328	0.022	20.675	0	0	0.144	0	0.021	2.327	9.68	0.27	0	0.047	98.514
	65.709	0.009	21.553	0	0	0.084	0.017	0.023	1.838	9.883	0.826	0	0.08	100.022
66.414	0	19.88	0	0	0.342	0.028	0.159	1.418	10.372	0.249	0	0.11	98.972	
67.228	0	19.789	0	0	0.132	0	0	2.219	9.864	0.112	0	0	99.344	
66.197	0	20.008	0	0	0.01	0	0.017	2.154	10.31	0.089	0.1	0	98.885	
66.224	0	18.904	0	0	0.23	0.024	0.022	0.741	7.756	6.809	0	0.263	100.973	
67.365	0	19.599	0	0	0.118	0	0.021	1.646	10.401	0.372	0.016	0.087	99.625	
65.328	0.022	20.675	0	0	0.144	0	0.021	2.327	9.68	0.27	0	0.047	98.514	
FRT-13	60.798	0	23.945	0	0	0.397	0.005	0.026	2.06	7.77	2.727	0	0.152	97.88
	64.217	0	22.126	0	0	0.125	0	0.009	3.921	9.053	0.237	0.128	0	99.816
	63.687	0	22.352	0	0	0.091	0	0	3.971	9.338	0.182	0	0.073	99.694
	63.666	0.053	22.516	0	0	0.151	0	0	4.26	8.666	0.185	0.059	0	99.556
	65.772	0	21.168	0	0	0.014	0.062	0.001	2.688	9.958	0.104	0.036	0	99.803
	65.799	0.055	21.292	0	0	0.035	0.041	0	3.027	9.58	0.084	0	0	99.913
	65.405	0	21.472	0	0	0.031	0	0	3.086	9.836	0.111	0	0	99.941
	65.946	0	21.101	0	0	0.04	0	0	2.857	10.009	0.135	0	0	100.088
	64.307	0	22.077	0	0	0.06	0.032	0.002	3.827	9.158	0.226	0	0	99.689
	62.669	0	21.766	0	0	0.178	0.029	0	5.552	8.623	0.442	0.002	0.038	99.299
	65.647	0.007	21.312	0	0	0.031	0.051	0.006	2.933	9.921	0.167	0.012	0.101	100.188
	64.363	0	21.122	0	0	0.048	0	0.001	3.207	9.462	0.207	0	0	98.41
	69.617	0	18.543	0	0	0.005	0	0.006	1.834	9.488	0.081	0	0	99.574
	66.022	0	21.077	0	0	0.138	0.022	0	0.708	10.233	1.628	0.064	0	99.892
	76.755	0	16.528	0	0	0.184	0	0.009	0.6	8.374	0.286	0	0	102.736
	67.79	0	19.837	0	0	0.075	0	0.018	2.168	9.347	0.124	0.063	0	99.422
	63.555	0.026	21.653	0	0	0.642	0	0.001	3.828	9.127	0.211	0	0	99.043
	62.54	0.027	21.739	0	0	0.005	0.036	0	4.082	8.703	0.138	0	0	97.27
	64.264	0	22.084	0	0	0.128	0.005	0.004	4.03	8.809	0.205	0.113	0.04	99.682
	63.208	0.017	22.365	0	0	0.115	0.053	0	4.186	9.097	0.13	0.115	0.035	99.321
	64.3	0.002	20.995	0	0	0.276	0.042	0	3.396	9.564	0.267	0	0	98.842
	66.936	0	19.698	0	0	0.039	0.021	0	1.229	10.03	1.603	0	0.054	99.61
	67.22	0	19.873	0	0	0.057	0.027	0.015	1.215	9.847	1.566	0.231	0.136	100.187
	65.964	0	20.09	0	0	0.121	0.056	0.014	1.317	8.682	2.405	0	0.223	98.872
	64.689	0	17.888	0	0	0.093	0	0.009	0.019	0.53	16.46	0	0.518	100.206

Tab. 10 - Análises de microsonda electrónica para os feldspatos dos Ortognaisses das Alcáçovas (continuação).

	Feldspatos													
	SiO2	TiO2	Al2O3	Cr2O3	Fe2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	SrO	BaO	Total
FRT-13	65.847	0.026	17.874	0	0	0.01	0.009	0.012	0.039	0.883	15.672	0	0.662	101.034
	64.639	0.016	17.696	0	0	0.043	0	0	0	0.639	16.136	0	0.594	99.763
	65.553	0	17.847	0	0	0.054	0.006	0	0.031	0.514	16.321	0	0.643	100.969
	65.657	0.039	17.844	0	0	0.081	0	0.009	0.052	1.309	15.491	0	0.485	100.967
	64.488	0.023	19.238	0	0	0.184	0.05	0	0.464	6.113	7.576	0.107	0.221	98.464
	63.952	0	20.82	0	0	0.116	0.046	0.041	1.223	9.093	1.041	0.183	0	96.515
	74.415	0	17.938	0	0	0.025	0.083	0.002	2.359	7.407	0.187	0.071	0	102.487
	65.246	0.011	17.767	0	0	0.025	0.024	0	0.036	0.664	16.08	0	0.352	100.205
	64.323	0.109	17.831	0	0	0	0	0	0.03	0.471	16.215	0.014	0.289	99.282
	65.062	0	17.8	0	0	0.004	0.006	0	0	0.549	16.107	0	0.296	99.824
	66.198	0	18.931	0	0	0.055	0	0.004	0.96	7.671	1.75	0.055	0.075	95.699
	65.78	0	17.927	0	0	0.035	0	0	0.09	1.222	13.868	0.017	0.286	99.225
	65.271	0.001	17.863	0	0	0.29	0.089	0.013	0.071	1.308	15.75	0.035	0.338	101.029
	64.721	0.039	17.775	0	0	0	0	0	0.062	0.477	16.245	0	0.168	99.487
	65.483	0	17.677	0	0	0.053	0.013	0	0.028	0.462	16.289	0.135	0.232	100.372
	65.165	0	17.96	0	0	0.041	0.011	0.017	0	0.299	16.607	0.114	0.443	100.657
	65.317	0.036	17.977	0	0	0	0	0.006	0.015	0.335	16.526	0	0.701	100.913
	64.958	0.034	17.732	0	0	0.009	0	0	0.027	0.445	16.423	0.073	0.573	100.274
	64.18	0	21.654	0	0	0.062	0.023	0.005	3.601	8.144	0.207	0	0	97.876
	65.565	0	18.018	0	0	0	0	0	0	0.582	16.313	0	0.53	101.008
	72.377	0.019	15.568	0	0	0.26	0	0.005	0.982	7.705	0.442	0.147	0.009	97.514
	65.01	0	17.84	0	0	0.061	0.02	0.01	0.027	1.01	15.218	0.18	0.433	99.809
	65.662	0	17.965	0	0	0.037	0	0.002	0.028	0.584	15.913	0.113	0.353	100.657
	65.322	0	17.779	0	0	0.011	0.002	0.017	0	0.273	16.487	0.136	0.351	100.378
	64.336	0	17.323	0	0	0	0.033	0.004	0	0.39	16.072	0	0.298	98.456
	65.132	0	17.635	0	0	0.003	0	0	0.019	0.557	15.891	0.113	0.367	99.717
	63.042	0.026	22.135	0	0	0.225	0	0.041	0.829	7.604	2.879	0.023	0	96.804
	65.09	0.034	17.842	0	0	0.035	0.004	0	0.018	0.787	15.856	0.014	0.234	99.914
	65.127	0	17.764	0	0	0.049	0	0	0.041	0.297	16.343	0.015	0.277	99.913
	65.53	0	17.462	0	0	0.02	0.001	0	0.271	2.081	13.269	0.025	0.144	98.803
65.045	0.008	17.06	0	0	0.077	0.007	0	0.01	0.475	16.352	0.075	0.396	99.505	
65.367	0	17.409	0	0	0.06	0.021	0.043	0.063	1.188	15.12	0.141	0.312	99.724	
64.99	0	17.374	0	0	0.067	0.096	0	0.034	0.43	16.438	0	0.414	99.843	
70.886	0.017	16.394	0	0	0.018	0.008	0.002	1.298	5.058	9.588	0	0.153	103.422	
65.267	0	17.301	0	0	0.049	0	0.007	0.012	0.984	15.881	0.118	0.357	99.976	
65.344	0	16.987	0	0	0.028	0.034	0	0.01	0.599	16.192	0.134	0.23	99.558	
65.732	0	17.107	0	0	0.058	0.054	0.015	0.108	0.431	16.006	0.033	0.339	99.883	
FRT-16	67.177	0.013	20.084	0	0	0	0.021	0	1.585	10.615	0.197	0.167	0.096	99.955
	67.592	0	19.973	0	0	0.013	0	0	1.614	10.343	0.144	0.105	0	99.784
	67.527	0	19.588	0	0	0.016	0.012	0	1.238	10.796	0.114	0.068	0.066	99.425
	67.93	0	20.106	0	0	0.056	0	0	1.537	10.652	0.118	0	0	100.399
	68.07	0	19.874	0	0	0.054	0.035	0.005	1.092	10.542	0.29	0.113	0.016	100.091
	69.246	0	19.372	0	0	0.036	0.016	0.004	0.663	11.557	0.091	0.031	0	101.016
	68.108	0.023	19.882	0	0	0.002	0	0	1.25	11.073	0.111	0.054	0.021	100.524
	82.885	0	6.41	0	0	0.007	0	0.004	0.773	5.692	0.049	0	0	95.82
	69.298	0	19.435	0	0	0.018	0.009	0	0.676	11.325	0.12	0.109	0	100.99
	68.507	0	19.519	0	0	0.01	0.024	0.011	0.859	11.063	0.141	0.055	0	100.189
	67.971	0.022	19.005	0	0	0.004	0.039	0.003	1.076	10.825	0.237	0	0	99.182
	67.994	0	19.618	0	0	0.018	0	0	1.279	10.82	0.271	0.066	0	100.066

Tab. 11 - Análises de microsonda electrónica para os feldspatos dos Ortognaisses das Alcáçovas (continuação).

	Feldspatos													Total
	SiO2	TiO2	Al2O3	Cr2O3	Fe2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	SrO	BaO	
	67.839	0	19.751	0	0	0.055	0.012	0	1.486	10.62	0.319	0	0	100.082
	68.111	0	19.101	0	0	0.061	0.025	0	1.17	10.969	0.308	0.112	0	99.857
	68.925	0.009	18.668	0	0	0	0.037	0	0.682	11.233	0.115	0.049	0.023	99.741
	67.885	0	19.705	0	0	0.034	0	0.002	1.493	10.735	0.157	0.071	0.026	100.108
	69.393	0	18.796	0	0	0.039	0	0	0.615	11.257	0.101	0.123	0	100.324
	68.45	0	19.381	0	0	0.011	0.001	0.016	1.379	10.964	0.155	0	0.049	100.406
	68.016	0	20.335	0	0	0.019	0	0.019	1.492	10.801	0.135	0.027	0	100.844
	68.132	0	20.086	0	0	0.042	0.03	0.003	1.379	10.668	0.183	0	0	100.523
	67.556	0.003	19.976	0	0	0	0.04	0	1.497	10.813	0.162	0	0.005	100.052
	68.905	0.021	19.723	0	0	0	0	0.005	1.058	11.107	0.139	0.094	0.028	101.08
	68.05	0.015	19.827	0	0	0.004	0.052	0	1.615	10.636	0.16	0	0	100.359
	68.249	0.043	20.129	0	0	0.04	0	0	1.738	10.542	0.343	0	0	101.084
	69.759	0.046	19.397	0	0	0.007	0	0	0.569	11.41	0.101	0.053	0	101.342
	69.118	0	19.251	0	0	0.019	0	0	0.514	11.444	0.117	0.086	0	100.549
	68.828	0	19.662	0	0	0.004	0.058	0	1.185	10.937	0.197	0.02	0	100.891
	68.091	0	19.648	0	0	0.049	0.049	0.017	1.081	10.785	0.216	0	0	99.936
	69.114	0.005	19.199	0	0	0.047	0	0.005	0.606	11.308	0.14	0.061	0.016	100.501
	69.429	0.02	18.723	0	0	0.028	0.007	0	0.444	11.328	0.07	0.075	0	100.124
	65.978	0.002	17.713	0	0	0	0.047	0.014	0	0.861	16.035	0.106	0.073	100.829
	65.997	0	17.646	0	0	0.025	0.045	0	0	0.571	16.285	0.051	0.024	100.644
	65.508	0	17.587	0	0	0.034	0.012	0	0	0.132	17.042	0.02	0.133	100.468
	65.842	0.018	17.772	0	0	0.012	0	0	0	0.45	16.44	0.102	0	100.636
	65.763	0	17.776	0	0	0.055	0.003	0	0	0.344	16.768	0.097	0.078	100.884
	65.41	0	17.528	0	0	0.046	0.063	0	0	0.259	16.914	0	0.102	100.322
	65.692	0	17.57	0	0	0.028	0.027	0	0.037	0.442	16.66	0.1	0.024	100.58
	65.499	0.048	17.867	0	0	0.033	0	0	0.008	0.355	16.571	0.123	0	100.504
	65.208	0	17.713	0	0	0.018	0.005	0	0.033	0.506	16.326	0.079	0.095	99.983
	64.994	0.013	17.625	0	0	0	0	0	0.025	0.2	16.975	0	0.092	99.924
	66.017	0	17.629	0	0	0.058	0	0	0.008	0.365	16.491	0	0	100.568
	64.925	0	17.436	0	0	0	0.019	0	0.004	0.296	16.689	0.022	0.002	99.393
	65.856	0.002	17.67	0	0	0	0.013	0	0.026	0.198	16.866	0	0.137	100.768
	65.645	0	17.754	0	0	0.047	0.04	0.003	0.021	0.286	16.746	0	0	100.542
	65.315	0.002	17.589	0	0	0.139	0.049	0.009	0.005	0.279	16.956	0.022	0	100.365
	64.932	0.031	17.333	0	0	0.053	0.035	0.016	0.002	0.219	16.951	0.143	0.019	99.734
	65.556	0	17.68	0	0	0.049	0	0	0	0.832	15.877	0.008	0	100.002
	65.218	0	17.561	0	0	0.075	0	0.02	0.005	0.299	16.812	0	0.036	100.026
	65.708	0	17.754	0	0	0.026	0	0	0	0.167	17.013	0.061	0	100.729
	65.89	0.018	17.588	0	0	0.016	0.054	0.002	0.015	0.536	16.431	0	0	100.55
	66.109	0	17.77	0	0	0.014	0.006	0.008	0.024	1.117	15.863	0	0.055	100.966
	66.369	0	17.595	0	0	0	0	0.013	0	0.618	16.261	0	0	100.856
	66.123	0	17.541	0	0	0	0.059	0.005	0.02	0.974	15.783	0.005	0	100.51
	65.81	0	17.742	0	0	0.008	0	0.006	0	0.732	16.059	0.07	0.09	100.517
	65.828	0.005	17.591	0	0	0.008	0	0.017	0.034	0.408	16.55	0	0	100.441
	66.092	0.02	17.616	0	0	0.009	0	0	0.002	0.516	16.407	0.079	0.119	100.86
	66.408	0.03	17.667	0	0	0.043	0.027	0	0.042	0.658	16.296	0.006	0.05	101.227
	65.783	0.002	17.398	0	0	0	0	0.004	0	0.334	16.785	0	0.05	100.356
	66.502	0	17.495	0	0	0.018	0	0	0.076	0.482	16.322	0.15	0.036	101.081
	65.577	0	17.551	0	0	0.004	0	0	0	0.293	16.886	0	0	100.311
	66.442	0	17.12	0	0	0.022	0.053	0	0	0.54	16.336	0.049	0.083	100.645
	66.436	0.007	17.613	0	0	0.039	0	0.007	0.013	0.688	15.996	0	0.019	100.818
	66.051	0.043	16.805	0	0	0.049	0.037	0.013	0.038	0.552	16.437	0	0.043	100.068
	65.773	0.004	17.281	0	0	0.053	0	0.001	0	0.268	16.722	0.114	0.021	100.237
	66.472	0.002	16.987	0	0	0.011	0	0	0.015	0.405	16.7	0.156	0	100.748
	64.592	0.018	16.855	0	0	0.117	0	0.013	0.031	0.233	16.608	0	0.04	98.507
	65.729	0.037	17.118	0	0	0.038	0.007	0.007	0	0.452	16.66	0	0.045	100.093
	66.363	0	17.014	0	0	0	0.042	0	0.048	0.578	16.365	0.028	0.069	100.507
	65.527	0	16.691	0	0	0.006	0.001	0	0.001	0.483	16.465	0.015	0.083	99.272
	65.635	0.026	16.956	0	0	0.043	0.031	0	0	0.215	16.973	0.072	0.102	100.053
	65.571	0	17.554	0	0	0.008	0	0.006	0.005	0.461	16.651	0.016	0	100.272
	65.248	0.052	17.44	0	0	0.106	0	0	0.008	0.456	16.502	0	0.014	99.826
	65.288	0	17.449	0	0	0.012	0	0.007	0	0.265	16.872	0.053	0	99.946
	65.532	0	17.101	0	0	0.016	0	0.011	0.019	0.199	16.921	0	0.012	99.811
	65.653	0	17.322	0	0	0.017	0.015	0.002	0	0.394	16.548	0.026	0.09	100.067
	65.926	0	17.183	0	0	0.072	0	0	0	0.171	17.041	0	0.152	100.545

Tab. 12 - Análises de microsonda electrónica para as anfíbolos nos Ortognaisses das Alcáçovas

	Anfíbolos														Total
	SiO2	TiO2	Al2O3	Cr2O3	Fe2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	ZnO	F	Cl	
FRT-13	41.509	0.706	9.719	0.096	0	24.6	0.271	6.414	9.798	1.029	1.262	0.067	0.056	0.663	100
	41.602	0.714	9.936	0.118	0	25.556	0.344	4.921	11.312	1.314	1.635	0.021	0.008	0.917	100
	32.635	0.234	11.536	0.095	0	23.012	0.239	6.086	7.866	1.077	1.358	0.044	0	0.393	100
	42.02	0.958	9.437	0.016	0	25.055	0.279	5.448	11.328	1.383	1.446	0.059	0.032	0.813	100
	42.786	0.803	8.993	0.09	0	25.104	0.306	5.551	11.388	1.077	1.396	0.091	0.058	0.817	100
	26.855	1.728	16.333	0.058	0	32.53	0.367	8.26	4.49	0.03	0.132	0.039	0.059	0.047	100
	27.018	1.759	16.36	0.072	0	32.444	0.412	8.227	4.487	0.03	0.148	0.027	0.081	0.059	100
	40.918	0.649	9.641	0.098	0	25.323	0.286	5.716	10.103	1.032	1.448	0	0.066	0.798	100
	43.432	0.825	7.225	0.048	0	24.917	0.349	6.03	11.661	0.784	1.149	0.008	0	0.805	100
	43.502	0.837	8.466	0.073	0	24.515	0.286	5.836	11.355	0.97	1.383	0.05	0.082	0.767	100
	43.243	0.707	8.006	0.069	0	24.165	0.317	5.824	11.536	0.945	1.229	0.054	0	0.757	100
	42.47	0.238	9.342	0.064	0	24.036	0.32	5.121	10.847	0.86	1.583	0.037	0.136	1.036	100
	48.073	0.561	11.154	0.038	0	16.33	0.184	5.773	8.926	2.767	1.249	0.029	0.176	0.666	100
	42.319	0.27	9.77	0.076	0	24.441	0.306	5.771	11.38	1.186	1.308	0	0.133	0.842	100
	28.91	0.7	16.052	0.065	0	33.983	0.332	9.329	0.108	0.016	0.506	0.035	0	0.074	100
	41.853	0.845	8.976	0.085	0	24.161	0.296	5.718	11.367	1.103	1.311	0.073	0.016	0.643	100
	44.444	0.555	7.995	0.061	0	23.841	0.333	6.467	11.239	1.135	1.005	0.029	0.066	0.69	100
	43.635	0.467	9.014	0.087	0	26.085	0.491	5.044	11	0.563	1.303	0	0	0.662	100
	59.076	0	14.966	0.102	0	16.084	0.229	2.612	4.198	0.684	6.996	0.004	0	0.446	105.296
	58.864	0.057	14.977	0.099	0	16.138	0.23	2.729	4.111	0.667	7.016	0.006	0	0.423	105.222

Tab. 13 - Análises de microsonda electrónica para os feldspatos das Rochas Básicas Metamórficas.

	Feldspatos													Total
	SiO2	TiO2	Al2O3	Cr2O3	Fe2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	SrO	BaO	
FRT-7	57.26	0.038	26.931	0	0	0.182	0.011	0	9.753	5.748	0.135	0	0.018	100.076
	59.926	0.071	24.996	0	0	0.169	0	0.006	7.667	7.079	0.159	0.019	0	100.092
	58.115	0.003	26.624	0	0	0.14	0.054	0	9.214	6.002	0.158	0.116	0.066	100.492
	58.775	0	25.526	0	0	0.05	0	0.003	8.27	6.461	0.133	0	0	99.218
	57.876	0	25.605	0	0	0.116	0.017	0.028	8.432	6.224	0.285	0	0	98.583
	57.694	0.016	26.288	0	0	0.148	0.002	0	9.124	5.982	0.128	0	0.03	99.412
	55.757	0.011	26.81	0	0	0.117	0	0.005	10.163	5.26	0.11	0	0.084	98.317
	57.233	0.054	26.422	0	0	0.132	0.003	0	9.32	5.981	0.164	0	0	99.309
	57.193	0	26.358	0	0	0.237	0.023	0.026	9.11	5.945	0.138	0	0.051	99.081
	56.604	0	26.713	0	0	0.126	0.104	0	9.496	5.787	0.122	0	0	98.952
	56.151	0	27.01	0	0	0.134	0.006	0.021	10.245	5.295	0.127	0	0.04	99.029
	56.323	0.014	26.544	0	0	0.171	0.021	0.007	9.492	5.7	0.126	0	0	98.398
	56.228	0	26.883	0	0	0.111	0.031	0.057	9.662	5.47	0.424	0	0.038	98.904
	56.905	0.055	26.769	0	0	0.127	0.033	0.013	9.76	5.839	0.114	0	0.097	99.712
	56.147	0	26.775	0	0	0.075	0.064	0	9.969	5.77	0.1	0	0.084	98.984
	55.332	0	27.614	0	0	0.141	0.066	0	10.456	5.084	0.364	0	0	99.057
	58.396	0	25.904	0	0	0.134	0.019	0	8.61	6.554	0.101	0.024	0	99.742
	57.786	0	26.679	0	0	0.105	0	0	9.47	6	0.117	0.05	0.082	100.289
	58.001	0.019	25.791	0	0	0.098	0.049	0.005	8.449	6.571	0.213	0.047	0	99.243
	58.92	0	25.074	0	0	0.129	0.023	0.013	7.416	6.844	0.192	0	0.113	98.724
	60.99	0	23.134	0	0	0.471	0	0.148	1.93	7.548	2.668	0.031	0	96.92
	61.499	0	22.931	0	0	0.033	0.046	0.016	5.554	8.075	0.19	0.019	0	98.363
	63.299	0	19.445	0	0	0.267	0	0.155	0.513	2.632	12.147	0.781	0.052	99.291
	63.747	0.003	17.726	0	0	0.118	0	0.034	0	0.264	16.764	0.184	0.003	98.843
	65.159	0.009	20.528	0	0	0.262	0	0.116	1.504	8.956	1.166	0	0.256	97.956
	65.144	0	20.43	0	0	0.106	0	0.069	1.5	9.003	0.771	0	0	97.023
	65.298	0.025	17.104	0	0	0.096	0	0.003	0	0.191	16.713	0.503	0.047	99.98
	64.66	0	20.597	0	0	0.145	0	0.076	1.507	8.693	1.105	0.061	0	96.844
	62.748	0	21.381	0	0	0.932	0.103	0.128	2.477	7.882	2.211	0.066	0.019	97.947
	58.348	0.019	26.246	0	0	0.124	0.006	0	8.848	6.32	0.119	0.005	0.038	100.073
	56.579	0	26.641	0	0	0.214	0	0.056	9.793	5.639	0.547	0	0.113	99.582
	57.576	0	25.902	0	0	0.142	0	0.017	9.063	6.165	0.141	0	0	99.006
	57.004	0.006	26.442	0	0	0.142	0.04	0	9.373	5.974	0.14	0.012	0.02	99.153
	56.698	0	26.829	0	0	0.091	0.106	0.007	9.744	5.819	0.126	0	0.057	99.477
	58.79	0	25.312	0	0	0.105	0	0.007	8.077	6.735	0.138	0	0.032	99.196
	64.629	0	21.842	0	0	0.164	0	0.104	1.862	9.058	1.315	0	0.008	98.982
	66.098	0	20.134	0	0	0	0.062	0.006	1.428	9.928	0.303	0	0.205	98.164
	62.817	0.033	22.524	0	0	0.078	0.024	0	5.224	8.604	0.185	0	0	99.489
	100.97	0	0.006	0	0	0	0	0	0.031	0.004	0.004	0	0.086	101.101
	66.403	0.002	20.747	0	0	0.107	0.009	0.108	0.591	9.761	1.191	0	0.076	98.995
62.113	0.032	22.69	0	0	0.008	0	0.102	4.776	8.188	0.389	0.047	0	98.345	
60.946	0	24.044	0	0	0.068	0	0.008	6.488	7.731	0.168	0	0	99.453	
64.053	0.021	22.972	0	0	0.017	0	0	4.514	8.756	0.192	0.005	0.112	100.642	
63.443	0	22.713	0	0	0.092	0	0.001	5.036	8.591	0.242	0	0	100.118	
62.446	0	22.691	0	0	0.317	0.035	0.079	4.731	8.45	0.331	0.054	0	99.134	
59.72	0	24.993	0	0	0.145	0.01	0	7.45	7.048	0.197	0.007	0.07	99.64	
61.054	0.052	24.046	0	0	0.032	0.002	0.011	6.606	7.548	0.183	0	0.022	99.556	
FRT-12b	62.761	0.006	23.369	0	0	0.216	0.025	0.031	5.451	8.182	0.16	0.084	0.007	100.292
	60.803	0.003	24.607	0	0	0.173	0.014	0.009	6.906	7.322	0.261	0	0	100.098
	60.691	0.003	24.352	0	0	0.18	0	0.004	6.501	7.642	0.158	0.001	0	99.532
	62.298	0	22.835	0	0	0.143	0.043	0	5.152	8.417	0.15	0.085	0	99.123
	62.949	0	23.371	0	0	0.104	0	0	4.603	8.451	0.607	0.096	0	100.181
	61.458	0	24.029	0	0	0.131	0.027	0	6.352	7.676	0.103	0	0.047	99.823
	61.992	0	23.529	0	0	0.102	0.046	0	5.703	8.061	0.27	0.043	0.002	99.748
	63.13	0	22.955	0	0	0.163	0.009	0.011	5.193	8.407	0.178	0.066	0	100.112
	62.87	0.029	23.089	0	0	0.2	0	0	5.311	8.476	0.167	0.087	0.05	100.279
	61.46	0	23.867	0	0	0.171	0	0	5.974	7.998	0.098	0.004	0.024	99.596
	63.05	0	23.209	0	0	0.09	0.025	0.003	5.159	8.448	0.125	0.071	0	100.18
	62.714	0.017	23.089	0	0	0.122	0	0.006	5.257	8.473	0.196	0.05	0.043	99.967
	61.533	0	23.077	0	0	0.388	0.053	0.007	5.347	8.388	0.133	0.036	0.019	98.981
	62.977	0.016	22.956	0	0	0.044	0.007	0	4.737	8.627	0.135	0	0.04	99.539
	63.113	0.017	23.301	0	0	0.046	0	0	5.308	8.73	0.11	0.03	0	100.655
	63.566	0	22.916	0	0	0.087	0.032	0	5.167	8.675	0.125	0.064	0	100.632
	63.327	0.028	22.805	0	0	0.083	0.01	0	5.017	8.401	0.165	0.197	0.054	100.087
	62.779	0	22.864	0	0	0.065	0	0	4.869	8.757	0.142	0	0	99.476
	61.985	0	23.173	0	0	0.344	0.043	0.01	3.935	8.165	1.221	0.118	0.021	99.015
	63.691	0	22.173	0	0	0.151	0	0	4.163	9.113	0.239	0.013	0.005	99.548
	63.422	0	22.761	0	0	0.074	0	0.009	4.609	8.676	0.092	0	0	99.643
	63.749	0	22.885	0	0	0.031	0.011	0	4.735	8.73	0.111	0	0	100.252
	63.206	0	23.161	0	0	0.073	0	0	5.203	8.646	0.239	0.034	0.024	100.586
	63.362	0	23.057	0	0	0.217	0.006	0.007	4.949	8.939	0.19	0	0	100.727
	62.835	0	21.893	0	0	0.374	0.065	0.125	1.484	7.519	2.391	0.05	0.031	96.767
	65.834	0	20.339	0	0	0.153	0	0.037	1.479	8.57	1.386	0.242	0	98.04
	62.959	0.027	22.21	0	0	0.078	0.051	0	4.845	7.796	0.218	0.188	0.139	98.511
	63.148	0.011	21.812	0	0	0.053	0	0	4.869	7.891	0.118	0	0	97.902
	62.942	0.04	22.027	0	0	0.032	0.053	0	4.898	7.521	0.283	0	0	97.796

Tab. 14 - Análises de microsonda electrónica para os feldspatos das Rochas Básicas Metamórficas (continuação).

	Feldspatos													
	SiO2	TiO2	Al2O3	Cr2O3	Fe2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	SrO	BaO	Total
FRT-12b	62.555	0	21.802	0	0	0.07	0.004	0.012	3.952	7.369	0.169	0.051	0.021	96.005
	64.459	0	20.62	0	0	0.222	0	0.024	1.478	8.454	1.017	0.288	0	96.562
	62.651	0.008	20.764	0	0	0.169	0.055	0.006	4.238	7.718	2.399	0	0.009	98.017
	65.952	0	19.94	0	0	0.189	0	0.056	1.369	8.964	1.099	0.171	0	97.74
	66.342	0	19.354	0	0	0.041	0.023	0.021	1.022	9.45	0.675	0.254	0	97.182
	68.528	0	19.994	0	0	0.132	0.041	0	1.235	10.817	0.795	0	0.035	101.577
	66.925	0.005	20.359	0	0	0.011	0	0.014	1.427	9.986	0.643	0.022	0.007	99.399
	64.565	0	21.978	0	0	0.126	0.012	0	0.962	8.349	1.98	0.01	0.028	98.01
	65.874	0	20.312	0	0	0.916	0.025	0.055	1.1	9.654	0.846	0	0	98.782
	66.259	0	20.806	0	0	0.097	0.029	0.017	1.163	10.044	2.011	0.107	0	100.533
	63.674	0	23.01	0	0	0.065	0.004	0	3.941	8.514	0.538	0	0.08	99.826
	63.118	0	22.608	0	0	0.313	0	0.083	1.103	7.909	3.069	0.114	0.087	98.404
	63.618	0.027	22.515	0	0	0.248	0.038	0	4.783	8.863	0.118	0	0	100.21
	63.369	0.005	22.377	0	0	0.123	0	0	4.512	8.385	0.24	0.063	0.017	99.091
	63.327	0	23.016	0	0	0.04	0	0	5.112	8.617	0.122	0.078	0	100.312
	63.748	0.035	22.794	0	0	0.023	0	0	4.799	8.647	0.104	0.16	0.04	100.35
	63.598	0	23.075	0	0	0.078	0.024	0.028	4.928	8.64	0.149	0.073	0.012	100.605
	62.731	0	23.397	0	0	0.245	0.007	0.042	1.21	8.031	3.063	0.024	0.012	98.762
	63.644	0.017	22.339	0	0	0.076	0	0	4.632	8.681	0.166	0.214	0	99.769
	63.877	0.004	22.884	0	0	0.051	0.061	0	4.732	8.375	0.182	0.142	0	100.308
	63.796	0	22.922	0	0	0.037	0.034	0.002	4.706	8.783	0.16	0	0.064	100.504
	63.875	0	22.824	0	0	0.051	0.013	0	4.61	8.797	0.219	0.071	0.071	100.531
	63.096	0.021	23.192	0	0	0.031	0.037	0	5.032	8.567	0.184	0	0	100.16
	64.334	0	22.8	0	0	0.101	0	0	4.379	8.799	0.212	0.091	0.052	100.768
	64.092	0	22.732	0	0	0.053	0.04	0	4.648	8.794	0.142	0.129	0	100.63
	63.143	0.006	23.248	0	0	0.104	0.003	0	5.132	8.25	0.17	0	0.147	100.203
	63.847	0	22.733	0	0	0.062	0.016	0.003	4.646	8.624	0.154	0.008	0.05	100.143
	62.647	0	23.156	0	0	0.034	0.068	0.013	5.29	8.581	0.153	0	0	99.942
	63.429	0	22.962	0	0	0.171	0	0	5.061	8.718	0.242	0	0	100.583
	62.869	0	23.354	0	0	0.149	0	0	5.357	8.33	0.23	0.166	0.04	100.495
	62.587	0.045	22.993	0	0	0.141	0.009	0	5.157	8.395	0.212	0.084	0.038	99.661
	63.163	0	23.049	0	0	0.113	0	0	5.095	8.551	0.184	0.08	0.014	100.249
	63.548	0.026	22.813	0	0	0.131	0	0	5	8.653	0.161	0.006	0	100.338
62.121	0.007	23.937	0	0	0.178	0	0.003	6.193	7.952	0.19	0.134	0.033	100.748	
62.742	0.03	22.924	0	0	0.046	0	0.004	5.129	8.614	0.162	0.006	0	99.657	
63.049	0	23.051	0	0	0.118	0	0.005	5.096	8.413	0.612	0.083	0	100.427	
67.802	0	19.792	0	0	0.067	0.063	0.029	0.581	10.508	1.395	0.015	0.05	100.302	
65.976	0	17.659	0	0	0.1	0	0.015	0	0.136	16.856	0.199	0.105	101.046	
63.341	0	22.038	0	0	0.164	0.027	0.037	3.594	8.935	0.799	0.315	0.047	99.297	
FRT-14	60.29	0.011	24.48	0	0	0.204	0.03	0	7.158	7.13	0.125	0.052	0.092	99.572
	59.904	0	24.703	0	0	0.14	0	0	7.634	7.099	0.09	0.003	0	99.573
	61.019	0	24.249	0	0	0.224	0	0.01	6.833	7.45	0.153	0	0.043	99.981
	60.981	0.018	24.034	0	0	0.148	0	0.001	6.831	7.496	0.169	0.131	0	99.809
	61.23	0.001	23.959	0	0	0.162	0.045	0	6.198	7.608	0.166	0.055	0.047	99.471
	60.468	0.006	24.686	0	0	0.088	0.052	0.013	6.876	7.195	0.173	0.104	0	99.661
	63.216	0.013	22.968	0	0	0.13	0	0	5.293	8.377	0.226	0	0	100.223
	62.358	0.01	23.365	0	0	0.122	0	0.002	5.509	8.309	0.175	0.073	0	99.923
	62.993	0	22.789	0	0	0.064	0.046	0	4.955	8.487	0.131	0.034	0	99.499
	63.539	0	22.705	0	0	0.172	0.007	0.017	4.886	8.557	0.151	0	0	100.034
	63.095	0.018	22.765	0	0	0.178	0	0	4.624	8.32	0.217	0	0	99.217
	60.383	0.026	24.016	0	0	0.168	0.013	0.001	6.907	7.124	0.164	0	0	98.802
	60.082	0.015	24.284	0	0	0.141	0	0.01	7.182	7.226	0.126	0	0.026	99.092
	63.983	0	20.18	0	0	0.389	0	0.034	1.61	2.15	12.282	0.12	0.112	100.86
	61.366	0.064	23.784	0	0	0.079	0.043	0.021	6.669	7.617	0.125	0	0.05	99.818
	61.716	0.013	23.375	0	0	0.159	0	0.017	6.325	7.819	0.149	0.105	0	99.678
	59.992	0	24.534	0	0	0.148	0	0	7.249	7.26	0.122	0.068	0.033	99.406
	61.892	0	20.543	0	0	0.325	0.059	0.014	0.334	0.59	15.273	0.048	0.202	99.28
	58.947	0.041	23.663	0	0	0.94	0	0.156	0.52	1.516	12.301	0.033	0.195	98.312
	61.083	0	23.754	0	0	0.163	0.02	0	6.735	7.606	0.096	0	0	99.457

Tab. 15 - Análises de microsonda electrónica para os feldspatos das Rochas Básicas Metamórficas (continuação).

	Feldspatos													Total
	SiO2	TiO2	Al2O3	Cr2O3	Fe2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	SrO	BaO	
	60.632	0.021	24.387	0	0	0.157	0.04	0.001	6.622	7.26	0.501	0	0	99.621
	61.618	0.009	23.639	0	0	0.208	0.013	0	5.935	7.958	0.179	0	0.031	99.59
	62.974	0.019	23.205	0	0	0.217	0	0	5.328	8.389	0.158	0.012	0	100.302
	62.078	0.032	23.385	0	0	0.224	0	0	5.629	8.363	0.202	0	0.05	99.963
	60.336	0.043	24.652	0	0	0.33	0	0	7.167	7.096	0.166	0.063	0	99.853
	58.022	0	26.335	0	0	0.125	0.007	0	9.008	6.264	0.108	0.219	0.031	100.119
	59.057	0.039	25.416	0	0	0.156	0	0	8.017	6.671	0.133	0	0.019	99.508
	60.192	0	24.836	0	0	0.128	0	0.021	7.42	7.277	0.119	0	0	99.993
	60.875	0	24.25	0	0	0.265	0.007	0.022	6.754	7.763	0.177	0	0.019	100.132
	64.121	0	22.255	0	0	0.125	0	0.002	4.516	8.377	0.174	0.069	0.087	99.726
	63.459	0	22.158	0	0	0.144	0	0.01	5.014	8.319	0.21	0	0.002	99.316
	62.777	0.035	22.251	0	0	0.151	0.009	0	5.086	8.134	0.289	0	0	98.732
	63.639	0	22.027	0	0	0.094	0	0.022	4.292	8.679	0.288	0.104	0.061	99.206
	63.226	0.015	22.354	0	0	0.135	0	0.009	4.926	8.244	0.168	0.033	0.045	99.155
	63.975	0.01	22.407	0	0	0.139	0.035	0	4.968	8.445	0.203	0.048	0.038	100.268
	63.847	0	22.179	0	0	0.097	0.036	0.032	4.286	8.548	0.138	0	0.054	99.217
	63.49	0.014	21.904	0	0	0.099	0	0	4.444	8.412	0.312	0.058	0.045	98.778
	64.048	0.002	21.261	0	0	0.019	0.026	0	3.879	8.939	0.407	0.047	0.026	98.654
	64.317	0.006	20.824	0	0	0.056	0	0	3.699	9.191	1.384	0.03	0.078	99.585
	63.964	0	22.148	0	0	0.105	0.019	0	4.647	8.608	0.176	0.018	0	99.685
FRT-14	63.802	0	22.058	0	0	0.114	0.053	0.009	4.914	8.846	0.146	0.058	0	100
	62.921	0.014	22.305	0	0	0.155	0	0.006	4.705	8.503	0.433	0.013	0.078	99.133
	63.156	0.007	22.004	0	0	0.145	0	0	4.718	8.921	0.221	0.003	0.009	99.184
	80.569	0.024	12.547	0	0	0.089	0	0	2.791	5.155	0.063	0.022	0.069	101.329
	63.124	0	22.116	0	0	0.124	0.019	0.023	4.81	8.579	0.239	0	0	99.034
	63.567	0	22.077	0	0	0.131	0	0	4.405	8.909	0.14	0.076	0.033	99.338
	68.998	0.012	19.282	0	0	0.066	0.016	0	4.116	7.601	0.108	0.021	0	100.22
	63.005	0.06	22.569	0	0	0.17	0.014	0.006	5.341	8.445	0.194	0.097	0	99.901
	62.94	0.056	22.894	0	0	0.225	0	0	5.33	8.52	0.174	0.083	0	100.222
	63.557	0	22.37	0	0	0.006	0.011	0.019	4.615	8.908	0.24	0.138	0	99.864
	63.396	0	22.147	0	0	0.115	0	0.006	4.85	8.48	0.174	0.099	0.104	99.371
	60.138	0.004	25.038	0	0	0.244	0	0.002	7.155	6.558	0.899	0.048	0	100.086
	61.123	0.043	24.361	0	0	0.188	0	0.011	4.768	6.271	2.055	0.048	0.085	98.953
	63.316	0.029	18.81	0	0	0.085	0	0.009	1.05	1.194	14.296	0.191	0.229	99.209
	62.699	0	22.925	0	0	0.123	0	0	5.014	7.955	0.216	0.005	0	98.937
	63.575	0.029	22.739	0	0	0.116	0	0.007	4.861	7.739	0.231	0.06	0.083	99.44
	63.431	0	22.793	0	0	0.096	0	0.005	4.952	7.791	0.143	0	0	99.211
	63.292	0.039	22.707	0	0	0.124	0.036	0	4.832	7.804	0.211	0	0.054	99.099
	60.1	0	24.511	0	0	0.125	0.025	0	7.119	6.571	0.16	0.035	0	98.646
	63.506	0	22.443	0	0	0.01	0	0	4.248	8.058	0.329	0.058	0	98.652
	63.484	0	22.463	0	0	0.092	0	0.011	4.714	7.919	0.178	0.06	0	98.921

Tab. 16 - Análises de microsonda electrónica para as anfíbolos das Rochas Básicas Metamórficas.

	Anfíbolos														Total
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	ZnO	F	Cl	
FRT-7	45.105	1.557	9.311	0.178	0	18.073	0.27	9.125	11.361	1.204	1	0	0.018	0.414	97.616
	47.203	1.206	7.981	0.16	0	16.813	0.334	10.457	11.512	1.135	0.776	0.027	0	0.284	97.888
	45.029	2.181	9.802	0.137	0	15.566	0.212	10.529	11.305	1.658	1.041	0	0	0.405	97.865
	45.857	2.089	8.978	0.162	0	15.544	0.186	10.897	11.077	1.589	0.965	0	0.134	0.336	97.814
	44.634	2.29	9.848	0.175	0	15.819	0.172	9.999	11.287	1.643	1.058	0.029	0	0.397	97.351
	44.811	2.192	10.016	0.154	0	16.065	0.16	9.978	11.603	1.403	1.092	0	0.052	0.389	97.915
	44.17	2.374	10.154	0.166	0	16.441	0.178	9.802	11.249	1.743	1.17	0	0.142	0.43	98.019
	44.971	1.98	9.414	0.221	0	16.591	0.187	9.734	11.471	1.478	1.011	0.048	0.061	0.357	97.524
	43.843	2.128	10.244	0.153	0	16.423	0.195	10.036	11.104	1.894	1.083	0.035	0.091	0.375	97.604
	44.732	2.24	9.873	0.151	0	15.624	0.182	10.208	11.534	1.537	1.092	0.06	0.056	0.394	97.683
	45.447	2.051	8.854	0.185	0	15.554	0.142	11.085	11.983	1.194	0.931	0.054	0.043	0.336	97.859
	44.896	2.271	9.659	0.203	0	16.557	0.194	10.061	11.522	1.467	1.109	0	0.077	0.432	98.448
	43.927	2.358	10.073	0.21	0	16.67	0.243	9.969	11.308	1.644	1.154	0.004	0.081	0.424	98.065
	44.021	2.462	10.141	0.127	0	16.514	0.272	9.754	11.445	1.591	1.177	0	0.154	0.448	98.106
	44.911	2.306	9.607	0.083	0	16.687	0.271	10.083	11.274	1.604	1.071	0	0.114	0.354	98.365
	44.932	2.23	9.569	0.159	0	16.532	0.237	10.034	11.511	1.504	1.065	0	0	0.359	98.132
	44.248	2.218	9.773	0.225	0	17.286	0.212	9.451	11.489	1.568	1.092	0.008	0.014	0.447	98.031
	44.854	2.149	9.584	0.278	0	17.121	0.305	9.648	11.622	1.336	1.025	0.054	0.017	0.37	98.363
	44.436	2.376	9.498	0.197	0	16.864	0.192	9.975	11.176	1.62	1.103	0.052	0.124	0.421	98.034
	44.339	2.303	9.731	0.152	0	16.918	0.222	9.806	11.294	1.619	1.116	0.062	0	0.451	98.013
	43.733	2.206	9.929	0.174	0	16.986	0.296	9.639	11.263	1.803	1.106	0	0.069	0.437	97.641
	45.678	1.943	8.66	0.183	0	16.155	0.266	10.512	11.326	1.616	0.931	0	0	0.329	97.599
	46.047	1.508	9.041	0.152	0	16.187	0.243	10.452	11.927	1.169	0.916	0.025	0.036	0.312	98.015
	43.596	2.365	10.316	0.173	0	16.63	0.3	9.548	11.593	1.62	1.185	0	0	0.404	97.73
	45.076	2.282	10.353	0.167	0	15.412	0.257	9.836	11.757	1.386	1.18	0.069	0	0.404	98.179
	43.803	2.34	10.192	0.147	0	16.613	0.258	9.552	11.545	1.673	1.204	0.012	0.043	0.4	97.782
	47.271	1.225	7.973	0.117	0	16.547	0.235	10.738	11.762	1.223	0.788	0	0.113	0.259	98.251
	46.947	0.997	7.962	0.098	0	16.187	0.318	11.039	11.195	1.469	0.78	0	0.091	0.266	97.349
	44.253	1.942	9.825	0.124	0	17.096	0.258	9.341	11.401	1.545	1.131	0.066	0	0.465	97.447
	43.703	2.212	10.078	0.112	0	17.336	0.286	9.465	11.345	1.534	1.213	0.071	0.071	0.481	97.907
FRT-12b	41.664	1.789	9.705	0.127	0	22.145	0.239	6.921	11.335	1.334	1.265	0.039	0	0.521	97.084
	43.357	1.631	9.385	0.131	0	21.602	0.279	6.896	11.603	1.476	1.279	0.031	0.036	0.576	98.282
	43.768	2.31	8.723	0.103	0	21.206	0.352	7.504	10.946	1.769	1.227	0.117	0	0.461	98.486
	43.135	2.473	9.359	0.121	0	21.06	0.348	7.109	11.088	1.844	1.317	0.018	0.13	0.479	98.481
	43.445	2.366	9.055	0.143	0	21.355	0.323	7.239	10.906	1.89	1.266	0.033	0.077	0.507	98.605
	43.369	1.762	9.483	0.142	0	21.573	0.291	6.945	11.467	1.612	1.23	0.057	0.025	0.476	98.432
	49.661	0.354	4.046	0.079	0	20.242	0.43	9.377	11.797	0.728	0.528	0.053	0	0.268	97.563
	44.79	1.73	8.652	0.149	0	21.055	0.311	7.374	11.326	1.412	1.132	0.063	0.207	0.322	98.523
	47.473	1.238	6.945	0.096	0	19.669	0.331	9.2	11.43	1.116	0.729	0.047	0.024	0.179	98.477
	43.315	2.321	9.035	0.125	0	21.214	0.357	7.256	11.104	1.529	1.248	0.102	0	0.397	98.003
FRT-14	42.614	2.335	9.752	0.052	0	22.006	0.278	6.426	10.955	1.861	1.298	0.032	0	0.176	97.785
	44.165	1.782	8.874	0.032	0	21.276	0.331	7.412	10.951	1.863	1.11	0	0.023	0.138	97.957
	43.467	1.955	9.72	0.091	0	21.255	0.271	6.831	11.056	1.847	1.199	0.166	0	0.156	98.014
	42.984	2.331	9.636	0.105	0	21.086	0.262	7.155	10.958	1.868	1.301	0	0.007	0.179	97.872
	43.873	1.547	9.225	0.079	0	21.683	0.292	6.863	11.177	1.704	1.128	0	0.05	0.125	97.746
	43.599	2.097	9.541	0.116	0	21.209	0.272	7.079	11.017	1.914	1.273	0.017	0.051	0.168	98.353
	43.775	1.821	9.312	0.075	0	21.229	0.282	7.158	11.258	1.557	1.188	0.013	0.112	0.196	97.976
	43.142	1.937	9.589	0.093	0	21.306	0.254	7.029	11.088	1.845	1.183	0	0.044	0.165	97.675
	43.381	2.078	9.908	0.11	0	20.972	0.253	7.025	10.978	1.877	1.248	0.021	0	0.151	98.002
	45.135	1.172	8.751	0.075	0	21.852	0.3	7.157	11.495	1.133	0.976	0	0	0.181	98.227
	43.468	2.081	9.532	0.046	0	21.639	0.307	6.668	10.914	1.914	1.232	0.027	0.187	0.202	98.217
	42.98	1.676	9.309	0.114	0	22.258	0.311	5.777	11.147	1.461	1.211	0	0.103	0.41	96.757
	44.008	1.887	9.174	0.062	0	21.471	0.378	6.033	10.931	1.691	1.121	0	0	0.174	96.93
	43.7	2.264	9.361	0.081	0	20.392	0.292	6.738	10.993	1.589	1.233	0.019	0.21	0.196	97.068
	43.594	2.143	9.364	0.095	0	21.067	0.371	6.429	11.15	1.655	1.211	0.097	0.129	0.199	97.504
	43.64	1.976	9.39	0.114	0	21.067	0.288	6.38	11.081	1.657	1.202	0.103	0.061	0.17	97.129
	43.812	2.157	9.194	0.045	0	20.99	0.299	6.414	10.827	1.769	1.22	0	0.157	0.164	97.048
	43.053	2.108	9.577	0.055	0	21.376	0.349	5.991	10.971	1.851	1.25	0.031	0.033	0.18	96.825
	45.157	1.621	8.266	0.07	0	21.861	0.345	6.337	11.212	1.296	0.962	0.017	0	0.162	97.306
	43.668	1.952	9.313	0.111	0	21.807	0.306	5.838	11.273	1.252	1.137	0.032	0.042	0.204	96.935
	42.996	2.153	9.562	0.095	0	21.885	0.287	6.475	10.938	1.925	1.197	0.011	0.059	0.173	97.756
	43.762	2.256	9.242	0.092	0	21.197	0.267	7.101	10.974	1.633	1.192	0.105	0.154	0.153	98.128
	43.607	2.029	9.319	0.104	0	21.748	0.32	6.58	11.072	1.769	1.128	0	0.119	0.18	97.975
	43.62	2.086	9.141	0.086	0	21.733	0.283	6.913	10.829	1.891	1.164	0.038	0.076	0.173	98.033
	43.853	1.778	9.221	0.041	0	21.934	0.318	6.675	10.913	1.865	1.101	0	0	0.172	97.871
	43.163	2.028	8.835	0.089	0	22.066	0.26	6.823	10.753	1.524	1.122	0.117	0	0.172	96.952
	43.563	1.835	9.14	0.064	0	22.7	0.368	6.139	10.941	1.606	1.124	0.029	0.023	0.193	97.725
	43.071	2.273	9.368	0.086	0	21.806	0.324	6.698	10.817	1.895	1.217	0.015	0	0.168	97.738
	43.461	1.988	9.194	0.1	0	21.574	0.275	6.831	10.853	1.782	1.201	0.011	0.135	0.2	97.605
	43.175	2.378	9.373	0.052	0	21.505	0.212	6.974	10.995	1.776	1.303	0	0.076	0.167	97.986
43.499	2.099	9.19	0.055	0	21.456	0.263	6.855	11.031	1.823	1.218	0	0.111	0.164	97.764	
43.75	1.861	9.288	0.092	0	21.409	0.243	6.703	11.258	1.411	1.183	0	0	0.189	97.387	
43.79	1.808	9.21	0.102	0	21.363	0.189	7.198	11.329	1.643	1.191	0	0.092	0.165	98.08	
43.042	2.257	9.29	0.083	0	22.094	0.353	6.468	10.934	1.773	1.29	0	0.12	0.2	97.904	
43.654	2.109	9.251	0.064	0	21.924	0.27	6.588	10.984	1.632	1.213	0	0	0.184	97.873	
42.897	2.563	9.332	0.099	0	21.885	0.243	6.783	10.86	1.802	1.364	0	0	0.192	98.02	
44.135	1.908	8.861	0.106	0	21.63	0.274	7.09	11.081	1.662	1.13	0.046	0	0.159	98.082	
42.682	2.428	9.464	0.107	0	21.898	0.271	6.648	10.927	1.721	1.336	0	0.051	0.171	97.704	
43.8	1.865	9.353	0.083	0	21.966	0.297	6.628	11.07	1.443	1.169	0	0.129	0.193	97.996	
42.777	2.233	9.567	0.136	0	22.002	0.261	6.65								

Tab. 17 - Análises de microsonda electrónica para as piroxenas das Rochas Básicas Metamórficas.

		Piroxenas													
	SiO2	TiO2	Al2O3	Cr2O3	Fe2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	NiO	F	V2O3	Total
FRT-7	53.52	0.076	0.742	0.083	0	10.996	0.357	12.537	21.698	0.202	0	0	0	0.035	100.246
	52.919	0.075	1.048	0.046	0	10.605	0.3	12.482	21.6	0.215	0.047	0	0	0.031	99.368
	53.561	0.062	0.83	0.115	0	10.514	0.286	12.657	22.174	0.207	0.001	0.034	0	0.064	100.551
	53.131	0.091	0.742	0.116	0	11.195	0.324	12.456	21.361	0.217	0	0.021	0.019	0.06	99.831
	53.204	0.051	0.79	0.122	0	10.797	0.336	12.445	21.757	0.212	0.001	0.029	0	0.04	99.784
	53.245	0.063	0.609	0.076	0	10.546	0.342	12.378	22.139	0.222	0	0.05	0	0.055	99.725
	53.465	0.109	0.647	0.112	0	10.747	0.387	12.425	21.799	0.202	0	0.004	0.096	0.081	100.034
	53.699	0.068	0.609	0.111	0	10.48	0.334	12.429	22.131	0.179	0	0.017	0.087	0.035	100.142
	53.225	0.085	0.636	0.155	0	11.535	0.316	12.253	21.388	0.251	0	0.044	0.087	0.074	100.012
	53.252	0.091	0.571	0.092	0	11.517	0.291	12.416	21.304	0.204	0	0	0	0.026	99.764
	53.304	0.143	0.758	0.114	0	11.054	0.296	12.355	21.564	0.237	0	0	0	0.088	99.913
	53.076	0.046	0.625	0.077	0	10.796	0.305	12.535	21.762	0.235	0	0	0	0.026	99.483
	53.363	0.069	0.67	0.117	0	10.946	0.367	12.422	21.808	0.22	0	0	0.009	0.052	100.058
	53.276	0.078	0.468	0.151	0	11.846	0.361	12.195	21.431	0.205	0	0	0.046	0.064	100.115
	53.393	0.053	0.324	0.14	0	11.763	0.328	12.079	21.69	0.246	0.007	0.037	0	0.06	100.12
FRT-14	53.774	0.255	1.28	0.075	0	19.895	0.352	10.094	12.078	0.14	0.111	0	0	0.096	98.15
	54.617	0.032	0.704	0.121	0	19.512	0.354	10.604	12.208	0.107	0.03	0	0	0.046	98.335
	51.72	0.288	3.362	0.052	0	20.289	0.325	9.452	11.998	0.413	0.268	0	0	0.147	98.314
	49.73	0.216	3.824	0.115	0	20.662	0.348	8.199	11.612	0.402	0.401	0.04	0.121	0.257	95.927
	53.958	0.103	2.185	0.068	0	18.819	0.362	10.649	11.511	0.332	0.135	0.017	0	0.113	98.252
	51.043	0.155	2.946	0.108	0	19.974	0.373	10.197	12.002	0.289	0.145	0.008	0	0.234	97.474
	53.835	0.099	0.836	0.098	0	19.985	0.4	10.335	11.869	0.195	0.068	0	0	0.1	97.82
	53.479	0.144	1.847	0.095	0	18.818	0.325	10.997	11.207	0.292	0.15	0.063	0.017	0.042	97.476
	54.45	0.088	0.887	0.122	0	18.318	0.4	11.823	11.935	0.188	0.059	0.103	0.062	0.037	98.472
	54.918	0.136	1.315	0.09	0	18.125	0.362	11.595	11.865	0.232	0.086	0.086	0.129	0.097	99.036
	50.671	0.175	4.438	0.117	0	18.363	0.295	10.438	11.645	0.339	0.3	0.042	0	0.2	97.023
	54.386	0.089	0.652	0.094	0	19.828	0.396	10.851	11.694	0.116	0.05	0.027	0	0.074	98.257
	54.429	0.109	0.92	0.082	0	18.706	0.379	11.311	11.905	0.203	0.069	0.033	0.014	0.092	98.252
	54.098	0.091	0.936	0.082	0	18.833	0.37	11.268	11.772	0.185	0.06	0	0.04	0.111	97.846
	52.363	0.139	2.516	0.069	0	21.089	0.441	9.529	11.276	0.491	0.216	0	0.069	0.232	98.43
	47.297	0.484	5.643	0.075	0	21.648	0.381	8.449	11.233	0.877	0.514	0.065	0	0.559	97.225
	51.971	0.173	2.766	0.079	0	20.673	0.529	10.182	10.933	0.392	0.196	0.008	0.12	0.108	98.13
	46.494	0.357	6.275	0.099	0	22.02	0.297	8.05	11.324	0.716	0.654	0	0	0.378	96.664
	54.143	0.086	1.343	0.113	0	17.709	0.373	11.758	12.184	0.164	0.094	0.063	0.018	0.095	98.143
	52.424	0.216	3.159	0.086	0	18.921	0.337	9.363	10.913	0.427	0.261	0.044	0.116	0.23	96.497
54.669	0.074	0.64	0.096	0	20.056	0.429	10.583	11.702	0.131	0.053	0.105	0.069	0.097	98.704	
53.856	0.067	1.133	0.085	0	20.728	0.393	10.023	11.685	0.225	0.085	0.015	0.025	0.107	98.427	

Tab. 18 - Análises de microsonda electrónica para as piroxenas das Rochas Básicas Metamórficas (continuação).

	Piroxenas														Total
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	ZnO	F	Cl	
FRT-7	51.431	0.869	4.691	0.121	0	15.243	0.319	12.435	12.124	0.557	0.384	0.006	0	0.142	98.322
	50.782	0.773	5.094	0.108	0	16.139	0.374	12.231	11.447	0.717	0.363	0	0	0.129	98.157
	53.186	0.098	3.949	0.087	0	15.262	0.361	13.113	11.826	0.541	0.218	0.031	0.079	0.075	98.826
	51.887	0.092	4.296	0.092	0	15.584	0.352	12.758	11.763	0.561	0.254	0	0.043	0.124	97.806
	54.097	0.214	2.774	0.097	0	14.441	0.246	13.686	12.342	0.256	0.141	0.014	0	0.09	98.398
	54.385	0.155	2.475	0.065	0	14.414	0.267	14.026	12.179	0.229	0.158	0	0	0.053	98.406
	53.055	0.303	3.202	0.116	0	15.098	0.318	13.218	12.335	0.349	0.238	0.074	0.062	0.085	98.453
	52.51	0.238	4.02	0.136	0	15.176	0.249	12.795	12.17	0.363	0.31	0.029	0.035	0.211	98.242
	53.361	0.121	3.019	0.111	0	15.873	0.349	13.384	11.035	0.545	0.183	0.017	0	0.097	98.095
	53.484	0.151	2.516	0.078	0	14.875	0.362	13.979	11.895	0.395	0.151	0	0.045	0.065	97.996
	55.77	0.115	0.771	0.143	0	15.038	0.321	14.009	12.094	0.105	0.043	0.029	0	0.046	98.484
	54.424	0.139	1.919	0.053	0	16.3	0.249	12.599	11.993	0.253	0.104	0.015	0	0.039	98.087
	54.818	0.14	1.548	0.131	0	15.198	0.318	13.814	11.483	0.116	0.05	0.128	0.008	0.052	97.804
	53.796	0.029	3.443	0.064	0	15.378	0.284	12.505	11.594	0.486	0.209	0.079	0.136	0.063	98.066
	53.92	0.236	2.87	0.123	0	14.05	0.268	13.873	12.15	0.324	0.2	0.068	0.01	0.063	98.155
	54.76	0.099	2.042	0.102	0	13.621	0.284	14.533	12.275	0.225	0.108	0.126	0.054	0.036	98.265
	54.627	0.189	2.064	0.111	0	13.876	0.257	14.48	11.841	0.251	0.14	0	0.063	0.108	98.007
	51.357	0.438	4.357	0.119	0	15.446	0.392	13.001	11.309	0.666	0.322	0	0.234	0.191	97.832
	54.81	0.111	2.062	0.128	0	14.278	0.336	14.319	11.726	0.314	0.137	0.029	0.119	0.087	98.456
	51.129	0.6	4.955	0.117	0	14.501	0.278	13.25	11.699	0.64	0.453	0.041	0	0.186	97.849
	52.647	0.045	3.865	0.12	0	14.292	0.271	13.477	12.269	0.346	0.267	0.062	0.135	0.15	97.946
	50.506	0.442	5.278	0.061	0	15.978	0.351	12.264	11.292	0.784	0.416	0.062	0.14	0.195	97.769
	53.179	0.142	3.466	0.128	0	15.888	0.342	13.149	11.225	0.58	0.257	0	0	0.113	98.469
	53.1	0.149	3.575	0.125	0	15.079	0.301	13.362	11.484	0.617	0.222	0.012	0.106	0.106	98.238
	55.179	0.055	0.992	0.059	0	15.304	0.404	13.728	11.793	0.174	0.04	0.099	0.133	0.07	98.03
	53.911	0.092	2.127	0.148	0	14.569	0.306	14.109	11.692	0.205	0.122	0	0.055	0.077	97.413
	55.261	0.043	0.793	0.087	0	15.077	0.29	13.539	12.529	0.085	0.038	0	0.107	0.027	97.876
	52.557	0.223	3.311	0.193	0	16.037	0.266	12.182	12.225	0.289	0.244	0.047	0	0.25	97.824
	53.679	0.144	2.07	0.141	0	15.093	0.287	12.353	12.667	0.216	0.105	0.099	0	0.128	96.982
	54.962	0.058	1.227	0.149	0	15.104	0.265	13.451	12.408	0.155	0.093	0	0.053	0.063	97.988
	55.212	0.017	1.042	0.087	0	12.808	0.317	15.444	12.162	0.178	0.054	0	0.135	0.046	97.502
	51.038	0.269	5.177	0.091	0	15.215	0.31	12.913	11.335	0.758	0.423	0	0	0.177	97.706
	55.783	0.04	1.157	0.099	0	15.004	0.259	14.105	11.898	0.416	0.033	0	0.115	0.033	98.942
	50.951	0.737	4.546	0.132	0	16.148	0.344	12.059	11.803	0.573	0.447	0.021	0.044	0.229	98.034
	53.25	0.084	2.18	0.115	0	17.676	0.376	11.484	11.962	0.278	0.171	0	0	0.079	97.655
	53.805	0.15	2.087	0.136	0	16.384	0.43	13.054	11.47	0.312	0.127	0.041	0.232	0.045	98.273
	53.927	0.142	2.456	0.073	0	15.862	0.282	12.889	11.845	0.314	0.125	0	0.046	0.057	98.018
	53.675	0.026	0.224	0.123	0	11.411	0.378	11.413	22.679	0.198	0	0	0	0	100.127
	53.671	0.048	0.316	0.145	0	11.519	0.332	11.814	21.975	0.202	0	0	0.007	0.008	100.037
	53.704	0.248	2.07	0.152	0	14.832	0.341	12.503	13.977	0.275	0.106	0.081	0.108	0.097	98.494
49.099	0.169	5.265	0.084	0	18.756	0.381	10.361	12.189	0.655	0.444	0	0	0.244	97.647	
52.878	0.13	0.392	0.115	0	12.694	0.321	11.869	21.035	0.228	0	0	0	0.009	99.671	
53.528	0.122	0.481	0.088	0	12.61	0.311	11.808	20.885	0.233	0	0	0	0.003	100.069	
53.56	0.193	0.776	0.128	0	11.627	0.373	12.544	21.18	0.241	0	0.042	0	0	100.664	
53.41	0.115	0.532	0.112	0	12.226	0.342	12.122	20.751	0.25	0	0.021	0	0	99.881	
FRT-12b	53.813	0.095	1.556	0.112	0	18.12	0.337	11.64	12.231	0.243	0.15	0	0.07	0.089	98.456
	51.104	0.507	3.844	0.094	0	18.621	0.261	10.978	11.945	0.614	0.367	0	0.034	0.179	98.548
	47.483	0.598	6.488	0.086	0	21.316	0.368	8.407	11.66	1.04	0.734	0.045	0.136	0.335	98.696
	50.142	0.45	4.67	0.062	0	20.064	0.35	9.81	11.818	0.708	0.448	0	0	0.189	98.711
	55.073	0.03	0.767	0.063	0	17.929	0.485	12.689	11.479	0.174	0.043	0.029	0.034	0.017	98.812
	50.541	0.187	4.725	0.075	0	19.752	0.32	10.21	11.892	0.592	0.367	0	0.062	0.184	98.907
	53.42	0.144	1.949	0.149	0	18.846	0.517	11.784	11.248	0.341	0.145	0.082	0.061	0.065	98.751
	50.174	0.051	4.211	0.04	0	20.171	0.482	10.186	11.341	0.721	0.342	0	0	0.136	97.855
	51.49	0.135	3.639	0.074	0	19.332	0.346	10.226	12.058	0.463	0.344	0.055	0.096	0.164	98.422
	48.925	0.182	5.544	0.139	0	20.924	0.332	8.957	11.926	0.62	0.562	0.057	0	0.264	98.432
	51.739	0.223	3.084	0.088	0	18.843	0.312	11.101	11.677	0.39	0.275	0.096	0	0.16	97.988
	50.794	0.274	6.572	0.121	0	20.728	0.309	8.241	11.852	0.755	0.826	0.078	0	0.185	100.735
	52.612	0.346	2.904	0.112	0	18.479	0.311	11.565	12.019	0.48	0.191	0	0.157	0.096	99.272
	52.276	0.26	3.092	0.085	0	18.312	0.337	10.976	12.059	0.412	0.328	0.124	0.016	0.118	98.395
	53.372	0.17	2.121	0.09	0	18.391	0.395	11.834	11.735	0.396	0.176	0.008	0	0.076	98.764
	52.181	0.151	3.994	0.105	0	19.408	0.303	9.721	11.714	0.484	0.365	0	0	0.181	98.607
	51.56	0.013	4.303	0.086	0	18.298	0.299	11.117	11.83	0.637	0.223	0.055	0	0.053	98.474
	48.545	0.137	6.179	0.108	0	19.763	0.298	9.723	11.861	0.758	0.581	0	0.041	0.383	98.377
	49.569	0.16	5.477	0.037	0	19.899	0.318	10.238	11.57	0.917	0.448	0	0.093	0.35	99.076
	51.855	0.297	3.613	0.116	0	18.209	0.31	11.2	11.832	0.568	0.341	0.071	0.09	0.144	98.646
	54.67	0.074	1.334	0.115	0	16.657	0.349	12.607	12.058	0.209	0.1	0.104	0.025	0.075	98.377
	54.573	0.071	1.83	0.105	0	16.883	0.307	12.605	12.132	0.225	0.134	0.124	0	0.1	99.089
	53.15	0.114	2.664	0.089	0	17.37	0.321	11.901	12.117	0.313	0.188	0.063	0.08	0.109	98.479
	49.154	0.324	5.655	0.087	0	19.588	0.286	9.684	11.649	0.786	0.537	0	0.139	0.309	98.198
	51.717	0.151	4.458	0.065	0	18.845	0.244	10.339	12.036	0.568	0.38	0	0	0.19	98.993
	50.763	0.186	4.592	0.128	0	18.607	0.297	10.539	12.053	0.522	0.452	0.02	0.123	0.267	98.549
	50.217	0.225	5.013	0.058	0	18.897	0.281	10.306	11.943	0.649	0.441	0.026	0	0.254	98.31
	51.265	0.174	3.956	0.083	0	18.922	0.401	10.813	11.778	0.57	0.321	0.027	0.052	0.166	98.528
	54.465	0.083	0.863	0.079	0	23.91	1.018	12.668	5.671	0.136	0.054	0.092	0	0.015	99.054
	53.846	0.096	2.115	0.062	0	16.931	0.313	12.423	12.145	0.244	0.171	0.02	0.026	0.107	98.499
	52.143	0.326	3.342	0.098	0	16.719	0.304	11.886	11.98	0.255	0.167	0	0.144	0.114	97.478

Tab. 19 - Análises de microsonda electrónica para as piroxenas das Rochas Básicas Metamórficas (continuação).

	Piroxenas														Total
	SiO2	TiO2	Al2O3	Cr2O3	Fe2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	ZnO	F	Cl	
FRT-12b	51.501	0.244	3.806	0.095	0	19.049	0.379	10.855	11.682	0.554	0.257	0.024	0.006	0.123	98.575
	54.03	0.084	1.221	0.104	0	17.81	0.444	11.513	13.301	0.187	0.123	0.022	0.079	0.096	99.014
	53.612	0.176	1.909	0.109	0	17.742	0.337	11.852	11.983	0.256	0.16	0.11	0.035	0.076	98.357
	51.588	0.272	3.588	0.105	0	19.455	0.329	10.484	11.557	0.523	0.318	0.071	0	0.111	98.401
	51.847	0.249	4	0.078	0	19.052	0.333	10.6	11.883	0.528	0.344	0.039	0.128	0.154	99.235
	50.962	0.234	4.405	0.056	0	18.891	0.343	10.777	11.478	0.679	0.394	0.125	0.19	0.201	98.735
	51.334	0.305	3.742	0.067	0	18.417	0.292	11.454	12.106	0.524	0.321	0.002	0	0.181	98.745
	53.118	0.11	2.109	0.117	0	18.698	0.443	11.614	11.458	0.409	0.176	0.037	0.077	0.109	98.475
	51.041	0.067	4.17	0.061	0	19.534	0.457	10.532	11.532	0.617	0.334	0.039	0	0.208	98.592
	53.757	0.159	2.057	0.071	0	16.823	0.304	12.57	12.239	0.251	0.151	0.063	0.08	0.074	98.599
	52.095	0.251	2.451	0.095	0	17.184	0.327	12.324	12.125	0.307	0.183	0.051	0.151	0.137	97.681
	54.267	0.113	1.332	0.111	0	17.184	0.312	12.604	12.18	0.241	0.101	0.022	0.09	0.079	98.636
	52.62	0.265	2.911	0.102	0	17.678	0.305	11.652	12.134	0.402	0.288	0.134	0.107	0.162	98.76
	53.743	0.21	2.283	0.058	0	16.809	0.247	12.498	12.084	0.263	0.173	0.051	0.078	0.081	98.578
51.522	0.313	3.531	0.051	0	17.605	0.318	11.472	11.96	0.466	0.26	0	0.142	0.116	97.756	
FRT-14	53.774	0.255	1.28	0.075	0	19.895	0.352	10.094	12.078	0.14	0.111	0	0	0.096	98.15
	54.617	0.032	0.704	0.121	0	19.512	0.354	10.604	12.208	0.107	0.03	0	0	0.046	98.335
	51.72	0.288	3.362	0.052	0	20.289	0.325	9.452	11.998	0.413	0.268	0	0	0.147	98.314
	49.73	0.216	3.824	0.115	0	20.662	0.348	8.199	11.612	0.402	0.401	0.04	0.121	0.257	95.927
	53.958	0.103	2.185	0.068	0	18.819	0.362	10.649	11.511	0.332	0.135	0.017	0	0.113	98.252
	51.043	0.155	2.946	0.108	0	19.974	0.373	10.197	12.002	0.289	0.145	0.008	0	0.234	97.474
	53.835	0.099	0.836	0.098	0	19.985	0.4	10.335	11.869	0.195	0.068	0	0	0.1	97.82
	53.479	0.144	1.847	0.095	0	18.818	0.325	10.997	11.207	0.292	0.15	0.063	0.017	0.042	97.476
	54.45	0.088	0.887	0.122	0	18.318	0.4	11.823	11.935	0.188	0.059	0.103	0.062	0.037	98.472
	54.918	0.136	1.315	0.09	0	18.125	0.362	11.595	11.865	0.232	0.086	0.086	0.129	0.097	99.036
	50.671	0.175	4.438	0.117	0	18.363	0.295	10.438	11.645	0.339	0.3	0.042	0	0.2	97.023
	54.386	0.089	0.652	0.094	0	19.828	0.396	10.851	11.694	0.116	0.05	0.027	0	0.074	98.257
	54.429	0.109	0.92	0.082	0	18.706	0.379	11.311	11.905	0.203	0.069	0.033	0.014	0.092	98.252
	54.098	0.091	0.936	0.082	0	18.833	0.37	11.268	11.772	0.185	0.06	0	0.04	0.111	97.846
	52.363	0.139	2.516	0.069	0	21.089	0.441	9.529	11.276	0.491	0.216	0	0.069	0.232	98.43
	47.297	0.484	5.643	0.075	0	21.648	0.381	8.449	11.233	0.877	0.514	0.065	0	0.559	97.225
	51.971	0.173	2.766	0.079	0	20.673	0.529	10.182	10.933	0.392	0.196	0.008	0.12	0.108	98.13
	46.494	0.357	6.275	0.099	0	22.02	0.297	8.05	11.324	0.716	0.654	0	0	0.378	96.664
	54.143	0.086	1.343	0.113	0	17.709	0.373	11.758	12.184	0.164	0.094	0.063	0.018	0.095	98.143
	52.424	0.216	3.159	0.086	0	18.921	0.337	9.363	10.913	0.427	0.261	0.044	0.116	0.23	96.497
54.669	0.074	0.64	0.096	0	20.056	0.429	10.583	11.702	0.131	0.053	0.105	0.069	0.097	98.704	
53.856	0.067	1.133	0.085	0	20.728	0.393	10.023	11.685	0.225	0.085	0.015	0.025	0.107	98.427	

Tab. 20 - Análises de microsonda electrónica para os feldspatos das Rochas Básicas Ígenas.

	Feldspatos													Total	
	SiO2	TiO2	Al2O3	Cr2O3	Fe2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	SrO	BaO		
FRT-2	65.355	0	21.742	0	0	0.065	0.006	0	3.732	8.99	0.219	0	0.021	100.13	
	59.857	0.013	25.051	0	0	0.548	0	0.132	2.35	6.343	3.802	0.092	0.118	98.306	
	65.57	0	21.622	0	0	0.133	0	0.067	3.619	9.06	0.108	0.035	0	100.214	
	65.999	0	21.259	0	0	0.112	0.042	0	3.187	9.287	0.094	0.195	0.026	100.201	
	63.306	0.021	22.634	0	0	0.129	0.002	0	4.897	8.422	0.073	0.028	0	99.512	
	65.371	0	21.327	0	0	0.05	0.055	0.019	3.551	9.207	0.173	0.273	0	100.026	
	60.106	0.056	24.11	0	0	0.155	0.027	0.031	6.446	7.005	0.093	0	0	98.029	
	58.907	0.005	25.017	0	0	0.18	0	0	7.541	6.572	0.076	0	0	98.298	
	64.704	0	21.366	0	0	0.059	0.054	0	3.581	9.192	0.087	0.159	0.052	99.254	
	66.32	0.027	20.757	0	0	0.132	0	0	2.735	9.554	0.086	0	0.012	99.623	
	61.142	0	24.132	0	0	0.163	0.073	0	6.747	7.156	0.187	0.129	0.017	99.746	
	63.61	0.043	21.83	0	0	0.064	0	0	4.8	8.592	0.093	0	0.043	99.075	
	65.058	0	21.93	0	0	0.044	0.012	0.005	3.636	8.989	0.138	0.264	0	100.076	
	64.119	0.004	22.323	0	0	0.054	0	0	4.592	8.734	0.099	0	0.054	99.979	
	55.362	0.051	27.283	0	0	0.342	0.051	0.113	9.952	5.156	0.475	0.1	0	98.885	
	63.57	0	21.691	0	0	0.104	0	0.058	4.532	7.704	0.297	0.061	0.054	98.071	
	64.378	0.009	20.944	0	0	0.098	0	0	4.018	7.764	0.269	0.018	0	97.498	
	65.038	0	20.654	0	0	0.059	0	0	3.889	8.032	0.044	0.024	0.017	97.757	
	64.957	0	18.42	0	0	0.183	0	0.014	0.16	0.515	15.665	0.044	0.424	100.382	
	38.398	0.905	20.728	0	0	4.2	0	2.308	22.088	0.194	0.066	0	0.074	88.961	
	62.858	0	21.9	0	0	1.029	0	0.188	4.383	7.302	0.468	0	0.017	98.145	
	65.073	0.027	21.124	0	0	0.099	0.02	0	3.5	8.287	0.298	0	0.125	98.553	
	64.901	0.003	20.751	0	0	0.083	0.026	0.009	4.088	7.858	0.121	0.039	0.028	97.907	
	64.71	0.008	21.289	0	0	0.144	0.014	0.009	3.928	8.431	0.13	0.161	0	98.824	
	65.795	0	21.72	0	0	0.14	0	0.005	2.542	9.01	0.811	0.232	0.047	100.302	
	63.7	0	23.055	0	0	0.052	0	0	4.813	8.467	0.115	0.044	0.187	100.433	
	64.782	0	22.098	0	0	0.149	0	0.029	4.268	8.494	0.632	0.134	0	100.586	
	58.705	0.037	25.807	0	0	0.322	0.065	0.054	7.358	5.916	1.095	0.174	0.031	99.564	
	64.497	0	22.715	0	0	0.069	0.088	0.006	4.474	8.684	0.097	0.075	0	100.705	
	65.521	0	21.647	0	0	0.037	0	0	3.783	9.143	0.061	0.054	0	100.246	
	FRT-4	63.19	0.016	22.359	0	0	0.036	0.015	0	5.115	8.366	0.227	0.012	0.249	99.585
		65.078	0	21.834	0	0	0.058	0	0	3.929	9.066	0.157	0.007	0	100.129
63.878		0.03	21.968	0	0	0.069	0.001	0.004	4.458	8.029	1.026	0.005	0	99.468	
64.658		0.015	21.277	0	0	0.046	0.012	0	3.951	8.807	0.229	0	0.118	99.113	
63.366		0	22.143	0	0	0.059	0.038	0.003	5.19	8.388	0.128	0	0.061	99.376	
61.876		0.003	23.713	0	0	0.06	0.034	0	6.174	7.741	0.261	0.036	0.17	100.068	
64.066		0.035	22.572	0	0	0.165	0.016	0.04	3.121	8.617	1.176	0	0.162	99.97	
64.291		0	22.516	0	0	0.165	0.001	0.055	4.609	8.691	0.251	0	0.011	100.59	
66.732		0	21.54	0	0	0.178	0	0.026	0.505	9.55	1.418	0.014	0.014	99.977	
67.953		0.009	19.694	0	0	0.264	0.001	0.118	0.588	10.415	0.558	0.033	0.185	99.818	
66.696		0	21.018	0	0	0.332	0	0.18	0.421	9.763	1.72	0	0.051	100.181	
66.132		0.037	17.628	0	0	0.135	0	0.065	0.013	0.068	17.16	0.093	0.047	101.378	
65.499		0	17.679	0	0	0.757	0.04	0.183	0.001	0.092	16.832	0.238	0.091	101.412	
64.694		0	22.111	0	0	0.098	0.003	0.029	4.053	9.232	0.32	0	0	100.54	
64.719		0.015	22.178	0	0	0.113	0	0.01	3.589	9.144	0.52	0.123	0.022	100.433	
61.517		0	23.526	0	0	0.404	0	0.307	3.044	7.522	2.709	0.033	0	99.062	
64.358		0	22.012	0	0	0.143	0.065	0.023	3.293	9.142	0.52	0	0.082	99.638	
65.551		0.005	20.906	0	0	0.108	0.049	0	3.136	8.381	1.173	0.026	0.055	99.39	
65.94		0.003	20.85	0	0	0.109	0.005	0.084	1.799	9.79	1.08	0	0	99.66	
64.309		0	21.894	0	0	0.296	0.019	0.28	2.513	8.816	0.999	0.021	0.08	99.227	
64.599		0.014	21.763	0	0	0.184	0	0.043	3.296	9.12	0.494	0	0.101	99.614	
65.438		0.028	21.089	0	0	0.35	0.011	0.193	2.265	9.642	0.672	0	0.089	99.777	
64.881		0.036	21.807	0	0	0.048	0.086	0	3.812	9.363	0.167	0	0.116	100.316	
70.029		0	18.92	0	0	0.03	0	0	0.119	11.625	0.028	0.045	0	100.796	
69.151		0.016	18.708	0	0	0.039	0.006	0.005	0.086	11.262	0.032	0	0	99.305	
70.168		0.019	18.732	0	0	0.12	0	0	0.062	11.543	0.06	0	0	100.704	
70.175		0	18.904	0	0	0.104	0.023	0.02	0.115	11.552	0.036	0	0.031	100.96	
70.097		0.016	18.669	0	0	0.11	0.047	0.006	0.072	11.633	0.042	0	0.157	100.849	
69.57		0.001	18.624	0	0	0.365	0.071	0	0.093	11.552	0.036	0.028	0.047	100.387	
70.01		0.005	18.899	0	0	0.145	0.028	0	0.148	11.428	0.022	0	0.068	100.753	
70.56		0	18.821	0	0	0.169	0	0.025	0.098	11.65	0.027	0	0	101.35	
69.355		0	19.041	0	0	0.102	0	0	0.163	11.318	0.147	0.031	0.037	100.194	
68.663		0.008	19.246	0	0	0.156	0	0.021	0.129	10.99	0.429	0.005	0	99.647	
69.27		0	18.513	0	0	0.56	0.008	0.018	0.071	11.111	0.058	0.012	0	99.621	
66.94		0	17.824	0	0	2.608	0.033	0.001	0.055	11	0.039	0.73	0	99.23	
65.203		0	17.522	0	0	0.375	0	0.017	0	0.106	16.933	0.183	0.082	100.421	
64.138	0.051	17.832	0	0	0.097	0.019	0.037	0	0.181	16.466	0.526	0.132	99.479		
65.067	0.025	17.553	0	0	0.12	0.039	0.007	0.009	0.126	17.094	0.186	0.167	100.393		
65.412	0	17.532	0	0	0.18	0	0	0.048	0.132	16.85	0.307	0	100.461		
64.777	0.031	17.699	0	0	0.272	0	0	0.008	0.111	16.953	0.155	0.048	100.054		
65.727	0	17.442	0	0	0.435	0.014	0.022	0.024	0.093	16.91	0.141	0.082	100.89		
65.347	0	17.804	0	0	0.12	0.013	0	0.018	0.156	16.844	0.329	0	100.631		
65.098	0	17.618	0	0	0.096	0	0	0	0.149	17.01	0.217	0	100.188		
64.805	0	17.428	0	0	0.127	0	0.006	0.001	0.226	16.787	0.298	0.057	99.735		
65.933	0	17.546	0	0	0.077	0.018	0.012	0.022	0.208	16.835	0.041	0.071	100.763		
69.453	0	18.813	0	0	0.035	0.035	0.007	0.058	11.73	0.029	0.073	0.02	100.253		

Tab. 21 - Análises de microsonda electrónica para os feldspatos das Rochas Básicas Ígneas (continuação).

	Feldspatos														Total
	SiO2	TiO2	Al2O3	Cr2O3	Fe2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	SrO	BaO		
FRT-4	68.829	0	18.782	0	0	0.135	0.028	0	0.165	11.669	0.031	0	0.097	99.736	
	68.286	0	18.647	0	0	0.369	0.038	0.492	0.153	10.947	0.438	0	0.243	99.613	
	68.28	0	19.046	0	0	0.427	0.008	0	0.154	11.175	0.189	0	0.232	99.511	
	69.041	0	18.827	0	0	0.102	0.017	0	0.129	11.691	0.046	0	0.039	99.892	
	69.267	0	18.736	0	0	0.288	0.055	0	0.126	11.77	0.036	0	0.035	100.313	
	69.012	0.001	18.671	0	0	0.052	0.002	0	0.077	11.574	0.03	0.002	0	99.421	
	68.705	0	19.016	0	0	0.277	0	0	0.152	11.544	0.079	0	0.018	99.791	
	68.968	0	18.537	0	0	0.042	0	0	0.095	11.616	0.034	0	0	99.292	
	67.978	0.019	19.158	0	0	0.275	0.086	0.049	0.089	11.427	0.394	0	0	99.475	
	68.636	0	18.594	0	0	0.162	0	0	0.144	11.563	0.061	0	0.199	99.359	
	69.19	0	18.793	0	0	0.116	0	0.008	0.089	11.834	0.027	0	0.012	100.069	
	65.664	0.004	17.029	0	0	0.27	0.021	0.001	0.023	0.119	17.058	0.155	0.036	100.38	
	65.632	0	17.228	0	0	0.025	0	0	0	0.198	16.863	0.436	0.027	100.409	
	65.892	0	17.274	0	0	0.06	0	0	0.033	0.104	16.994	0.227	0	100.584	
	65.734	0.03	17.066	0	0	0.033	0	0.042	0.065	0.146	17.062	0.281	0	100.459	
	65.914	0	17.053	0	0	0.017	0.069	0	0	0.12	17.11	0.112	0.034	100.429	
	66.006	0	17.182	0	0	0.143	0.025	0	0	0.148	17.186	0.131	0	100.821	
	65.935	0	17.081	0	0	0.028	0	0.011	0.005	0.058	17	0.153	0.14	100.411	
	69.302	0.008	18.667	0	0	0.1	0	0	0.157	11.636	0.032	0.042	0	99.944	
	69.227	0	18.611	0	0	0.133	0	0	0.087	11.479	0.05	0	0.172	99.759	
	69.739	0	18.968	0	0	0.044	0	0	0.112	11.489	0.034	0.009	0	100.395	
	70.13	0	18.981	0	0	0.022	0	0.003	0.128	11.456	0.026	0.078	0	100.824	
	69.27	0	18.871	0	0	0.016	0.015	0	0.118	11.875	0.035	0	0.118	100.318	
	69.367	0.039	18.898	0	0	0.018	0.043	0	0.144	11.714	0.032	0	0	100.255	
	70.109	0	18.583	0	0	0.211	0	0	0.071	11.456	0.039	0	0	100.469	
	69.281	0.028	18.837	0	0	0.151	0.027	0	0.168	11.468	0.126	0	0	100.086	
	69.705	0.014	18.928	0	0	0	0	0	0.168	11.773	0.027	0	0	100.615	
	69.453	0.005	18.563	0	0	0.193	0	0.009	0.117	11.737	0.05	0	0	100.127	
FRT-22	66.712	0	20.954	0	0	0.047	0.024	0	1.978	10.062	0.277	0.092	0.118	100.264	
	66.433	0.006	21.175	0	0	0.086	0.027	0	2.33	9.835	0.144	0.109	0	100.145	
	63.006	0	23.056	0	0	0.418	0.026	0.209	1.349	7.669	3.171	0.084	0	98.988	
	65.731	0	22.288	0	0	0.323	0	0.085	1.515	9.399	1.23	0.039	0.024	100.634	
	66.414	0.018	21.234	0	0	0	0	0	2.206	10.066	0.331	0.152	0.038	100.459	
	66.851	0.001	20.947	0	0	0.048	0	0	2.092	10.181	0.087	0.143	0	100.35	
	68.354	0	20.049	0	0	0.088	0.017	0.032	1.16	10.236	0.28	0.097	0	100.313	
	66.093	0	22.41	0	0	0.307	0.046	0.162	1.659	9.031	0.946	0.312	0.104	101.07	
	64.825	0.006	22.713	0	0	0.093	0.025	0.015	3.904	8.551	0.396	0.123	0	100.651	
	68.335	0.013	20.383	0	0	0.082	0	0.013	1.171	10.336	0.286	0.042	0.038	100.699	
	62.838	0	24.05	0	0	0.157	0.074	0.148	1.284	7.774	3.024	0.011	0.031	99.391	
	62.695	0	23.91	0	0	0.249	0.03	0.117	1.342	7.751	2.972	0.165	0	99.231	
	67.341	0	21.156	0	0	0.079	0	0.011	1.834	10.157	0.322	0.191	0.036	101.127	
	63.202	0.026	23.043	0	0	0.32	0	0.152	1.785	8.047	2.24	0.015	0	98.83	
	65.977	0	21.633	0	0	0.227	0	0.091	1.579	9.372	1.657	0.172	0.097	100.805	
	66.463	0	21.888	0	0	0.237	0.003	0.108	1.597	9.34	1.605	0.036	0	101.277	
	66.403	0.003	21.527	0	0	0.113	0.008	0.041	1.687	9.64	0.933	0.112	0	100.467	
	67.233	0.012	20.839	0	0	0.119	0.028	0.087	0.909	9.745	0.999	0.141	0	100.112	
	63.792	0.035	23.128	0	0	0.446	0.049	0.204	2.073	8.23	2.363	0.107	0	100.427	
	63.951	0	23.174	0	0	0.437	0.022	0.217	2.102	8.121	2.399	0.077	0.097	100.597	
	67.034	0	21.484	0	0	0.129	0	0.048	1.481	9.863	0.855	0.025	0	100.919	
	67.253	0	21.521	0	0	0.232	0	0.033	1.924	9.855	0.493	0.134	0.017	101.462	
	44.601	0	22.349	0	0	1.619	0	0.006	25.619	0.025	0.006	0	0.046	94.271	
	44.298	0.002	22.454	0	0	1.589	0	0.026	25.38	0.044	0.016	0	0.073	93.882	
	44.714	0.027	22.657	0	0	0.943	0.022	0	25.738	0.033	0	0.03	0	94.164	
	44.367	0	22.24	0	0	1.556	0.057	0.03	25.529	0.022	0.006	0	0	93.807	
	44.589	0.072	23.177	0	0	0.833	0.074	0.024	25.359	0.024	0.01	0.04	0.031	94.233	
	44.57	0.021	23.06	0	0	0.722	0.077	0.004	25.628	0.039	0.043	0	0	94.164	
	47.34	0.082	24.437	0	0	0.262	0	0.081	21.365	0.971	0.984	0	0.017	95.539	
	46.108	0.018	24.13	0	0	0.119	0.028	0.011	24.329	0.541	0.109	0	0.044	95.437	
	47.769	0.019	23.675	0	0	0.224	0.006	0.005	22.724	1.05	0.125	0	0.06	95.657	
	49.826	0.036	23.578	0	0	0.606	0.006	0.088	19.387	2.261	0.262	0.095	0	96.145	
	41.972	0.03	26.09	0	0	3.182	0.03	1.636	17.7	0.841	1.427	0.103	0	93.011	
	50.267	0.125	22.989	0	0	0.604	0.048	0.073	19.474	2.765	0.118	0	0	96.463	
58.353	0.05	24.084	0	0	0.927	0.025	0.584	0.29	1.186	12.615	0.081	0.358	98.553		
57.276	0	28.448	0	0	0.568	0.02	0.373	2.83	5.155	4.776	0.048	0.05	99.544		
57.289	0	28.517	0	0	0.62	0	0.358	2.869	5.099	4.767	0.009	0	99.528		
54.823	0.119	27.68	0	0	3.477	0	1.925	0.606	3.001	7.499	0	0.066	99.196		
66.201	0.018	17.665	0	0	0.082	0	0.036	0.123	0.156	16.83	0.009	0.355	101.475		
66.049	0	17.637	0	0	0.076	0.036	0	0.034	0.125	16.985	0	0.41	101.352		
65.609	0	17.426	0	0	0.175	0	0	0.042	0.182	16.746	0.338	0.357	100.875		

Tab. 22 - Análises de microsonda electrónica para as anfíbolos das Rochas Básicas Ígneas.

	Anfíbolos														Total	
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	ZnO	F	Cl		
FRT-2	52.326	0.776	3.237	0.099	0	16.32	0.369	12.221	11.582	0.527	0.246	0	0.062	0.176	97.941	
	48.545	0.427	6.182	0.07	0	18.244	0.276	10.585	11.981	0.74	0.465	0.039	0	0.175	97.729	
	51.428	0.762	3.881	0.06	0	16.774	0.35	11.677	11.795	0.47	0.349	0.045	0	0.119	97.71	
	52.297	0.607	3.238	0.101	0	16.801	0.405	11.437	11.66	0.452	0.355	0.045	0.014	0.086	97.498	
	47.711	0.476	6.964	0.086	0	19.121	0.334	9.771	11.897	0.871	0.567	0.039	0.068	0.264	98.169	
	48.727	0.377	6.538	0.082	0	18.196	0.315	10.067	11.925	0.67	0.528	0.094	0	0.224	97.743	
	51.725	0.332	4.054	0.118	0	16.453	0.318	11.912	12.035	0.478	0.28	0	0	0.154	97.859	
	51.131	0.478	4.004	0.095	0	16.98	0.302	11.833	11.91	0.605	0.305	0	0.131	0.095	97.869	
	50.916	0.47	4.667	0.102	0	16.843	0.318	11.164	11.806	0.482	0.429	0.116	0	0.153	97.466	
	52.507	0.418	3.504	0.069	0	15.527	0.315	12.503	12.013	0.399	0.261	0	0.216	0.1	97.832	
	49.026	0.602	5.683	0.072	0	18.005	0.323	10.55	11.885	0.761	0.498	0	0.07	0.158	97.633	
	48.036	1.52	6.145	0.095	0	18.156	0.378	9.954	11.679	0.774	0.437	0	0.116	0.176	97.466	
	44.797	2.675	9.07	0.068	0	17.86	0.429	10.236	10.095	1.679	0.373	0.039	0.148	0.213	97.682	
	46.292	1.391	7.497	0.069	0	19.822	0.404	9.354	11.217	1.161	0.481	0.006	0.041	0.177	97.912	
	51.392	0.967	3.673	0.082	0	16.853	0.381	12.107	11.641	0.513	0.321	0.073	0.07	0.083	98.156	
	50.185	0.377	4.769	0.04	0	17.907	0.282	11.368	11.793	0.625	0.35	0	0.019	0.1	97.815	
	52.458	0.662	3.033	0.058	0	16.702	0.402	12.607	11.53	0.448	0.267	0.01	0.143	0.084	98.404	
	47.313	1.04	6.84	0.095	0	19.572	0.289	9.707	11.398	0.878	0.41	0.029	0.033	0.252	97.856	
	51.904	0.302	4.007	0.097	0	16.285	0.27	11.87	11.832	0.485	0.299	0.02	0.018	0.072	97.461	
	50.83	0.508	3.986	0.123	0	17.148	0.311	12.572	11.763	0.588	0.302	0	0	0.086	98.217	
	49.649	0.509	5.071	0.031	0	18.63	0.336	11.079	11.588	0.775	0.421	0.111	0.016	0.126	98.342	
	47.226	0.447	7.049	0.041	0	19.907	0.347	9.697	11.564	0.997	0.559	0.055	0.068	0.161	98.118	
	44.141	2.104	8.903	0.035	0	20.403	0.315	8.611	11.416	1.212	0.659	0	0	0.238	98.037	
	49.311	0.511	5.397	0.068	0	18.471	0.312	11.08	11.702	0.682	0.462	0.027	0.078	0.125	98.226	
	44.854	2.485	8.722	0.056	0	20.364	0.459	9.119	10.108	1.632	0.399	0	0.249	0.203	98.65	
	45.292	2.032	8.867	0.095	0	19.943	0.425	9.735	10.567	1.501	0.348	0	0	0.206	99.011	
	51.845	0.42	3.984	0.054	0	17.064	0.324	12.383	11.872	0.504	0.281	0	0	0.062	98.793	
	46.14	2.094	7.694	0.097	0	20.663	0.502	9.209	10.452	1.391	0.386	0.062	0.153	0.251	99.094	
	45.646	1.404	8.4	0.037	0	20.958	0.303	9.004	11.45	0.997	0.59	0	0.017	0.198	99.004	
	48.688	1.051	6.193	0.097	0	19.364	0.369	10.399	11.369	0.797	0.45	0.004	0	0.158	98.939	
	47.976	1.487	6.191	0.062	0	19.788	0.413	10.204	11.259	0.846	0.415	0.06	0	0.19	98.891	
	45.908	1.453	7.855	0.038	0	20.708	0.299	9.006	11.569	0.982	0.493	0	0.069	0.37	98.75	
	46.563	1.716	7.34	0.085	0	19.373	0.386	9.643	11.441	0.944	0.457	0.082	0.059	0.193	98.282	
	46.298	0.506	8.417	0.1	0	21.089	0.263	8.857	11.715	1.038	0.711	0	0.015	0.276	99.285	
	44.392	0.577	9.254	0.04	0	21.885	0.306	8.284	11.712	1.126	0.927	0.01	0.16	0.324	98.997	
	52.187	0.619	3.249	0.071	0	17.034	0.369	12.511	11.771	0.497	0.258	0	0.088	0.112	98.766	
	50.373	0.302	5.067	0.064	0	18.348	0.31	10.938	11.979	0.636	0.356	0	0.087	0.114	98.574	
	45.972	1.703	7.877	0.095	0	20.86	0.359	8.776	11.439	1.134	0.406	0.089	0.112	0.208	99.03	
	49.305	1.067	5.207	0.052	0	18.625	0.298	11.035	11.744	0.571	0.425	0.016	0.201	0.148	98.694	
	48.4	0.416	6.561	0.086	0	19.881	0.309	10.136	11.677	0.798	0.538	0.012	0.077	0.165	99.056	
	46.049	1.848	8.028	0.117	0	20.065	0.427	9.921	10.211	1.225	0.42	0	0.086	0.274	98.671	
	46.127	2.063	7.722	0.076	0	19.615	0.419	9.964	10.437	1.276	0.398	0.051	0.024	0.248	98.42	
	46.282	1.041	8.599	0.082	0	18.941	0.321	11.047	10.79	0.956	0.47	0.086	0.009	0.164	98.788	
	46.282	1.791	8.496	0.081	0	18.298	0.408	10.632	11.418	1.202	0.35	0	0.2	0.2	99.158	
	FRT-4	51.943	0.461	3.229	0.036	0	17.201	0.418	12.013	11.664	0.386	0.297	0.006	0.15	0.13	97.934
		51.763	0.404	3.523	0.112	0	17.852	0.355	11.444	11.715	0.466	0.3	0.043	0.141	0.115	98.233
51.622		0.52	3.559	0.092	0	18.014	0.374	11.363	11.885	0.418	0.357	0	0.105	0.126	98.435	
51.717		0.455	3.25	0.12	0	18.061	0.381	11.53	11.74	0.523	0.287	0.027	0	0.11	98.201	
50.904		0.635	4.086	0.095	0	18.222	0.341	11.071	11.782	0.565	0.42	0	0.042	0.206	98.369	
51.674		0.502	3.718	0.086	0	17.289	0.391	11.564	11.904	0.474	0.349	0.004	0.167	0.143	98.265	
51.218		0.66	4.023	0.101	0	17.655	0.361	11.344	11.772	0.616	0.391	0	0.166	0.113	98.42	
49.317		0.474	5.537	0.07	0	19.708	0.297	12.375	10.026	0.367	0.324	0.059	0	0.148	98.702	
47.691		0.364	6.332	0.091	0	19.813	0.383	12.164	9.855	0.433	0.358	0	0	0.152	97.636	
47.639		1.146	7.049	0.1	0	19.438	0.312	10.099	11.561	0.534	0.503	0.033	0.016	0.214	98.644	
51.635		0.376	3.724	0.096	0	18.321	0.319	11.572	11.508	0.743	0.276	0.104	0	0.127	98.801	
51.287		0.559	3.871	0.108	0	18.601	0.368	11.318	11.949	0.47	0.333	0.012	0.018	0.188	99.082	
52.061		0.419	3.726	0.077	0	17.699	0.353	11.899	11.836	0.501	0.305	0	0	0.104	98.98	
50.887		0.608	4.581	0.071	0	17.828	0.371	10.482	12.035	0.446	0.473	0.085	0	0.219	98.086	
51.391		0.605	3.754	0.126	0	18.455	0.422	10.748	11.858	0.581	0.371	0.01	0	0.22	98.541	
50.83		0.758	4.337	0.114	0	18.423	0.348	10.441	11.803	0.688	0.473	0.014	0.016	0.164	98.409	
52.186		0.489	3.545	0.119	0	17.945	0.394	11.234	11.836	0.434	0.32	0	0.016	0.16	98.678	
49.8		0.509	5.461	0.053	0	18.962	0.39	9.509	11.745	0.773	0.541	0	0.024	0.244	98.011	
51.078		0.577	3.931	0.124	0	18.127	0.39	10.952	11.853	0.584	0.407	0.01	0.123	0.202	98.358	
52.041		0.565	3.8	0.085	0	16.441	0.306	11.718	12.055	0.426	0.356	0	0	0.183	97.976	
52.374		0.374	3.473	0.064	0	17.741	0.361	11.013	12.098	0.374	0.325	0.065	0.085	0.172	98.519	
51.849		0.407	3.623	0.125	0	17.368	0.358	11.279	12.122	0.372	0.342	0	0.203	0.144	98.192	
51.81		0.293	3.791	0.09	0	18.523	0.342	10.597	12.095	0.583	0.27	0	0	0.094	98.488	
52.73		0.313	3.158	0.119	0	17.042	0.343	11.649	12.076	0.341	0.24	0.01	0.034	0.107	98.162	
48.158		0.551	5.569	0.054	0	18.953	0.317	10.512	11.302	0.466	0.449	0	0.08	0.228	96.639	
51.74		0.493	3.341	0.082	0	17.446	0.362	11.351	11.852	0.381	0.3	0	0	0.143	97.491	
51.169		0.47	3.569	0.106	0	18.086	0.432	11.016	11.601	0.508	0.295	0	0	0.119	97.371	
52.366		0.261	2.908	0.041	0	17.576	0.354	11.445	11.844	0.309	0.257	0	0	0.103	97.464	
50.138		0.824	4.653	0.086	0	17.781	0.327	10.803	11.558	0.483	0.419	0.002	0.051	0.193	97.318	
50.739		0.573	4.277	0.054	0	18.127	0.374	10.31	11.474	0.535	0.485	0.034	0.045	0.16	97.187	
50.866		0.741	4.096	0.084	0	17.537	0.41	11.344	11.209	0.568	0.334	0	0.026	0.176	97.391	
50.211		0.674	4.745	0.07	0	17.614	0.309	10.875	11.75	0.47	0.415	0	0	0.159	97.292	

Tab. 23 - Análises de microsonda electrónica para as anfífolas das Rochas Básicas Ígneas (continuação).

	Anfífolas														Total
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	ZnO	F	Cl	
FRT-4	52.359	0.276	2.565	0.071	0	17.597	0.432	12.317	11.243	0.308	0.286	0.069	0.16	0.083	97.766
	52.211	0.26	3.083	0.089	0	18.224	0.402	10.893	11.769	0.396	0.262	0.114	0	0.122	97.825
	53.208	0.088	1.969	0.045	0	17.193	0.388	12.089	12.136	0.189	0.182	0	0.007	0.116	97.61
	52.113	0.08	1.473	0.118	0	18.971	0.353	11.437	12.145	0.293	0.177	0.059	0	0.13	97.349
	49.616	1.154	4.944	0.117	0	18.871	0.568	10.569	10.442	0.912	0.521	0.008	0.105	0.232	98.059
	51.756	0.443	3.415	0.072	0	17.676	0.359	11.51	11.849	0.446	0.297	0.055	0.034	0.106	98.018
	50.169	1.04	4.567	0.07	0	17.996	0.557	11.234	10.698	0.712	0.49	0	0.045	0.166	97.744
	49.997	0.931	4.853	0.085	0	17.591	0.431	10.817	11.405	0.658	0.467	0	0	0.192	97.427
	50.498	0.825	4.593	0.105	0	18.907	0.441	10.179	11.454	0.687	0.455	0	0.023	0.329	98.496
	52.53	0.235	2.782	0.08	0	18.226	0.362	11.106	12.031	0.345	0.246	0	0	0.089	98.032
	50.258	0.806	4.423	0.073	0	18.865	0.438	10.286	11.139	0.691	0.457	0.026	0.035	0.194	97.691
	51.842	0.482	3.555	0.088	0	18.322	0.339	10.733	11.752	0.499	0.327	0.026	0	0.152	98.117
	49.938	0.957	4.87	0.112	0	18.349	0.372	10.305	11.791	0.549	0.487	0.035	0.06	0.218	98.043
	50.546	0.915	4.323	0.096	0	18.355	0.496	10.784	11.144	0.633	0.423	0.004	0	0.156	97.875
	50.285	0.847	4.341	0.07	0	18.409	0.483	10.803	11.16	0.603	0.436	0	0.151	0.172	97.76
	FRT-22	52.338	0.686	3.986	0.052	0	14.663	0.284	13.782	11.942	0.478	0.273	0.02	0.006	0.053
50.293		0.586	5.935	0.118	0	15.613	0.287	12.684	11.979	0.667	0.397	0	0.007	0.113	98.679
53.262		0.426	3.563	0.061	0	13.941	0.273	14.343	12.16	0.366	0.195	0	0.107	0.062	98.759
53.108		0.436	3.673	0.11	0	14.025	0.293	14.379	12.208	0.388	0.2	0	0.044	0.049	98.913
52.695		0.557	3.337	0.063	0	15.009	0.322	14.039	11.371	0.454	0.226	0.067	0	0.044	98.184
51.98		0.448	4.554	0.061	0	14.724	0.338	13.623	12.072	0.484	0.274	0	0.061	0.063	98.682
54.361		0.288	2.594	0.138	0	13.575	0.261	14.961	12.108	0.33	0.144	0	0.269	0.033	99.062
50.398		0.694	5.754	0.168	0	15.437	0.271	12.758	11.908	0.739	0.428	0	0.059	0.099	98.713
51.718		0.702	4.411	0.081	0	14.914	0.29	13.599	11.909	0.547	0.324	0	0	0.072	98.567
51.563		0.685	4.481	0.081	0	15.038	0.321	13.596	11.931	0.601	0.336	0	0	0.06	98.693
51.005		0.467	5.466	0.242	0	15.036	0.298	12.923	12.131	0.587	0.348	0	0.118	0.071	98.692
51.107		0.389	5.544	0.134	0	15.22	0.316	12.762	12.125	0.624	0.386	0.02	0	0.082	98.709
53.013		0.371	3.96	0.073	0	14.046	0.306	13.402	12.227	0.373	0.235	0	0.127	0.073	98.206
50.769		0.8	5.453	0.024	0	15.775	0.334	12.446	11.758	0.653	0.439	0	0.168	0.088	98.707
50.911		0.79	5.438	0.07	0	15.811	0.325	12.346	11.752	0.638	0.427	0.059	0.045	0.079	98.691
51.837		0.53	4.744	0.091	0	14.834	0.297	13.024	11.846	0.567	0.336	0	0.065	0.069	98.24
52.626		0.635	4.109	0.087	0	14.592	0.376	13.305	11.949	0.432	0.275	0.045	0.197	0.056	98.684
51.867		0.831	4.288	0.097	0	14.612	0.305	13.195	11.962	0.438	0.292	0	0.053	0.062	98.002
49.816		0.708	5.888	0.24	0	15.993	0.266	12.101	11.866	0.762	0.445	0	0.08	0.11	98.275
52.386		0.143	4.533	0.176	0	15.184	0.253	13.26	12.792	0.397	0.172	0.016	0.026	0.056	99.394
53.715		0.366	3.354	0.186	0	13.987	0.281	14.15	12.187	0.347	0.149	0.002	0.062	0.04	98.826
49.976		0.74	6.202	0.061	0	15.518	0.278	11.76	11.852	0.831	0.483	0	0.041	0.107	97.849
52.917		0.75	3.304	0.075	0	15.263	0.388	13.414	11.457	0.417	0.247	0.045	0.215	0.07	98.562
52.302		0.445	4.043	0.083	0	14.381	0.241	13.846	12.158	0.427	0.229	0.043	0.073	0.061	98.332
52.257		0.478	4.115	0.048	0	14.234	0.281	14.004	12.189	0.431	0.244	0	0	0.068	98.349
52.703		0.264	3.655	0.102	0	14.76	0.264	13.522	12.387	0.358	0.223	0	0	0.068	98.306
50.083		0.702	6.202	0.105	0	15.547	0.298	12.156	12.132	0.565	0.42	0	0.177	0.117	98.504
51.918		0.403	4.826	0.068	0	14.354	0.259	13.683	11.933	0.436	0.308	0.087	0	0.077	98.352
48.84		0.763	6.784	0.114	0	16.378	0.27	12.865	11.34	0.517	0.422	0.083	0.058	0.105	98.539
48.86		0.735	6.762	0.077	0	16.285	0.295	12.904	11.319	0.529	0.401	0.116	0.043	0.082	98.408
51.256		0.418	7.337	0.09	0	12.351	0.183	12.312	11.046	2.512	0.457	0.026	0.108	0.118	98.214
50.031		0.735	5.873	0.113	0	15.933	0.275	12.557	11.866	0.705	0.459	0	0.125	0.085	98.757
51.863		0.431	4.889	0.108	0	15.338	0.234	13.265	12.098	0.522	0.277	0	0	0.076	99.101
51.062		0.782	5.303	0.109	0	15.632	0.272	12.928	12.067	0.492	0.433	0	0	0.097	99.177
50.116		0.61	6.152	0.111	0	16.03	0.284	12.486	11.902	0.739	0.425	0	0.142	0.116	99.113
52.776		0.764	3.64	0.105	0	14.976	0.385	13.818	11.773	0.434	0.271	0	0.009	0.067	99.018
52.605		0.643	3.874	0.049	0	14.826	0.289	13.731	11.88	0.477	0.325	0.031	0	0.069	98.799
51.39		0.587	4.974	0.105	0	15.418	0.349	13.254	11.755	0.636	0.352	0.022	0.035	0.078	98.955
53.087		0.12	4.172	0.099	0	15.119	0.267	13.353	12.299	0.402	0.195	0	0.072	0.046	99.231
49.383		0.745	6.159	0.116	0	16.449	0.266	12.395	11.867	0.775	0.471	0	0.062	0.083	98.771
51.229		0.61	4.779	0.099	0	15.337	0.289	13.288	11.832	0.611	0.369	0.094	0.18	0.06	98.777
51.276		0.54	4.798	0.132	0	15.323	0.325	13.195	11.838	0.629	0.367	0.055	0.079	0.068	98.625
49.956		0.616	5.816	0.081	0	15.573	0.303	12.608	11.875	0.793	0.408	0	0.009	0.089	98.127
50.743		0.685	5.191	0.132	0	15.49	0.304	13.073	11.825	0.622	0.456	0.09	0.026	0.077	98.714
52.02		0.58	4.312	0.08	0	14.427	0.279	13.599	11.801	0.929	0.332	0	0.08	0.066	98.505
53.212		0.529	3.393	0.042	0	14.267	0.32	14.232	11.926	0.432	0.237	0	0.071	0.06	98.721
49.759		0.727	6.973	0.146	0	16.053	0.277	12.701	10.703	0.642	0.425	0.024	0.043	0.1	98.573
49.512	0.738	5.794	0.139	0	15.842	0.316	12.727	11.818	0.731	0.435	0.014	0.028	0.099	98.193	
50.394	0.349	4.596	0.129	0	15.567	0.263	13.058	12.221	0.6	0.271	0.012	0	0.083	97.543	
52.521	0.653	3.995	0.082	0	14.358	0.325	13.819	11.998	0.402	0.27	0.008	0	0.072	98.503	
51.838	0.24	4.64	0.089	0	15.027	0.257	13.632	11.979	0.605	0.216	0	0	0.056	98.579	
50.7	0.861	5.194	0.096	0	15.676	0.27	12.63	11.938	0.598	0.432	0.006	0.046	0.084	98.531	
53.022	0.306	3.69	0.294	0	14.382	0.258	14.071	12.376	0.277	0.191	0.045	0.097	0.048	99.057	
51.628	0.803	4.566	0.106	0	15.427	0.277	13.521	11.859	0.527	0.335	0.059	0.188	0.114	99.41	
50.565	0.674	5.781	0.05	0	15.979	0.286	12.675	11.916	0.69	0.444	0.022	0.094	0.107	99.283	
53.909	0.311	2.788	0.181	0	14.308	0.325	14.785	12.157	0.393	0.167	0	0	0.035	99.359	
51.448	0.401	5.28	0.09	0	15.296	0.314	13.076	12.185	0.466	0.301	0	0	0.077	98.934	
51.246	0.816	4.691	0.133	0	15.392	0.319	13.311	11.892	0.527	0.408	0.014	0.177	0.09	99.016	
52.596	0.496	3.998	0.07	0	14.674	0.297	13.985	11.904	0.484	0.254	0	0.115	0.053	98.926	
53.346	0.456	3.406	0.063	0	14.452	0.344	14.425	11.985	0.371	0.227	0.069	0	0.047	99.191	
52.906	0.439	3.873	0.089	0	14.42	0.274	13.979	12.07	0.403	0.246	0.018	0.096	0.065	98.878	
52.879	0.713	3.594	0.045	0	14.584	0.332	14.223	12.078	0.4	0.219	0.031	0.055	0.084	99.237	
52.604	0.504	3.873	0.095	0	14.469	0.352	13.967	12.059	0.423	0.263	0	0	0.073	98.682	
53.026	0.33	3.877	0.063	0	14.613	0.337	14.045	12.132	0.331	0.185	0.01	0.186	0.042	99.177	

Tab. 24 - Análises de microsonda eletrônica para os feldspatos dos Pórfiros de Baleizão.

	Feldspatos													
	SiO2	TiO2	Al2O3	Cr2O3	Fe2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	SrO	BaO	Total
FRT-6	59.366	0	24.565	0	0	0.195	0	0.012	7.848	6.46	0.175	0.027	0.024	98.672
	65.54	0.007	21.064	0	0	0.094	0	0.003	3.423	9.023	0.131	0	0.057	99.342
	60.859	0.031	24.219	0	0	0.343	0.02	0.019	7.014	6.71	0.215	0.118	0	99.548
	65.615	0.012	17.727	0	0	0.05	0.018	0.007	0.008	0.442	16.299	0.046	1.052	101.276
	63.744	0	22.073	0	0	0.189	0.037	0.022	3.218	8.452	0.791	0.097	0.019	98.642
	65.935	0.016	20.967	0	0	0.126	0.035	0	2.902	9.192	0.148	0.139	0.121	99.581
	63.011	0	22.253	0	0	0.18	0.02	0.029	4.398	7.852	0.546	0	0.126	98.415
	63.319	0.01	22.66	0	0	0.026	0.012	0	5.035	7.915	0.176	0.133	0.09	99.376
	66.303	0	21.109	0	0	0.094	0.042	0	2.872	9.272	0.298	0	0	99.99
	65.18	0.024	17.571	0	0	0.029	0.04	0	0.034	0.516	16.43	0	0.937	100.761
	62.641	0	22.847	0	0	0.408	0.075	0.11	1.528	7.449	2.677	0.024	0.014	97.773
	56.464	0.007	26.055	0	0	0.216	0.004	0.006	9.224	5.533	0.162	0	0.029	97.7
	61.093	0	23.669	0	0	0.104	0.019	0	6.139	7.432	0.201	0.141	0.176	98.974
	58.103	0.004	25.009	0	0	0.091	0.015	0	7.822	6.462	0.13	0	0.105	97.741
	62.715	0.027	22.837	0	0	0.16	0.075	0.043	1.506	8.176	2.359	0.108	0.095	98.101
	57.086	0	26.107	0	0	0.224	0.047	0	8.978	5.918	0.154	0	0.1	98.614
	57.236	0.021	25.864	0	0	0.211	0.061	0	9.113	5.702	0.16	0.08	0	98.448
	57.808	0.011	25.84	0	0	0.185	0.054	0.008	8.302	6.061	0.117	0.006	0	98.392
	65.368	0.017	20.99	0	0	0.087	0.01	0.017	2.53	9.494	0.378	0.18	0.059	99.13
	61.303	0.056	23.849	0	0	0.074	0	0.021	5.939	7.23	0.431	0.166	0	99.069
	61.945	0.005	23.654	0	0	0.111	0	0.001	5.595	7.868	0.275	0	0.098	99.552
	65.873	0.01	21.451	0	0	0.059	0	0	3.07	9.236	0.124	0.201	0.059	100.083
	64.664	0.02	21.868	0	0	0.183	0.022	0	1.89	8.897	1.315	0.126	0.009	98.994
	75.742	0	14.482	0	0	0.072	0.058	0.004	2.046	6.809	0.125	0.089	0	99.427
	60.927	0	24.278	0	0	0.092	0.03	0	6.802	6.936	0.114	0.038	0.026	99.243
	57.03	0.005	26.993	0	0	0.326	0.038	0.017	9.823	5.504	0.137	0.2	0	100.073
	65.834	0.039	21.397	0	0	0.198	0	0.008	2.77	9.373	0.305	0.147	0	100.071
	63.738	0.021	22.549	0	0	0.082	0	0.007	4.935	8.21	0.184	0.102	0	99.828
	58.801	0.039	26.17	0	0	0.259	0.023	0.074	7.394	6.116	0.433	0.095	0.012	99.416
	65.659	0	21.825	0	0	0.037	0	0.005	3.72	9.002	0.155	0.098	0.014	100.515
	63.994	0.016	22.85	0	0	0.257	0.007	0.031	3.86	8.36	0.701	0	0.026	100.102
	61.595	0.026	24.247	0	0	0.926	0.021	0.308	3.081	6.913	3.088	0.163	0	100.368
	61.163	0	24.242	0	0	0.035	0.026	0	6.324	7.177	0.283	0	0	99.25
	61.057	0	24.08	0	0	0.042	0.008	0.008	6.331	7.093	0.273	0.101	0	98.993
	60.213	0.025	24.619	0	0	0.267	0.007	0.039	6.355	6.77	0.544	0.142	0.043	99.024
	66.952	0.03	20.551	0	0	0.088	0	0.024	2.266	9.829	0.187	0.298	0.012	100.237
	60.985	0.03	24.73	0	0	0.096	0	0	7.167	6.809	0.159	0.08	0.095	100.151
	64.702	0	21.18	0	0	0.17	0.017	0.044	2.466	6.686	2.806	0.059	0.128	98.258
65.623	0	15.365	0	0	0.15	0	0.007	0.033	0.357	13.616	0.079	0.781	96.011	
66.141	0.014	20.349	0	0	0.087	0.04	0	2.495	8.913	0.162	0	0	98.201	
64.635	0	17.59	0	0	0.045	0	0.015	0.009	0.289	16.418	0.02	0.918	99.939	
64.834	0	17.57	0	0	0.056	0	0	0.026	0.395	16.421	0.065	0.777	100.144	
64.611	0.013	17.643	0	0	0.06	0	0	0.008	0.334	16.442	0	0.744	99.855	
64.877	0.005	17.794	0	0	0.081	0.032	0.012	0.007	0.388	16.625	0.058	0.973	100.852	
64.798	0.024	17.825	0	0	0.054	0	0.005	0.013	0.406	16.269	0	1.16	100.554	
43.747	0.497	8.421	0	0	23.021	0.134	7.24	11.324	1.118	1.042	0	0	96.544	
FRT-15	62.698	0	23.602	0	0	0.203	0	0.018	5.393	7.821	0.232	0.17	0.033	100.17
	62.197	0.011	24.113	0	0	0.216	0.067	0.011	6.074	7.567	0.253	0.127	0.15	100.786
	60.717	0.032	24.858	0	0	0.105	0	0	6.829	7.104	0.16	0.341	0	100.146
	59.54	0	25.442	0	0	0.68	0	0	7.796	6.454	0.174	0.249	0.086	100.421
	61.483	0.01	24.832	0	0	0.044	0	0.011	6.827	6.88	0.111	0.105	0	100.303
	62.906	0.014	23.575	0	0	0.167	0.065	0.013	4.876	7.594	0.171	0.076	0.043	99.5
	60.02	0.025	25.146	0	0	0.136	0.015	0.002	6.829	6.024	0.92	0.003	0.06	99.18
	62.498	0	24.085	0	0	0.21	0.01	0	6.161	7.605	0.19	0	0.079	100.838
	65.803	0	21.641	0	0	0.052	0.062	0	3.36	9.196	0.145	0	0	100.259
	65.739	0.009	21.607	0	0	0.026	0.026	0.009	3.01	9.277	0.068	0.187	0.081	100.039
	57.047	0	26.4	0	0	0.314	0	0.013	9.241	5.56	0.195	0.143	0	98.913
	57.675	0	26.572	0	0	0.203	0	0.062	8.599	5.702	0.284	0.203	0.041	99.341
	55.347	0.047	27.416	0	0	0.147	0	0	10.702	4.881	0.075	0	0.06	98.675
	57.058	0.003	26.505	0	0	0.237	0	0.008	9.164	5.692	0.13	0.176	0.088	99.061
	64.827	0.009	17.608	0	0	0.076	0.008	0	0.52	0.452	16.344	0	0.281	100.125
	64.506	0	17.53	0	0	0.011	0	0.013	0.041	0.498	16.508	0	0.508	99.615
	59.82	0.035	25.15	0	0	0.112	0.029	0.01	7.334	6.659	0.12	0.162	0	99.431
	65.625	0	21.535	0	0	0.046	0.014	0	3.186	9.151	0.145	0.026	0.038	99.766
	61.297	0	23.831	0	0	0.201	0	0.005	6.772	7.43	0.104	0.015	0	99.655
	61.122	0	23.538	0	0	0.128	0.016	0	6.733	7.381	0.143	0	0.029	99.09
	61.919	0.024	24.061	0	0	0.095	0.004	0.005	6.16	6.869	0.932	0	0.057	100.126
	62.413	0.029	23.884	0	0	0.122	0.014	0	6.641	7.486	0.16	0.044	0	100.793
	66.007	0	17.768	0	0	0.05	0	0	0.069	0.926	14.992	0.022	0.285	100.119
	61.988	0.031	23.106	0	0	0.142	0.046	0.02	5.161	6.552	2.659	0.169	0.074	99.948
	66.522	0	17.575	0	0	0.07	0.027	0	0.067	0.472	16.48	0.085	0.189	101.487
	62.088	0.013	23.949	0	0	0.141	0.04	0.014	6.423	7.546	0.201	0.204	0	100.619
	59.629	0.025	25.189	0	0	0.262	0.03	0.003	7.834	6.671	0.227	0.156	0.069	100.095
	62.411	0.015	23.963	0	0	0.176	0	0.007	6.037	7.753	0.217	0.233	0.031	100.843
	61.946	0.002	23.746	0	0	0.066	0.008	0	6.116	7.715	0.135	0.288	0.067	100.089

Tab. 25 - Análises de microsonda electrónica para os feldspatos dos Pórfiros de Baleizão (continuação).

	Feldspatos													Total
	SiO2	TiO2	Al2O3	Cr2O3	Fe2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	SrO	BaO	
FRT-15	61.766	0	23.627	0	0	0.723	0	0.065	5.708	7.643	0.201	0.155	0.048	99.936
	66.713	0.006	17.707	0	0	0.079	0	0	0.115	2.067	14.664	0.001	0.232	101.584
	65.428	0	17.623	0	0	0.625	0	0.121	0.319	0.35	16.114	0.055	0.321	100.956
	60.824	0	23.993	0	0	0.125	0.038	0.004	6.513	7.251	0.421	0	0.026	99.195
	61.561	0.013	24.155	0	0	0.188	0.013	0.012	5.794	7.415	0.437	0.099	0.05	99.737
	60.529	0	24.422	0	0	0.151	0.018	0	6.55	7.08	0.126	0.077	0	98.953
	62.009	0.028	22.839	0	0	0.13	0	0.005	5.396	8.068	0.152	0.136	0.024	98.787
	60.825	0	24.242	0	0	0.116	0.039	0.011	6.653	7.181	0.22	0.163	0.012	99.462
	59.495	0.033	25.544	0	0	0.122	0.029	0.016	7.901	6.466	0.114	0	0	99.72
	60.735	0.03	24.491	0	0	0.147	0	0.017	6.815	7.184	0.228	0.097	0.091	99.835
	57.181	0.009	26.941	0	0	0.14	0	0	9.874	5.786	0.107	0.154	0	100.192
	60.012	0	25.604	0	0	0.2	0	0.122	3.391	6.525	3.347	0.041	0	99.242
	58.776	0.027	26.027	0	0	0.323	0.036	0.01	8.684	6.24	0.151	0.228	0	100.502
	61.776	0.005	23.963	0	0	0.115	0	0	6.561	7.448	0.246	0.212	0	100.326
	66.334	0	17.867	0	0	0.002	0.086	0	0.006	0.409	16.407	0.029	0.324	101.464
	66.178	0.01	17.805	0	0	0.135	0.004	0.011	0.084	0.673	15.847	0	0.242	100.989
FRT-21	64.892	0.016	21.735	0	0	0.17	0.065	0.002	3.199	9.284	0.31	0	0	99.673
	62.428	0.002	23.572	0	0	0.417	0.029	0.023	5.478	7.983	0.222	0.116	0.045	100.315
	62.441	0.032	23.246	0	0	0.381	0.033	0.011	5.475	7.992	0.342	0.078	0.067	100.098
	61.953	0.038	23.897	0	0	0.279	0	0	5.911	7.799	0.19	0.045	0.012	100.124
	65.351	0	21.559	0	0	0.235	0.027	0	3.324	9.326	0.187	0.007	0	100.016
	66.452	0.017	20.939	0	0	0.334	0.028	0.006	2.507	9.838	0.154	0.138	0	100.413
	62.954	0.043	23.043	0	0	0.204	0.036	0.004	5.11	8.103	0.429	0.2	0	100.126
	63.991	0.004	22.317	0	0	0.193	0.055	0.006	4.491	8.715	0.153	0.013	0.097	100.035
	63.037	0	23.461	0	0	0.251	0.042	0.003	5.519	7.875	0.319	0.058	0.055	100.62
	62.972	0	23.073	0	0	0.603	0	0.012	5.59	7.819	0.169	0.108	0.048	100.394
	62.285	0	23.61	0	0	0.281	0.003	0.016	6.166	7.574	0.207	0.063	0.055	100.26
	64.015	0.018	22.993	0	0	0.243	0	0	5.131	8.116	0.268	0.136	0	100.92
	62.032	0	24.012	0	0	0.214	0.055	0	6.233	7.59	0.134	0	0.029	100.299
	65.257	0.039	22.33	0	0	0.248	0.034	0	4.233	8.693	0.286	0.027	0.178	101.325
	63.364	0.002	22.834	0	0	0.194	0.018	0	5.476	8.134	0.167	0.309	0.076	100.574
	62.512	0.027	23.788	0	0	0.603	0.041	0.02	4.42	7.447	1.429	0.018	0.038	100.343
	62.766	0.054	23.082	0	0	0.168	0	0	5.705	7.651	0.549	0	0.157	100.132
	64.369	0.011	22.622	0	0	0.247	0	0	4.618	8.261	0.435	0.035	0.09	100.688
	63.42	0.009	23.341	0	0	0.21	0.001	0	5.357	8.002	0.345	0.265	0.136	101.086
	66.602	0	20.845	0	0	0.101	0.002	0	2.57	9.417	0.56	0.063	0	100.16
	65.988	0	17.71	0	0	0.035	0.04	0	0.027	0.185	16.924	0.154	0.252	101.315
	66.345	0	21.18	0	0	0.149	0	0.002	3.077	9.526	0.363	0.03	0	100.672
	67.306	0.003	20.813	0	0	0.093	0.065	0	2.468	9.931	0.208	0.024	0	100.911
	66.9	0	21.066	0	0	0.197	0	0.011	2.715	9.571	0.156	0.077	0.009	100.702
	66.153	0	21.343	0	0	0.209	0	0.004	3.206	9.412	0.115	0.084	0.009	100.535
	67.435	0	20.468	0	0	0	0	0.009	1.862	10.17	0.18	0.028	0	100.152
	62.862	0	23.151	0	0	0.318	0.049	0.018	5.624	7.997	0.256	0.192	0	100.467
	63.197	0.038	22.786	0	0	0.229	0.025	0	5.366	7.865	0.307	0	0.119	99.932
	62.203	0	23.309	0	0	0.185	0.008	0.006	5.866	7.673	0.224	0	0.136	99.61
	63.489	0.07	22.799	0	0	0.22	0.018	0.011	4.534	8.385	0.275	0.029	0.007	99.837
	62.445	0.018	22.863	0	0	0.254	0	0	5.783	7.644	0.207	0.149	0.026	99.389
	63.488	0.01	23.117	0	0	0.192	0.016	0	5.57	7.797	0.155	0.111	0.059	100.515
	62.764	0.041	22.653	0	0	0.192	0.005	0.022	5.078	8.168	0.334	0	0.126	99.383
	64.243	0	22.038	0	0	0.115	0	0.001	3.773	8.399	0.421	0.22	0.105	99.315
	62.934	0.031	23.228	0	0	0.281	0.033	0.048	5.583	8.141	0.203	0.219	0	100.701
	62.85	0	22.635	0	0	0.218	0	0	5.36	7.996	0.196	0	0.071	99.326
69.618	0.009	19.404	0	0	0.172	0.05	0	0.439	10.942	0.207	0	0	100.841	
66.485	0.046	21.031	0	0	0.238	0	0	2.757	9.566	0.148	0.275	0	100.546	
63.611	0	23.052	0	0	0.192	0.087	0	4.908	8.1	0.401	0.013	0.135	100.499	
62.519	0	23.009	0	0	0.231	0	0.003	5.383	7.765	0.333	0.1	0.043	99.386	
63.721	0	22.488	0	0	0.214	0.031	0.004	4.8	8.426	0.16	0.15	0.007	100.001	
63.61	0	23.154	0	0	0.153	0	0.005	5.364	8.123	0.201	0.2	0.095	100.905	
63.824	0	22.491	0	0	0.064	0.039	0.003	4.342	8.38	0.185	0.105	0	99.433	

Tab. 26 - Análises de microsonda electrónica para as anfíbulas dos Pórfiros de Baleizão.

	Anfíbulas														Total
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	ZnO	F	Cl	
FRT-6	43.504	1.917	8.981	0.09	0	22.621	0.189	7.365	11.49	1.317	0.769	0.052	0.245	0.384	98.924
	44.003	2.451	8.89	0.079	0	21.386	0.23	8.05	10.856	1.761	0.77	0	0.076	0.404	98.956
	43.122	0.726	9.09	0.095	0	23.061	0.225	7.586	11.403	1.06	1.254	0	0.223	0.651	98.496
	43.725	0.693	8.838	0.06	0	22.915	0.224	7.789	11.591	1.059	1.189	0	0.175	0.606	98.864
	43.189	1.765	9.351	0.112	0	22.949	0.219	7.212	11.534	1.293	0.942	0.006	0.14	0.452	99.164
	42.977	0.696	10.441	0.088	0	23.026	0.182	6.946	11.579	1.241	1.132	0	0.181	0.617	99.106
	42.046	3.614	9.066	0.089	0	19.501	0.28	8.267	10.475	1.825	0.668	0	0.237	0.259	96.327
	42.463	2.361	9.119	0.075	0	21.247	0.274	7.342	10.537	1.95	0.713	0	0.043	0.355	96.479
	43.376	1.12	8.638	0.085	0	21.179	0.179	7.793	11.342	1.271	0.931	0	0	0.487	96.401
	41.599	0.666	9.703	0.062	0	22.644	0.202	6.895	10.699	1.306	1.768	0.05	0.051	0.875	96.52
	43.308	1.766	8.872	0.091	0	20.417	0.191	8.132	11.151	1.601	0.791	0	0	0.39	96.71
	41.785	0.181	10.131	0.09	0	22.888	0.201	7.061	11.207	1.369	1.322	0	0.033	0.952	97.22
	43.069	1.905	9.187	0.109	0	22.153	0.326	6.884	10.345	1.949	0.764	0	0.111	0.49	97.292
	42.998	1.953	8.823	0.069	0	22.134	0.284	6.961	10.299	1.872	0.87	0	0.092	0.505	96.86
	43.328	1.628	8.702	0.066	0	21.622	0.287	7.281	10.964	1.589	0.736	0.115	0.032	0.431	96.781
	43.645	2.358	8.95	0.081	0	22.748	0.253	7.46	10.638	1.934	0.736	0.048	0	0.364	99.215
	44.145	2.075	8.897	0.051	0	21.895	0.19	7.857	11.237	1.482	0.86	0	0.185	0.492	99.366
	43.971	2.467	9.468	0.124	0	18.181	0.209	10.234	11.186	1.855	0.656	0	0.249	0.278	98.878
	44.113	2.578	9.315	0.079	0	19.174	0.266	9.421	10.971	1.926	0.651	0	0.29	0.311	99.095
	42.91	2.794	9.253	0.104	0	22.568	0.28	7.298	10.681	2.176	0.669	0	0.057	0.281	99.071
	43.606	2.676	9.322	0.073	0	21.329	0.222	7.926	11.205	1.613	0.709	0.094	0.049	0.299	99.123
	44.027	2.56	8.986	0.099	0	21.201	0.253	8.273	10.713	2.053	0.69	0	0.133	0.339	99.327
	43.153	2.658	9.72	0.095	0	20.299	0.233	8.782	10.688	2.059	0.716	0	0.084	0.293	98.78
	44.995	1.867	7.864	0.036	0	22.663	0.223	7.917	11.082	1.458	0.838	0.075	0.124	0.436	99.578
	43.497	1.889	8.67	0.082	0	23.342	0.232	7.518	11.394	1.308	0.823	0	0.149	0.382	99.286
	44.069	2.856	9.539	0.061	0	17.285	0.226	10.676	10.759	2.09	0.71	0	0.31	0.301	98.882
	43.615	2.246	9.134	0.088	0	20.678	0.255	9.049	10.413	2.222	0.644	0.006	0.297	0.372	99.019
	43.51	1.863	8.832	0.097	0	22.925	0.185	7.328	11.454	1.354	0.783	0	0.183	0.382	98.896
	42.627	0.729	9.374	0.081	0	23.567	0.182	7.076	11.614	1.053	1.314	0.146	0.106	0.693	98.562
	43.686	2.144	9.007	0.026	0	22.618	0.275	7.253	10.954	1.672	0.76	0.031	0.126	0.376	98.928
42.811	0.527	9.594	0.077	0	24.656	0.228	6.759	11.555	1.204	1.37	0	0	0.759	99.54	
42.085	0.304	9.869	0.098	0	24.692	0.173	6.593	11.546	1.354	1.395	0.019	0.081	0.921	99.13	
45.405	0.26	7.815	0.109	0	22.742	0.203	8.347	11.67	1.207	0.834	0	0.122	0.457	99.171	
46.184	0.679	6.92	0.033	0	22.425	0.232	8.594	11.49	1.143	0.843	0.027	0.173	0.447	99.19	
44.162	0.885	8.508	0.079	0	22.276	0.167	8.49	11.125	0.909	1.145	0.035	0.034	0.579	98.394	
45.385	1.563	8.153	0.11	0	20.248	0.191	9.223	11.01	0.864	1.006	0.056	0.111	0.412	98.332	
46.039	2.577	8.395	0.119	0	15.308	0.21	12.018	11.443	1.441	0.707	0	0.394	0.233	98.884	
47.397	0.402	6.705	0.047	0	21.246	0.26	9.365	11.79	0.801	0.713	0.09	0.04	0.369	99.225	
48.564	0.361	5.74	0.064	0	20.254	0.267	10.472	11.815	0.791	0.45	0.094	0.093	0.277	99.242	
FRT-15	43.126	0.923	8.548	0.064	0	25.7	0.308	6.397	11.415	1.146	1.355	0.097	0.267	0.783	100.129
	42.276	0.544	8.589	0.053	0	26.852	0.299	5.905	11.349	1.254	1.494	0.04	0.248	1.087	99.99
	42.36	1.09	8.752	0.076	0	26.702	0.273	5.531	11.159	1.542	1.432	0	0.233	0.97	100.12
	45.447	0.439	7.35	0.058	0	24.809	0.323	7.178	11.475	1.008	1.108	0	0.532	0.454	100.181
	38.654	0.933	11.681	0.064	0	27.897	0.292	4.109	11.297	1.383	2.158	0.029	0.143	1.291	99.931
	45.481	0.531	7.18	0.067	0	24.346	0.327	7.856	11.26	0.929	0.89	0.017	0.204	0.487	99.575
	46.548	0.552	6.855	0.058	0	24.321	0.299	7.487	11.541	0.882	0.994	0	0.197	0.465	100.199
	43.071	0.547	8.906	0.077	0	25.945	0.281	6.027	11.353	1.145	1.432	0	0.128	0.807	99.719
	42.27	0.296	9.137	0.056	0	26.992	0.283	5.801	11.371	1.025	1.469	0.027	0.184	0.963	99.874
	39.461	0.293	11.322	0.084	0	28.507	0.244	4.153	11.286	1.303	2.026	0	0.254	1.273	100.206
	42.246	0.758	8.661	0.093	0	27.357	0.255	5.471	11.288	1.139	1.524	0.061	0.096	0.899	99.848
	47.113	0.461	5.414	0.054	0	24.768	0.359	8.214	11.337	0.909	0.658	0	0.163	0.371	99.821
	42.014	0.555	8.994	0.108	0	27.66	0.264	5.108	11.282	1.18	1.541	0	0.216	0.94	99.862
	44.124	0.297	6.739	0.09	0	26.616	0.26	6.199	11.443	0.981	1.118	0.069	0.212	0.726	98.874
	41.919	0.562	9.097	0.066	0	27.988	0.249	4.827	11.321	1.324	1.551	0	0.102	1.002	100.008
	41.076	0.541	9.535	0.104	0	27.987	0.264	4.72	11.24	1.489	1.706	0.05	0.28	1.109	100.101
	41.857	0.778	9.041	0.065	0	27.698	0.303	4.924	11.24	1.383	1.532	0	0.142	0.912	99.875
	40.826	0.585	9.962	0.067	0	28.211	0.263	4.453	11.294	1.339	1.732	0	0.141	1.076	99.949
	43.751	0.448	8.093	0.093	0	26.728	0.339	5.99	11.447	1.013	1.306	0.015	0.283	0.74	100.246
	40.74	0.594	10.147	0.09	0	28.226	0.222	4.431	11.263	1.25	1.915	0	0.015	1.139	100.032
	43.69	0.479	7.937	0.09	0	26.486	0.31	5.905	11.355	1.07	1.379	0	0.241	0.86	99.802
	44.909	0.653	7.558	0.063	0	25.122	0.316	7.094	11.433	1.035	1.11	0.008	0.301	0.641	100.243
	41.071	0.418	10.08	0.047	0	28.06	0.368	4.92	11.207	1.187	1.815	0.086	0.166	1.145	100.57
	43.572	0.386	9.067	0.089	0	26.689	0.232	5.536	11.293	1.108	1.506	0.032	0.257	0.808	100.575
	41.368	0.706	9.551	0.091	0	27.287	0.276	5.088	11.31	1.165	1.598	0	0.426	1.028	99.894
	41.498	0.463	11.042	0.087	0	28.272	0.286	4.231	10.668	1.026	1.897	0.008	0.015	1.213	100.706
	42.236	0.874	9.496	0.072	0	26.866	0.329	5.251	11.262	1.13	1.571	0.059	0.021	0.928	100.095
	41.557	0.556	9.323	0.066	0	28.097	0.312	4.698	11.217	1.429	1.793	0.021	0.053	1.335	100.457
	42.202	0.893	8.638	0.096	0	26.902	0.306	5.658	11.205	1.335	1.464	0.034	0.371	0.967	100.071
	44.989	0.324	7.578	0.076	0	25.065	0.289	7.062	11.452	0.973	1.107	0.044	0.179	0.661	99.799
46.952	0.192	6.315	0.056	0	24.37	0.344	7.928	11.341	1.144	0.736	0.142	0.17	0.325	100.015	
47.016	0.337	6.279	0.044	0	24.428	0.364	7.717	11.317	0.928	0.771	0	0.253	0.38	99.834	
44.301	0.45	7.27	0.041	0	26.286	0.315	6.321	11.365	1.091	1.22	0.101	0.308	0.692	99.761	
44.186	0.382	8.061	0.04	0	26.478	0.303	6.034	11.466	1.085	1.362	0	0	0.719	100.116	
43.027	0.322	8.641	0.067	0	27.079	0.335	5.865	11.319	1.202	1.251	0.095	0.145	0.835	100.183	
43.018	0.262	8.992	0.086	0	26.519	0.296	6.08	11.3	1.365	1.185	0	0.248	0.728	100.079	
44.253	0.576	7.67	0.068	0	25.666	0.295	6.728	11.296	1.038	1.184	0.042	0.447	0.734	99.997	

Tab. 27 - Análises de microsonda eletrônica para as anfíbulas dos Pórfiros de Baleizão (continuação).

	Anfíbulas														
	SiO2	TiO2	Al2O3	Cr2O3	Fe2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	ZnO	F	Cl	Total
FRT-15	42.537	0.742	8.754	0.059	0	27.296	0.314	5.379	11.138	1.392	1.488	0.072	0.112	0.916	100.199
	44.652	0.328	7.143	0.057	0	26.319	0.26	6.4	11.421	1.045	1.162	0.023	0.066	0.59	99.466
	42.876	0.345	8.266	0.069	0	27.212	0.326	5.893	11.133	1.165	1.454	0	0.161	1.08	99.98
	42.263	0.989	8.916	0.054	0	27.45	0.313	5.392	11.109	1.523	1.466	0	0.166	0.93	100.571
	42.034	0.933	8.905	0.047	0	26.815	0.319	5.433	11.298	1.237	1.504	0	0.21	0.962	99.697
	39.939	0.591	10.469	0.094	0	28.692	0.26	4.282	11.235	1.082	1.941	0.053	0.005	1.045	99.688
FRT-21	43.319	0.718	8.853	0.023	0	27.794	0.398	4.623	11.303	1.09	1.296	0.139	0	0.49	100.046
	45.035	0.326	7.53	0.073	0	27.112	0.446	5.561	11.254	1.053	0.776	0	0.021	0.32	99.507
	44.504	0.387	8.086	0.064	0	27.436	0.459	5.325	11.27	1.036	0.954	0	0.127	0.404	100.052
	44.302	0.429	8.25	0.076	0	27.151	0.481	5.367	11.304	1.053	0.949	0.004	0.215	0.508	100.089
	42.168	0.908	9.32	0.104	0	28.166	0.395	4.48	11.239	1.236	1.365	0.017	0.103	0.477	99.978
	47.515	0.411	5.293	0.08	0	26.086	0.474	6.815	11.353	0.791	0.597	0	0.229	0.229	99.873
	42.295	0.558	9.299	0.048	0	28.542	0.348	4.401	11.089	1.127	1.314	0.067	0.208	0.542	99.838
	42.49	0.698	9.399	0.088	0	28.332	0.378	4.427	11.15	1.131	1.339	0	0.112	0.585	100.129
	44.721	0.47	8.9	0.088	0	28.655	0.39	4.173	11.073	1.101	1.382	0.017	0.063	0.388	101.421
	42.088	0.778	9.394	0.115	0	28.447	0.362	4.132	11.125	1.293	1.395	0	0.134	0.643	99.906
	42.528	0.784	9.55	0.056	0	28.204	0.413	4.293	11.135	1.163	1.39	0.086	0.176	0.546	100.324
	43.379	0.789	8.442	0.067	0	28.019	0.369	4.582	11.188	1.086	1.285	0	0.011	0.458	99.675
	41.662	0.71	9.488	0.08	0	28.738	0.402	4.353	11.171	1.252	1.289	0	0.104	0.564	99.813
	43.437	0.663	8.099	0.075	0	27.688	0.379	5.585	11.257	0.85	0.985	0	0.048	0.511	99.577
	43.429	0.554	8.653	0.107	0	27.992	0.444	4.703	11.084	1.112	1.17	0	0.207	0.477	99.932
	41.583	0.685	9.555	0.104	0	28.719	0.44	4.382	11.133	1.284	1.262	0	0.023	0.487	99.657
	46.826	0.376	6.155	0.099	0	26.855	0.453	6.279	11.138	0.891	0.573	0	0.195	0.237	100.077
	49.634	0.309	3.584	0.067	0	26.585	0.49	7.216	11.313	0.658	0.525	0	0.056	0.289	100.726
	43.047	0.84	8.886	0.047	0	27.993	0.376	4.76	11.266	0.972	1.245	0	0.088	0.542	100.062
	45.733	0.257	7.92	0.061	0	27.225	0.447	5.475	11.266	1.082	0.827	0.05	0.137	0.267	100.747
	46.399	0.133	6.95	0.072	0	26.47	0.391	5.999	11.556	1.045	0.57	0	0.266	0.199	100.05
	47.916	0.404	5.128	0.094	0	25.378	0.465	7.178	11.286	0.706	0.55	0.059	0.007	0.252	99.423
	44.238	0.395	7.508	0.092	0	27.03	0.414	5.778	11.316	1.07	0.872	0.008	0.08	0.415	99.216
	45.45	0.429	6.7	0.106	0	26.824	0.426	6.275	11.305	0.952	0.78	0	0.235	0.32	99.802
	39.85	0.214	11.644	0.08	0	28.658	0.41	3.708	11.348	1.153	1.784	0.004	0.079	0.831	99.763
	41.969	0.33	9.568	0.072	0	28.067	0.364	4.736	11.283	1.109	1.404	0.032	0.159	0.688	99.781
	44.527	0.752	7.754	0.063	0	26.707	0.475	5.87	11.373	0.888	1.005	0	0.064	0.413	99.891
	44.232	0.266	8	0.073	0	27.316	0.382	5.457	11.277	0.971	0.866	0	0.121	0.47	99.431
	44.383	0.506	7.918	0.042	0	27.485	0.412	5.285	11.323	0.899	1.042	0.006	0.137	0.364	99.802
	40.939	0.856	10.113	0.038	0	28.692	0.396	3.858	11.117	1.231	1.686	0	0.127	0.739	99.792
42.802	0.646	10.591	0.068	0	28.406	0.438	3.654	11.194	1.231	1.741	0	0	0.661	101.432	
46.958	0.2	6.5	0.021	0	26.424	0.383	6.1	11.478	0.89	0.594	0.002	0.089	0.246	99.885	
43.038	0.428	9.005	0.07	0	28.11	0.412	4.402	11.185	1.218	1.327	0	0.144	0.704	100.043	
44.419	0.451	7.866	0.067	0	27.431	0.392	5.343	11.277	0.883	1.017	0.04	0.129	0.411	99.726	
43.67	0.539	8.287	0.088	0	28.121	0.434	4.883	11.172	1.055	1.26	0	0	0.609	100.118	
	45.103	0.493	7.171	0.055	0	26.777	0.386	5.495	11.226	0.89	0.842	0	0.229	0.339	99.006

Tab. 28 – Tabela com análise elementar para todas as amostras analisadas.

	FRT-1	FRT-2	FRT-3	FRT-5	FRT-6	FRT-7	FRT-8	FRT-9	FRT-10	FRT-11	FRT-12	FRT-13	FRT-14
	Orto	RBI	Orto	Orto	Pórf	RBM	Orto	RBI	Orto	Orto	RBM	Orto	RBM
SiO2	72.1	54.2	76.9	74.4	64.7	50.6	71.5	54.2	75.9	77.5	48.4	72.4	51.2
Al2O3	14.4	16.0	12.8	12.9	17.0	14.5	14.3	15.6	12.7	12.7	12.8	14.3	13.5
Fe2O3	2.2	10.0	1.5	2.3	4.5	11.6	2.6	11.8	1.8	0.8	15.7	2.0	12.0
MnO	0.0	0.2	<0,02	0.0	0.1	0.2	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2
CaO	1.3	7.3	0.1	0.3	3.7	10.0	1.1	5.7	1.0	1.3	8.7	1.4	9.7
MgO	0.3	4.2	0.1	<0,20	1.5	6.6	0.5	3.4	<0,20	<0,20	5.4	0.3	3.6
Na2O	4.1	3.9	5.5	3.3	5.1	2.6	3.7	3.7	3.7	4.4	2.7	4.0	3.4
K2O	4.5	1.0	1.3	5.6	1.3	0.8	5.3	2.0	4.1	2.1	1.3	4.4	1.0
TiO2	0.3	1.5	0.3	0.4	0.6	1.8	0.3	2.0	0.2	0.2	3.1	0.3	3.8
P2O5	0.1	0.2	<0,04	0.1	0.1	0.2	0.1	0.3	<0,04	<0,04	0.3	0.0	0.7
LOI	0.4	1.3	1.3	0.5	1.3	0.9	0.5	1.0	0.3	0.6	1.2	0.7	0.6
Sc	10.4	41.6	5.1	4.9	8.0	46.5	8.8	29.6	5.6	bdl	51.9	8.5	56.0
Ti	1924.0	14788.0	1369.6	2490.0	4568.0	11799.2	2158.0	14496.0	992.0	1024.0	20709.3	1796.0	27662.7
V	26.0	385.4	45.4	30.2	79.2	332.3	31.3	380.8	18.6	25.4	438.2	29.8	461.1
Cr	6.2	22.4	5.6	23.4	21.4	279.2	18.8	24.6	4.6	bdl	121.3	bdl	bdl
Mn	261.2	1536.6	37.7	192.4	360.2	1398.7	275.6	749.4	225.4	130.4	1705.5	229.2	1325.4
Co	3.5	33.6	3.3	2.2	11.5	38.1	3.7	27.1	2.1	0.5	38.6	4.0	26.0
Ni	7.0	33.6	1.6	16.2	11.6	41.4	12.0	29.2	13.6	26.2	26.5	13.0	11.1
Cu	5.4	28.0	3.8	bdl	2.1	30.4	4.5	36.2	3.3	69.2	26.4	4.6	bdl
Zn	30.8	74.8	1.4	29.8	27.2	71.8	36.2	41.4	67.8	bdl	153.5	19.0	61.8
Ga	48.3	38.2	14.2	45.1	29.6	19.5	47.5	31.1	33.0	31.6	24.9	52.4	27.2
Ge	1.8	1.6	bdl	bdl	1.6	bdl	1.5	2.1	bdl	bdl	7.2	bdl	9.7
Rb	74.6	49.5	35.1	92.8	49.8	29.0	97.1	106.0	131.0	57.0	44.1	71.1	30.0
Sr	91.4	353.0	41.4	54.6	318.2	91.8	105.2	291.6	90.8	144.2	120.9	134.8	133.9
Y	33.3	47.1	10.8	26.4	26.1	42.8	42.5	34.6	51.8	34.9	65.9	20.4	112.4
Zr	243.4	219.5	180.7	423.2	304.7	117.7	254.4	183.8	191.0	144.2	212.2	241.8	438.2
Nb	8.5	6.4	5.4	12.5	8.7	27.5	7.6	6.0	9.0	5.7	28.6	8.1	36.8
Mo	0.6	1.3	1.4	1.3	0.0	bdl	1.0	0.7	0.6	bdl	bdl	0.7	bdl
Sn	2.3	4.6	1.1	0.8	3.0	4.8	1.6	3.4	3.9	1.6	5.7	1.7	7.2
Sb	0.4	1.2	0.7	0.8	0.8	0.9	0.2	1.2	0.6	0.1	1.5	0.5	1.6
Cs	1.3	2.4	0.7	0.6	2.6	1.5	1.7	5.3	1.0	1.1	1.2	0.8	0.8
Ba	955.2	461.6	142.6	996.2	344.6	171.1	969.0	320.6	458.4	418.0	302.6	1095.6	194.7
La	42.6	20.2	2.5	108.4	24.9	10.9	59.3	18.0	32.6	30.2	16.7	32.1	24.2
Ce	83.6	47.0	5.6	222.0	50.1	24.8	118.4	40.3	69.3	60.0	38.1	65.2	53.4
Pr	9.2	6.0	0.7	23.7	5.6	4.1	13.0	5.2	7.8	7.3	5.8	7.1	8.4
Nd	35.7	28.9	2.7	87.8	22.2	16.1	48.3	23.6	30.8	27.8	31.5	28.4	43.5
Sm	6.6	6.9	0.7	14.6	4.5	5.7	9.1	5.8	7.9	5.8	10.3	5.2	13.9
Eu	0.5	2.3	0.1	0.3	1.1	1.2	0.6	1.5	0.5	0.3	2.5	0.6	3.8
Gd	6.2	7.7	1.0	10.7	4.1	6.5	7.7	5.8	6.8	5.2	10.3	4.3	16.2
Tb	1.0	1.2	0.2	1.2	0.6	1.1	1.0	0.9	1.2	0.9	1.4	0.7	2.8
Dy	6.0	8.6	1.5	6.2	4.6	7.7	7.3	6.3	8.3	6.1	11.1	4.2	19.9
Ho	1.1	1.8	0.4	1.1	0.9	1.7	1.5	1.3	1.8	1.1	2.6	0.8	3.8
Er	3.5	5.1	1.2	2.7	2.8	3.3	4.6	3.9	5.4	3.5	6.8	2.2	11.6
Yb	3.6	4.8	1.2	2.2	3.0	4.2	4.4	3.8	6.0	3.8	7.5	2.3	9.4
Lu	0.5	0.7	0.2	0.3	0.4	0.6	0.7	0.5	0.9	0.5	0.9	0.4	1.5
Hf	7.0	5.6	5.1	12.0	7.3	3.8	7.6	4.7	5.6	4.8	6.7	6.6	11.9
Ta	0.7	0.5	0.5	0.5	0.8	0.7	0.3	0.4	0.7	0.6	0.8	0.6	1.6
W	2.0	4.3	1.9	2.5	2.5	2.6	1.9	2.4	2.4	2.3	4.2	2.1	23.2
Tl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	0.3	bdl	bdl	0.0	0.0	bdl	0.0	bdl
Pb	7.3	9.7	0.7	8.1	4.5	6.0	8.8	2.8	9.9	4.4	26.8	7.2	4.2
Bi	0.0	0.1	0.2	0.0	0.0	bdl	0.0	0.0	0.0	bdl	bdl	0.0	bdl
Th	13.1	6.2	4.5	31.9	9.7	1.6	14.2	5.2	14.0	14.7	1.8	10.3	2.3
U	1.9	3.1	1.2	1.6	5.5	1.0	2.5	2.2	3.8	1.7	0.9	1.3	8.1

Tab. 29 - Tabela com análise elementar para todas as amostras analisadas (continuação).

	FRT-15	FRT-16	FRT-18	FRT-19	FRT-20	FRT-21	FRT-22	SC1	SC2	SC3	SC4	SC5
	Pórf	Orto	RBI	Orto	Pórf	Pórf	RBI	RBI	RBI	Orto	Orto	RBM
SiO2	69.5	78.7	52.2	76.8	69.5	70.1	51.4	53.3	50.1	79.4	79.4	48.0
Al2O3	15.1	12.1	15.3	12.4	14.9	14.6	15.4	15.8	14.1	10.5	10.7	12.9
Fe2O3	3.0	0.2	11.9	1.3	3.8	3.9	8.7	11.1	11.6	2.2	2.0	16.3
MnO	0.0	<0,02	0.2	<0,02	0.0	0.0	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.3
CaO	2.5	0.3	7.0	0.4	2.4	2.4	9.9	6.2	9.6	0.6	0.5	7.0
MgO	0.5	<0,20	4.0	<0,20	0.9	0.5	6.2	3.6	7.1	0.2	<0,20	4.2
Na2O	4.1	3.5	4.3	3.5	4.8	4.4	3.3	4.3	2.3	3.1	3.3	3.5
K2O	3.9	4.5	1.2	4.4	1.3	2.8	1.0	1.3	1.3	2.8	3.0	1.1
TiO2	0.3	0.1	2.1	0.1	0.5	0.4	1.2	2.2	2.0	0.2	0.2	4.1
P2O5	0.1	<0,04	0.3	<0,04	0.1	0.1	0.1	0.4	0.2	<0,04	0.0	0.7
LOI	0.7	0.5	1.4	0.8	1.7	0.7	2.4	1.4	1.4	0.6	0.7	1.7
Sc	2.5	12.3	37.2	1.7	13.4	5.0	45.1	43.4	47.8	bdl	19.4	52.8
Ti	2022.0	560.0	16186.0	824.0	3318.0	2554.0	10576.0	15753.7	14006.7	1637.8	1335.5	31367.9
V	41.0	22.8	383.6	23.8	95.6	36.2	290.8	341.7	366.3	23.1	20.0	527.4
Cr	12.6	44.0	17.6	bdl	27.6	6.8	243.6	35.6	298.7	bdl	bdl	38.5
Mn	302.8	19.2	1623.2	76.0	207.6	350.8	1447.2	1098.5	1752.8	231.6	230.2	2142.9
Co	1.8	1.1	36.1	1.4	2.9	4.1	35.8	22.6	33.7	bdl	bdl	36.5
Ni	11.2	3.6	1.6	bdl	bdl	bdl	65.2	9.1	34.9	8.0	4.4	17.8
Cu	5.5	3.5	60.4	0.0	4.5	2.4	5.0	17.3	20.1	bdl	bdl	31.4
Zn	17.6	3.6	67.4	26.4	24.8	19.8	73.4	54.4	79.8	bdl	23.4	99.8
Ga	50.9	25.6	30.6	28.0	24.8	47.7	26.8	23.2	22.2	19.1	24.4	27.8
Ge	1.3	bdl	bdl	2.4	bdl	3.4	bdl	7.3	8.1	bdl	bdl	7.1
Rb	88.1	172.4	54.6	123.1	62.7	75.9	71.4	69.9	66.3	101.9	77.6	54.4
Sr	173.2	31.6	313.8	54.4	258.4	153.2	254.2	307.8	175.2	43.8	63.2	144.4
Y	30.5	54.8	41.1	40.7	36.5	43.4	34.8	39.3	51.6	107.3	72.1	125.3
Zr	227.2	84.0	186.1	123.6	198.8	269.1	147.9	173.7	145.1	146.5	129.4	430.2
Nb	7.8	11.9	5.4	8.1	8.2	9.6	3.3	29.4	28.4	34.9	31.3	39.9
Mo	1.0	bdl	0.7	bdl	0.7	1.3	1.1	bdl	bdl	5.2	bdl	bdl
Sn	2.1	10.0	3.6	1.8	7.4	4.6	5.8	4.1	5.9	5.5	4.1	9.1
Sb	0.7	0.6	0.9	0.1	0.5	1.2	1.4	1.2	1.2	1.1	bdl	1.0
Cs	0.8	0.9	0.9	1.2	1.4	1.2	1.5	0.8	1.3	1.2	bdl	0.8
Ba	990.8	138.4	353.6	334.6	242.0	923.2	251.4	271.4	235.6	195.3	367.0	260.7
La	32.4	17.3	18.3	32.0	28.9	29.6	8.9	18.7	9.7	44.0	33.1	28.0
Ce	63.5	39.3	42.3	56.5	57.6	62.8	23.4	37.4	22.4	103.6	77.0	65.3
Pr	6.8	4.6	5.7	8.3	6.9	7.3	3.1	5.9	4.0	12.9	8.3	10.0
Nd	25.6	17.3	27.5	31.9	27.3	29.4	16.4	22.1	18.3	44.1	36.5	51.9
Sm	4.6	4.6	6.6	6.7	5.9	6.2	4.9	6.9	6.8	12.5	9.4	15.8
Eu	0.8	0.1	2.2	0.3	1.0	0.8	1.7	2.1	1.4	bdl	1.1	3.3
Gd	5.1	4.8	7.3	7.3	5.5	5.6	5.3	7.5	9.4	10.4	6.5	18.8
Tb	0.7	1.1	1.1	1.1	0.9	1.1	1.0	1.4	1.4	2.0	1.4	3.0
Dy	5.0	9.3	7.8	8.1	6.5	7.1	6.7	6.8	7.8	12.0	12.9	21.9
Ho	1.0	1.9	1.6	1.6	1.3	1.6	1.3	1.4	1.9	2.8	2.4	4.4
Er	3.2	6.2	4.7	4.5	4.0	4.9	3.9	4.6	6.0	8.9	5.9	14.4
Yb	3.1	6.0	4.3	4.2	4.0	5.0	3.8	6.0	6.5	9.9	13.4	16.0
Lu	0.5	0.8	0.6	0.7	0.6	0.8	0.6	0.9	0.9	1.6	1.1	2.2
Hf	6.1	3.7	4.8	4.2	5.6	7.4	3.7	5.2	4.6	5.5	4.6	12.0
Ta	0.8	0.9	0.4	0.7	0.7	0.9	0.3	bdl	0.7	1.6	bdl	1.4
W	2.2	3.3	3.1	2.6	2.7	2.8	3.4	2.2	6.1	bdl	bdl	4.4
Tl	bdl	0.0	0.0	bdl	bdl	0.0	0.0	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl
Pb	5.6	3.3	8.3	11.6	4.0	3.3	2.9	4.0	3.4	6.1	5.7	3.6
Bi	0.0	0.6	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl
Th	14.4	9.4	5.0	14.7	11.3	15.0	3.5	4.3	0.8	24.5	18.7	2.1
U	6.7	3.1	2.0	3.8	3.5	8.5	1.7	1.8	2.1	3.1	3.3	1.4

Tab. 30 – Tabela com as pressões e temperaturas estimadas para a formação do Ortognaisse das Alcáçovas a partir de análises de anfíbola.

Amostras		Ortognaises										
		FRT-13						Mi-Med-Max ()			Mínimo (T)	Máximo (T)
Pschmidt (kb)	Schmidt, 1992	4.719	6.428	4.985	3.231	3.296	4.698	2.199	5.563	8.386	2.199	8.386
T (C) HB1 '94		651.747	654.949	668.183	627.923	638.424	602.012	621.729	661.436	730.239	602.012	730.239
T (C) HB2 '94		609.013	603.354	612.849	602.779	603.931	567.397	570.008	615.602	643.690	567.397	643.690
T (C) BH '90		686.269	707.240	698.558	656.129	662.470	669.648	643.186	703.903	753.862	643.186	753.862
T (C) HB1*	Anderson e Schmidt, 1995	650.749	654.545	667.780	626.597	637.122	601.090	620.493	660.818	731.887	601.090	731.887
P(Kb) HB1*		4.928	6.655	5.058	3.481	3.519	5.104	2.385	5.709	7.335	2.385	7.335
T (C) HB2		610.902	606.759	614.604	603.928	605.002	569.607	570.096	617.791	646.013	569.607	646.013
P(Kb) HB2		5.112	6.982	5.391	3.497	3.569	5.070	2.229	6.001	8.766	2.229	8.766
T (C) BH		688.343	716.451	703.617	654.205	661.075	668.810	641.100	710.996	798.413	641.100	798.413
P(Kb) BH		4.573	5.809	4.634	3.374	3.399	4.758	2.358	5.078	5.595	2.358	5.809
T (C) Ti-hbld	Otten 1984	672.197	646.828	661.670	720.5	728.5	637.9	628.492	604.824	607.652	604.824	728.544
P (kbar)	Mutch et al. 2016	3.686	5.102	3.889	2.661	2.702	3.671	2.064	4.354	7.045	2.064	7.045

Tab. 31 - Tabela com as pressões e temperaturas estimadas para a formação dos Pórfiros de Baleizão a partir de análises de anfíbola.

Amostras		Pórfiros																			
		FRT-6			Mi-Med-Max (FRT-6)			FRT-15			Mi-Med-Max (FRT-15)			FRT-21			Mi-Med-Max (FRT-21)			Mínimo (T)	Máximo (T)
Pschmidt (kb)	Schmidt, 1992	4.782	4.942	4.525	4.218	4.839	5.185	4.862	2.279	6.158	4.243	4.492	5.118	1.335	2.743	5.273	1.335	4.289	5.826	1.335	6.158
T (C) HB1 '94		722.739	723.026	757.938	720.457	827.490	767.082	759.672	685.785	790.938	726.310	756.693	767.753	642.139	686.334	726.798	649.291	709.050	750.728	642.139	827.490
T (C) HB2 '94		711.670	741.279	722.571	738.419	836.776	747.320	761.848	697.237	786.532	698.152	729.084	728.020	625.851	665.087	707.431	646.570	707.315	742.628	625.851	836.776
T (C) BH '90		746.288	732.231	744.405	767.244	801.771	789.618	778.928	693.828	814.025	710.731	746.729	750.311	641.293	684.077	744.659	651.221	729.600	769.774	641.293	814.025
T (C) HB1*	Anderson e Schmidt, 1995	728.653	727.561	772.233	725.660	882.544	783.234	777.624	686.511	827.652	733.811	775.831	791.405	641.177	687.193	734.234	648.434	712.727	764.370	641.177	882.544
P(Kb) HB1*		4.055	4.223	2.976	3.579	0.022	3.294	3.148	2.191	2.874	2.546	2.868	3.035	1.456	2.641	4.411	1.442	3.839	4.294	0.022	4.411
T (C) HB2		710.302	737.080	720.953	735.990	830.336	743.813	759.200	696.778	782.148	697.837	728.163	726.443	626.124	665.243	706.271	646.811	706.213	739.438	626.124	830.336
P(Kb) HB2		4.344	4.055	3.940	3.409	1.739	4.152	3.552	2.099	4.156	3.023	3.794	4.406	1.464	2.810	4.872	1.446	3.929	4.822	1.446	4.872
T (C) BH		769.072	748.729	765.420	800.200	871.515	848.163	824.467	696.247	922.094	717.238	768.807	776.502	639.705	685.227	768.184	649.871	743.569	813.433	639.705	922.094
P(Kb) BH		3.270	3.836	3.123	2.057	0.413	1.459	1.929	2.104	-0.612	2.786	3.022	3.396	1.458	2.659	3.721	1.438	3.340	3.030	-0.612	3.836
T (C) Ti-hbld	Otten 1984	645.413	811.070	801.452	666.324	991.475	617.639	586.148	590.805	628.513	607.449	650.946	623.217	600.229	604.434	591.094	600.229	655.067	665.684	586.148	991.475
P (kbar)	Mutch et al. 2016	3.729	3.848	3.537	3.371	3.797	4.121	3.790	2.105	4.856	2.708	3.587	4.064	1.633	2.337	4.114	1.648	3.415	4.666	1.633	4.856

Tab. 32 Tabela com as pressões e temperaturas estimadas para a formação das Rochas Básicas Metamórficas e Ígneas a partir de análises de anfíbola.

Amostras		Rochas Básicas Metamórficas																		Mínimo (T)	Máximo (T)
		FRT-7			Mi-Med-Max (FRT-7)			FRT-12b			Mi-Med-Max (FRT-12b)			FRT-14			Mi-Med-Max (FRT-14)				
Pschmidt (kb)	Schmidt, 1992	4.854	5.172	5.235	3.607	4.384	5.397	4.494	4.757	2.801	2.801	4.376	5.322	5.252	4.117	5.050	4.439	4.926	5.253	2.801	5.397
T (C) HB1 '94		661.035	699.699	716.977	660.558	715.624	736.453	696.563	711.117	624.579	624.579	652.906	591.183	701.955	623.460	711.730	641.842	689.532	717.659	591.183	736.453
T (C) HB2 '94		688.143	726.634	730.542	672.672	703.203	753.526	704.759	719.897	631.251	631.251	655.066	614.867	718.708	641.126	732.706	644.840	714.761	737.381	614.867	753.526
T (C) BH '90		734.864	750.155	759.103	708.283	747.789	768.290	708.929	718.768	656.580	656.580	689.802	670.376	727.322	679.406	731.954	693.667	719.302	735.891	656.580	768.290
T (C) HB1*	Anderson e Schmidt, 1995	660.697	700.785	719.645	660.113	718.788	741.731	698.446	714.938	623.400	623.400	652.068	591.772	703.885	622.641	715.164	641.023	690.436	721.875	591.772	741.731
P(Kb) HB1*		4.989	4.854	4.629	3.722	3.840	4.385	4.229	4.252	3.028	3.028	4.565	5.799	4.888	4.435	4.526	4.699	4.750	4.609	3.028	5.799
T (C) HB2		687.229	722.456	726.372	672.783	701.789	747.324	703.387	717.722	632.196	632.196	655.923	618.584	715.826	642.680	729.245	646.218	712.248	733.427	618.584	747.324
P(Kb) HB2		4.719	4.523	4.516	3.626	4.080	4.275	4.165	4.209	3.013	3.013	4.538	5.740	4.707	4.354	4.294	4.669	4.452	4.408	3.013	5.740
T (C) BH		752.310	776.453	791.332	714.572	770.057	808.153	716.354	729.658	654.868	654.868	692.465	669.567	742.417	680.093	748.588	697.186	730.656	754.850	654.868	808.153
P(Kb) BH	3.686	3.443	3.136	3.166	2.900	2.826	3.981	4.015	2.929	2.929	4.188	5.379	4.240	4.068	3.936	4.192	4.154	3.991	2.826	5.379	
T (C) Ti-hbld	Otten 1984	757.199	838.745	846.936	709.0	821.4	846.4	865.647	872.480	712.156	712.156	783.297	900.248	814.308	770.514	874.972	705.981	822.276	855.677	705.981	900.248
P (kbar)	Mutch et al. 2016	3.779	4.027	4.076	2.899	3.430	4.213	3.488	3.707	2.400	2.405	3.424	3.921	4.095	3.241	3.937	3.484	3.845	4.096	2.400	4.213
Amostras		Rochas Básicas Ígneas																		Mínimo (T)	Máximo (T)
		FRT-2			Mi-Med-Max (FRT-2)			FRT-4			Mi-Med-Max (FRT-4)			FRT-22			Mi-Med-Max (FRT-22)				
Pschmidt (kb)	Schmidt, 1992	2.816	0.298	3.129	-0.723	4.556	0.266	1.039	-0.342	0.691	-1.775	0.249	2.245	0.214	0.486	0.266	-0.932	2.526	0.486	-1.775	4.556
T (C) HB1 '94		627.142	403.247	676.662	544.322	757.985	637.461	500.418	455.713	494.096	526.759	514.210	631.803	539.826	480.104	539.086	412.502	614.727	464.498	403.247	757.985
T (C) HB2 '94		604.193	559.613	669.006	638.523	789.602	652.661	519.948	506.912	523.858	588.984	582.516	616.756	639.416	624.294	618.058	592.559	604.327	579.128	506.912	789.602
T (C) BH '90		657.816	549.690	691.067	578.782	768.015	638.127	578.358	531.284	566.844	506.057	573.008	669.668	613.010	612.038	608.940	514.787	665.972	581.762	506.057	768.015
T (C) HB1*	Anderson e Schmidt, 1995	626.142	412.904	676.760	548.463	768.714	636.887	504.369	465.722	498.959	534.536	518.680	630.439	542.744	486.012	541.837	427.494	613.569	471.510	412.904	768.714
P(Kb) HB1*		3.040	-2.844	3.114	-1.341	3.080	0.339	0.131	-2.338	-0.386	-2.777	-0.606	2.428	-0.317	-0.873	-0.266	-4.073	2.736	-1.161	-4.073	3.114
T (C) HB2		605.313	557.755	669.156	638.581	782.550	652.793	517.039	503.210	520.988	588.775	582.013	617.164	639.672	624.615	618.224	591.904	605.084	578.550	503.210	782.550
P(Kb) HB2		3.046	-0.050	3.173	-0.697	2.770	0.330	0.323	-1.579	-0.040	-2.099	0.107	2.435	0.285	0.559	0.309	-1.135	2.728	0.348	-2.099	3.173
T (C) BH		656.189	554.102	693.426	581.831	803.162	637.201	579.122	538.802	569.022	519.285	575.281	669.156	612.746	611.548	608.803	525.396	665.088	583.020	519.285	803.162
P(Kb) BH	2.938	-0.088	2.959	-0.985	2.263	0.339	0.975	-1.021	0.505	-3.034	0.055	2.283	0.235	0.526	0.278	-1.918	2.591	0.380	-3.034	2.959	
T (C) Ti-hbld	Otten 1984	609.257	585.234	776.567	599.971	905.060	612.365	670.347	606.471	653.812	555.820	622.180	593.742	634.519	654.321	603.190	582.233	645.458	654.321	555.820	905.060
P (kbar)	Mutch et al. 2016	2.408	1.211	2.593	0.890	1.205	3.603	1.096	1.399	1.359	0.6533	1.1950	2.1162	1.181	1.280	1.199	0.8342	1.2807	2.2534	0.653	3.603