

Evolução geodinâmica da Zona de Ossa-Morena no contexto do SW Ibérico durante o Ciclo Varisco

Geodynamic evolution of Ossa-Morena Zone in SW Iberian context during the Variscan Cycle

N. Moreira^{1,2*}, A. Araújo^{1,3}, J. Pedro^{1,3}, R. Dias^{1,2,3}

Artigo Curto
Short Article

© 2014 LNEG – Laboratório Nacional de Geologia e Energia IP

Resumo: A evolução geodinâmica da Zona de Ossa-Morena é essencial na compreensão do Ciclo Varisco no Terreno Autóctone Ibérico. Vários estudos de índole estratigráfica, estrutural, magmática e metamórfica têm sido efectuados nesta zona tectono-estratigráfica. Contudo, estes estudos devem ser enquadrados de forma integrada, espacial e temporalmente, na evolução geodinâmica desta zona. O trabalho em causa é uma síntese multidisciplinar crítica desta zona, integrando os dados existentes para todo o Ciclo Varisco, desde as etapas iniciais (Paleozóico inferior) até às finais (Paleozóico superior). A (re)interpretação dos dados existentes para esta zona permitiu colocar em evidência a presença de vários impulsos de extensão crustal durante as fases iniciais do ciclo (Câmbrico-Ordovícico), que culminam com a abertura do oceano Rheic (Ordovícico), bem como de quatro episódios tectono-metamórficos e magmáticos distintos, relacionados com os processos de subducção e colisão continental (Devónico ao Pérmico), que são responsáveis pela génese da Cadeia Varisca Ibérica.

Palavras-chave: Zona de Ossa-Morena, Ciclo Varisco, Evolução geodinâmica.

Abstract: The geodynamic evolution of Ossa-Morena Zone is essential to understand the Variscan Cycle on the Iberian Autochthon Terrain. Several stratigraphic, structural, magmatic and metamorphic studies have been done in this tectonostratigraphic zone. However, these studies must be integrated like an evolutionary sketch of this zone in space and time. This paper is a critical multidisciplinary geodynamical overview of this zone, integrating the previous data, from the initial stages (lower Paleozoic) until the later ones (upper Paleozoic). The (re) interpretation of previous data for this zone has highlighted the presence of several pulses of crustal extension during the early stages of the Variscan cycle (Cambrian-Ordovician), which culminate with Rheic Ocean opening, as well as four tectonometamorphic and magmatic episodes, related with subduction and continental collision processes (Devonian to Permian), which are responsible for the genesis of the Variscan Iberian Belt.

Keywords: Ossa-Morena Zone, Variscan Cycle, Geodynamic evolution.

1. Introdução

O Maciço Ibérico (MI) surge como local privilegiado no estudo da Cadeia Orogénica Varisca. Neste maciço, afloram materiais de idades compreendidas entre o Proterozóico e o Paleozóico superior, que testemunham a evolução geodinâmica do orógeno Varisco, contendo também testemunhos do Ciclo Cadomiano desenvolvido no Neoproterozóico (*e.g.* Ribeiro *et al.*, 2007).

A Zona de Ossa-Morena (ZOM) representa o bordo Sul (em coordenadas actuais) do Terreno Autóctone Ibérico (TAI). É uma zona muito heterogénea e complexa do ponto de vista estratigráfico, magmático, metamórfico e estrutural, a que não é alheio o facto de algumas das litologias presentes terem sido afectadas pela actuação de dois ciclos de Wilson sobrepostos (*e.g.* Ribeiro *et al.*, 2007, 2009).

O trabalho em causa pretende ser uma síntese pluridisciplinar crítica dos dados existentes, tentando correlacionar os diversos episódios tectono-metamórficos e magmáticos da ZOM com a sua evolução geodinâmica durante o Ciclo de Wilson.

2. Do *rifting* continental à Abertura do Oceano Rheic

Após a colisão entre a ZOM e o TAI e consequente edificação da Cadeia Cadomiana durante o Neoproterozóico, na transição Neoproterozóico-Câmbrico, iniciam-se os processos de distensão da margem norte da Gondwana, que culminarão na Abertura do Oceano Rheic (*e.g.* Ribeiro *et al.*, 2009; Sánchez-García *et al.*, 2010). Esta passagem é marcada estratigraficamente pela presença de unidades conglomeráticas discordantes sobre as unidades do Ediacariano (Série Negra), às quais se associa um vulcanismo félsico de assinatura calco-alcalina (*e.g.* Oliveira *et al.*, 1991; Sánchez-García *et al.*, 2010).

Sobre esta unidade conglomerática basal, instala-se em toda a ZOM uma extensa plataforma detrítico-carbonatada (Câmbrico inferior) onde se intercala um vulcanismo bimodal resultante do processo de *rifting* (Mata & Munhá, 1990; Sánchez-García *et al.*, 2010). Este

¹Centro de Geofísica de Évora.

²Laboratório de Investigação de Rochas industriais e Ornamentais da ECTUE.

³Dep. Geociências da Escola de Ciências e Tecnologia da Universidade de Évora.

*Autor correspondente/Corresponding author: nmoreira@estremoz.cienciaviva.pt

processo de extensão crustal é acompanhado pela instalação de um conjunto de corpos plutónicos de idade compreendida entre os 535-520 Ma (*e.g.* Barquete, Alcáçovas, Tâliga).

No final do Câmbrico inferior, o estiramento da margem continental mantém-se activo, criando um conjunto de bacias individuais com diferentes depocentros, sendo a estratigrafia da região influenciada pela profundidade destas bacias; nas mais profundas a sedimentação é detrítica (*e.g.* Vila Boim-Cumbres), enquanto nas mais superficiais poderá ocorrer sedimentação carbonatada (Complexos vulcano-sedimentares carbonatados de Estremoz e Ficalho-Moura); esta sedimentação é contemporânea de vulcanismo bimodal, com assinatura toleítica anorogénica (Mata & Munhá, 1990).

O Câmbrico médio é marcado por um importante episódio de estiramento crustal. A sedimentação siliciclástica faz-se acompanhar de um intenso vulcanismo bimodal (*e.g.* Basaltos de Umbria-Pipeta, Complexo Vulcano-Sedimentar de Terrugem; *e.g.* Sánchez-García *et al.*, 2010), que se torna menos abundante na transição entre o Câmbrico médio-superior (*e.g.* Formação Fatuquedo). Este vulcanismo apresenta uma assinatura alcalina-transicional compatível com vulcanismo intraplaca (Mata & Munhá, 1990).

A transição Câmbrico-Ordovícico é marcada pela presença de uma discordância (ou paraconformidade) em toda a ZOM. Esta ausência de sedimentação e/ou episódio erosivo encontra-se temporalmente concordante com a intrusão de um segundo conjunto de corpos intrusivos (*e.g.* Portalegre, Alter Pedroso, Barcarrota; *ca.* 510-485 Ma). Este período poderá resultar de um episódio de instabilidade tectónica em todo o MI, ao qual se associa o levantamento relativo da ZOM (*e.g.* Oliveira *et al.*, 1991; Ribeiro *et al.*, 2009). Também desta idade (*ca.* 480-485 Ma) surgem rochas básicas e ultrabásicas com características anorogénicas, de assinatura N/T-MORB (Pedro *et al.*, 2010), intercaladas no Complexo Filonítico de Moura, apontando para que o processo de oceanização já estivesse concluído no Ordovícico, podendo o episódio anteriormente referido estar directamente relacionado com a abertura do oceano Rheic (*e.g.* Ribeiro *et al.*, 2007).

No Ordovícico inferior existem ainda evidências de instabilidade tectónica, com algum magmatismo associado à sedimentação. Contudo, a partir do Ordovícico médio, o magmatismo extingue-se. A partir daqui as variações estratigráficas poderão resultar apenas de variações eustáticas. Referência ainda para a sedimentação do Silúrico inferior, constituída por uma sequência de xistos negros carbonosos, típica de meios euxínicos com alguma profundidade (Araújo *et al.*, 2013). Esta homogeneidade em toda a ZOM, parece mostrar estabilidade tectónica durante o Silúrico inferior.

3. Do processo de subducção à edificação da Cadeia Varisca

Neste ponto, tenta-se interpretar uma sequência de

acontecimentos associados aos estádios finais do Ciclo Varisco na ZOM, vigentes durante o Paleozóico superior. Para efeitos práticos, a sequência de acontecimentos foi subdividida em diversos episódios tectono-metamórficos e magmáticos (TM), alguns de carácter localizado (TM_L); os mesmos encontram-se sintetizados na figura 1.

3.1. TM₁ – Processo de subducção activo (Emsiano-Fameniano inferior)

Este episódio encontra-se relacionado com o processo de subducção para Norte do Terreno Sul Português sobre o TAI. Este ter-se-á iniciado provavelmente antes do Emsiano (Devónico inferior). A polaridade é evidenciada pela migração do quimismo do magmatismo, toleítico a calco-alcalino no bordo Sul, proximal à sutura, e shoshonítico nos sectores mais distais. A idade do magmatismo shoshonítico, presente no domínio de Alterdo-Chão-Elvas, prolonga-se até aos cerca de 365 Ma (Araújo *et al.*, 2013). O magmatismo toleítico-calcoalcalino proximal foi identificado na região de Odivelas, onde se intercala com carbonatos da transição Devónico inferior a médio (Machado *et al.*, 2010). A existência de magmatismo devónico é apoiada pela presença de zircões herdados nas bacias de Cabrela e Mértola (com idades no intervalo 390-360 Ma; Pereira *et al.*, 2012). Estas idades são corroborantes com as obtidas para o evento metamórfico de alta pressão (≈ 370 Ma para pico bário – fácies eclogítica; Araújo *et al.*, 2013) existente no bordo sul da ZOM.

Do ponto de vista estratigráfico surgem evidências da sobrelevação da ZOM no Devónico. A sedimentação do Silúrico inferior vai gradualmente evoluindo, sendo que no Devónico inferior, surgem evidências de sedimentação carbonatada pouco profunda com formação de estruturas recifais (Machado *et al.*, 2010). Também a sedimentação do Devónico inferior no Sinclinal de Terena (Araújo *et al.*, 2013), mostra características de sedimentação sin-tectónica.

No que respeita à estrutura, este episódio caracteriza-se pela presença de dobras deitadas vergentes para o quadrante W associadas a zonas de cisalhamento com transporte com topo para SW, compatível com um regime transpressivo esquerdo com uma intensa partição da deformação (*e.g.* Vera, 2004; Araújo *et al.*, 2013).

3.2. TM_{L1} (Bordo Sul da ZOM) – A instalação do Complexo Filonítico de Moura

Contemporaneamente ao episódio TM₁, na margem sul da Zona de Ossa-Morena, instala-se sobre os complexos vulcano-sedimentares autóctones, deformados pelo TM₁, um complexo imbricado alóctone (Araújo *et al.*, 2005). A instalação para Norte deste prisma de acreção associa-se ao processo de obducção dos complexos ofiolíticos, gerando-se uma estrutura do tipo *flake tectonics*, (Araújo *et al.*, 2005). Neste complexo intercalam-se fragmentos da sequência autóctone bem como de sequências ofiolíticas (Pedro *et al.*, 2010). A instalação deste complexo ocorreu posteriormente ao Silúrico/Devónico inferior (Devónico médio a superior?; Araújo *et al.*, 2005).

3.3. TM₂ – Tectónica extensiva – o *slab roll-back* e/ou o *slab breakoff* (Fameniano inferior a Carbónico inferior – Tournasiano-Viseano?)

A este episódio é atribuída a rápida exumação dos eclogitos em torno dos 360 Ma, assim como o início do magmatismo associado aos processos de colisão continental (Jesus *et al.*, 2007). Este episódio pode ser interpretado como resultado do processo de *slab roll-back* e/ou de *slab breakoff*.

O processo de *slab roll-back*, bem como o *slab breakoff*, poderiam induzir extensão nas unidades localizadas na placa superior e nas unidades previamente acrecionadas. Evidências de extensão encontram-se localizadas no domínio de Évora-Beja-Aracena (onde se localizam rochas de alta pressão exumadas) e no bordo norte da Zona Sul Portuguesa (*e.g.* Vera, 2004). Associado ao processo de *slab breakoff*, encontra-se descrito e modelado a existência de um *upwelling* astenosférico que induz sobreaquecimento da litosfera e, consequentemente, fusão crustal.

Atribui-se assim a este episódio, os primeiros impulsos do Complexo Ígneo de Beja e o vulcanismo na Faixa Piritosa Ibérica, com idades entre os 360-345 Ma (Jesus *et al.*, 2007), o magmatismo de Villaviciosa-La Coronada e Anticlinal de Olivenza-Monestério (bordo centro-norte da ZOM; 350-330 Ma), bem como a génese das Bacias de Cabrela e Toca da Moura e das Bacias Carbónicas do bordo Norte da ZOM.

3.4. TM₃ – A colisão continental (Mississipiano superior - Pensilvaniano)

Este episódio é resultante do processo de colisão continental. Do ponto de vista estrutural este caracteriza-se pela presença de dobras sub-verticais, raramente com vergência (Vera, 2004). Atribui-se a este episódio a génese de dobras à escala regional como sejam o Anticlinal de Estremoz e o Sinclinal de Terena. No que respeita ao metamorfismo, este é geralmente de baixo grau, com excepção para o Domínio Évora-Beja-Aracena onde o metamorfismo pode atingir a fácies granulítica. Este facto poderá indicar um elevado fluxo térmico a Sul, associado ao *upwelling* astenosférico, e que está na origem dos processos de fusão crustal que se mantêm durante este episódio. Atribui-se a este episódio um impulso magmático em todo o Maciço de Évora-Beja-Aracena, com idade compreendida entre os 340-320 Ma (Jesus *et al.*, 2007). No Maciço de Évora, os magmas apresentam origem na fusão crustal, com assinatura calco-alcalina herdada, apresentando também

contaminação de líquidos magmáticos de origem mantélica.

3.5. TM_{1,2} (Bordo Ocidental da ZOM) – Porto-Tomar-Ferreira do Alentejo (Pensilvaniano)

Junto ao bordo ocidental da ZOM, surgem evidências de um regime de deformação não coaxial dextrógira, associada a cisalhamentos de orientação N-S a NNW-SSE, associada à actuação da zona de cisalhamento Porto-Tomar-Ferreira do Alentejo. Esta fase é responsável pela génese da Bacia sin-tectónica de Santa Susana, bem como pela segunda fase de deformação actuante na região de Abrantes.

3.6. TM₄ – Deformação e magmatismo pós-colisional (Pérmico)

Após os processos de colisão continental, o sobre-espessamento crustal leva a que o regime de deformação intraplaca se altere. Nas fases mais tardias o regime de deformação intraplaca deixa de ser do tipo cavalgamento, passando a um regime transcorrente dominante. Todo o SW ibérico é então afectado por desligamentos esquerdos de orientação NNE-SSW a NE-SW. As características desta fase de deformação têm sido interpretadas por diversos autores como resultado da existência de anisotropias litosféricas de 1ª ordem com uma orientação E-W (*e.g.* Ribeiro *et al.*, 2007), que por sua vez induzem a formação de estruturas de 2ª ordem com orientação NNE-SSW a NE-SW.

O magmatismo, de idade compreendida entre os 300-270 Ma, é essencialmente granítico, apresentando menor expressão geográfica (*e.g.* Pedrógão, Sta Eulália, Nisa-Albuquerque-Pedroches). Este possui uma assinatura calco-alcalina, interpretada como resultado da fusão da crosta continental com essa assinatura.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação Calouste Gulbenkian pelo financiamento através do “Programa Estímulo à Investigação 2011” e à FCT pela bolsa de doutoramento de referência (SFRH/BD/80580/2011) atribuída a Noel Moreira. Os autores agradecem ao financiamento atribuído ao Centro de Geofísica de Évora, através do contrato com a FCT (PEst-OE/CTE/UI0078/2011). J. Pedro agradece o financiamento através do projecto *Petrochron* (PTDC/CTE-GIX/112561/2009). Sendo um trabalho de síntese crítica é impossível a citação de todos os trabalhos de relevância, sendo que os trabalhos de síntese de Vera (2004) e Dias *et al.* (2013) serviram de referência.

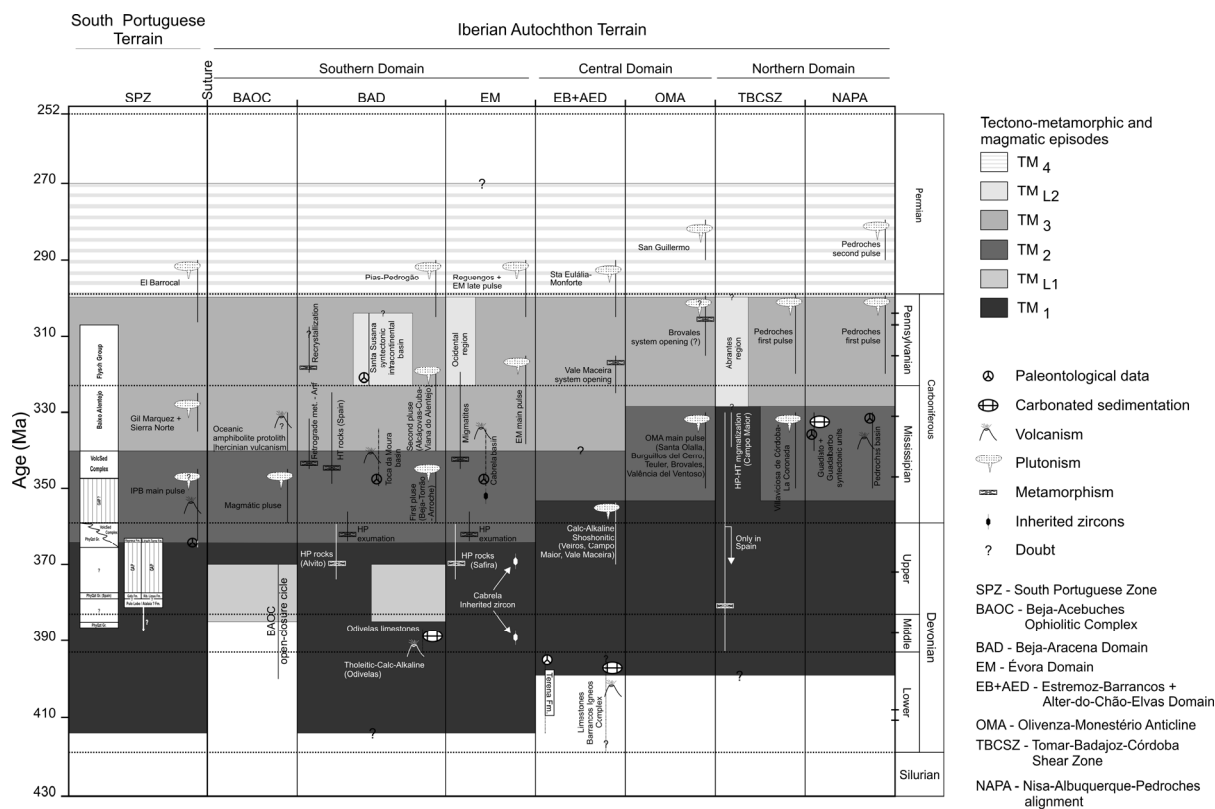


Fig. 1. Síntese dos principais eventos tectono-metamórficos e magmáticos na Zona de Ossa-Morena, durante as fases finais do Ciclo Varisco.

Fig. 1. Main tectono-metamorphic and magmatic events summary in the Ossa-Morena Zone during the final stages of Variscan cycle.

Referências

- 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., Piçarra de Almeida, J., Borrego, J., Pedro, J., Oliveira, J.T., 2013. As regiões central e sul da Zona de Ossa-Morena. In: R. Dias, A. Araújo, P. Terrinha, J.C. Kullberg, (Eds). *Geologia de Portugal*. Vol. I, Escolar Editora, 509-549.
- Dias, R., Araújo, A., Terrinha, P., Kullberg, J.C. (Eds), 2013. *Geologia de Portugal*. Vol. I, Escolar Editora, 807 p.
- Jesus, A., Munhá, J., Mateus, A., Tassinari, C., Nutman, A.P., 2007. The Beja Layered Gabbroic Sequence (Ossa-Morena Zone, Southern Portugal): geochronology and geodynamic implications. *Geodinamica Acta*, **20(3)**, 139-157.
- Machado, G., Hladil, J., Koptikova, L., Slavik, L., Moreira, N., Fonseca, M., 2010. An Emsian-Eifelian Carbonate-Volcaniclastic Sequence and the possible Record of the basal chote? event in western Ossa-Morena Zone, Portugal (Odivelas Limestone). *Geologica Belgica*, **13(4)**, 431-446.
- Mata, J., Munhá, J., 1990. Magmatogénese de metavulcanitos câmbrios do nordeste alentejano: os estádios iniciais de "rifting" continental. *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, **76**, 61-89.
- Oliveira, J.T., Oliveira, V., Piçarra, J.M., 1991. Traços gerais da evolução tectono-estratigráfica da Zona de Ossa-Morena, em Portugal: síntese crítica do estado actual dos conhecimentos. *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, **77**, 3-26.
- Pedro, J.C., Araújo, A., Tassinari, C., Fonseca, P.E., Ribeiro, A., 2010. Geochemistry and U-Pb zircon age of the Internal Ossa-Morena Zone Ophiolite Sequences: a remnant of Rheic Ocean in SW Iberia. *Ophioliti*, **35(2)**, 117-130.
- Pereira, M.F., Chichorro, M., Johnston, S.T., Gutiérrez-Alonso, G., Silva, J.B., Linnemann, U., Hofmann, M., Drost, K., 2012. The missing Rheic Ocean magmatic arcs: Provenance analysis of Late Paleozoic sedimentary clastic rocks of SW Iberia. *Gondwana Research*, **22(3-4)**, 882-891.
- Ribeiro, A., Munhá, J., Dias, R., Mateus, A., Pereira, E., Ribeiro, M.L., Fonseca, P., Araújo, A., Oliveira, T., Romão, J., Chaminé, H., Coke, C., Pedro J., 2007. Geodynamic evolution of SW Europe Variscides. *Tectonics*, **26**, doi:10.1029/2006/TC002058.
- Ribeiro, A., Munhá, J., Mateus, A., Fonseca, P., Pereira, E., Noronha, F., Romão, J., Rodrigues, J.F., Castro, P., Meireles, C., Ferreira, N., 2009. Mechanics of thick-skinned Variscan overprinting of Cadomian basement (Iberian Variscides). *Comptes Rendus Geoscience*, **341(2-3)**, 127-139.
- Sánchez-García, T., Bellido, F., Pereira, M.F., Chichorro, M., Quesada, C., Pin, C., Silva, J.B., 2010. Rift related volcanism predating the birth of the Rheic Ocean (Ossa-Morena Zone, SW Iberia). *Gondwana Research*, **17(2-4)**, 392-407.
- Vera, J.A., (Ed.), 2004. *Geologia de España*. Sociedad Geológica de España e Instituto Geológico y Minero de España. 884 p.