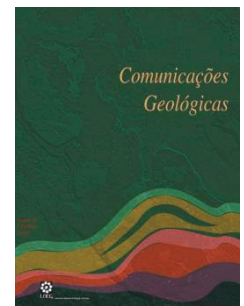


# Até onde irá o Terreno Finisterra? Proposta de correlação com os “Terrenos” Variscos Europeus

## How far will the Finisterra Terrane? Correlation proposal with European Variscides “Terranes”

N. Moreira<sup>1,2\*</sup>, R. Dias<sup>1,2</sup>, A. Ribeiro<sup>3</sup>, J. Romão<sup>4</sup>, J. Pedro<sup>1,2</sup>, F. Noronha<sup>5,6</sup>



Artigo original  
Original article

Recebido em 05/03/2018 / Aceite em 16/12/2019

Publicado em agosto de 2020

© 2020 LNEG – Laboratório Nacional de Energia e Geologia IP

**Resumo:** O Maciço Ibérico foi subdividido num conjunto de terrenos tectono-estratigráficos com características próprias, entre os quais os Terrenos Finisterra (TF) e Ibérico (TI). O TF contacta com TI, nomeadamente com a Zonas Centro Ibérica e Ossa-Morena, através de uma zona de cisalhamento, a Zona de Cisalhamento Porto-Tomar-Ferreira do Alentejo. O TF apresenta características que contrastam com as que especializam o TI, destacando-se: (1) um evento tectono-metamórfico de alta temperatura Varisco, acompanhado de magmatismo granítico, de idade ante-mississippiana; (2) a presença de unidades de baixo grau metamórfico discordantes, sendo que a Unidade de Albergaria (Devónico superior), apresenta uma natureza marinha, que contrasta com o *gap* na sedimentação da mesma idade no TI; e (3) a existência de zircões detritivos de idade mesoproterozóica em alguns litótipos, o que não é característico dos terrenos Peri-Gondwânicos. As características do TF permitem a sua correlação com o Bloco de León e o Mid-German Crystalline Rise.

**Palavras chave:** Maciço Ibérico, Terreno Finisterra, Ciclo Varisco, paleogeografia.

**Abstract:** The Iberian Massif was divided into several tectono-stratigraphic terranes with its own features, among them the Finisterra Terrane. This Terrane connects with the Iberian one, namely with the Central Iberian and Ossa-Morena Zones, through a lithospheric shear zone, the Porto-Tomar-Ferreira do Alentejo Shear Zone. Several Finisterra Terrane features contrast with those that characterize the Iberian Terrane, namely: (1) A pre-Mississippian high-temperature Variscan tectono-metamorphic event, accompanied by granitic magmatism; (2) The presence of an Upper Devonian marine unit (Albergaria Unit) with very low-grade metamorphism and acritarch assemblages similar to those described in Laurussia, which contrasts with the Upper Devonian *gap* of sedimentation in the Iberian Terrane. This unit is imbricated in the Arada Unit, attributed to Neoproterozoic. So, if these ages are considered, a Cambrian-Devonian unconformity seems to be emphasized; and (3) The existence of Mesoproterozoic detrital zircons in some of the tectono-stratigraphic units, which is not characteristic of Peri-Gondwanan terranes where a Mesoproterozoic gap is a distinctive feature. The mentioned features of the Finisterra Terrane allow its correlation with some central Europe domains, namely the León Block and the Mid-German Crystalline Rise (MGCR). Although the magmatic and tectono-metamorphic similarities are clear, some particular features are present in each of these blocks (i.e. the presence of high pressure metamorphism in León Block and MGCR, which is not reported, until the present days, in Finisterra). So, it is proposed a new tectono-stratigraphic terrane (Finisterra Terrane-León-MGCR Terrane), which defines an arcuate pattern compatible with the Ibero-Armorican Arc.

Since the Mississippian, the Finisterra-León-MGCR Terrane and the other Peri-Gondwana Terranes (that includes the Iberian Terrane) show similar metamorphic and magmatic events, suggesting a common evolution during Carboniferous, which is compatible with the beginning of the collision between the Gondwana and Laurentia blocks.

**Keywords:** Iberian Massif, Finisterra Terrane, Variscan Cycle, paleogeography.

<sup>1</sup> Instituto de Ciências da Terra (ICT), Polo da Universidade de Évora, Rua Romão Ramalho, nº 59, 7000-671 Évora, Portugal.

<sup>2</sup> Dep. Geociências da Escola de Ciências e Tecnologia da Universidade de Évora, Colégio Luís António Verney, Rua Romão Ramalho, 59, 7000-671 Évora, Portugal.

<sup>3</sup> Instituto Dom Luiz (IDL), Dep. Geologia da Faculdade de Ciências da UL, Museu Nacional de História Natural e da Ciência (UL), Edifício C6, Piso 4, Campo Grande, 1749-016 Lisboa, Portugal.

<sup>4</sup> UGHGC, Laboratório Nacional de Energia e Geologia, Estrada da Portela, Apartado 7586 - Zambujal, 2720 Alfragide, Portugal.

<sup>5</sup> ICT, Polo da Universidade do Porto, Rua Campo Alegre, 4169-007 Porto, Portugal.

<sup>6</sup> Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território (DGAOT), Rua Campo Alegre 687, 4169-007 Porto, Portugal.

\* Autor correspondente/corresponding author: [nmoreira@estremoz.cienciaviva.pt](mailto:nmoreira@estremoz.cienciaviva.pt)

### 1. Enquadramento geográfico e geológico

Um terreno tectono-estratigráfico detém características estratigráficas, estruturais e petrológicas distintas, não resultando de uma simples alteração de fácies relativamente às unidades morfo-estruturais contíguas, das quais está separado por contactos tectónicos de 1ª ordem, com uma evolução estrutural complexa. Estes terrenos deverão ter representatividade à escala litosférica constituindo ambientes geotectónicos distintos e com evolução geodinâmica independente até serem amalgamados durante um processo orogénico.

Tendo em conta este conceito, o Maciço Ibérico (MI) foi subdividido num conjunto de Terrenos Tectono-estratigráficos (Ribeiro *et al.*, 2007): Terreno Ibérico (TI), Terreno Sul Português (TSP), Terrenos Alóctones do NW e SW Ibérico e Terreno Finisterra (TF). O TF inclui unidades localizadas a Oeste da Zona de Cisalhamento Porto-Tomar-Ferreira do Alentejo (ZCPTF). Ribeiro *et al.* (2007) apresentaram o primeiro modelo geodinâmico para a Ibéria incluindo o TF e, mais tarde, Ribeiro *et al.* (2013) elabora-

ram, pela primeira vez, uma síntese do conhecimento sobre o TF. O presente trabalho pretende abordar de forma sintética as características essenciais que possibilitam a diferenciação do TF dos restantes terrenos do MI, bem como apresentar uma proposta de correlação com os Domínios Variscos Centro-Europeus.

## 2. Terreno Finisterra: uma caracterização geral

O TF está localizado nos domínios ocidentais do MI, tendo sido alvo de um conjunto de trabalhos recentes visando a sua caracterização (e.g. Romão *et al.*, 2013; Ribeiro *et al.*, 2013; Moreira *et al.*, 2016; 2019a). O seu limite Este é marcado pela ZCPTF, uma estrutura litosférica, polifásica, com uma história geológica complexa e interpretações geodinâmicas dispares. A ZCPTF coloca em contacto o TF com duas zonas paleogeográficas distintas do TI: a Zona Centro Ibérica (ZCI) e a Zona de Ossa-Morena (ZOM; Ribeiro *et al.*, 2007; Romão *et al.*, 2013, 2014).

Considera-se que o TF inclui quatro sectores distintos: Abrantes-Tomar, Coimbra, Porto-Espinho-Albergaria-a-Velha e Arquipélago das Berlengas. As unidades tectono-estratigráficas aflorantes nos sectores de Abrantes-Tomar, Coimbra, Porto-Espinho-Albergaria-a-Velha têm uma clara relação espacial com a ZCPTF, acompanhando o seu *trend* geral (N-S a NNW-SSE; Romão *et al.*, 2014; Moreira *et al.*, 2016, 2019a). As características tectono-metamórficas destas unidades permitiram a individualização de dois conjuntos de unidades de alto grau (Chaminé *et al.*, 2003; Moreira *et al.*, 2019a):

- Unidades compostas por paragneisses, ortogneisses, migmatitos altamente deformados e milonitos, com intercalações de rochas anfíbolíticas intrusivas (Unidades de Lourosa, S. Pedro de Tomar e Foz do Douro). Dados geocronológicos indicam um protólito Neoproterozóico-Câmbrico para os termos paraderivados destas unidades (Almeida *et al.*, 2014);
- Unidades paraderivadas, compostas por micaxistos com granada, estauroilite e biotite, com intercalações de quartzitos, meta-quartzovaques, milonitos e mais raramente rochas básicas (Unidades de Junceira-Tramagal e Espinho). Estudos geocronológicos (Pereira *et al.*, 2010; Almeida *et al.*, 2014) apontam também uma idade Neoproterozóica-Câmbrica para estas unidades de micaxistos.

Estudos de proveniência mostram a presença, em amostras de quartzitos (Unidade de Espinho) e de granitoides (Unidade de Lourosa), de populações de zircões de idade Mesoproterozóica (Almeida *et al.*, 2014).

Os dados geocronológicos nestas unidades indicam a presença de um episódio metamórfico de alta temperatura (HT) de idade mississipiana (340-318 Ma) associado a um evento de *high-strain* (Pereira *et al.*, 2010; Almeida *et al.*, 2014; Moreira *et al.*, 2019a), geneticamente associado ao evento de transcorrência direita descrito na ZCPTF (e.g. Ribeiro *et al.*, 2007; Moreira *et al.*, 2016; Moreira e Dias, 2018). Contudo, alguns autores (e.g. Fernández *et al.*, 2003; Moreira *et al.*, 2019a) identificam a presença de um episódio metamórfico de HT anterior ao episódio de HT mississipiano tendo em conta critérios estruturais, petrográficos e cartográficos, o que está de acordo com o facto desta zona de cisalhamento estar ativa, pelo menos desde os episódios tectono-metamórficos Variscos precoces (Dias e Ribeiro, 1993; Moreira *et al.*, 2019a).

Também no *horst* do Arquipélago das Berlengas ocorrem rochas com semelhanças às descritas no sector de Abrantes-Tomar (Moreira *et al.*, 2019a; Ribeiro *et al.*, 2019). Este arquipélago

é caracterizado pela presença de um complexo gnaissio-migmatítico (Farilhões) e o granito das Berlengas (França *et al.* 1960; Ribeiro *et al.*, 2019). Os metatexitos dos Farilhões resultam de um episódio metamórfico de HT ( fácies granulítica) de idade devónica superior (ca. 380 Ma), sendo o seu protólito para-derivado de idade ediacariana (Ribeiro *et al.*, 2019).

Para além das unidades de alto grau, nos sectores de Coimbra e de Porto-Espinho-Albergaria-a-Velha afloram duas unidades de baixo grau metamórfico:

- A Unidade de Arada (considerada do Neoproterozóico), constituída por filitos negros na zona da clorite-biotite intercalados com quartzitos e rochas básicas (Beetsma, 1995; Chaminé *et al.*, 2003; Ferreira Soares *et al.*, 2007);
- A Unidade de Albergaria, composta por pelitos negros grafitosos de muito baixo grau, onde foram descritos acritarcas de idade frasniana-serpukhoviana, com afinidades às faunas marinhas do Devónico superior da Laurússia (Machado *et al.*, 2008, 2011). A Unidade de Albergaria ocorre em lenticulas no seio da Unidade de Arada, interpretadas como imbricações tectónicas (Moreira *et al.*, 2019a e referências inclusas).

No que se refere ao magmatismo no TF, os dados geocronológicos indicam vários episódios com natureza diversa:

- Na Foz do Douro ocorrem ortogneisses, de natureza granítica a tonalítica, atribuídos ao Ediacariano (ca. 600-550 Ma; Noronha e Leterrier, 2000), embora trabalhos recentes tenham considerado os ortogneisses biotíticos da Foz do Douro do Ordovício (ca. 450 Ma; Sousa *et al.*, 2014). Idades semelhantes foram obtidas em ortogneisses graníticos na Unidade de Lourosa (Almeida *et al.*, 2014);
- No sector de Abrantes-Tomar, diques de ortogneisses quartzofeldspáticos intruídos nos Micaxistos de Junceira-Tramagal foram datados do Câmbrico (ca. 510 Ma), evidenciando um metamorfismo mississipiano (ca. 330 Ma; Pereira *et al.*, 2010) e atestando a idade neoproterozóica-câmbrica destes micaxistos;
- Na Unidade de Lourosa surgem corpos ortogneissicos de natureza granítica com idade silúrica-devónica (ca. 420 Ma; Chaminé *et al.*, 1998), estes ortogneisses são também afetados pelo metamorfismo mississipiano (ca. 320 Ma; Chaminé *et al.*, 1998);
- O magmatismo básico intercalado nas Unidades de Lourosa, Arada, Foz do Douro e Micaxistos de Junceira-Tramagal apresenta quimismo transicional a toleítico, semelhante ao quimismo exibido pelos basaltos intraplaca a MORB (e.g. Mendes, 1988; Noronha e Leterrier, 2000; Silva, 2007; Moreira *et al.*, 2019b). Anfíbolitos intercalados na Unidade de Lourosa indicam um protólito de idade silúrica-devónica (ca. 430-390 Ma) e uma idade mississipiana para o episódio metamórfico (ca. 340-330 Ma; Almeida *et al.*, 2014). A idade modelo ( $T_{DM}$ ) obtida através dos dados isotópicos Sm-Nd nos anfíbolitos da Foz do Douro (1,05 Ga; Noronha e Leterrier, 2000) foi interpretada como a idade de extração mantélica;
- No sector de Abrantes-Tomar, corpos graníticos são atribuídos ao Mississipiano (ca. 340-320Ma; granitos do Tramagal e Casal Pinheiro; Moreira *et al.*, 2016, 2019a e referências inclusas), coevos do episódio de transcorrência direita. Diques graníticos não deformados pelo episódio transcorrente

direito, e cortando os Micaxistos de Junceira-Tramagal, foram datados do Pensilvaniano inferior (ca. 318 Ma; Pereira *et al.*, 2010);

- Corpos graníticos de idade pensilvaniana a pérmica (Tancos, Berlingas, Castelo do Queijo e Madalena-Lavadores; Moreira *et al.*, 2019a e referências inclusas), intrusivos nas unidades gnáisso-migmatíticas, são posteriores ao episódio de deformação transcorrente direita.

### 3. Terreno Finisterra: o que o distingue do Terreno Ibérico?

As características referidas mostram a presença de semelhanças e diferenças entre o TF e as zonas paleogeográficas contíguas do TI, permitindo a diferenciação entre eles.

As unidades tectono-estratigráficas de HT do TF apresentam padrões distintos de zircões herdados: algumas amostras não apresentam zircões de idade mesoproterozóica, o que é característico dos terrenos Peri-Gondwânicos como os da ZCI e a ZOM (*e.g.* Pereira, 2014), enquanto noutras amostras, a população mesoproterozóica está presente, o que parece indicar fontes sedimentares não Gondwânicas (*e.g.* Murphy *et al.*, 2004). Contudo, a presença de episódios metamórficos de HT podem ser responsáveis pela alteração das razões isotópicas iniciais dos zircões herdados e, como tal, as idades mesoproterozóicas devem ser vistas com precaução.

Considerando a possível idade neoproterozóica da Unidade de Arada (Beetsma, 1995) e a idade devónica superior para a base da Unidade de Albergaria (Machado *et al.*, 2008, 2011), bem como a não identificação das séries paraderivadas do Câmbrico ao Devónico médio no TF, levanta-se a possibilidade da existência de uma discordância Câmbrico inferior-Devónico superior. A existência de depósitos marinhos de idade devónica superior na Unidade de Albergaria contrasta com o que acontece na ZOM (Oliveira *et al.*, 2019) e na ZCI (Dias *et al.*, 2013), onde o Devónico superior é inexistente, com exceção para os depósitos sin-orogénicos continentais que surgem na frente dos Terrenos Alóctones no NW Peninsular (Martínez Catalán *et al.*, 2008). A imbricação das unidades de baixo grau deverá ter idade mississippiana, contemporânea do episódio de transcorrência direita da ZCPTF.

A direção sub-meridiana das unidades tectono-estratigráficas aflorantes nos sectores proximais à ZCPTF (Romão *et al.*, 2014; Moreira *et al.*, 2016), contrasta com o *trend* regional na ZCI e da ZOM, caracterizado por estruturas WNW-ESE a NW-SE (Dias *et al.*, 2013; Moreira *et al.*, 2014). A estruturação grosso modo N-S do TF resulta de intensa deformação transcorrente mississippiana da ZCPTF (e que também afeta o TI; Ribeiro *et al.*, 2015; Moreira e Dias, 2018), que retrabalha a estruturação pré-mississippiana, caracterizada pela presença de dobras deitadas com vergência para Oeste (Moreira *et al.*, 2019a). Os dados existentes indicam a ocorrência de um evento tectono-metamórfico de HT anterior ao Mississippiano e distinto dos episódios que caracterizam o TI (Fernández *et al.*, 2003; Moreira *et al.*, 2019a). Com efeito, episódios metamórficos de HT de idade devónica descrito nas Berlingas (ca. 380 Ma), bem como as idades devónicas obtidas em intercrescimentos de zircões (Pereira *et al.*, 2010; Almeida *et al.*, 2014), não se encontram descritos no TI, embora idades semelhantes tenham sido obtidas para os episódios de alta pressão (HP) descritos na ZOM (ca. 370 Ma; Moita *et al.*, 2005). A presença de um episódio metamórfico de HT durante o Devónico associa-se temporalmente à ocorrência de intrusões graníticas de idade silúrica superior-devónica inferior na Unidade da Lourosa, compatível com a existência de um episódio tectono-metamórfico de HT precoce

que deverá estender-se entre os 420-360 Ma, o que contrasta com o que acontece no TI. Os dados são congruentes com as observações de campo, onde se descreve a presença de um episódio tectono-metamórfico de HT ante-mississippiano nos sectores de Abrantes-Tomar e Porto-Espinho-Albergaria (Ribeiro *et al.*, 2013; Moreira *et al.*, 2016; 2019a).

Embora a idade e quimismo do magmatismo máfico do TF necessite de um estudo sistemático, se se considerar a idade silúrica-devónica para estes toleitos, então esta será também uma característica distintiva do TF.

Não se exclui a possibilidade da ocorrência de um episódio metamórfico durante o Ciclo Cadomiano no TF, tal como proposto por Ribeiro *et al.*, (2013). Contudo, os dados recentes parecem indicar que o magmatismo da Foz do Douro poderá, pelo menos em parte, ser mais recente (Sousa *et al.*, 2014). O magmatismo do Neoproterozóico-Câmbrico (e do Ordovícico) não é uma característica distintiva do TF: na ZOM existem evidências de magmatismo com idades similares (*e.g.* Pereira, 2014), o que poderá revelar uma evolução ante-varisca conjunta do TF com esta zona paleogeográfica.

O magmatismo félsico e o episódio metamórfico de idade mississippiana, bem como o magmatismo pensilvaniano, não são uma característica exclusiva do TF, ocorrendo tanto na ZCI como na ZOM (*e.g.* Bea *et al.*, 2006; Pereira *et al.*, 2009).

### 4. Correlação com os Terrenos Variscos Europeus e considerações paleogeográficas

Características geológicas similares ao TF são descritas noutros domínios paleogeográficos Centro-Europeus, nomeadamente no Bloco de León (BL; Ballèvre *et al.*, 2009; Faure *et al.*, 2010) e no Mid-German Crystalline Rise (MGCR; Zeh e Will, 2010) (Fig. 1). A correlação entre o BL e o MGCR tinha já sido proposta (*e.g.* Ballèvre *et al.*, 2009); recentemente, Moreira *et al.* (2019a) colocam a possibilidade de extensão desta correlação até ao TF, segundo uma estrutura arqueada compatível com a geometria do Arco Ibero-Armoricano (Fig. 1; Dias *et al.*, 2016).

A presença de um episódio tectono-metamórfico, coevo de um episódio magmático, de idade silúrica terminal a devónica (ca. 420-360 Ma) preservada em unidades tectono-estratigráficas de alto grau metamórfico, prévio ao episódio térmico mississippiano é descrito no TF, no BL e no MGCR (Ballèvre *et al.*, 2009; Faure *et al.*, 2010; Zeh e Will, 2010). No MGCR e no TF o metamorfismo precoce atinge condições de HT ( fácies anfíbolítica-granulítica), havendo no BL e no MGCR registo de metamorfismo de alta pressão (HP), com idades silúricas a devónicas (ca. 430 e 360 Ma respetivamente; Ballèvre *et al.*, 2009; Zeh e Will, 2010 e referências inclusas). Estes dados são compatíveis com a presença de um episódio de subducção a Norte do BL e do MGCR durante o Devónico, controlando os episódios tectono-metamórficos Devónicos do Terreno Finisterra-León-MGCR (subducção do Oceano Rheic ou Rheno-Hercínico?). Importa referir que rochas de HP não estão descritas até ao momento no TF, o que poderá ser resultado do número escasso de trabalhos de pormenor sobre o metamorfismo na região. A presença de abundantes rochas básicas, com idades compreendidas entre o Ordovícico e o Silúrico, com quimismo compatível com um processo de *rifting* intra-continental nos três domínios (Faure *et al.*, 2010; Zeh e Will, 2010; Almeida *et al.*, 2014; Moreira *et al.*, 2019b), são ainda compatíveis com a abertura de um oceano ou um back-arc Varisco.

A presença de padrões de zircões herdados no MGCR e no TF com amostras evidenciando a presença de zircões mesoproterozóicos,

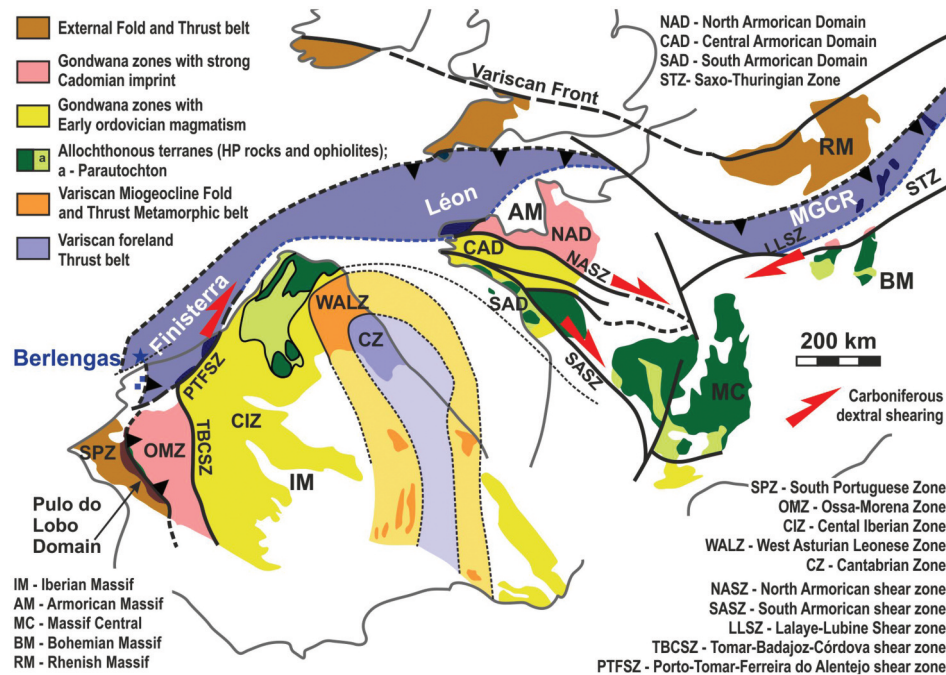


Figura 1. O Terreno Finisterra-León-Mid-German Crystalline Rise no contexto do Varisco Europeu (adaptado de Ribeiro *et al.*, 2007; Dias *et al.*, 2016).

Figure 1. The Finisterra-León-Mid-German Crystalline Rise Terrane in the context of the European Variscides (adapted from Ribeiro *et al.*, 2007; Dias *et al.*, 2016).

enquanto noutras amostras estas idades estão ausentes (Zeh & Will, 2010; Almeida *et al.*, 2014), mostra a presença de possíveis fontes sedimentares contrastantes, evidenciando uma natureza composta destes terrenos. Com efeito, o registo de idades mesoproterozóicas obtidas em zircões parece sugerir uma fonte sedimentar não Gondwânica (Laurentia-Báltica?; *e.g.* Murphy *et al.*, 2004; Pereira, 2014). A informação fornecida pelos zircões é concordante com as associações de acritarcas do Devónico superior da Unidade de Albergaria, que mostram uma afinidade com as faunas Laurússicas, contrastando com as faunas de acritarcas do TSP que apresentam afinidades peri-gondwânicas (Machado *et al.*, 2008).

Desde o Mississipiano que o Terreno Finisterra-León-MGCR parece mostrar uma evolução tectono-metamórfica e magmática semelhante aos restantes domínios Peri-Gondwânicos. Durante este período, estes terrenos são afetados por um episódio transcorrente direito, resultante da colisão oblíqua entre a Laurentia e a Gondwana (Ribeiro *et al.*, 2007; Dias *et al.*, 2016), que oblitera parcialmente os registos dos episódios tectono-metamórficos precoces.

Diversos aspetos estão ainda por clarificar na evolução geodinâmica e natureza deste Terreno e dos seus limites. A sua relação com os restantes Terrenos Peri-Gondwânicos e restantes blocos continentais, nomeadamente Laurentia, Avalónia e Meguma é ainda uma incógnita.

## Agradecimentos

Os autores agradecem aos dois revisores anónimos que permitiram o incremento da qualidade do trabalho e ao financiamento da FCT concedido ao ICT (UIDB/04683/2020) e ao IDL (UID/GEO/50019/2013). Noel Moreira agradece o financiamento concedido pela FCT através da Bolsa de Doutoramento (SFRH/BD/80580/2011).

## Referências

- Almeida, N., Egydio Silva, M., Fonseca, P. E., Bezerra, M. H., Basei, M., Chaminé, H. I., Tassinari, C., 2014. Novos dados geocronológicos do Finisterra. *Comunicações Geológicas*, **101**(1): 31-34.
- Ballèvre, M., Bosse, V., Ducassou, D., Pitra, P., 2009. Palaeozoic history of the Armoric Massif: models for the tectonic evolution of the suture zones. *C. R. Geosci.* **341**: 174-201. DOI: 10.1016/j.crte.2008.11.009.
- Bea, F., Montero, P. G., Gonzalez-Lodeiro, F., Talavera, C., Molina, J. F., Scarrow, J. H., Whitehouse, M. J., Zinger, T., 2006. Zircon thermometry and U-Pb ion-microprobe dating of the gabbros and associated migmatites of the Variscan Toledo Anatectic Complex, Central Iberia. *J. Geol. Soc.* **163**:847-855. DOI: 10.1144/0016-76492005-143.
- Beetsma, J. J., 1995. *The late Proterozoic/Paleozoic and Hercynian crustal evolution of the Iberian Massif, N Portugal, as traced by geochemistry and Sr-Nd-Pb isotope systematics of pre-Hercynian terrigenous sediments and Hercynian granitoids*. PhD Thesis (unpublished), Vrije Universiteit, Amsterdam, 223.
- Chaminé, H. I., Leterrier, J., Fonseca, P. E., Ribeiro, A., Lemos de Sousa, M. J., 1998. Geocronologia U/Pb em zircões e monazites de rochas ortóderivadas do sector Espinho-Albergaria-a-Velha (Zona de Ossa Morena, NW de Portugal). In: Azeredo, A. (Ed.) Abstracts of V Congresso Nacional de Geologia. *Comun. Inst. Geol. Min.*, **84**(1): B115-B118.
- Chaminé, H. I., Gama Pereira, L. C., Fonseca, P. E., Noronha, F., Lemos de Sousa, M. J., 2003. Tectonoestratigrafia da faixa de cisalhamento de Porto - Albergaria-a-Velha - Coimbra - Tomar, entre as Zonas Centro-Ibérica e de Ossa-Morena (Maciço Ibérico, W de Portugal). *Cad. Lab. Xeol. Laxe*, **28**: 37-78.
- Dias, R., Ribeiro, A., 1993. Porto-Tomar shear zone, a major structure since the beginning of the Variscan orogeny. *Comun. Inst. Geol. Min.*, **79**: 29-38.
- Dias, R., Ribeiro, A., Coke, C., Pereira, E., Rodrigues, J., Castro, P., Moreira, N., Rebelo, J., 2013. Evolução estrutural dos sectores setentrionais do autóctone da Zona Centro-Ibérica. In: Dias, R., Araújo, A., Terrinha, P., Kullberg, J. C. (Eds) *Geologia de Portugal*, Escolar Editora, **1**: 73-147.
- Dias, R., Ribeiro, A., Romão, J., Coke, C., Moreira, N., 2016. A review of the arcuate structures in the Iberian Variscides; constraints and genetical models. *Tectonophysics*, **681**: 170-194. DOI: 10.1016/j.tecto.2016.04.011.
- Faure, M., Sommers, C., Melleton, J., Cocherie, A., Lautout, O., 2010. The Léon domain (French Massif Armoricain): a westward extension of the

- Mid-German Crystalline Rise? Structural and geochronological insights. *Int. J. Earth Sci.*, **99**: 65-81. DOI: 10.1007/s00531-008-0360-x.
- Fernández, F. J., Chaminé, H. I., Fonseca, P. E., Munhá, J. M., Ribeiro, A., Aller, J., Fuertes-Fuentes, M., Borges, F. S., 2003. HT-fabrics in a garnet-bearing quartzite from Western Portugal: geodynamic implications for the Iberian Variscan Belt. *Terra Nova*, **15**(2): 96-103. DOI: 10.1046/j.1365-3121.2003.00472.x.
- Ferreira Soares, A. F., Marques, J., Sequeira, A., 2007. *Notícia Explicativa da Folha 19-D Coimbra-Lousã, da Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000*. LNEG, Lisboa, 71.
- França, J. C., Moitinho de Almeida, F., Zbyszewski, G., 1960. *Notícia Explicativa da Folha 26-C Peniche, da Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000*. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa, 33.
- Machado, G., Vavrdová, M., Fonseca, P. E., Chaminé, H., Rocha, F., 2008. Overview of the Stratigraphy and initial quantitative Biogeographical results from the Devonian of the Albergaria-a-Velha Unit (Ossa-Morena zone, W Portugal). *Acta Musei Nationalis Pragae*, **64**(2-4): 109-113.
- Machado, G., Francu, E., Vavrdová, M., Flores, D., Fonseca, P. E., Rocha, F., Gama Pereira, L. C., Gomes, A., Fonseca, M., Chaminé, H. I., 2011. Stratigraphy, palynology and organic geochemistry of the Devonian-Mississippian metasedimentary Albergaria-a-Velha Unit (Porto-Tomar Shear Zone, W Portugal). *Geological Quarterly*, **55**(2): 139-164.
- Martínez Catalán, J., Fernández-Suárez, J., Meireles, C., González Clavijo, E., Belousova, E., Saeed, A., 2008. U-Pb detrital zircon ages in synorogenic deposits of the NW Iberian Massif: interplay of syntectonic sedimentation and thrust tectonics. *J. Geol. Soc. Lond.*, **165**: 687-698. DOI: 10.1144/0016-76492007-066.
- Mendes, M. H. A. H., 1988. *Contribuição para o estudo das rochas metamórficas aflorantes entre Ovar e Espinho*. Tese de Mestrado (não publicada), Universidade de Aveiro, 186.
- Moita, P., Munhá, J., Fonseca, P. E., Pedro, J., Tassinari, C., Araújo, A., Palacios, T., 2005. Phase equilibria and geochronology of Ossa Morena eclogites. *XIV Semana de Gequímica/VIII Congresso de gequímica dos Países de Língua Portuguesa* (abstract book) **2**: 471-474.
- Moreira, N., Dias, R., 2018. Domino structures evolution in strike-slip shear zones; the importance of the cataclastic flow. *Journal of Structural Geology*, **110**: 187-201. DOI: 10.1016/j.jsg.2018.01.010.
- Moreira, N., Araújo, A., Pedro, J. C., Dias, R., 2014. Geodynamic evolution of Ossa-Morena Zone in SW Iberian context during the Variscan Cycle. *Comunicações Geológicas*, **101**(1): 275-278.
- Moreira, N., Romão, J., Pedro, J., Dias, R., Ribeiro, A., 2016. The Porto-Tomar-Ferreira do Alentejo Shear Zone tectonostratigraphy in Tomar-Abrantes sector (Portugal). In: IX Congresso Geológico de Espanha (special volume). *Geo-Temas*, **16**(1): 85-88.
- Moreira, N., Romão, J., Dias, R., Ribeiro, A., Pedro, J., 2019a. The Finisterra-Léon-Mid German Crystalline Rise Domains; proposal of a new terrane in the Variscan Chain. In: Quesada, C., Oliveira, J. T. (Eds.), *The Geology of Iberia: a geodynamic approach* (Volume 2: The Variscan Cycle). Springer (Berlin), *Regional Geology Review series*, 207-228. DOI: 10.1007/978-3-030-10519-8\_7.
- Moreira, N., Noronha, F., Pedro, J., Romão, J., Dias, R., Sousa, M., Ribeiro, A., 2019b. Significado geodinâmico do magmatismo máfico do Terreno Finisterra: a existência de um episódio de estiramento crustal. *XII Congresso Ibérico de Geoquímica | XX Semana da Geoquímica* (Évora), 75-78.
- Murphy, J. B., Fernández-Suárez, J., Keppie, J. D., Jeffries, T. E., 2004. Contiguous rather than discrete Paleozoic histories for the Avalon and Meguma terranes based on detrital zircon data. *Geology*, **32**: 585-588. DOI: 10.1130/G20351.1.
- Noronha, F., Leterrier, J., 2000. Complexo Metamórfico da Foz do Douro (Porto). *Geoquímica e Geocronologia*. *Revista Real Academia Galega de Ciências* **XIV**: 21-42.
- Oliveira, J. T., González-Clavijo, E., Alonso, J., Armendáriz, M., Bahamonde, J. R., Braid, J. A., Colmenero, J. R., Dias Da Silva, Í., Fernandes, P., Fernández, L. P., Gabaldón, V., Jorge, R. S., Machado, G., Marcos, A., Merino-Tomé, Ó, Moreira, N., Brendan Murphy, J., Pinto De Jesus, A., Quesada, C., Rodrigues, B., Rosales, I., Sanz-López, J., Suárez, A., Villa, E., Piçarra, J.M., Pereira, Z., 2019. Synorogenic Basins. In: Quesada, C., Oliveira, J. T. (Eds.), *The Geology of Iberia: a geodynamic approach* (Volume 2: The Variscan Cycle). Springer (Berlin), *Regional Geology Review series*, 349-429 DOI: 10.1007/978-3-030-10519-8\_11.
- Pereira, M. F., 2014. Potential sources of Ediacaran strata of Iberia: a review. *Geodinamica Acta*, **1**(1): 1-14, DOI: 10.1080/09853111.2014.957505.
- Pereira, M. F., Chichorro, M., Williams, I. S., Silva, J. B., Fernández, C., Díaz-Azpiroz, M., Apraiz, A., Castro, A., 2009. Variscan intra-orogenic extensional tectonics in the Ossa-Morena Zone (Évora-Aracena-Lora del Río metamorphic belt, SW Iberian Massif): SHRIMP zircon U-Th-Pb geochronology. *Geological Society*, London, Special Publications, **327**: 215-237. DOI: 10.1144/SP327.11.
- Pereira, M. F., Silva, J. B., Drost, K., Chichorro, M., Apraiz, A., 2010. Relative timing of the transcurrent displacements in northern Gondwana: U-Pb laser ablation ICP-MS zircon and monazite geochronology of gneisses and sheared granites from the western Iberian Massif (Portugal). *Gondwana Res.*, **17**(2-3): 461-481. DOI: 10.1016/j.gr.2009.08.006.
- Ribeiro, A., Munhá, J., Dias, R., Mateus, A., Pereira, E., Ribeiro, L., Fonseca, P. E., Araújo, A., Oliveira, J. T., Romão, J., Chaminé, H. I., Coke, C., Pedro, J. C., 2007. Geodynamic evolution of the SW Europe Variscides. *Tectonics*, **26**(6): TC6009. DOI: 10.1029/2006TC002058.
- Ribeiro, A., Romão, J., Munhá, J., Rodrigues, J., Pereira, E., Mateus, A., Araújo, A., 2013. Relações tectonostratigráficas e fronteiras entre a Zona Centro-Ibérica e a Zona Ossa-Morena do Terreno Ibérico e do Terreno Finisterra. In: Dias, R., Araújo, A., Terrinha, P., Kullberg, J. C. (Eds.) *Geologia de Portugal*, Escolar Editora, 1: 439-481.
- Ribeiro, M. A., Areias, M., Ferreira, J., Martins, H., Sant'Ovaia, H., 2015. Geological and petrological constraints on the variscan evolution of the NW area of Port-Viseu Belt. The Variscan belt: correlations and plate dynamics. *Géologie de la France*, (Variscan 2015 special issue, Rennes), **2015**(1): 119-120.
- Ribeiro, M. L., Reche, J., López-Carmona, A., Aguilar, C., Bento dos Santos, T., Chichorro, M., Dias da Silva, Í., Díez-Montes, A., González-Clavijo, E., Gutiérrez-Alonso, G., Leal, N., Liesa, M., Martínez, F. J., Mateus, A., Mendes, M. H., Moita, P., Pedro, J., Quesada, C., Santos, J. F., Solá, A. R., Valverde-Vaquero, P., 2019. Variscan Metamorphism. In: Quesada, C., Oliveira, J. T. (Eds.), *The Geology of Iberia: a geodynamic approach* (Volume 2: The Variscan Cycle). Springer (Berlin), *Regional Geology Review series*, 431-495. DOI: 10.1007/978-3-030-10519-8\_12.
- Romão, J., Moreira, N., Pedro, J. C., Mateus, A., Dias, R., Ribeiro, A., 2013. Contribuição para o conhecimento das unidades tectono-estratigráficas do Terreno Finisterra na região de Tomar. In: Moreira, N., Dias, R., Araújo, A. Eds. *Geodinâmica e Tectónica Global; a Importância da cartografia geológica, 9ª Conferência Anual do GGET-SGP Abstract book*, Estremoz, 87-91.
- Romão, J., Moreira, N., Dias, R., Pedro, J., Mateus, A., Ribeiro, A., 2014. Tectonostratigrafia do Terreno Ibérico no sector Tomar-Sardão-Ferreira do Zêzere e relações com o Terreno Finisterra. *Comunicações Geológicas*, **101**(1): 559-562.
- Silva, S., 2007. *Estudo geoquímico de metabasitos da ZOM e da ZCI aflorantes na região Centro-Norte de Portugal*. MsC Thesis (unpublished), University of Aveiro, 180.
- Sousa, M., Sant'Ovaia, H., Tassinari, C., Noronha, F., 2014. Geocronologia U-Pb (SHRIMP) e Sm-Nd do ortognaisse biotítico do Complexo Metamórfico da Foz do Douro (NW de Portugal). *Comunicações Geológicas*, **101**(1): 225-228.
- Zeh, A., Will, T. M., 2010. The Mid-German Crystalline Rise. In: Linnemann, U., Romer, R. L. (Eds.) *Pre-Mesozoic geology of Saxo-Thuringia—From the Cadomian active margin to the Variscan orogen*. Schweizerbart, Stuttgart, 195-220.