

## Contribuição para o conhecimento das unidades tectono-estratigráficas do Terreno Finisterra na região de Tomar

*Contribution to the knowledge of the tectono-stratigraphic units of the Finisterra Terrane in the Tomar region*

J. Romão<sup>1\*</sup>, N. Moreira<sup>2</sup>, J. Pedro<sup>3</sup>, A. Mateus<sup>4</sup>, R. Dias<sup>3</sup> & A. Ribeiro<sup>4</sup>

<sup>1</sup> UGHGC, Laboratório Nacional de Energia e Geologia, Estrada da Portela, Apart. 7586 - Zambujal, 2720 Alfragide;

<sup>2</sup> Centro de Geofísica de Évora & LIRIO, Pólo de Estremoz da Universidade de Évora;

<sup>3</sup> Departamento de Geociências da Escola de Ciências e Tecnologia da Universidade de Évora;

<sup>4</sup> Departamento de Geologia (Fac. Ciências / Univ. Lisboa); Museu Nacional de História Natural e da Ciência (UL).

\* manuel.romao@lneg.pt

**Resumo:** A cartografia geológica do Terreno Finisterra, no sector localizado a E de Tomar, permitiu individualizar uma sucessão tectono-estratigráfica de idade neoproterozóica, que é constituída da base para o topo por: Complexo Gnaisso-Migmatítico de S. Pedro de Tomar, Metagrauwaques e Micaxistos de Junqueira e Ortognaisses de Couço dos Pinheiros. É uma sucessão polimetamórfica, não correlacionável com unidades do Terreno Ibérico. Do ponto de vista tectónico, esta sucessão foi afectada, por fases de deformação Cadomiana, responsáveis pela génese de um bandado metamórfico e xistosidade de orientação NE-SW a E-W, e, posteriormente, por duas fases de deformação varisca. O Terreno Finisterra é limitado a E pela Zona de Cisalhamento Porto-Tomar-Ferreira do Alentejo, de orientação geral N-S e de cinemática direita, que interrompe a continuidade das unidades do Terreno Ibérico e é interpretada com uma estrutura inter-placa do tipo transformante.

**Palavras-chave:** Terreno Finisterra, tectono-estratigrafia, estrutura.

**Abstract:** The geological mapping of the Finisterra Terrane located in the E sector of Tomar allowed to individualize a tectono - stratigraphic succession of Neoproterozoic age, which consists of the base to the top by S. Pedro de Tomar Gnaisso - Migmatitic Complex, Junqueira Metagraywakes and Micachists and Couço dos Pinheiros Orthogneisses. This polimetamorphic succession is not correlative with Iberian Terrain units. From the tectonic point of view, this succession was affected by Cadomian deformation responsible for the genesis of an (inherited?) banding parallel metamorphic foliation of the orientation NE-SW to E-W, and affected by the phases Variscan. The Finisterra Terrane is limited to E by Porto-Tomar-Ferreira do Alentejo Shear Zone (dextral N-S), which stops Iberian Terrane units and is interpreted with an inter-plate structure of the transform type.

**Key-Words:** Finisterra Terrane, tectono-stratigraphy, structure.

### INTRODUÇÃO

Nos últimos anos foi proposta a existência de uma nova unidade geotectónica à escala do Maciço Ibérico, designada por Terreno Finisterra por Romão *et al* (2006), Ribeiro *et al* (2007) e Ribeiro *et al* (2013). Este terreno aflora a W da Zona de Cisalhamento Porto-Tomar-Ferreira do Alentejo (ZCPTFA), que constitui uma estrutura de primeira ordem do Orógeno Varisco. De facto, a ZCPTFA separa o Terreno Finisterra entre Porto e Tomar de unidades que constituem a Zona Centro-Ibérica (ZCI) e entre Tomar e Ferreira do Alentejo da unidade geotectónica Zona Ossa Morena (ZOM), ambas do Terreno Autóctone Ibérico. A ZCPTFA apresenta orientação N-S a NNW-SSE e cinemática dextra, que tem sido interpretada como uma falha transformante durante o ciclo Varisco, que conecta a sutura do SW-Ibérica com a sutura NW-Ibérica, ou seja,

ocorreu o deslocamento da sutura que resultou da colisão continental entre as placas Ibéria e Avalónia no SW da Ibéria e Ibéria e Armorica no NW da Ibéria (Ribeiro *et al*, 2007, Ribeiro *et al*, 2013). Para caracterizar o Terreno Finisterra, bem como a sua distribuição espacial, elaborou-se cartografia geológica detalhada na região de Abrantes-Tomar-Ferreira do Zêzere. Os trabalhos realizados e em curso colocaram em evidência uma sucessão de unidades tectono-estratigráficas de idade neoproterozóica, caracterizando também a estrutura da ZCPTFA neste domínio.

#### **UNIDADES TECTONO-ESTRATIGRÁFICAS**

O sector estudado é constituído pela seguinte sucessão de unidades tectono-estratigráficas, que da base para o topo foram designadas de acordo com a localização dos afloramentos mais expressivos.

##### **Complexo Gnaisso-Migmatítico de S. Pedro de Tomar**

Esta unidade, alongada na direcção N-S a NNW-SSE, ocupa uma área significativa na região a E de Tomar, sendo limitada a W por formações mesocenozóicas que integram a bacia Lusitânica e a E por “Micaxistos e Metagrauvaques da Junceira” através da Zona de Cisalhamento Degusta-Castelo de Bode. Este complexo é caracterizado, por gnaisses bandados (de granularidade fina a média e fortemente deformados) com intercalações de micaxistos e de migmatitos, cuja espessura mínima aparente é de 2000m. Os gnaisses, que constituem as bandas mais espessas, são maciços, de granularidade média e caracterizados por possuírem porfiroclastos de plagioclase e núcleos de biotite pseudomórfica. Identificaram-se ainda bandas, muitas vezes métricas, de gnaisses melanocratas de granularidade fina, caracterizados pela presença de biotite e granada. De facto, no seio de uma banda métrica com esta fácies metamórfica, a cerca de 100m do limite com a Zona de Cisalhamento de Degusta-Castelo de Bode, foram reconhecidos numerosos porfiroblastos de granada que chegam a atingir mais de 1 cm de diâmetro.

Os migmatitos ocorrem em abundância a sul de S. Pedro de Tomar, constituindo aí lentes que podem atingir alguns metros de espessura. São caracterizados por um bandado característico, constituído por alternâncias de bandas félsicas e máficas, com as bandas félsicas, de constituição predominantemente quartzo-feldspática, mais espessas que as bandas máficas.

Do ponto de vista petrográfico, os litótipos mais frequentes constituem gnaisses com plagioclase e biotite; entre os gnaisses ocorrem bandas de micaxistos com biotite, moscovite, estauroilite, plagioclase e quartzo. Foi ainda observada a evolução mineralógica da associação moscovite e quartzo para originar feldspato alcalino e silimanite nos micaxistos, para além da blastese da moscovite e feldspato alcalino relacionada com movimentações tardias de cisalhamentos (Pereira *et al*, 1998).

Os dados disponíveis sugerem que esta unidade é de idade neoproterozóica. De facto, aflora no núcleo de uma antiforma cujo flanco NE é constituído pelos Metagrauvaques e Micaxistos de Junqueira de idade ediacariana. Por outro lado, as suas litologias contêm evidências de metamorfismo e deformação ante-varisca.

##### **Metagrauvaques e Micaxistos de Junceira**

Esta unidade aflora ao longo de uma faixa estreita e extensa, cuja orientação geral é N-S a NNW-SSE, entre Ferreira do Zêzere e Tramagal. De facto, entre as povoações de Ganados e Pai Cabeça os afloramentos estão orientados N-S, ocorrendo variação significativa para NNW-SSE a S de Pai Cabeça, prolongando-se com esta nova orientação até a N de Montalvo e já na margem S do rio Tejo, a E do Tramagal, designada aqui como Micaxistos do Tramagal por Moreira (2012).

Esta formação é essencialmente constituída por bancadas de metagrauvaques de granularidade fina a média, com espessura aparente de cerca de 100m e intercalações de estratos finos de micaxistos. Corresponde a uma sucessão “*coarsening upward*” regressiva

com diminuição da espessura e número de bancadas de metagrauvaques da parte superior da unidade para a parte inferior. Cartograficamente foi possível diferenciar dois membros, um inferior com características mais xistentas e um superior com abundância de metagrauvaques. O membro inferior (cerca de 50m) é formado por bancadas finas de metagrauvaques intercaladas de micaxistos e de alternâncias milimétricas de metagrauvaques e micaxistos. Deixa de aflorar na região de Couço do Meio (N da carta de Tomar), dado que a componente xistente desaparece quase por completo, predominando então estratos espessos de metagrauvaques. O membro superior, truncado pelo maciço granítico de Martinchel a S de Outeiro, é caracterizado por bancadas centimétricas a métricas de metagrauvaques de granularidade no geral fina, que se intercalam com estratos milimétricos de micaxistos. Muitas vezes as bancadas de metagrauvaques são lenticulares e parecem apresentar gradação, indicando que a unidade pode estar polarizada com topo para E.

A mineralogia desta unidade é marcada pela presença da paragénese biotite + quartzo + plagioclase + minerais opacos ± feldspato alcalino nos níveis de granularidade mais fina. Ainda se identificaram porfiroblastos de granada com dimensões milimétricas a centimétricas e estauroilite com bordos corroídos e alterados para biotite, que parece resultar de processos associados à blastese do protólito (Moreira, 2012).

Como já foi dito, esta unidade é limitada a W pela Zona de Cisalhamento de Castelo de Bode, e a E, na zona entre as povoações de Igreja Nova e Pelinos, pelos Ortognaisses de Couço dos Pinheiros; na ausência destes ortognaisses esta unidade contacta através da ZCPTFA com unidades que integram a Zona Ossa Morena. Na região de Martinchel, os membros da unidade de "Metagrauvaques e Micaxistos de Junceira" contêm no seu seio ortognaisses interdigitados, caracterizados por bandas de composição quartzo-feldspática ou biotítica (estas de menor espessura), a acompanhar os dobramentos dos metagrauvaques e micaxistos. Os corpos de ortognaisses estendem-se por algumas dezenas de metros de espessura e extensões da ordem de alguns quilómetros. Foram ainda reconhecidos, mas em menor número, corpos félsicos graníticos a intruir os metagrauvaques e micaxistos desta unidade.

Dados geocronológicos recentes obtidos a partir de populações de zircões detríticos (método U-Pb, LA-ICP-MS) sugerem uma idade ediacariana para os sedimentos precursores dos gnaisses pelíticos (Pereira *et al*, 2009). Por outro lado, os corpos de ortognaisses quartzo-feldspáticos interdigitados foram datados pelo mesmo método em  $510,7 \pm 7$  Ma (Pereira *et al*, 2009).

### **Ortognaisses de Couço dos Pinheiros**

Esta unidade constitui um corpo alongado, N-S, com a forma aproximada de um sigmóide. Apresenta uma extensão de cerca de 6km e uma espessura aparente que pode atingir cerca de 150m, junto a Couço Fundeiro. É também caracterizada por gnaisses fortemente estirados, constituídos por alternâncias de bandas melanocratas milimétricas, compostas por minerais ferro-magnesianos, e leucocratas, marcadas pela presença de quartzo e feldspatos (plagioclase e feldspato alcalino). Identificaram-se porfiroblastos sigmoidais de feldspato alcalino nas bandas claras de dimensão milimétrica a centimétrica e quartzo constituindo fitas (*quartz ribbon*). A intruir as litologias já descritas observaram-se segregações centimétricas mais grosseiras de composição félsica, porém menos deformadas que a matriz envolvente. A origem intrusiva ou extrusiva e a idade dos Ortognaisses de Couço dos Pinheiros são desconhecidas. Contudo, o seu enquadramento é similar ao das unidades descritas nos pontos anteriores, sugerindo-se que possa ser também ela do Neoproterozóico.

### **NOTAS PRELIMINARES SOBRE A ESTRUTURA DA REGIÃO**

Na região estudada, o traçado do segmento que constitui a ZCPTFA apresenta orientação geral N-S entre Salgueiral e Outeiro, mudando para NNW-SSE junto ao v. g. de Aguda, retomando novamente de forma progressiva a orientação N-S na margem direita do rio Tejo (Moreira,

2012). De facto, esta estrutura desenha de N para S uma deflexão para SE eventualmente consequência da génese da dobra em bainha quilométrica que ocorre na terminação WNW do corredor de Cisalhamento de Tomar-Badajoz-Córdoba (Ribeiro *et al*, 2009). O segmento da ZCPTFA limita a W, quer as unidades da ZCI quer as da ZOM, dado que o carreamento de Ortiga – Torrão que provoca a sobreposição para NE da ZOM sobre a ZCI termina de encontro a si. A estrutura de primeira ordem ZCPTFA é caracterizada por estruturas dúcteis  $D_2$  (dobras variscas de orientação N-S, estruturas sigmóidais, bandas C-C' e C-S, entre outros) que indicam cinemática de desligamento dextro. Com desenvolvimento sub-paralelo e movimentação similar foi cartografada a Zona de Cisalhamento Degusta-Castelo de Bode entre o Complexo Gnaisso-Migmatítico de S. Pedro de Tomar e os Metagrauvaques e Micaxistos de Junqueira. As dobras  $D_2$  já focadas redobram as dobras anteriores  $D_1$ . A fase varisca  $D_1$  é caracterizada pela presença de dobramentos, por vezes isoclinais, com planos axiais NW-SE inclinados para NE a sub-verticais, com vergência geométrica para SW e clivagem penetrativa. A deformação varisca obliterou de forma significativa as estruturas anteriores de idade cadomiana. Contudo, foi identificado um bandado metamórfico, orientado no geral de NE-SW a E-W, à qual se associou uma xistosidade, ambos deformados pela clivagem  $D_1$  varisca. Por outro lado, as condições metamórficas de P/T são mais elevadas no cadomiano relativamente às associadas com a Orogenia Varisca, onde é induzida blastomilonitização localizada nas vizinhanças das zonas de cisalhamento.

#### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A cartografia geológica elaborada a W da ZCPTFA, no Terreno Finisterra, permitiu reconhecer e cartografar, da base para o topo, a seguinte sucessão neoproterozóica de unidades tectono-stratigráficas: Complexo Gnaisso-Migmatítico de S. Pedro de Tomar, Metagrauvaques e Micaxistos de Junqueira e Ortognaisses de Couço dos Pinheiros. Esta sucessão tectono-metamórfica apresenta características muito próprias, que não são correlacionáveis quer com unidades monometamórficas da ZCI e da ZOM, quer com as unidades polimetamórficas da ZOM. O segmento estudado da ZCPTFA, de orientação N-S e de cinemática dextra, impede a continuação das unidades que constituem a ZOM e ZCI para ocidente, bem como do carreamento que transposta as litologias da ZOM sobre a ZCI. Por outro lado, o gradiente de deformação é bastante maior a E junto ao contacto com as unidades do Terreno Ibérico, diminuindo progressivamente para W. A sucessão estudada foi deformada pela Orogenia Cadomiana, que é responsável pelo bandado metamórfico e por uma foliação herdada, cuja orientação geral é NE-SW a E-W. Posteriormente, as estruturas cadomianas são fortemente obliteradas pelas fases  $D_1$  e  $D_2$  da Orogenia Varisca, principalmente esta última a qual está directamente relacionada com a actuação da ZCPTFA em regime de deformação não-coaxial direito (Ribeiro *et al*, 2013).

#### **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à Fundação Calouste Gulbenkian pelo financiamento do trabalho, através do “Programa Estímulo à Investigação 2011” e à Fundação para a Ciência e Tecnologia pela bolsa de doutoramento de referência (SFRH/BD/80580/2011) atribuída a Noel Moreira. Os autores agradecem também ao financiamento atribuído ao Centro de Geofísica de Évora, através do contrato com a Fundação para a Ciência e a Tecnologia (referência: PEst-OE/CTE/UI0078/2011).

#### **BIBLIOGRAFIA**

- Moreira, N. (2012). *Caracterização estrutural da zona de cisalhamento Tomar - Badajoz - Córdoba no sector de Abrantes*. Tese de Mestrado (não publicado), Universidade de Évora, pp.225.
- Pereira, E., Romão, J. & Conde, L. (1998). Geologia da Transversal de Tomar-Mação: Sutura entre a Zona Centro-Ibérica (ZCI) e Zona de Ossa Morena (ZOM). In: Oliveira, J. T. & Dias, R. (eds) *Livro guia das excursões V Cong. Nac. Geologia*, Instituto Geológico e Mineiro, 159-190.
- Pereira, M.F., Silva, J.B., Drost, K., Chichorro, M. & Apraiz, A. (2010). Relative timing of transcurrent displacement 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 Research*, doi. 10.1016/j.gr.2009.08006.
- Ribeiro, A., Munhá, J., Dias, R., Mateus, A., Pereira, E., Ribeiro, L., Fonseca, P., Araújo, A., Oliveira, T., Romão, J., Chaminé, H., Coke, C. & Pedro, J. (2007). Geodynamic evolution of SW Europe Variscides. *Tectonics*, 26, TC6009.
- Ribeiro, A., Pereira, E., Fonseca, P., Mateus, A., Araújo, A., Munhá, J., Romão, J., Rodrigues, J.F. (2009). Mechanics of thick-skinned Variscan overprinting of Cadomian basement (Iberian Variscides). *C. R. Geosciences* 341(2-3) 127-139.
- 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. (Eds), Geologia de Portugal*, vol. 1, Esc. Editora, 439-481.
- Romão, J., Rodrigues, J.F., Pereira, E., Ribeiro, A. (2006). Relações tectonostratigráficas entre o terreno Ibérico (ZCI e ZOM) e o terreno Finisterra no W e SW da Ibérica. *In Mirão, J. & Balbino, A. (Coords) Livro de Resumos do VII Cong. Nac. Geol.*, Vol. I. Por uma visão de conjunto, Estremoz, Univ. Évora, 123-126