

# Tectónica de carreamento no sector de Dornes (sinforma da Amêndoa-Carvoeiro), Variscidas Ibéricas

J. Romão<sup>(a,1)</sup> & A. Ribeiro<sup>(b,2)</sup>

a - Instituto Geológico e Mineiro, Estrada da Portela, Zambujal, Apartado 7586, 2720 Alfragide, Portugal

b- LATTEX, Departamento de Geologia, Fac. Ciências, Univ. Lisboa, Portugal

1- jose.romao@igm.pt; 2- aribeiro@fc.ul.pt

## RESUMO

**Palavras-chave:** Variscidas; carreamentos; cisalhamentos; partição da deformação; Ibéria

Estuda-se a estrutura em carreamentos empilhados na região de Dornes, sinforma da Amêndoa-Carvoeiro. A litostратigrafia deste sector confirma a sequência já estabelecida para o referido sinforma (Romão, 2000). Reconheceram-se duas fases de deformação principais durante a Orogenia Varisca. A primeira fase D<sub>1</sub> produziu dobras com eixos subhorizontais, NW-SE, com vergência para NE e clivagem xistenta incipiente de plano axial, acima de carreamentos da ordem da dezena de quilómetros. A segunda fase D<sub>2</sub> produziu dobras com eixos N-S e planos axiais subverticais, que redobram as estruturas anteriores, com geração local de clivagem de fractura.

A sucessão de estruturas é atribuída à partição da deformação na Zona de Cisalhamento Porto-Tomar-Ferreira do Alentejo, ZCPTFA, que funcionou como falha transformante entre as suturas variscas do SW e NW Ibérico (Ribeiro *et al.*, 2001). Durante a fase D<sub>1</sub>, as dobras e carreamentos indiciam componentes de desligamento e de cavalgamento da mesma ordem de grandeza com emparelhamento (coupling) no cruzamento das zonas ZCPTFA, direita, e ZCTBC (Tomar-Badajoz-Córdoba), esquerda; passa-se depois progressivamente, durante a fase D<sub>2</sub> a um regime de encurtamento predominante, subperpendicular à ZCPTFA com desemparelhamento da ZCPTFA.

O contacto entre a Zona Ossa Morena (ZOM) e a Zona Centro-Ibérica (ZCI) corresponde a um carreamento importante de primeira sobre a segunda, com "telescoping" no gradiente de metamorfismo; isto é atribuído à sobreposição do metamorfismo Varisco de baixo grau sobre metamorfismo Cadomiano de grau mais elevado, mas também avanço tardio dos carreamentos na estrutura empilhada, em condições de andar tectónico superficial.

## Introdução

O sinforma Amêndoa-Carvoeiro apresenta orientação geral WNW-ESE na região próxima da intersecção entre a Zona de Cisalhamento Tomar-Badajoz-Córdoba (ZCTBC) e a Zona de Cisalhamento Porto-Tomar-Ferreira do Alentejo (ZCPTFA). Este sinforma à medida que se desenvolve na direcção setentrional muda de orientação para NNW-SSE, como consequência da movimentação direita da ZCPTFA.

A área em estudo localiza-se na Zona Centro-Ibérica, ZCI, a norte da povoação de Dornes, na margem ocidental do rio Zêzere. Nesta região foi identificada uma sucessão litostратográfica ordovícico-silúrica já anteriormente reconhecida na região de Amêndoa-Carvoeiro (Romão *et al.*, 1998; Romão, 2000).

A representação cartográfica das unidades litostратográficas e o estudo estrutural deste sector permitiu identificar uma sucessão de carreamentos empilhados, bem como dobras variscas D<sub>1</sub>, vergentes para NE acima dos carreamentos, e D<sub>2</sub>, de orientação N-S, que redobram as estruturas anteriores. Esta sucessão de estruturas, caracterizada por geometrias diferenciadas que resultaram de cinemáticas distintas, é uma consequência do regime de partição de deformação que ocorre na ZCPTFA. Esta zona poderia ter funcionado nas fases iniciais do Ciclo Varisco como uma falha transformante entre as suturas variscas do SW e NW Ibérico (Ribeiro *et al.*, 2001).

## Litostратigrafia

Na região em estudo aflora uma sucessão de metassedimentos do Paleozóico inferior. Cooper (1980) estabeleceu uma coluna litostратográfica para esta sequência na região de Dornes, desde o Ordovícico ao Devónico, para além de caracterizar o conteúdo paleontológico encontrado. Correlacionou ainda esta sucessão metassedimentar com uma série ordovícico-silúrica estabelecida por Nery Delgado (1908), edificada no "afloramento da Amêndoa". Mais tarde, Young (1985; 1988) redefiniu formalmente a sucessão anterior no Ordovícico superior para o centro de Portugal e teceu considerações sobre a sua evolução sedimentar. Considerando estes elementos litostратográficos, Romão (2000) efectuou a cartografia de todas as unidades do Proterozóico superior ao Devónico inferior na Carta Geológica de Mação (28-A).

Romão (2000; 2001) considerou que a sucessão ordovícico-devónica se inicia com um ciclo estratigráfico completo e culmina por sequências glaciogénicas regressivas junto ao limite ordovícico-silúrico. Outro ciclo maior transgressão/regressão ocorre entre o Venlockiano e o Lochkoviano, que evidencia uma passagem de ambiente de deposição de plataforma externa para litoral. Entre estes dois ciclos estratigráficos de maior amplitude ocorreu um

evento euxínico marcado por um período de condensação, onde se depositaram pelitos negros grafitosos com graptólitos.

Os levantamentos geológicos realizados na região evidenciaram a presença de uma sucessão de unidades litostratigráficas já reconhecidas, na generalidade, na área de Amêndoa-Carvoeiro (Romão, 2000). Contudo, as unidades do Ordovício médio, posicionadas entre a Formação do Quartzito Armoricano, FQA e a Formação do Cabeço do Peão, FCP, encontram-se fortemente condensadas, de modo que é difícil a sua separação cartográfica. Por outro lado, ocorre uma diminuição acentuada de espessura e do conteúdo faunístico, bem como um aumento do carácter impuro da sucessão de unidades em Dornes, quando comparada com as formações que constituem a coluna litostratigráfica padrão de Amêndoa-Carvoeiro (Fig. 1).

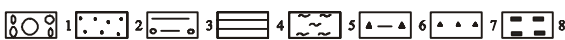
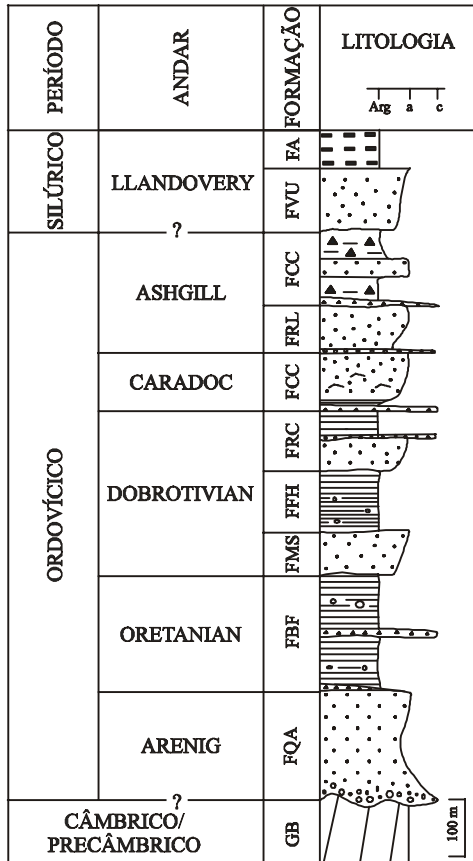


Figura 1 – Sucessão estratigráfica do Ordovício ao Silúrico basal no sinforma Amêndoa-Carvoeiro. 1 – conglomerados, 2 – arenitos, 3 – pelitos com clastos intraformacionais, 4 – pelitos com pirite, 5 – arenitos bioturbados, 6 – diamictitos, 7 – horizontes de ferro oolítico fosfatados 8 – pelitos grafitosos; GB – Grupo das Beiras, FQA – Formação do Quartzito Armoricano, FBF – Formação do Brejo Fundeiro, FMS – Formação de Monte da Sombadeira, FFH – Formação de Fonte da Horta, FRC – Formação de Ribeira do Casalinho, FCP – Formação de Cabeço do Peão, FRL – Formação de Ribeira de Laje, FCC – Formação de Casal Carvalho, FVU – Formação de Vale da Ursa, FA – Formação de Aboboreira; arg – argila, a – areia, c – conglomerado.

A FQA apresenta uma espessura aproximada de 50-70m, próximo da ZCPTFA, e escassos icnofósseis. É constituída por alternâncias de bancadas decimétricas de quartzitos impuros, com estratificação entrecruzada ou laminação paralela, e arenitos impuros, de matriz quartzo-feldspática. Esta composição e espessura contrastam com bancadas de quartzitos silicificadas de possança métrica e de maturidade elevada que ocorrem em outros locais da ZCI, nomeadamente em Vila de Rei e na Pombeira.

O reconhecimento e representação cartográfica de horizontes de ferro oolítico, por vezes fossilíferos, e de níveis centimétricos de briozoários na base da unidade bioturbada, designada de FCP (Young, 1985; Romão *et al.*, 1995), permite a polarização imediata da sequência em estudo. Assim, a FCP sobrepõem-se quartzitos imaturos da Formação de Ribeira de Laje, à qual sucedem pelitos maciços, localmente com fragmentos dispersos, intercalados de barras de quartzitos e 30-40m de quartzitos cinzentos a negros que correspondem à Formação de Casal Carvalho e à Formação de Vale da Ursa, FVU, respectivamente. Por cima da FVU observa-se, espaçadamente, pelitos negros muito deformados, por vezes com fragmentos de graptólitos mal preservados (Formação da Aboboreira, FA). Esta última unidade, sempre que aflora encontra-se delaminada, como consequência de movimentação tectónica que é responsável pelo empilhamento da sucessão sedimentar por duplicação devido à actuação de carreamentos.

A espessura reduzida generalizada das unidades da sucessão anterior sugere que tenha havido um condicionamento paleogeográfico da sedimentação. Por outro lado, o seu carácter relativamente imaturo parece indicar deposição rápida com ausência de ressedimentação.

### Tectónica

Os metassedimentos paleozóicos da região em estudo são afectados principalmente por fases de deformação de ductilidade dominante, que actuam de um modo progressivo ao longo do tempo, e por tectónica frágil, que ocorreram durante a actuação da Orogenia Varisca.

A representação cartográfica das unidades litostratigráficas associada com o levantamento de elementos estruturais macroscópicos e mesoscópicos permitiram o reconhecimento de uma tectónica tangencial, que se manifestou por um conjunto de carreamentos

empilhados (Fig. 2). Ainda, se identificaram duas fases principais de deformação Varisca a partir da análise das estruturas cartografadas.

Os carreamentos identificados, no estado actual de desenvolvimento cartográfico, são responsáveis por duplicação da série ordovício-silúrica. Apresentam orientação próxima do NNW-SSE, com traçados relativamente sinuosos devido à actuação de fases de deformação posteriores. São caracterizados por geometria sigmoidal e materializados por zonas de esmagamento semifrágeis, por vezes brechificadas. Desenvolvem-se, truncando

preferencialmente os quartzitos da FQA ou da FVU, transportando conjuntos de unidades do Ordovícico, na ordem de algumas dezenas de quilómetros, do quadrante W para o E. A amplitude de recobrimento dos carreamentos aumenta para W (Fig. 2).

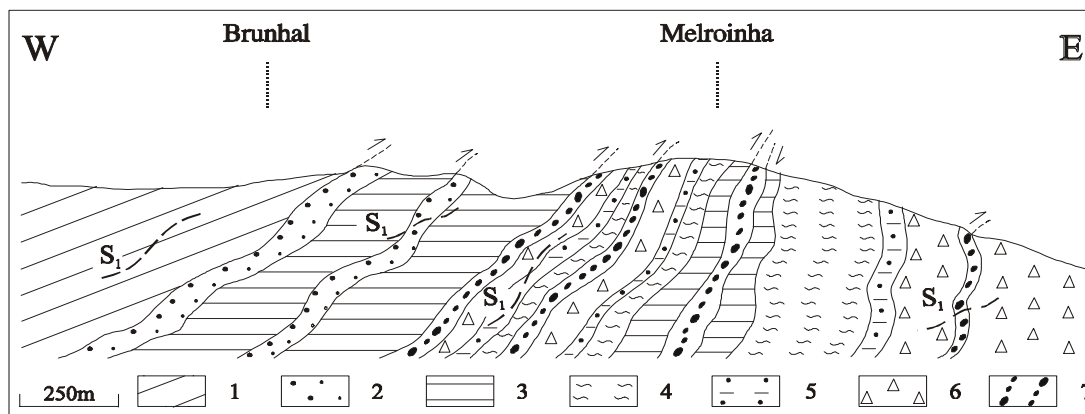


Figura 2 - Corte geológico esquemático entre Brunhal e Melroinha (a norte de Dornes), onde se pode observar empilhamento de carreamentos. Zona Ossa Morena, ZOM, 1 - Série Negra; Zona Centro-Ibérica, ZCI, 2 - Formação do Quartzito Armoricano, 3 - pelitos com clastos intraformacionais intercalados de barras de arenitos e horizontes de ferro oolítico, 4 - Formação de Cabeço do Peão, 5 - Formação de Ribeira de Laje; 6 - Formação de Casal Carvalhal, 7 - Formação de Vale da Ursa; S<sub>1</sub> - Clivagem regional da 1ª fase Varisca.

A primeira fase varisca D<sub>1</sub> é caracterizada por dobras com eixos subhorizontais de orientação NW-SE e vergência para NE. Estas dobras apresentam clivagem xistenta de plano axial, no geral incipiente, que se desenvolve acima de carreamentos. Esta clivagem inclina para W com valores, no geral, muito variáveis (10°-70°), sendo assim vergente para o quadrante E. Esta fase de deformação é ainda responsável pelo importante carreamento que sobrepõe a Zona Ossa Morena à ZCI. Este acidente integra-se num conjunto de acidentes tangenciais, caracterizados por uma geometria com inclinações que decrescem para a superfície e convergem em profundidade, dando origem a estruturas com padrões em leque ou em flor. Estas estruturas são geradas em regime de cisalhamento transcorrente com uma certa componente transpressiva (Woodcock & Fisher, 1986).

O carreamento ZOM/ZCI em conjunto com o avanço tardio dos carreamentos na estrutura empilhada, em condições de andar estrutural superficial permitiu a ocorrência de “telescoping” no gradiente de metamorfismo. Este fenómeno de retrogradação metamórfica é atribuído à sobreposição do metamorfismo Varisco de baixo grau sobre metamorfismo Cadomiano de grau mais elevado.

A segunda fase varisca D<sub>2</sub> origina dobras N-S com planos axiais subverticais, que redobram as estruturas da primeira fase D<sub>1</sub> e os carreamentos. Localmente, esta fase gera uma clivagem de fractura subparalela aos planos axiais das dobras. Esta clivagem é marcada pelo desenvolvimento de microlithons, ocorrendo concentração de deformação ao longo dos seus planos e a sua ausência no espaço entre eles.

A sucessão de estruturas que ocorrem na Zona de Cisalhamento Porto-Tomar-Badajoz-Córdoba (ZCPTBC) tem sido atribuída à partição da deformação, uma vez que o regime transpressivo se traduz por acidentes onde a componente de desligamento esquerda está concentrada no centro da estrutura. Por outro lado, ocorrem acidentes com uma componente de cavalgamento perpendicular à estrutura da ZCPTBC nos seus bordos este e oeste (Burg *et al*, 1980; Pereira & Ribeiro, 2001). Assim, durante a primeira fase D<sub>1</sub> há emparelhamento (coupling) entre a ZCPTFA e ZCTBC, predominando nas paredes das zonas de cisalhamento um regime transpressivo com elipsóides fortemente constritivos, enquanto que junto às zonas de cisalhamento há preponderância da componente de cisalhamento, e como tal, passam a dominar os elipsóides de deformação plana (Dias & Ribeiro, 1994; Romão, 2000). Na região em estudo, as estruturas reconhecidas, nomeadamente as dobras e os carreamentos, indiciam movimentação de desligamento e de cavalgamento da mesma ordem de grandeza, como consequência da partição da deformação. Esta é induzida por movimentos contemporâneos ao longo da ZCPTFA e ZCTBC associados com achatamento regional de direcção SW-NE.

À partição da deformação durante a D<sub>1</sub> sucedeu, de um modo progressivo, um regime de encurtamento predominante durante a actuação da fase D<sub>2</sub>. Este achatamento desenvolveu-se com orientação subperpendicular à ZCPTFA, ou seja, próximo da direcção E-W, estando as zonas ZCPTFA e ZCTBC desemparelhadas.

As estruturas reconhecidas foram cortadas por sistemas de fracturação frágil, cujas as famílias mais importantes apresentam direcções NE-SW a ENE-WSW e N-S. São desligamentos caracterizados por componentes de movimentação esquerda, associados à deformação frágil tardi-varisca.

## Conclusões

A evolução da Orogenia Varisca, na região em estudo, é marcada por dois eventos tectónicos principais de deformação que se sucedem progressivamente no tempo. O primeiro, gera carreamentos e dobras com eixos NW-SE em regime de partição da deformação com emparelhamento das ZCPTFA e ZCTBC, correspondendo à fase D<sub>1</sub>. O segundo, origina dobras N-S em regime de encurtamento predominante, subperpendicular à ZCPTFA, na qual as zonas de cisalhamento deixam de estar emparelhadas.

Do ponto de vista estrutural, o contacto entre as unidades geotectónicas ZOM e ZCI corresponde a uma zona de cisalhamento transpressiva com movimentação importante dos terrenos da ZOM sobre a ZCI, na qual a amplitude de recobrimento das litologias da ZCPTFA aumenta para SW. Esta movimentação decompõe-se numa componente de cavalgamento para o quadrante NE e noutra de desligamento direito. A unidade carregada presente no topo da ZCI apresenta quartzitos arenigianos (FQA) caracterizados por um grau e maturidade inferior aos outros quartzitos da FQA de outros locais da ZCI em sentido restrito; este facto sugere continuidade paleogeográfica entre estas duas zonas na passagem câmbrico-ordovícico.

A ZCPTFA terá sido activa durante a total duração do Ciclo de Wilson Varisco (Chaminé, 2000; Romão, 2000). Deve ter funcionado nas fases iniciais deste ciclo como uma falha transformante entre as suturas variscas do SW e NW ibérico, representando a raiz dos complexos ofiolíticos, das litologias de alta pressão e dos terrenos alóctonos do NW peninsular.

## Agradecimentos

Este trabalho é resultante da actividade desenvolvida no Projecto A<sub>2</sub> – “Cartografia geológica e de recursos minerais na região das Beiras” do Instituto Geológico e Mineiro. Os autores agradecem ao Técnico Especialista, A. Esperancinha, a colaboração na realização dos levantamentos geológicos no campo.

## Bibliografia

- Burg, J.; Iglésias, M.; Laurent, P.; Matte, P. & Ribeiro, A. (1981) - Variscan intracontinental deformation. The Coimbra-Córdoba shear zone (SW Iberian Peninsula). *Tectonophysics*, 78: 161-177.
- Chaminé, H. (2000) - Estratigrafia e estrutura da faixa metamórfica de Espinho-Albergaria-a-Velha (Zona de Ossa Morena): implicações geodinâmicas. *Tese de Doutoramento, Univ. Porto*, 497 p.
- Cooper, A. (1980) - The Stratigraphy and Palaeontology of the Ordovician to Devonian rocks of the area North of Dornes (near Figueiró dos Vinhos), central Portugal. *PhD., Univ. Sheffield*, 378 p.
- Delgado, J. F. N. (1908) - Système silurique du Portugal. Étude de stratigraphie paleontologique. *Mem. Serv. Geol. Portugal*, Lisboa, 245 p.
- Dias, R. & Ribeiro, A. (1994) - Constriction in a transpressive regime: an example in the Iberian branch of the Ibero-Armorican arc. *Journal of Structural Geology*, 16(11): 1543-1554.
- Pereira, E. & Ribeiro, A. (2001) - Estrutura da Faixa Precâmbrica de Coimbra sul no contexto das zonas de cisalhamento Porto-Tomar-Ferreira do Alentejo e Tomar-Badajoz-Córdoba. *7ª Conferência Anual do GGET/SGP*, 51-55.
- Ribeiro, A.; Chaminé, H.; Pereira, E. & Fonseca, P. (2001) - Interplate and intraplate boundaries in the SW Iberian Variscides. *J. Conf. Abs, EUG XI*, 6.
- Romão, J. (2000) - Estudo tectono-estratigráfico de um segmento do bordo SW da Zona Centro-Ibérica, e as suas relações com a Zona Ossa Morena. *Tese Doutoramento Univ. Lisboa*, 322 p., 2 mapas.
- Romão, J. (2000) - Carta geológica de Mação (28-A) na escala 1:25 000. *Instituto Geológico e Mineiro*, Lisboa.
- Romão, J. (2001) - O Paleozóico no bordo SW da Zona Centro-Ibérica: estratigrafia, tectónica e evolução geodinâmica. *Geonovas*, 15: 33-43.
- Romão, J.; Gutiérrez-Marco, J. C.; Rábano, I.; Oliveira, J. T. & Marques Guedes, A. (1995) - A Formação de Cabeço do Peão (Ordovícico superior) no sinforma Amêndoa-Carvoeiro (SW da ZCI) e sua correlação estratigráfica na Província Mediterrânea. *IV Congr. Nac. Geologia, Univ. do Porto, Fac. Ciências e Museu e Laborat. Mineralógico e Geológico*, Memória 4: 121-126.
- Romão, J.; Oliveira, J. T.; Silva, J. B. & Ribeiro, A. (1998) - Nota sobre a sequência estratigráfica silúrico-devónica no sinforma de Amêndoa-Carvoeiro, bordo SW da Zona Centro Ibérica, Portugal. *V Congr. Nacional de Geol.*, Lisboa.
- Woodcock, N. H. & Fischer, M. (1986) - Strike-slip duplexes. *Jour. Struct. Geol.*, 8(7): 715-735.
- Young, T. P. (1985) - The stratigraphy of the upper ordovician of Central Portugal. *PhD, Univ. Sheffield*, 441 p.
- Young, T. P. (1988) - The lithostratigraphy of the upper Ordovician of central Portugal. *Journ. Geol. Soc. London*, 145: 377-392.