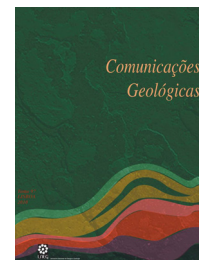


Idades U-Pb de zircões detríticos do Grupo do Flysch do Baixo Alentejo, Zona Sul Portuguesa

U-Pb ages of detrital zircons from the Baixo Alentejo Flysch Group, South Portuguese Zone

B. Rodrigues^{1*}, D. M. Chew², R. C. G. S. Jorge³, P. Fernandes¹, C. Veiga-Pires¹, J. T. Oliveira⁴



Artigo Curto
Short Article

© 2014 LNEG – Laboratório Nacional de Geologia e Energia IP

Resumo: Foram obtidas idades U-Pb através de ablação a laser de zircões detríticos das formações do Grupo do Flysch do Baixo Alentejo. As idades obtidas sugerem uma proveniência sedimentar, no caso das formações de Mértola e Mira, com o envolvimento de uma componente detrítica intrabasinal (Zona Sul Portuguesa) e de áreas fontes associadas ao bordo sul da Zona da Ossa Morena. No caso da Formação de Brejeira as idades sugerem um envolvimento de áreas fontes correlacionáveis com o terreno Avalonia/Meguma assim como de sedimentos reciclados oriundos do Domínio Sul Português.

Palavras-chave: Grupo Flysch Baixo Alentejo, Zircões detríticos, Proveniência.

Abstract: Detrital zircons from the Baixo Alentejo Flysch Group were studied through laser ablation. For the Mértola and Mira formations the obtained U-Pb detrital zircon ages suggest a sedimentary provenance from a detrital intrabasinal source (South Portuguese Zone) and from areas associated with the southern border of the Ossa Morena Zone. The detrital zircon ages obtained in Brejeira Formation suggest source areas related to the Avalonian/Meguma terranes and also from recycled sediments from the South Portuguese Domain.

Keywords: Baixo Alentejo Flysch Group, Detrital zircons, Provenance.

¹Universidade do Algarve, CIMA, 8005-139 Faro, Portugal.

²Department of Geology, Trinity College Dublin, Dublin 2, Ireland.

³CeGUL-Faculdade de Ciências, Departamento de Geologia, Lisboa.

⁴Laboratório Nacional de Energia e Geologia, Alfragide.

*Autor correspondente / Corresponding author: bmgrodrigues@sapo.pt

1. Introdução

A Zona Sul Portuguesa (ZSP) é uma das principais unidades do Maciço Varisco Ibérico. O Grupo do Flysch do Baixo Alentejo (GFBA) representa o desenvolvimento de uma bacia *foreland* que se formou como resultado da colisão da ZSP e da Zona da Ossa Morena (ZOM), com um empilhamento tectónico associado que se propagou a partir de NE para SW (Oliveira *et al.*, 1979; Oliveira, 1990; Silva *et al.*, 1990; Pereira, 1997, 1999). O GFBA é composto por três formações, a Formação de Mértola, Mira e Brejeira (Fig. 1). Estas unidades são datadas do Viséano superior (345-326 Ma), Serpukhoviano inferior-Basquiriano (326-

315 Ma), e Basquiriano superior-Moscoviano (315-307 Ma), respectivamente (Oliveira *et al.*, 1979; Pereira, 1999).

Jorge *et al.* (2013) realizaram um estudo exaustivo de geoquímica dos elementos maiores e menores das três formações do GFBA. Este estudo concluiu que a área fonte para as rochas sedimentares das formações de Mértola e Mira seria o limite sudoeste da ZOM. Esse estudo sugere que a proveniência dos sedimentos da Formação de Brejeira seja uma fonte interna do orógeno e/ou uma contribuição de uma fonte externa, possivelmente Avalónica. Embora o segundo cenário seja favorecido por Jorge *et al.* (2013), esta questão continua em aberto. As análises U-Pb de zircões detríticos que foram realizadas na Formação de Mértola sugerem que a Faixa Piritosa Ibérica e as zonas internas da ZOM foram as suas principais fontes (Jorge, 2009; Pereira *et al.*, 2012b). No entanto, não existem dados de U-Pb de zircões detríticos das outras formações do GFBA, e a proveniência e evolução do grupo como um todo permanece incerto.

2. Amostragem e métodos

Quatro amostras de grauaques foram recolhidas nas três formações do GFBA (Fig. 1). Os grãos de zircão foram separados utilizando procedimentos de separação e concentração padrão. Os dados U-Pb dos zircões detríticos foram obtidos através de ablação a laser no departamento de Geologia do Trinity College Dublin.

3. Resultados e discussão dos resultados

Os resultados são apresentados como gráficos de densidade de probabilidade (Fig. 2). Somente os dados que têm uma discordância inferior a 20% e com precisão analítica (2σ) superior a 10% foram considerados. Todas as idades citadas doravante referem-se a idade $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$. Todos os diagramas de concordia e gráficos de densidade de probabilidade foram desenhados usando o software Isoplot v3.0 (Ludwig, 2003).

Na amostra da Formação de Mértola (FM1), 68 % dos zircões datados encontram-se dentro do intervalo de 326-

388 Ma. Existem várias fontes possíveis na ZSP e na ZOM para zircões desta idade, nomeadamente: vulcanismo na Faixa Piritosa Ibérica, que é restrito do Famenniano-Tournaisiano (345-375 Ma) (Rosa *et al.*, 2009; Barrie *et al.*, 2002); o Batólito de Campo Frio na ZSP que possui idades de cristalização entre 360-349 Ma (De la Rosa *et al.*, 2002; Rosas *et al.*, 2008); magmatismo sin-colisional e metamorfismo no limite sudoeste da ZOM, que está restrito ao intervalo 355-320 Ma (Santos *et al.*, 1987; Azor *et al.*, 2008; Jesus *et al.*, 2007). Além disso, uma contribuição vulcânica do Viséano dos complexos Vulcano-sedimentares da Toca da Moura e Cabrela da ZOM também é possível (Pereira *et al.*, 2006). Considerando as elevadas taxas de *uplift* inferidas para a ZOM durante o Viséano (Pereira *et al.*, 2012a), é possível que as unidades

atrás referidas tivessem sido exumadas e erodidas muito rapidamente após a sua intrusão. A Formação Mértola contém clastos abundantes de rochas vulcânicas félsicas e máficas (Oliveira & Wagner Genthis, 1983; Jorge *et al.*, 2013) que sugerem uma proveniência da Faixa Piritosa Ibérica (Schermerhorn, 1971; Moreno & Sáez, 1989). 22% dos zircões da amostra FM1 situam-se no intervalo 410-630 Ma. Isto é consistente com uma fonte na Faixa Piritosa Ibérica e da ZOM onde zircões do Paleozóico inferior são comuns (Barrie *et al.*, 2002; Braid *et al.*, 2011; Pereira *et al.*, 2012b; Jorge, 2009). 10% das análises de zircão U-Pb encontram-se no intervalo 637-2193 Ma. A idade desta população é comum nos zircões detriticos das rochas do Grupo Filito-Quartzítico (Jorge, 2009).

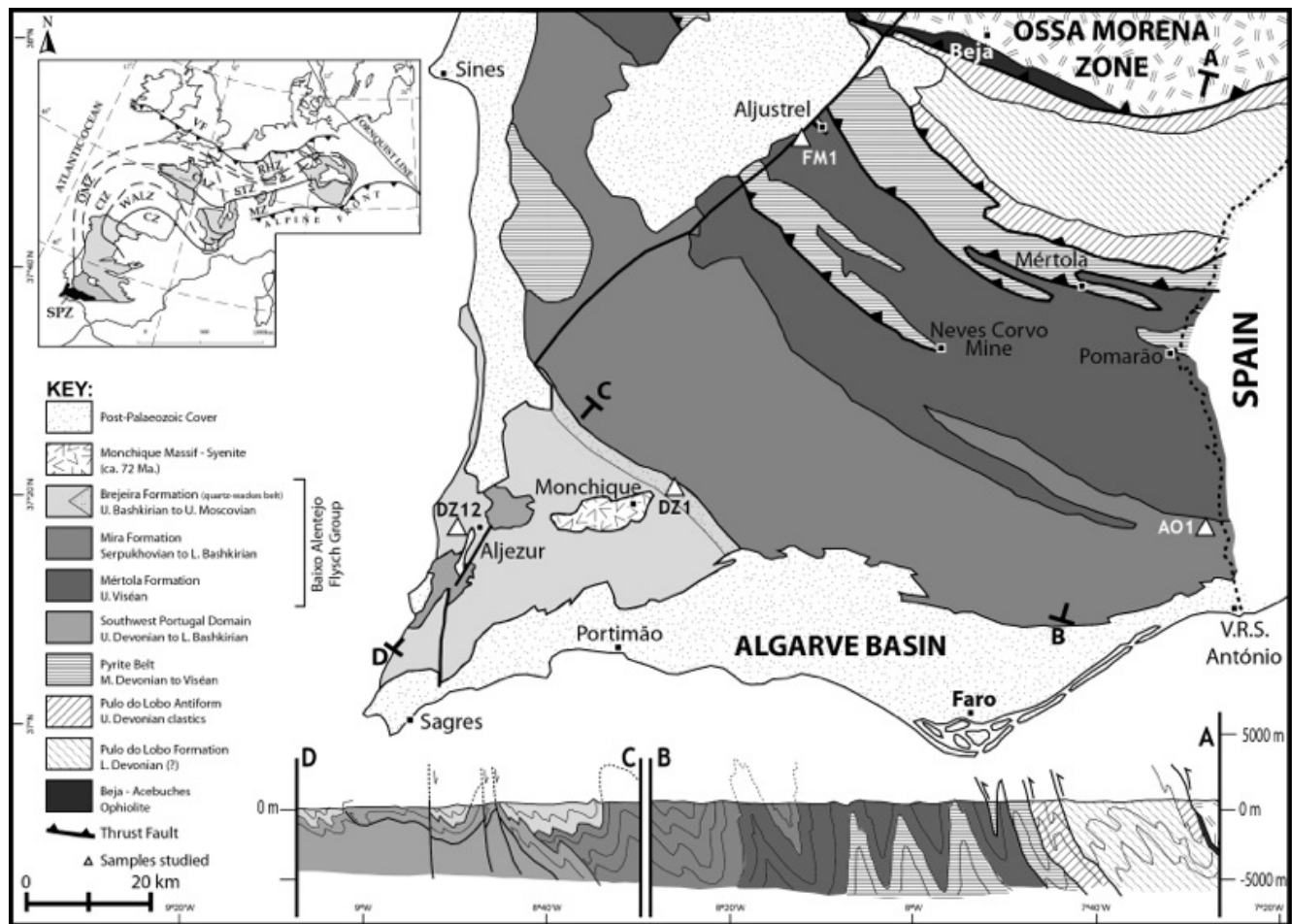


Fig. 1. Mapa geológico simplificado do Sul de Portugal, adaptado de Fernandes *et al.* (2012). A localização das amostras é indicada por triângulos brancos. As coordenadas das amostras (WGS84) são: FM1 ($37^{\circ}52'37''N$, $8^{\circ}11'23''W$), AO1 ($37^{\circ}17'51''N$, $7^{\circ}27'11''W$), DZ1 ($37^{\circ}21'11''N$, $8^{\circ}24'57''W$), DZ12 ($37^{\circ}19'29''N$, $8^{\circ}48'20''W$). O mapa no canto superior esquerdo ilustra a cintura Varisca europeia e a possível correlação entre as diferentes zonas tectono-estratigráficas. SPZ - Zona Sul Portuguesa, OMZ - Zona da Ossa Morena, CIZ - Zona Centro Ibérica, WALZ - Zona Oeste-Asturiana Leonesa, CZ - Zona Cantábrica, CAZ - Zona Armórica, STZ - Zona Saxo-Turingia, RHZ - Zona Rheno-hercínica, MZ - Zona Moldanubia, VF - Frente Varisca.

Fig. 1. Simplified geological map of South Portugal, adapted from Fernandes *et al.* (2012). Sample localities are indicated by white triangles. Sample coordinates (WGS84) are: FM1 ($37^{\circ}52'37''N$, $8^{\circ}11'23''W$), AO1 ($37^{\circ}17'51''N$, $7^{\circ}27'11''W$), DZ1 ($37^{\circ}21'11''N$, $8^{\circ}24'57''W$), DZ12 ($37^{\circ}19'29''N$, $8^{\circ}48'20''W$). Insert map illustrates the European Variscan Belt showing a possible correlation between the different tectono-stratigraphic zones. SPZ - South Portuguese Zone, OMZ - Ossa Morena Zone, CIZ - Central Iberian Zone, WALZ - West-Asturian Leonesian Zone, CZ - Cantabrian Zone, CAZ - Armoric Zone, STZ - Saxo-Thuringian Zone, RHZ - Rheno-Hercynian Zone, MZ - Moldanubian Zone, VF - Variscan Front.

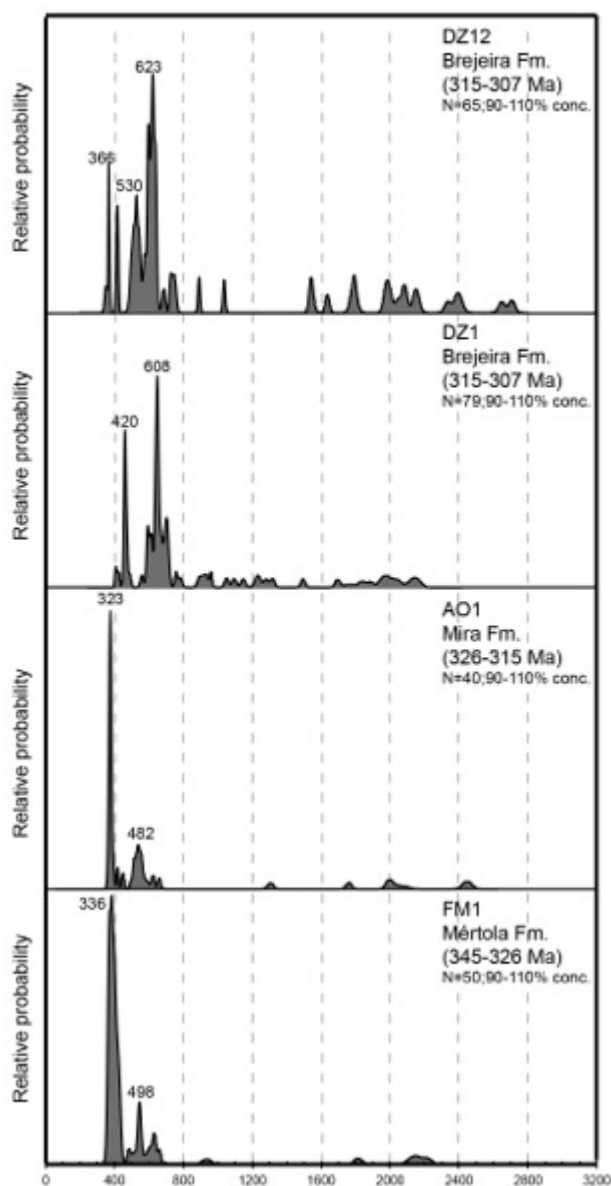


Fig. 2. Gráficos de densidade de probabilidade de idades U-Pb. Todas as idades são idades $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$. Os dados 20 % discordantes ou com uma precisão analítica inferior a 10 % (2s) são excluídas. Os gráficos foram desenhadas usando o *software* Isoplot v3.0 (Ludwig, 2003). Os números sobre os picos de são as idades do máximo do pico (em Ma).

Fig. 2. U-Pb LA-ICP-MS zircon age probability density plots. All ages are $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ ages. Data which were more than 20% discordant or with an analytical precision worse than 10% (2s) are excluded. Plots were drawn using Isoplot v3.0 (Ludwig, 2003). Numbers on the probability density peaks are the ages of the peak maxima (in Ma).

O espectro das idades de zircões detríticos da amostra Formação de Mira (AO1) é muito semelhante à da Formação de Mértola (Fig. 2). A população no intervalo entre 316-369 Ma exibe um pico aos 323 Ma e corresponde a 53% de todas as idades determinadas. A presença de zircões com uma idade U-Pb perto da idade de deposição desta formação (323-315 Ma) indica uma importância crescente de uma fonte extra-bacinal devido à ausência de zircões destas idades na ZSP. A provável

fonte(s) para esta população de zircão são as rochas intrusivas Variscas e as rochas vulcânicas associadas situadas no bordo sudoeste da ZOM (Santos *et al.*, 1987; Azor *et al.*, 2008; Jesus *et al.*, 2007). A segunda subpopulação encontra-se no intervalo 400-612 Ma, com um pico aos 482 Ma, correspondendo a 30% dos zircões datados. A fonte para estes zircões será, provavelmente, a mesma que a descrita para a formação de Mértola. Em resumo, o espectro de idades dos zircões detríticos das rochas sedimentares siliciclásticas das formações de Mértola e Mira implica que estas tenham uma forte contribuição de uma componente extra-bacinal (ZOM), e apesar de menor, uma contribuição intra-bacinal (ZSP). Há também uma estreita semelhança nas assinaturas petrográficas e geoquímicas das rochas sedimentares das formações de Mértola Mira que indicam que ambas têm área(s) fonte dominadas por uma composição granitóide e uma contribuição menor de rochas máficas (Jorge *et al.*, 2013).

Os espectros de idade de zircões detríticos da Formação da Brejeira são diferentes dos das formações de Mértola e Mira (Fig. 2). Na Formação de Brejeira os cristais mais recentes que 350 Ma estão ausentes, o que contrasta com as formações de Mértola e Mira. Os zircões com idades no intervalo 367-467 Ma correspondem a 16% (DZ1) e 11% (DZ12) de todos os grãos datados, com um pico aos 420 Ma na amostra DZ1 e dois picos aos 366 e aos 415 Ma na amostra DZ12. Ambas contêm zircões detríticos no intervalo 470-800 Ma (53 % na amostra DZ1 e 45 % na amostra DZ12) com os picos principais aos 680 e aos 623 Ma. Esse intervalo é geralmente correlacionada com eventos tectono-magmáticos que afetaram o Cinturão Cadomiano-Avalónico no Neoproterozóico-Paleozóico inferior. Zircões desta idade também estão presentes nos quartzitos Grupo Filito-quartzítico (Jorge, 2009; Braid *et al.*, 2011) e na Formação Tercenas no Domínio Sul Português (Pereira *et al.*, 2012b). Os zircões no intervalo 900-1100 Ma encontram-se presentes na Formação Brejeira. Zircões com estas idades são normalmente associados a terrenos com afinidade à Avalonia-Meguma (Nance *et al.*, 1991; Murphy *et al.*, 2004 a,b; Fyffe *et al.*, 2009). No entanto, zircões detríticos neste intervalo (900-1100 Ma) estão ausentes nas Mértola e Mira Formações.

Os nossos dados sugerem que até ao Serpukhoviano superior, a ZOM e a ZSP contribuíram com sedimentos, em diferentes proporções, para a uma bacia *foreland* representada pelas formações de Mértola e Mira (Fig. 3 e 4). Se assumirmos que o modelo de sedimentação progradante de tipo flysch, acompanhando da imbricação tectónica está correto, é razoável supor que ambas as formações compartilhavam as mesmas áreas fontes. Isto parece ser válido para as formações de Mértola e Mira mas não para a Formação de Brejeira.

Sugerimos que uma barreira física já existia desde o início do Viséano e que separava as formações de Mira e Brejeira. Essa barreira física poderia estar relacionada com o *forebulge* que foi formado em resposta ao empilhamento tectónico a norte como resultado da carga sedimentar

resultante da deposição das formações de Mértola e de Mira na bacia *foreland* (Fig. 3 e 4). Durante a deposição da Formação de Mértola, que coincidiu com a fase inicial de desenvolvimento da bacia *foreland*, a posição do *forebulge* coincidiu com o local da deposição das fácies marinhas pouco profundas do Grupo da Carrapateira do Domínio Sul Português, tal como sugerido por Oliveira & Quesada (1998).

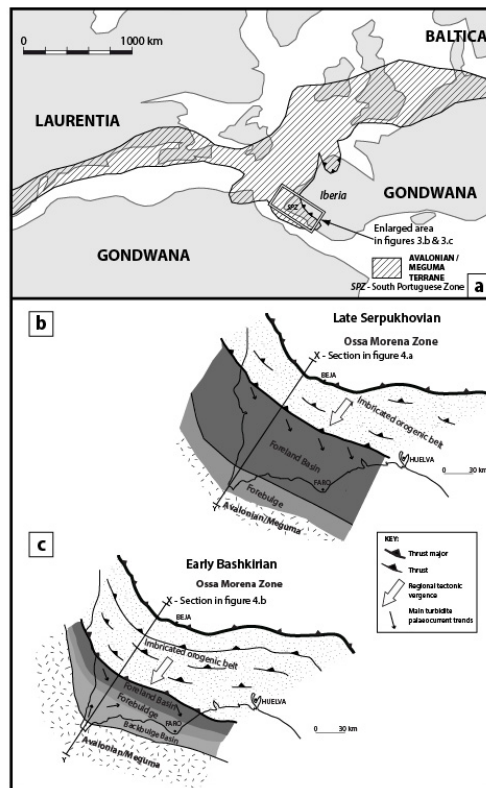


Fig. 3. (a) Reconstrução paleogeográfica esquemática durante o Pennsylvânico mostrando a posição da SZP em relação a terrenos adjacentes. Evolução geodinâmica da SZP durante a deposição do GFBA durante o Serpukhoviano final (b) e o Bashkiriano inicial (c) (adaptado de Oliveira *et al.*, 2013). A linha XY corresponde às secções transversais ilustradas na figura 4.

Fig. 3. (a) Schematic palaeogeographic reconstruction during Pennsylvanian times showing the position of the SPZ in relation to adjacent terranes. Geodynamic evolution of the SPZ during the deposition of the Baixo Alentejo Flysch Group in (b) the Late Serpukhovian and (c) the Early Bashkirian (adapted from Oliveira *et al.*, 2013). Line X-Y corresponds to the cross sections illustrated in figure 4.

A partir do Bashkiriano superior, o progressivo empilhamento tectónico e o preenchimento progressivo da bacia *foreland*, poderá ter causado a elevação da *forebulge*, separando a bacia *foreland* do depocentro do *backbulge*. O contínuo aumento da carga tectónica a norte combinado com a subsidência na bacia *foreland* poderá ter causado a migração do *forebulge* para o depocentro da bacia *foreland*. O nível do mar atingiu o nível mais baixo durante o Bashkiriano inferior (Ross & Murphy, 1988; Haq & Shutter, 2008) o que também pode ter contribuído para uma separação eficiente dos dois depocentros e possível erosão e retrabalhamento das rochas

sedimentares. Neste modelo proposto para a evolução do GFBA, a Formação de Brejeira foi depositada no depocentro do *backbulge* (Fig. 4). As idades obtidas neste estudo sugerem que a principal fonte para a Formação de Brejeira terá sido o terreno Avalonico-Meguma situados na fronteira sudoeste da bacia *foreland*. Os quartzitos da base da Formação de Brejeira poderiam estar relacionada com o retrabalhamento sedimentar devido à barreira *forebulge* quando o nível do mar começou a subir durante o Bashkiriano inicial-médio (Ross & Murphy, 1988; Haq & Shutter, 2008).

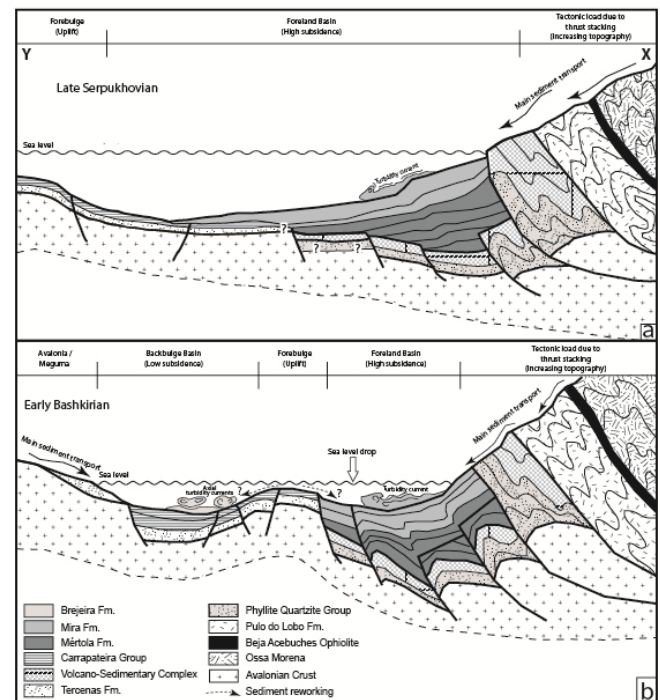


Fig. 4. Corte esquemático ilustrando a evolução tectónica e preencher bacia do GFBA. a) Serpukhoviano final. Progradação da sedimentação (Formações de Mértola e Mira) que acompanha a imbricação tectónica ao norte. Há um aumento na carga tectónica devido ao empilhamento e um consequente aumento da subsidência da bacia *foreland* e da elevação do *forebulge*. b) Bashkiriano inicial. Há elevação contínua do *forebulge* devido ao aumento da carga tectónica na bacia *foreland* e a formação de uma barreira física que coincide com o *forebulge*, o qual pode ter sido acentuada por um nível eustático do nível do mar baixo. A Formação de Brejeira foi depositada na bacia *backbulge* que progrediu axialmente para sul e imbrica nas fácies de plataforma do domínio Sudoeste Português. O cavalgamento continuou a norte e começou a envolver as formações de Mértola e Mira.

Fig. 4. Schematic cross-section illustrating the tectonic and basin fill evolution of the Baixo Alentejo Flysch Group. a) Late Serpukhovian. Prograding flysch sedimentation (Mértola and Mira formations) accompanying tectonic imbrication in the north. There is an increase in the tectonic load due to thrust stacking and a consequent increase in foreland basin subsidence and forebulge uplift. b) Early Bashkirian. There is continuous uplift of the forebulge due to the increase in the tectonic load in the foreland basin and the formation of a physical barrier coinciding with the forebulge, which may have been accentuated by a eustatic sea level fall. The Brejeira Formation was deposited in the backbulge basin, which progrades axially southwards and on laps onto the platform-facies rocks of the Southwest Portugal Domain. Thrusting continued in the north and started to involve the Mértola and Mira formations.

Agradecimentos

Bruno Rodrigues possui uma bolsa de doutoramento (SFRH/BD/62213/2009) financiada através da Fundação Portuguesa para a Ciência e a Tecnologia, por fundos nacionais do MEC.

Referências

- Azor, A., Rubatto, D., Simancas, J.F., González Lodeiro, F., Martínez Poyatos, D., Martín Parra, L.M., Matas, J., 2008. Rheic Ocean ophiolitic remnants in southern Iberia questioned by SHRIMP U-Pb zircon ages on the Beja–Acebuches amphibolites. *Tectonics*, **27**, TC5006.
- Barrie, C., Amelin, Y., Pascual, E., 2002. U-Pb Geochronology of VMS mineralization in the Iberian Pyrite Belt. *Mineralium Deposita*, **37**, 684-703.
- Braid, J., Murphy, J., Quesada, C., Mortensen, J., 2011. Tectonic escape of a crustal fragment during the closure of the Rheic Ocean: U-Pb detrital zircon data from the Late Palaeozoic Pulo do Lobo and South Portuguese zones, southern Iberia. *Journal of the Geological Society of London*, **168**, 383-392.
- De la Rosa, J., Jenner, G., Castro, A., 2002. A study of inherited zircons in granitoid rocks from the South Portuguese and Ossa-Morena Zones, Iberian Massif: support for the exotic origin of the South Portuguese Zone. *Tectonophysics*, **352**, 245-25.
- Fyffe, L., Barr, S., Johnson, S., McLeod, M., McNicoll, V., Valverde-Vaquero, P., Van Staal, C., White, C. 2009. Detrital zircon ages from Neoproterozoic and Early Paleozoic conglomerate and sandstone units of New Brunswick and coastal Maine: implications for the tectonic evolution of Ganderia. *Atlantic Geology*, **45**, 110-144.
- Haq, B.U., Shutter, S.H., 2008. A chronology of Paleozoic sea-level changes. *Science*, **322**, 64-68.
- Jesus, A., Munhá, J., Mateus, A., Tassinari, C., Nutman, A., 2007. The Beja Layered Gabbroic Sequence (Ossa Morena Zone, Southern Portugal), geochronology and geodynamic implications. *Geodinamica Acta*, **20**, 139-157.
- Jorge, R.C.G.S., 2009. *Caracterização petrográfica, geoquímica e isotópica dos reservatórios metalíferos crustais, dos processos de extracção de metais e dos fluidos hidrotermais envolvidos em sistemas mineralizantes híbridos na Faixa Piritosa Ibérica*. Tese doutoramento, Universidade de Lisboa (não publicada), 272 p.
- Jorge, R.C.G.S., Fernandes, P., Rodrigues, B., Pereira, Z., Oliveira, J., 2013. Geochemistry and provenance of the Carboniferous Baixo Alentejo Flysch Group, South Portuguese Zone. *Sedimentary Geology*, **284**, 133-148.
- Ludwig, K., 2003. *User's manual for Isoplot 3.00: a geochronological toolkit for Microsoft Excel*. Berkeley Geochronology Center Special Publication 4.
- Moreno, C., Sáez, R., 1989. Petrología y procedencia de las areniscas del Culm de la parte occidental de la Faja Piritica Ibérica (Zona Surportuguesa). *Boletín Geológico y Minero*, **100**, 134-147.
- Murphy, J., Fernandez-Suarez, J., Jeffries, T., Strachan, R., 2004b. U-Pb (LA-ICP-MS.) dating of detrital zircons from Cambrian clastic rocks in Avalonia: erosion of a Neoproterozoic arc along the northern Gondwanan margin. *Journal of the Geological Society*, **161**, 243-254.
- Murphy, J., Fernandez-Suarez, J., Keppie, J., Jeffries, T., 2004a. Contiguous rather than discrete Paleozoic histories for the Avalon and Meguma Terranes based on detrital zircon data. *Geology*, **32**, 585-588.
- Nance, R., Murphy, J., Strachan, R., 1991. Late Proterozoic tectonostratigraphic evolution of the Avalonian and Cadomian terranes. *Precambrian Research*, **53**, 41-78.
- Oliveira, J., Horm, M., Paproth, E., 1979. Preliminary note on the stratigraphy of the Baixo-Alentejo Flysch Group, Carboniferous of Portugal and on the palaeogeographic development compared to corresponding units in NorthWest Germany. *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, **65**, 151-168.
- Oliveira, J., Quesada, C., 1998. A comparison of stratigraphy, structure, and palaeogeography, of the South Portuguese Zone and southwest England, European Variscides. *Geoscience in Southwest England. Proceedings of the Ussher Society*, **9(3)**, 141-150.
- Oliveira, J., Wagner Genthis, C., 1983. The Mértola and Mira formations boundary between Doguedo and Almada do Ouro, marine Carboniferous of South Portugal. In: M.J. Lemos de Sousa, (Ed.). *Contributions to the Carboniferous Geology and Palaeontology of the Iberian Peninsula*. Universidade do Porto, Porto, 1-39.
- Oliveira, J.T., 1990. Stratigraphy and syn-sedimentary tectonism in the South Portuguese Zone. In: R.D. Dallmeyer, E. Martínez García, (Eds). *Pre-Mesozoic Geology of Iberia*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 333-347.
- Oliveira, T., Relvas, J., Pereira, Z., Matos, J., Rosa, C. Rosa, D., Munhá, J. Fernandes, P., Jorge, R., Pinto, A., 2013. Geologia Sul portuguesa, com ênfase na estratigrafia, vulcanologia física, geoquímica e mineralizações da faixa piritosa. In: R. Dias, A. Araújo, P. Terrinha, J.C. Kullberg, (Eds). *Geologia de Portugal*, volume I- *Geologia Pré-mesozóica de Portugal*, Escolar Editora, 673-767.
- Pereira, M. F., Chichorro, M., Brandão Silva, J., Ordóñez-Casado, B., Lee, J. Williams, I. 2012a. Early carboniferous wrenching, exhumation of high-grade metamorphic rocks and basin instability in SW Iberia: Constraints derived from structural geology and U-Pb and 40Ar–39Ar geochronology. *Tectonophysics*, **558-559**, 28-44.
- Pereira, M. F., Chichorro, M., Johnston, S. T., Gutiérrez-Alonso, G., Silva, J. B., Linnemann, U., Drost, K., 2012b. The missing Rheic Ocean magmatic arcs: Provenance analysis of Late Paleozoic sedimentary clastic rocks of SW Iberia. *Gondwana Research*, **22(3-4)**, 882-891.
- Pereira, Z., 1997. *Palinologia e petrologia orgânica do Sector Sudoeste da Zona Sul Portuguesa*. PhD thesis, universidade do Porto.
- Pereira, Z., 1999. Palinostratigrafia do Sector Sudoeste da Zona Sul Portuguesa. *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, **86**, 25-57.
- Pereira, Z., Oliveira, V., Oliveira, J.T., 2006. Palynostratigraphy of the Toca da Moura and Cabrela Complexes, Ossa Morena Zone, Portugal. Geodynamic implications. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **139**, 227-240.
- Rosa, D., Finch, A., Andersen, T., Inverno, C., 2009. U-Pb geochronology and Hf isotope ratios of magmatic zircons from the Iberian Pyrite Belt. *Mineralogy and Petrology*, **95(1-2)**, 47-69.
- Rosas, F.M., Marques, F., Ballèvre, M., Tassinari, C., 2008. Geodynamic evolution of the SW Variscides: orogenic collapse shown by new tectonometamorphic and isotopic data from western Ossa-Morena Zone, SW Iberia. *Tectonics*, **27(6)**, TC6008, DOI: 10.1029/2008TC002333.
- Ross, G., Murphy, D., 1988. Transgressive stratigraphy, anoxia, and regional correlations within the late Precambrian Windermere grit of the southern Canadian Cordillera. *Geology*, **16**, 139-143.
- Santos, J., Mata, J., Gonçalves, F., Munhá, J., 1987. Contribuição para o conhecimento geológico-petroológico da região de Santa Susana: O complexo vulcano-sedimentar da Toca da Moura. *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, **73**, 29-48.
- Schermerhorn, L., 1971. An outline stratigraphy of the Iberian Pyrite Belt. *Boletín Geológico y Minero*, **82**, 239-268.
- Silva, J., Oliveira, J., Ribeiro, A., 1990. Structural outline in Pre-Mesozoic geology of Iberia. In: R.D. Dallmeyer, E. Martínez García, (Eds). *Pre-Mesozoic Geology of Iberia*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 399-410.