

## A importância dos palinomorfos remobilizados no Complexo Vulcano-Sedimentar da Toca da Moura - Implicações para a evolução geodinâmica da Zona de Ossa Morena, Portugal

*The importance of reworked palynomorphs in the Toca da Moura Volcano-Sedimentary Complex – Implications for the geodynamic evolution of the Ossa Morena Zone, Portugal*

G. Lopes<sup>1,2\*</sup>, Z. Pereira<sup>2</sup>, P. Fernandes<sup>1</sup>, R. Wicander<sup>3</sup>, J.X. Matos<sup>4</sup>, D. Rosa<sup>5</sup> & J.T. Oliveira<sup>6</sup>

<sup>1</sup>CIMA — Centro de Investigação Marinha e Ambiental, Universidade do Algarve, Campus de Gambelas, 8005-139 Faro, Portugal.

<sup>2</sup>LNEG-LGM, Rua da Amieira, Ap. 1089, 4466-901 S. Mamede Infesta, Portugal.

<sup>3</sup>Department of Earth and Atmospheric Sciences, Central Michigan University, Mt. Pleasant, MI 48859, EUA.

<sup>4</sup>LNEG-LGM, Rua Frei Amador Arrais, 39 Ap. 104, 7801-902 Beja, Portugal.

<sup>5</sup>GEUS — Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS), Division Petrology and Economic Geology, Øster Voldgade 10, København K 1350, Dinamarca.

<sup>6</sup>LNEG-LGM, Estrada da Portela, Zambujal Apartado 7586, 2611-901 Amadora, Portugal.

\* gilda.lobes@lneg.pt

**Resumo:** O estudo palinostratigráfico da sondagem SDJ1, localizada em S. Susana/Jongéis, Zona de Ossa Morena (ZOM), permitiu a recuperação de associações, *in situ*, de palinomorfos do Carbónico (Biozona NM, do Viseano médio, entre os 0 e os 397,7 m; Biozona SL, do Moscoviano médio, entre os 397,7 e os 404,5 m), assim como, associações de palinomorfos remobilizados do Câmbrico médio ao Devónico inferior (0-397,7m) e do Câmbrico médio ao Tournaisiano (397,7-404,5m). A assinatura dos palinomorfos remobilizados foi estudada com o objetivo de identificar a sua proveniência na ZOM e Zona Sul Portuguesa (ZSP), enquanto as associações *in situ* de palinomorfos, do Carbónico, permitiram o reconhecimento do CVS de Toca da Moura. A integração dos dados palinológicos obtidos permite melhorar a compreensão da relação estrutural entre as bacias de Santa Susana e da Toca da Moura, assim como, a evolução destas no contexto geodinâmico da ZOM.

**Palavras-chave:** Palinostratigrafia; bacias Santa Susana e Toca da Moura, evolução geodinâmica.

**Abstract:** The palynostratigraphic study of borehole SDJ1, located in the mining sector of Jongéis, Ossa Morena Zone (OMZ), yielded *in situ* palynomorph assemblages from the Carboniferous (mid Visean, NM Miospore Biozone, between 0 and 397.7m; mid Moscovian, SL Miospore Biozone between 397.7 and 404.5m), as well as reworked palynomorph assemblages that range from mid Cambrian to early Devonian (0-397.7m) and from mid Cambrian to Tournaisian (397.7m-404.5m). Study of the reworked assemblages provides insight into the geodynamic evolution of the OMZ, specifically regarding the probable provenance of the reworked assemblages from the OMZ and South Portuguese Zone stratigraphic units. Analysis of the Carboniferous *in situ* palynomorph assemblages provides further evidence for the recognition of the Toca da Moura Vulcano-Sedimentary Complex. The integration of the palynological data allows a better understanding of the structural relation between the Santa Susana and Toca da Moura basins and the evolution of these basins within the geodynamic context of the OMZ.

**Keywords:** Palynostratigraphy; Santa Susana and Toca da Moura basins; geodynamic evolution.

## INTRODUÇÃO

A sondagem de prospecção SDJ1 foi executada pelo Serviço de Fomento Mineiro junto à antiga mina de Carvão de Santa Susana/Jongéis, incluída no setor do Maciço de Beja da ZOM (Oliveira et al., 1991; 2013; Lopes et al., 2013). A sondagem estudada corta, maioritariamente, um dos complexos vulcano-sedimentares existentes neste maciço, o de Toca da Moura (CVSTM) (Oliveira et al., 1991). Aflorando dispersamente próximo do contato entre a ZOM e a ZSP e a oriente deste, o CVSTM encontra-se no seu quadrante noroeste em discordância com os sedimentos da Formação Santa Susana (FSS), depositados durante o Pennsylvânico (Gonçalves e Carvalhosa, 1984). O estudo palinostratigráfico da sondagem SDJ1 permitiu reconhecer que até aos 397,7m de profundidade, os sedimentos intersectados (argilitos) pertencem ao CVSTM, enquanto, os últimos metros (intervalo 397,7m – 404,5m), os sedimentos (argilitos e conglomerados) pertencem à FSS (Lopes et al., 2013). O CVSTM é uma sucessão de cerca de 400m de espessura, constituída por xistos, finas bancadas de arenitos bioturbados, slumps de arenitos/xistos e carbonatos intercalados e intruídos por rochas vulcânicas e sub-vulcânicas, respectivamente, que foi datada do Tournaisiano superior ao Viseano médio com base em miosporos (Santos et al., 1987; Cunha, T., in Andrade et al., 1991; Pereira et al, 2006). A FSS é composta por xistos negros a cinzentos e conglomerados grosseiros, frequentes na base da sucessão, sobrepostos por arenitos, siltitos e argilitos cinzento escuros intercalados e camadas de carvão, formando uma sucessão de aproximadamente 200m de espessura (Gonçalves e Carvalhosa, 1984; Oliveira e Matos, 1991). Baseado em estudos palinológicos de amostras recolhidas em afloramento, os níveis superiores desta unidade terão uma idade compreendida entre o Moscoviano superior e o Kasimoviano (Sousa e Wagner, 1983; Machado et al., 2012). Os conglomerados da FSS incluem clastos de rochas ígneas, pertencentes ao CVSTM e a litologias ígneas do Maciço de Beja, o que indica a existência de um importante episódio tectónico de levantamento e erosão simultâneo à génese da Bacia de Santa Susana (Gonçalves, 1985; Santos et al., 1987; Oliveira et al., 2006; Pereira et al, 2006, Oliveira et al., 2013), que depois evoluiu para um ambiente sedimentar intra-montanhoso, durante o Pennsylvânico (Oliveira et al., 1991; Machado et al., 2012).

Neste trabalho apresenta-se o estudo detalhado dos palinomorfos remobilizados da sondagem SDJ1. Os novos dados permitem uma melhor compreensão da evolução geodinâmica da ZOM, devido à identificação das possíveis áreas fonte destes microfósseis. A investigação trouxe também novos dados para a compreensão da relação estrutural entre a FSS e o CVSTM (Lopes et al., 2013).

## MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo baseou-se em 20 amostras de xistos negros a cinzentos, recolhidas na sondagem, assim como, numa amostra (ST515) de argilito negro com lenticulas de carvão, existente no Museu Geológico do LNEG (MG) recolhida na mina de Jongéis na base da principal camada de carvão que aí foi explorada. Esta amostra serviu de controlo para a determinação da idade aproximada do carvão da FSS. As amostras foram sujeitas aos procedimentos laboratoriais estandardizados no tratamento de amostras palinológicas. Foram ainda extraídos e concentrados resíduos orgânicos que se revelaram positivos em 17 das 21 amostras, apresentando palinomorfos moderadamente preservados ediversificados.

## RESULTADOS

A sondagem SDJ1 apresenta desde a superfície até aos 397,7m intervalos litológicos constituídos, por xistos negros a cinzentos, intercalados com raras bancadas de arenitos e níveis de rochas vulcânicas ácidas e básicas. Neste intervalo da sondagem 14 amostras foram positivas, tendo-se identificado uma associação de miosporos do Viseano superior (Biozona NM), indicativa da idade do CVSTM (Lopes et al., 2013). Nos últimos metros da sondagem (397,7-404,5m) foram intersectados, após falha, xistos negros a cinzentos e siltitos. Neste intervalo as rochas estão muito fraturadas e das várias amostras recolhidas apenas duas foram

positivas, tendo sido identificada uma associação de miosporos do Moscoviano médio (Biozona SL), idade idêntica à atribuída à Formação Santa Susana. Consta-se assim que o furo SDJ1 foi concluído nesta formação (Lopes et al., 2013). A amostra STS15 (mina de Jongeis), forneceu uma associação atribuída à biozona de miosporos OT, do Moscoviano superior, não apresentando palinomorfos remobilizados (Lopes et al., 2013).

As associações de palinomorfos remobilizados (acritarcas, algas prasinófitas, criptosporos e esporos), constituem cerca de 90% a 96% dos exemplares identificados em todas as amostras da sondagem SDJ1 (Lopes et al., 2013). Para facilitar o seu estudo, os palinomorfos reciclados foram divididos em seis intervalos estratigráficos (1) Câmbrio médio a (?) superior; 2) Ordovício Médio a Superior; 3) Silúrico médio a superior; 4) Devónico Inferior; 5) Devónico Superior; 6) Carbónico inferior), tendo sido posteriormente, correlacionados com associações de palinomorfos conhecidas de diversas unidades da ZOM e ZSP, para identificação das possíveis áreas fontes de proveniência (Lopes et al., 2013).

### CONCLUSÕES

O estudo efetuado permite retirar as seguintes conclusões: Da superfície até aos 397,7m, as litologias da sondagem SDJ1 foram datadas do Viseano médio, tendo sido identificada a Biozona de esporos NM, indicando que pertencem ao CVS de Toca da Moura (CVSTM). Os últimos sete metros da sondagem correspondem a sedimentos do Moscoviano médio (Biozona de esporos SL) da Formação Santa Susana (FSS) (Lopes et al., 2013); O modelo estrutural estudado coloca o CVSTM em cavalgamento sobre a FSS, tal como sugerem os xistos tectonizados presentes no último troço da sondagem (397,7 m - 404,5 m). Este modelo sugere que o modelo de estrutura em graben, atribuído para a génese da bacia de Santa Susana por Machado et al. (2012), não foi preservado no setor de Jongeis. Assim, o regime Varisco compressivo ocorreu após a deposição dos sedimentos da FSS, ou seja, no pós-Moscoviano superior (Lopes et al., 2013); Os palinomorfos remobilizados (Câmbrio médio ao Tournaisiano) são sempre mais abundantes que as associações de palinomorfos *in situ*. Todavia, não se observa uma estratigrafia inversa das associações de palinomorfos remobilizados ao longo da sondagem (Lopes et al., 2013); As associações de palinomorfos remobilizados do Câmbrio ao Devónico Inferior, indicam que as possíveis fontes de proveniência estavam expostas e a ser erodidas durante o Viseano inferior. Assim, fariam parte de um ciclo erosivo de longa duração, provavelmente relacionados com os processos de formação e erosão de cadeias montanhosas (Lopes et al., 2013); As idades das associações de palinomorfos remobilizados mais recentes (Devónico Superior a Tournaisiano), são importantes para a interpretação do desenvolvimento desta bacia, por apresentarem idades próximas da idade da sedimentação do CVS de Toca da Moura e podem estar relacionadas com processos associados a ciclos erosivos de curta duração (Lopes et al., 2013).

### AGRADECIMENTOS

Este trabalho resulta do estudo realizado por Gilda Lopes no âmbito da sua bolsa de doutoramento (SFRH/BD/48534/2008), financiada pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia. Este estudo foi, igualmente possível, devido ao projeto PTDC/CTE-GEX/72694/2006, financiado pela mesma fundação. Os autores gostariam de agradecer ao Prof. Miguel Ramalho e Jorge Sequeira, do Museu Geológico do LNEG, em Lisboa, pelo acesso às coleções. Ao geólogo Vitor Oliveira pelos ensinamentos na fase de execução e planeamento da sondagem SD.J1.

Um particular agradecimento é dirigido por G. Lopes; Z. Pereira, P. Fernandes, J. Matos e D. Rosa ao Prof. J. Tomás de Oliveira, não só pelo seu importante contributo para este trabalho, assim como, pela sua orientação científica e constante apoio ao longo das suas carreiras. Do Prof. Reed Wicander, um profundo reconhecimento pela extraordinária carreira do geólogo e colega.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, A.S., Santos, J.F., Oliveira, J.T., Cunha, T., Munhá, J., Gonçalves, F., 1991. Excursão ao Complexo de Beja-S. Cristóvão. Magmatismo orogénico na transversal Odivelas-Santa Susana. Guia de Excursion XI Reunião sobre a Geologia do Oeste Peninsular, Huelva, 47-54.
- Gonçalves, F., Carvalhosa, A., 1984. Vol. D' Hommage au géologue. In: Zbyszewski, G. (Ed.), Subsídios para o conhecimento geológico do Carbónico de Santa Susana. Recherche de Civilisations, Paris, 109-130.
- Lopes, G., Pereira, Z., Fernandes, P., Wicander, R., Matos, J., Rosa, D., Oliveira, J.T. (2014). The significance of the reworked palynomorphs (Middle Cambrian to Tournaisian) in the Viséan Toca da Moura Complex (South Portugal). Implications for the geodynamic evolution of Ossa Morena Zone. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 200, 1-23.
- Machado, G., Dias da Silva, I., Almeida, P., 2012. Palynology, Stratigraphy and Geometry of the Pennsylvanian continental Santa Susana Basin (SWPortugal). *J. Iber. Geol.* 38 (2), 429-448.
- Oliveira, V., Matos, J.X., 1991. Prospeção e reconhecimento de carvões. Sector de Sta. Susana—Mina de Jongeis, Projecto de Sondagem nº SD.J.1. Serviço de Fomento Mineiro e Indústria Extractiva (Relatório Interno). Direcção-Geral de Geologia e Minas, 1-8.
- Oliveira, J.T., Oliveira, V., Piçarra, 1991. Traços gerais da evolução tectono-estratigráfica da Zona de Ossa Morena, em Portugal: síntese crítica do estado actual dos conhecimentos. *Commun. Serv. Geol. Portugal* 77, 3-26.
- Oliveira, J.T., Relvas, J., Pereira, Z., Munhá, J.M., Matos, J.X., Barriga, F., Rosa, C., 2006. O complexo vulcano-sedimentar de Toca da Moura-Cabrela (Zona de Ossa Morena); Evolução tectono-estratigráfica e mineralizações associadas. In: Dias, R., Araújo, A., Terrinha, P., Kullberg, J.C. (Eds.), *Geologia de Portugal no contexto da Ibéria*. Universidade de Évora, Évora, 181-206.
- Oliveira, J.T., Relvas, J., Pereira, Z., Munhá, J., Matos, J., Barriga, F., Rosa, C., 2013. O complexo vulcano-sedimentar de Toca da Moura — Cabrela (Zona de Ossa-Morena); evolução tectono-estratigráfica e mineralizações associadas. In: Dias, R., Araújo, A., Terrinha, P., Kullberg, J.C. (Eds.), *Geologia de Portugal*, vol. 1. Escolar Editora, Lisboa, 621-645.
- Pereira, Z., Oliveira, V., Oliveira, J.T., 2006. Palynostratigraphy of the Toca da Moura and Cabrela Complexes, Ossa Morena Zone, Portugal. Geodynamic implications. *Rev. Palaeobot. Palynol.* 139, 227-240.
- Pereira, Z., Matos, J.X., Fernandes, P., Oliveira, J.T., 2008. Palynostratigraphy and systematic palynology of the Devonian and Carboniferous Successions of the South Portuguese Zone, Portugal. *Mem. Geol.* 34, 1-181.
- Santos, J.F., Mata, J., Gonçalves, F., Munhá, J.M., 1987. Contribuição para o conhecimento geológico-petroológico da região de Santa Susana: o complexo vulcano-sedimentar da Toca da Moura. *Commun. Serv. Geol. Portugal* 73 (1/2), 29-48.
- Sousa, J.L., Wagner, R.H., 1983. General description of the Terrestrial Carboniferous Basins in Portugal and History of investigations. In: Sousa, J.L., Oliveira, J.T. (Eds.), *The Carboniferous of Portugal*. Memórias Serviços Geológicos Portugal, 29, 117-126.