

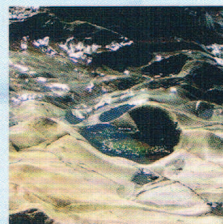
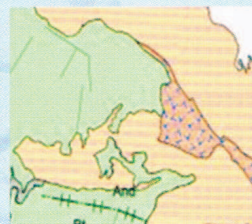
MEMÓRIAS Nº 15



X Congresso de Geoquímica dos
Países de Língua Portuguesa
XVI Semana de Geoquímica

Porto, 28 de Março a 1 de Abril · 2010

Porto2010



DEOLINDA FLORES E MANUELA MARQUES, EDITORES



Saída de
Campo 1

Evidências geoquímicas do Jurássico Inferior
de Peniche (Bacia Lusitânica, Portugal):
Estado de arte e perspectivas futuras



Evidências geoquímicas do Jurássico Inferior de Peniche (Bacia Lusitânica, Portugal): Estado de arte e perspectivas futuras
Geochemical evidence of the Lower Jurassic of Peniche (Lusitanian Basin, Portugal): State of the art and future perspectives

Duarte, L.V.¹, Silva, R.L.¹, Mendonça Filho, J.G.², Oliveira, L.C.³

¹ Departamento de Ciências da Terra e IMAR-CMA, Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade de Coimbra, Largo Marquês de Pombal, 3000-272 Coimbra, Portugal. lduarte@dct.uc.pt; ricardo.silva@student.dct.uc.pt

² Laboratório de Palinofácies & Fácies Orgânica, IGEO/UFRJ, Cidade Universitária. CEP: 21949-900, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, Brasil. graciano@geologia.ufrj.br

³ PETROBRAS/RH/UP/ECTEP, R. Ulisses Guimarães, 565, 20.211-225 - Rio de Janeiro, Brasil. lveiga@petrobras.com.br

Resumo

Com base na sucessão carbonatada marinha do Jurássico Inferior da península de Peniche, um dos perfis de referência da Bacia Lusitânica, são aqui discutidos diversos aspectos relacionados com a aplicação da geoquímica orgânica e dos isótopos estáveis de carbono e oxigênio. Neste contexto, são apresentadas as principais características das unidades estratigráficas aflorantes, nomeadamente das formações de Coimbra, Água de Madeiros, Vale das Fontes, Lemedede e Cabo Carvoeiro. Considerando os dados geoquímicos disponíveis e a sua relevância, será dado particular ênfase ao intervalo compreendido entre o Pliensbaquiano e o Toarciano, que engloba as três últimas formações citadas. Assim, tendo em conta a natureza margosa, rica em matéria orgânica, da Formação de Vale das Fontes (Pliensbaquiano), apresentam-se alguns resultados nos domínios da geoquímica orgânica, que englobam a variação do carbono orgânico total, pirólise *Rock-Eval*, palinofácies e biomarcadores. Em relação às formações de Lemedede e do Cabo Carvoeiro, para além das importantes variações sedimentares observadas em Peniche, discutem-se os principais eventos isotópicos (carbono e oxigênio) reconhecidos, claramente associados com o evento anóxico oceânico do Toarciano inferior. Todas as evidências sedimentares e geoquímicas serão enquadradas em termos da dinâmica sedimentar ocorrida na bacia durante o Jurássico Inferior e no reconhecimento das principais variações paleoambientais e paleoceanográficas observadas à escala global. Os dados geoquímicos permitem, igualmente, uma abordagem no domínio da geologia do petróleo, em especial sobre o potencial gerador de hidrocarbonetos do Jurássico Inferior da Bacia Lusitânica.

Palavras-chave: Geoquímica Orgânica, Geoquímica Isotópica, Jurássico Inferior, Peniche, Bacia Lusitânica.

Abstract

Based on the Lower Jurassic marine carbonate succession of the Peniche peninsula, one of the reference sections of the Lusitanian Basin, we are going to discuss several aspects related to the application of the organic geochemistry and carbon and oxygen stable isotopes. Within this context, the main features of the stratigraphic units of the basin, namely the Coimbra, Água de Madeiros, Vale das Fontes, Lemedede and Cabo Carvoeiro formations, are presented. Considering the available geochemical data and its relevance, the Pliensbachian-Toarcian interval, which encompasses the last three cited formations, will be the main focus of our discussion. Thus, attending to the marly nature, rich in organic matter, of the Vale das Fontes Formation (Pliensbachian), we present some organic geochemical data, such as the total organic carbon, Rock-Eval pyrolysis, palynofacies and biomarkers. Concerning the Lemedede and Cabo Carvoeiro formations, besides the important sedimentary variations observed in Peniche, the recognized main isotopic events (carbon and oxygen) are discussed, clearly associated with the early Toarcian oceanic anoxic event. All the sedimentological and geochemical evidence are going to be framed in terms of the sedimentary dynamics that occurred in the basin during the early Jurassic and recognition of the main palaeoenvironmental and palaeoceanographic variations observed on a global scale. The geochemical data equally allows one approach to the petroleum geology domain, especially regarding to the potential for hydrocarbons generation of the Lower Jurassic of the Lusitanian Basin.

Keywords: Organic Geochemistry, Isotopic Geochemistry, Lower Jurassic, Peniche, Lusitanian Basin.

Referências

- Anderson, T.F., Arthur, M.A., 1983. Stable isotopes of oxygen and carbon and their applications to sedimentologic and paleoenvironmental problems. In: Arthur, M.A., Anderson, T.F., Kaplan, I.R., Veizer, J., Land, L.S. (Eds.), *Stable Isotopes in Sedimentary Geology*. SEPM Short Course, 10, pp. 1–151.
- Azerêdo, A.C., Duarte, L.V., Henriques, M.H., Manuppella, G., 2003. Da dinâmica continental no Triásico aos mares do Jurássico Inferior e Médio. *Cadernos de Geologia de Portugal*. Instituto Geológico e Mineiro, Lisboa, 43 pp.
- Bassoulet, J-P., Elmi, S., Poisson, A., Cecca, F., Bellion, Y., Guiraud, R., Baudin, F., 1993. Middle Toarcian (184-182 Ma). In: Dercourt, J., Ricou, L.E., Vrielynck, B. (Eds.), *Atlas Tethys Paleoenvironmental Maps*. BEICIP-FRANLAB, Rueil-Malmaison, pp. 63–80.
- Bordenave, M.L., Espitalié, J., Laplat, P., Oudin, J.L., Vandenbrouke, M., 1993. Screening techniques for source rock evaluation. In: Bordenave, M.L. (ed.), *Applied Petroleum Geochemistry*. Editions Technip, Paris, pp. 217-279.
- Camarate França, J., Zbyszewski, G., Almeida, F. M., 1960. Carta geológica de Portugal, na escala 1/50000. Notícia Explicativa da folha 26-C (Peniche). *Serv. Geol. Portugal*, Lisboa, 33pp.
- Carpenter, S.J., Lohmann, K.C., 1995. $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$ values of modern brachiopod shells. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 59, 3749–3764.
- Carvalho, M.A., Mendonça Filho, J.G., Menezes, T.R., 2006. Paleoenvironmental reconstruction based on palynofacies analysis of the Aptian–Albian succession of the Sergipe Basin, Northeastern Brazil. *Marine Micropaleontology*, 59, 56–81.
- Chagas, R.B.A., Mendonça Filho, J.G., Mendonça, J.O., Menezes, T.R., 2009. Caracterização palinofaciológica de uma sucessão sedimentar oligocênica da Formação Tremembé, bacia de Taubaté. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 12, 257–266.
- Combaz, A., 1964. Les palynofaciès. *Révue de Micropaléontologie*, 7, 205–18.
- Dommergues, J-L., 1987. L'évolution chez les Ammonitina du Lias Moyen (Carixien, Domerien basal) en Europe occidentale. *Documents des Laboratoires de Géologie Lyon*, 98, 1–297.
- Duarte, L. V., 1997a. Evolução geoquímica (Sr, Mg, $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$) nos carbonatos toarcianos da Bacia Lusitaniana. Repartição estratigráfica e significado paleoambiental. Livro de Actas X Semana de Geoquímica/IV Congresso de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa, Braga, pp. 381–384.
- Duarte, L. V., 1997b. Facies analysis and sequential evolution of the Toarcian-Lower Aalenian series in the Lusitanian Basin (Portugal). *Comunicações do Instituto Geológico e Mineiro*, 83, 65–94.
- Duarte, L.V., 1998. Clay minerals and geochemical evolution in the Toarcian Lower Aalenian of the Lusitanian Basin. *Cuadernos Geologia Iberica*, 24, 69–98.
- Duarte, L.V., 2004. The geological heritage of the Lower Jurassic of Central Portugal: selected sites, inventory and main scientific arguments. *Rivista Italiana Paleontologia Stratigrafia*, 110 (1), 381–388.
- Duarte, L.V., 2006. O Jurássico da Península de Peniche (Portugal). Uma contribuição para o ensino da geologia sedimentar. In: Medina, J., Valle Aguado, B., Praia, J., Marques, L. (eds.) *Livro de Actas do Simpósio Ibérico do Ensino da Geologia – XIV Simpósio sobre Enseñanza de la Geologia*, Aveiro, ISBN 972-789-197-7, pp. 249–254.
- Duarte, L.V., 2007. Lithostratigraphy, sequence stratigraphy and depositional setting of the Pliensbachian and Toarcian series in the Lusitanian Basin (Portugal). In: R. B. Rocha (ed). *The Peniche section (Portugal). Contributions to the definition of the Toarcian GSSP*. International Subcommission on Jurassic Stratigraphy, pp. 17–23.
- Duarte, L.V., Oliveira, L.C.V., Rodrigues, R., 2007a. Carbon isotopes as a sequence stratigraphic tool: examples from the Lower and Middle Toarcian marly limestones of Portugal. *Boletín Geológico y Minero*, 118, 3–18.
- Duarte, L.V., Oliveira, L.C.V., Rodrigues, R., 2007b. Assinaturas Geoquímicas (COT, Isótopos de Carbono e de Oxigénio) no Sinemuriano Superior-Pliensbaquiano Basal da Região de S. Pedro de Moel (Portugal). In: Gomes, E.P. & Alencão, A.M. (Coords.), *Actas do VI Congresso Ibérico de Geoquímica*, Vila Real, pp 510–513.
- Duarte, L.V., Perilli, N., Dino, R., Rodrigues, R., Paredes, R., 2004a. Lower to Middle Toarcian from the Coimbra region (Lusitanian Basin, Portugal): sequence stratigraphy, calcareous nannofossils and stable-isotope evolution. *Rivista Italiana Paleontologia Stratigrafia*, 110 (1), 115–127.
- Duarte, L.V., Rodrigues, R., Dino, R., 2003. Carbon stable isotope analysis as a sequence stratigraphy tool. Case study from Lower Jurassic marly limestones of Portugal. *Proceedings (Short papers) of IV South American Symposium on Isotope Geology*, Salvador, pp. 341–344.
- Duarte, L.V., Rodrigues, R., Oliveira, L.C., Silva, F., 2005. Avaliação preliminar das variações do carbono orgânico total nos sedimentos margosos do Jurássico inferior da Bacia Lusitânica (Portugal). XIV Semana de Geoquímica/VIII Congresso de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa, Actas Volume 1, pp. 39–43.
- Duarte, L.V., Silva, R.L., Oliveira, L.C.V., Comas-Rengifo, M.J., Silva, F., 2010. Organic-rich facies in the Sinemurian and Pliensbachian of the Lusitanian Basin, Portugal: Total Organic Carbon distribution and relation to transgressive-regressive facies cycles. *Geologica Acta* (em publicação).

- Duarte, L.V., Soares, A.F., 2002. Litostratigrafia das series margo-calcárias do Jurássico Inferior da Bacia Lusitânica (Portugal). *Comunicações do Instituto Geológico e Mineiro*, 89, 135–154.
- Duarte, L.V., Wright, V.P., López, S.F., Elmi, S., Krautter, M., Azerêdo, A.C., Henriques, M.H., Rodrigues, R., Perilli, N., 2004b. Early Jurassic carbonate evolution in the Lusitanian Basin (Portugal): facies, sequence stratigraphy and cyclicity. In: Duarte, L.V., Henriques, M.H. (Eds.), *Carboniferous and Jurassic Carbonate Platforms of Iberia*. 23rd IAS Meeting of Sedimentology, Field Trip Guide Book, Coimbra, 1, pp. 45–71.
- Elmi, S., 2006. Pliensbachian/Toarcian boundary: the proposed GSSP of Peniche (Portugal). *Volumina Jurassica*, IV, 5–16.
- Elmi S., Rocha, R.B., Mouterde R., 1988. Sédimentation pélagique et encroûtements cryptalgaires: les calcaires grumeleux du Carixien portugais. *Ciências da Terra*, 9, 69–90.
- Espitalié, J., Madec, M., Tissot, B., Mennig, J.J., Leplat, P., 1977. Source rock characterization method for petroleum exploration. *Proceedings of the 9th Annual Offshore Technology Conference*, Houston, pp. 439-444.
- Ferreira, S., Mendonça Filho, J.G., Duarte, L.V., Silva, R.L., Mendonça, J.O., 2010. Variação organofaciológica na sucessão rica em matéria orgânica do Pliensbaquiano de Peniche (Bacia Lusitânica, Portugal). *Actas X Congresso de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa/XVI Semana de Geoquímica*, Porto (Resumos, pp. 104; CD, pp. 301-308).
- Follows, B., Tyson, R.V., 1998. Organic facies of the Asbian (early Carboniferous) Queensferry Beds, Lower Oil Shale Group, South Queensferry, Scotland, and a brief comparison with other Carboniferous North Atlantic oil shale deposits. *Organic Geochemistry*, 29(4), 821–844.
- Hesselbo, S.P., Jenkyns, H.C., Duarte, L.V., Oliveira, L.C.V., 2007. Carbon-isotope record of the Early Jurassic (Toarcian) Oceanic Anoxic Event from fossil wood and marine carbonate (Lusitanian Basin, Portugal). *Earth and Planetary Science Letters*, 253, 455–470.
- Jenkyns, H.C., 1988. The early Toarcian (Jurassic) anoxic event: stratigraphic, sedimentary, and geochemical evidence. *American Journal of Science*, 288, 101–151.
- Jenkyns, H.C., Jones, C.E., Gröcke, D.R., Hesselbo, S.P., Parkinson, D.N., 2002. Chemostratigraphy of the Jurassic System: applications, limitations and implications for palaeoceanography. *Journal Geological Society London*, 159, 351–378.
- Killops, S.D., Killops, V., 2005. *Introduction to Organic Geochemistry* (2^a edição). Blackwell Publishing, Oxford, 412 pp.
- Manuppella, G, Azerêdo, A.C., 1996. Contribuição para o conhecimento da geologia da região de Sesimbra. *Comunicações do Instituto Geológico e Mineiro*, 82, 37–50.
- Matos, V.G.A.E., 2009. Estudo de palinofácies e de fácies orgânica de uma sequência sedimentar do Jurássico inferior da Bacia Lusitânica. Tese de Mestrado na especialidade em Geologia do Petróleo do Mestrado em Geociências (não publicada), Departamento de Ciências da Terra da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, 108 pp..
- McCrea, J. M., 1950. On the isotopic chemistry of carbonates and a paleotemperature scale. *Journal Chemical Physics*. 18 (6), 849-857.
- Mendonça Filho, J.G., 1999. Aplicação de estudos de palinofácies e fácies Orgânica em rochas do Paleozóico da Bacia do Paraná, Sul do Brasil. Tese de Doutorado em Geociências (não publicada), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2 vols., 338 pp..
- Mendonça Filho, J.G., Chagas, R.B.A., Menezes, T.R., Mendonca, J.O., Silva, F.S., 2009. Organic facies of the Oligocene Lacustrine System in the Cenozoic Taubaté Basin, Southern Brazil. *Proceedings of the Joint 61th ICCP/26th TSOP Meeting*. *Advances in Organic Petrology and Organic Geochemistry*, Gramado, p. 70.
- Mendonça Filho, J.G., Menezes, T.R., Mendonça, J.O., Oliveira, A.D., Carvalho, M.A., Sant'anna, A.J. Souza, J.T., 2010. Palinofácies. In: Carvalho, I.S. (ed.). *Palinologia*, 3^a ed., vol. 1, pp. 283–317.
- Menezes, T.R. & Mendonça Filho J. G., 2004. Aplicação da faciologia orgânica na análise paleoceanográfica do talude continental superior recente da Bacia de Campos - RJ. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 7 (2), 177–188.
- Mouterde, R., 1955. Le Lias de Peniche. *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, 36, 5–33.
- Oboh, F.E., 1992. Middle Miocene palaeoenvironments of the Niger Delta. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 92, 55–84.
- Oliveira, L.C.V., Duarte, L.V., Lemos, V.B., Comas-Rengifo, M.J., Perilli, N., 2007a. Bioestratigrafia de nanofósseis calcários e correlação com as zonas de amonites do Pliensbaquiano-Toarciano basal (Jurássico inferior) de Peniche (Bacia Lusitânica, Portugal). In: Carvalho, I.S., Cassab, R.C.T., Schwanke, C., Carvalho, M.A., Fernandes, A.C.S., Rodrigues, M.A.C., Carvalho, M.S.S., Arai, M., Oliveira, M.E.Q. (Eds.), *Paleontologia: Cenários de Vida*. *Proceedings of XIX Congresso Brasileiro de Paleontologia*, Búzios, pp. 411–420.
- Oliveira, L.C.V., Duarte, L.V., Perilli, N., Rodrigues, R., Lemos, V.B. 2005. Estratigrafia química (COT, 13C, 18O) e nanofósseis calcários na passagem Pliensbaquiano-Toarciano no perfil de Peniche (Portugal). *Resultados preliminares*. *Pesquisas em Geociências*, Porto Alegre, 32 (2), 3–16.

- Oliveira, L.C.V., Duarte, L.V., Rodrigues, R., 2007b. Isótopos estáveis de C e O no Pliensbaquiano - Toarciano inferior de Peniche (Bacia Lusitânica, Portugal). Considerações estratigráficas e paleoambientais. In: Gomes, E.P., Alencão, A.M. (Coords.). Proceedings of VI Congresso Ibérico de Geoquímica, Vila Real, pp. 532–535.
- Oliveira, L.C.V., Duarte, L.V., Rodrigues, R., 2007c. Chemostratigraphy (TOC, $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$) around the Pliensbachian-Toarcian Boundary in the reference section of Peniche (Lusitanian Basin, Portugal). Preliminary results. *Ciências da Terra*, 16, 33–36.
- Oliveira, L.C.V., Duarte, L.V., Silva, R.L., Rodrigues, R., 2009. Belemnite $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$ record of the Lusitanian Basin Pliensbachian carbonate series (Portugal). *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 73 (13S), A969.
- Oliveira, L.C.V., Rodrigues, R., Duarte, L.V., Lemos, V., 2006. Avaliação do potencial gerador de petróleo e interpretação paleoambiental com base em biomarcadores e isótopos estáveis do carbono da seção Pliensbaquiano-Toarciano inferior (Jurássico inferior) da região de Peniche (Bacia Lusitânica, Portugal). *Boletim de Geociências da Petrobras*, 14 (2), 207–234.
- Perilli, N., Duarte, L.V., 2006. Toarcian nannobiohorizons from the Lusitanian Basin (Portugal) and their calibration against ammonite zones. *Rivista Italiana Paleontologia Stratigrafia*, 112, 417–434.
- Peters, K.E., Walters, C.C., Moldowan, J.M., 2005. *The Biomarker Guide: Biomarkers and Isotopes in Petroleum Exploration and Earth History*, vol. 2 (2ª edição). Cambridge University Press, Cambridge, 680 pp.
- Phelps, M., 1985. A refined ammonite biostratigraphy for the Middle and Upper Carixian (Ibex and Davoei zones, Lower Jurassic) in North-West Europe and stratigraphical details of the Carixian-Domerian boundary. *Geobios*, 18, 321–362.
- Pinheiro, L.M., Wilson, R.C.L., Pena dos Reis, R., Whitmarsh, R.B., Ribeiro, A., 1996. The western Iberia margin: a geophysical and geological overview. In: Whitmarsh, R.B., Sawyer, D.S., Klus, A., Masson, D.G. (Eds.), *Proceeding of the Ocean drilling Program, Scientific Results 149*, pp. 3–23.
- Rocha, R.B. (Ed) 2007. *The Peniche section (Portugal)*. Contributions to the definition of the Toarcian Global Stratotype Section and Point. International Subcommission on Jurassic Stratigraphy, Lisboa, 66 pp.
- Rullkötter, J., 2006. Organic Matter: The Driving Force for Early Diagenesis. In: Schulz, H.D., Zabel, M. (Eds.), *Marine geochemistry (2 edição)*. Springer-Verlag, Heidelberg, pp. 125–168.
- Scholle, P., Arthur, M.A., 1980. Carbon isotopic fluctuations in pelagic limestones: potential stratigraphic and petroleum exploration tool. *The American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 64, 67–87.
- Seifert, W. K., Moldowan, J. M., 1981. Paleoreconstruction by Biological Markers. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 45, 783–794.
- Silva, F., Duarte, L.V., Oliveira, L.C.V., Comas-Rengifo, M.J., Rodrigues, R., 2006. A Formação de Vale das Fontes no sector norte da Bacia Lusitânica (Portugal): caracterização e avaliação preliminar da distribuição do Carbono Orgânico Total. In: Mirão, J., Balbino, A., (Eds.), *Actas do VII Congresso Nacional de Geologia vol. II*, Évora, pp. 669–672.
- Silva, F., Duarte, L.V., Oliveira, L.C.V., Rodrigues, R., Comas-Rengifo, M.J., 2007. Caracterização do Carbono Orgânico Total e pirólise *Rock-Eval* no intervalo Sinemuriano superior-Pliensbaquiano do sector norte da Bacia Lusitânica (Portugal). In: Gomes, E.P. & Alencão, A.M. (Coords.), *Actas do VI Congresso Ibérico de Geoquímica*, Vila Real, pp. 564–567.
- Silva, R.L., Duarte, L.V., Oliveira, L.C.V., 2009. Classificação composicional de rochas sedimentares com base em indicadores geoquímicos: o caso do Pliensbaquiano superior-Toarciano inferior de Peniche (Portugal). VII Congresso Ibérico-X Congresso Nacional de Geoquímica. Biblioteca Electrónica de la Excma. Diputación Provincial de Soria, vol. 17, Soria, pp. 118–127.
- Silva, R.L., Duarte, L.V., Mendonça Filho, J.G., Silva, T.F., Azerêdo, A.C., 2010. A geoquímica orgânica como ferramenta na caracterização paleoceanográfica do Pliensbaquiano da Bacia Lusitânica (Portugal): avanços e novas metas. *Actas X Congresso de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa/XVI Semana de Geoquímica*, Porto (Resumos, pp. 114; CD, pp. 381–387).
- Soares, A.F., Duarte, L.V., 1997. Tectonic and eustatic signatures in the Lower and Middle Jurassic of the Lusitanian Basin. *Comunicaciones IV Congreso de Jurasico de España*, Alcañiz, pp. 111–114.
- Soares, A.F., Rocha, R.B., Elmi, S., Henriques, M.H., Mouterde, R., Almeras, Y., Ruget, C., Marques, J., Duarte, L.V., Carapito, C., Kullberg, J.C., 1993. Le sous-bassin nord-lusitanien (Portugal) du Trias au Jurassique moyen: histoire d'un "rift avorté". *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, 317, 1659–1666.
- Suan, G., Mattioli, E., Pittet, B., Mailliot, B., Lécuyer, C., 2008a. Evidence for major environmental perturbation prior to and during the Toarcian (Early Jurassic) oceanic anoxic event from the Lusitanian Basin, Portugal. *Paleoceanography*, 23, PA1201, doi:10.1029/2007PA001459.
- Suan, G., Pittet, B., Bour, I., Mattioli, E., Duarte, L.V., Mailliot, S., 2008b. Duration of the Early Toarcian carbon isotope excursion deduced from spectral analysis: consequence for its possible causes. *Earth and Planetary Science Letters*, 267, 666–679.

- Suan, G., Mattioli, E., Pittet, B., Lécuyer, C., Suchéras-Marx, B., Duarte, L. V., Philippe, M., Reggiani, L., Martineau, F., 2010. Secular environmental precursors to Early Toarcian (Jurassic) extreme climate changes. *Earth and Planetary Science Letters*, 290, 448–458.
- Tedeschi, L.R., Oliveira, L.C., Duarte, L.V., Rodrigues, R., 2007. Caracterização quimiostratigráfica do Pliensbaquiano-Toarciano inferior (Jurássico inferior) da região de Peniche (Bacia Lusitânica, Portugal). *Actas do XI Congresso Brasileiro de Geoquímica, Atibaia (S. Paulo), CD-ROM, 4p.*
- Tyson, R.V., 1993. Palynofacies Analysis. In: Jenkins, D.J. (ed). *Applied Micropalaeontology*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 153–191.
- Tyson, R.V., 1995. *Sedimentary Organic Matter. Organic facies and palynofacies*. Chapman & Hall. Londres. 615 pp..
- Weissert, H., 1989. C-isotope stratigraphy, a monitor of paleoenvironmental change: a case study from the Early Cretaceous. *Surv. in Geophysics*, 10, 1–61.
- Wilson, R.C.L., Hiscott, R.N., Willis, M.G., Gradstein, F.M., 1989. The Lusitanian Basin of west-central Portugal: Mesozoic and Tertiary tectonic, stratigraphic and subsidence history. In: Tankard, A.J. & Balkwill, H.R. (Eds.), *Extensional Tectonics and Stratigraphy of the North Atlantic Margins*. AAPG Memoir, 46, 341–361.
- Wright, V.P., Wilson, R.C.L., 1984. A carbonate submarine-fan sequence from the Jurassic of Portugal. *Journal Sedimentary Petrology*, 54, 394–412.