

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/255960845>

# The Project PTDC/CTE-GIX/098968/2008 – High resolution stratigraphy of the Lower Jurassic organic-rich marine series in the Lusitanian Basin (Portugal): Initial expectations and re...

Article in *Comunicações Geológicas* · June 2013

CITATIONS

0

READS

224

12 authors, including:



**Luís Vítor Duarte**

University of Coimbra

354 PUBLICATIONS 4,414 CITATIONS

SEE PROFILE



**Ricardo Louro Silva**

Trinity College Dublin

163 PUBLICATIONS 1,011 CITATIONS

SEE PROFILE



**João Graciano Mendonça Filho**

Federal University of Rio de Janeiro

285 PUBLICATIONS 2,094 CITATIONS

SEE PROFILE



**Ana Cristina Azerêdo**

University of Lisbon

118 PUBLICATIONS 1,353 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



IGCP655 - Toarcian Oceanic Anoxic Event: Impact on marine carbon cycle and ecosystems [View project](#)



Organic matter variation during the Toarcian Oceanic Anoxic Event in the Central and Northern Atlantic Margins: the interplay between local constrains vs global events [View project](#)

## O Projecto PTDC/CTE-GIX/098968/2008 - Estratigrafia de alta resolução das séries marinhas ricas em matéria orgânica do Jurássico Inferior da Bacia Lusitânica: Perspectivas iniciais e resultados obtidos

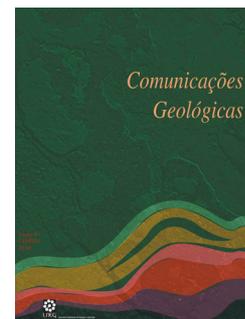
### The Project PTDC/CTE-GIX/098968/2008 - High resolution stratigraphy of the Lower Jurassic organic-rich marine series in the Lusitanian Basin (Portugal): Initial expectations and results

L.V. Duarte<sup>1,2\*</sup>, R.L. Silva<sup>2</sup>, J.G. Mendonça Filho<sup>3</sup>, A.C. Azerêdo<sup>4</sup>, M.C. Cabral<sup>4</sup>, M. J. Comas-Rengifo<sup>5</sup>, G. Correia<sup>2,6</sup>, R. Ferreira<sup>7</sup>, I.M. Loureiro<sup>8</sup>, R. Paredes<sup>2,5</sup>, A. Pereira<sup>1,2</sup>, N. Poças Ribeiro<sup>2</sup>

Recebido em 15/01/2013 / Aceite em 10/05/2013

Disponível online em Junho de 2013 / Publicado em Junho de 2013

© 2013 LNEG – Laboratório Nacional de Geologia e Energia IP



Artigo original  
Original article

**Resumo:** Apresenta-se neste trabalho uma caracterização e os principais resultados do Projecto “Estratigrafia de alta resolução das séries marinhas ricas em matéria orgânica do Jurássico Inferior da Bacia Lusitânica”, financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (Portugal). Este projecto centrou-se numa análise estratigráfica multidisciplinar baseada num vasto conjunto de parâmetros bióticos e abióticos da sucessão margo-calcária rica em matéria orgânica do Jurássico Inferior da bacia, envolvendo sete objetivos principais: 1. Análise sedimentológica (mineralógica, textural e composicional) e sequencial da sucessão hemipelágica do Jurássico Inferior (Sinemuriano superior–Toarciano); 2. Precisões biostratigráficas a partir do registo de amonóides do intervalo compreendido entre o Sinemuriano superior e o Pliensbaquiano superior; 3. Análise paleontológica e paleoecológica da macrofauna bentónica (fundamentalmente braquiópodes e bivalves); 4. Análise biostratigráfica, taxonómica e paleoecológica da fauna de ostracodos (Sinemuriano–Toarciano); 5. Análise quimiostratigráfica baseada principalmente nos isótopos estáveis de carbono (Sinemuriano–Pliensbaquiano); 6. Análise geoquímica e de petrografia orgânica (carbono orgânico total, pirólise *Rock-Eval* e biomarcadores) do Sinemuriano–Pliensbaquiano; 7. Análise dos padrões de variação dos raios gama (Sinemuriano–Toarciano).

**Palavras-chave:** Fácies ricas em matéria orgânica, Estratigrafia Integrada, Rocha geradora, Jurássico Inferior, Bacia Lusitânica.

**Abstract:** This work presents the main results of the Project “High resolution stratigraphy of the Lower Jurassic organic-rich marine series in the Lusitanian Basin (Portugal)”, supported by the Portuguese Foundation for Science and Technology. This project was focused on a multidisciplinary stratigraphic analysis based on the study of a range of biotic and abiotic parameters of the Lower Jurassic marl–limestone succession rich in organic matter, embracing seven main objectives: 1. Sedimentological (mineralogical, textural and compositional) and sequential analysis of the whole Lower Jurassic hemipelagic succession (Upper Sinemurian–Toarcian); 2. Ammonite biostratigraphic precisions of the Upper Sinemurian and Upper Pliensbachian; 3. Palaeontological and palaeoecological analysis of the benthic macrofauna (especially brachiopods and bivalves); 4. Biostratigraphical, taxonomic and palaeoecological analysis of the ostracod fauna (Sinemurian–Toarcian); 5.

Chemostratigraphic analysis based mainly on carbon stable isotopes (Sinemurian–Pliensbachian); 6. Organic geochemical and petrographic analysis (total organic carbon, palynofacies, Rock-Eval pyrolysis and biomarkers) of the Sinemurian–Pliensbachian; 7. Vertical variation patterns of gamma-ray analysis (Sinemurian–Toarcian). Besides the new results in each specific scientific domain (for example, biostratigraphy, palaeoecology, sedimentology, sequence stratigraphy and cyclicity, chemostratigraphy and organic geochemistry), the integration of all data, in several cases at high-resolution level, allows emphasizing the achievement of two main transverse goals: the improvement of the stratigraphy and sedimentary knowledge of the Lower Jurassic series of western Iberia margin, with implications in the palaeoenvironmental and palaeoceanographic interpretations of the Tethyan pre-Atlantic basins dynamics and global correlation; taking into consideration the huge number of organic geochemical parameters analyzed, the results of this research contributed significantly to understand the role of the different Sinemurian and Pliensbachian organic-rich intervals as potential hydrocarbon generation sources (quality of organic matter and maturation).

**Keywords:** Organic-rich facies, Integrated stratigraphy, Source-rock, Lower Jurassic, Lusitanian Basin.

<sup>1</sup>Departamento de Ciências da Terra, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, Largo Marquês de Pombal, 3000-272 Coimbra, Portugal.

<sup>2</sup>IMAR-Centro do Mar e Ambiente, Universidade de Coimbra, Largo Marquês de Pombal, 3000-272 Coimbra, Portugal.

<sup>3</sup>Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Cidade Universitária, CEP: 21949-900, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, Brasil.

<sup>4</sup>Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências, Departamento e Centro de Geologia, Campo Grande, C6, 4º, 1749-016 Lisboa, Portugal.

<sup>5</sup>Departamento de Paleontologia, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid, C/ Antonio Novais, 28040 Madrid, España.

<sup>6</sup>Departamento de Engenharia do Petróleo, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas/Centro de Estudos de Petróleo, Campinas, CEP: 13083-970 São Paulo, Brasil.

<sup>7</sup>Laboratório de Energética e Detónica - Associação de Apoio, Avª da Universidade de Coimbra, Casal da Estrada, 3150 Condeixa-a-Nova, Portugal.

<sup>8</sup>Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências, Centro de Geologia, Campo Grande, C6, 4º, 1749-016 Lisboa, Portugal.

\*Autor correspondente / Corresponding author [lduarte@det.ucp](mailto:lduarte@det.ucp)

## 1. Introdução

O projecto de investigação científica PTDC/CTE-GIX/098968/2008- “Estratigrafia de alta resolução das séries marinhas ricas em matéria orgânica do Jurássico Inferior da Bacia Lusitânica”, aprovado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) em 2009, fundamenta-se numa análise estratigráfica de alta resolução das séries carbonatadas marinhas ricas em matéria orgânica que representam grande parte do Jurássico Inferior da Bacia Lusitânica (Portugal). A sucessão estratigráfica que caracteriza este intervalo nesta bacia, é marcada fundamentalmente por uma acumulação margo-calcária (Sinemuriano superior–Toarciano) rica em macrofósseis marinhos bentónicos e nectónicos, depositada num ambiente de rampa carbonatada homoclinal (ver, por exemplo, Duarte, 1997, 2007; Duarte *et al.*, 2001). Num contexto claramente de evolução marinha transgressiva, definem-se na bacia, durante o Sinemuriano superior [Formação (Fm) de Água de Madeiros] e o Pliensbaquiano (Fm de Vale das Fontes) vários intervalos margosos particularmente ricos em matéria orgânica (Duarte & Soares, 2002; Duarte *et al.*, 2010b). Tendo em conta este enquadramento, este projecto centrou-se numa perspectiva de análise estratigráfica multidisciplinar, através do estudo de um conjunto de variáveis bióticas e abióticas da sucessão margosa rica em matéria orgânica, compreendida entre o Sinemuriano inferior e o Toarciano inferior (Zona Levisoni) (Fig. 1). Dada a natureza da sedimentação da sucessão jurássica da bacia, ampliou-se igual e pontualmente o conhecimento relativo a outros intervalos com registo em matéria orgânica, como são os casos do Batoniano inferior e do Oxfordiano. Neste contexto, descrevem-se os pressupostos científicos deste projecto, assim como grande parte dos resultados obtidos.

## 2. O Projecto

Tal como acima evidenciado, foi objecto deste projecto uma análise estratigráfica de alta resolução de grande parte do Jurássico Inferior margo-calcário aflorante em toda a Bacia Lusitânica. Este projecto envolveu todos os principais afloramentos conhecidos e referenciados na literatura (ver, por exemplo, Mouterde & Rocha, 1975; Mouterde *et al.*, 1979; Soares *et al.*, 1993, Azerêdo *et al.*, 2003), tendo sido tema de análise mais detalhada, considerando a sua riqueza em matéria orgânica, os cortes dos sectores de Rabaçal, Coimbra, Montemor-o-Velho, Figueira da Foz, S. Pedro de Moel e Peniche (Fig. 2). De acordo com o esquema proposto, este estudo contemplou os sete objectivos principais seguintes: 1. Refinamento biostratigráfico (a nível da Subzona e a possível definição de horizontes) das séries em estudo, a partir do registo de amonóides; 2. Análise paleontológica e paleoecológica da macrofauna bentónica (sobretudo de braquiópodes e

bivalves); 3. Análise biostratigráfica e paleoecológica a partir do registo de ostracodos; 4. Caracterização sedimentológica (mineralógica, composicional e textural), sequencial (3ª a 5ª ordens) e análise ciclostratigráfica; 5. Definição quimiostratigráfica a partir da geoquímica de elementos e dos isótopos estáveis de carbono e oxigénio; 6. Análise geoquímica orgânica (carbono orgânico total e pirólise *Rock-Eval*); 7. Análise dos padrões de variação vertical de *Gamma ray*.

Tendo estes objectivos em vista e com a análise dos diferentes parâmetros bióticos e abióticos propostos, pretendia-se alcançar os seguintes resultados: a) uma definição ampla e detalhada da estratigrafia do Sinemuriano superior–Toarciano inferior da Bacia Lusitânica; b) interpretações paleoecológicas, paleoceanográficas e paleoambientais, numa perspectiva de comparação com as bacias peri-atlânticas e tetisianas; c) a apresentação de modelos de variação vertical e lateral das diversas variáveis bióticas e abióticas analisadas, com a consequente importância para a correlação em futuras análises de sondagem (em *onshore* e *offshore*); d) avaliação do potencial de geração de hidrocarbonetos da bacia. Estas metas foram desenvolvidas, tendo por base laboratórios do IMAR-CMA e Departamento de Ciências da Terra, ambos da Universidade de Coimbra, Departamento e Centro de Geologia da Universidade de Lisboa, Departamento de Paleontologia da Universidade Complutense de Madrid e do Laboratório de Palinofácies e Fácies Orgânica (LAFO) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Existiram outras colaborações pontuais, nomeadamente com o Laboratório de Geologia de Lyon, Terra, Planetas e Ambiente (França), com o Instituto Geológico e Mineiro de Espanha (Espanha), entre outros colaboradores.

## 3. Resultados científicos

Os objectivos temáticos acima enunciados foram trabalhados e investigados, tendo alguns deles sido fortemente ampliados. São aqui realçados, de forma resumida, os aspectos mais preponderantes e marcantes de cada um desses objectivos:

1. Refinamento biostratigráfico (a nível da Subzona e a possível definição de horizontes), a partir do registo de amonóides: os estudos realizados permitiram uma melhoria significativa do controle biostratigráfico das sucessões ricas em matéria orgânica, nomeadamente na definição das zonas *Oxynotum* e *Raricostatum* (Sinemuriano superior), do limite Sinemuriano-Pliensbaquiano e do limite entre as zonas *Margaritatus* e de *Spinatum* (Pliensbaquiano superior). Estes novos dados tiveram um enorme impacto na redefinição dos limites cronostratigráficos das formações de Água de Madeiros, Vale das Fontes e Lemedé, um objectivo essencial na correlação intra e extra Bacia Lusitânica, bem como na discussão relativa a todas as outras variáveis analisadas (ver, por exemplo, Silva *et al.*, 2011b; Comas-Rengifo *et al.*, 2013b; Duarte *et al.*, em preparação). Para além disso, todos os outros intervalos estratigráficos foram

enriquecidos por amostragens sistemáticas de amonóides e de nautilóides (ver Barroso-Barcenilla *et al.*, 2011) o que permitiu um acréscimo significativo do acervo paleontológico existente.

**2. Análise paleontológica e paleoecológica da macrofauna bentónica (sobretudo de braquiópodes e bivalves):** corresponde possivelmente a um dos maiores investimentos em termos de trabalho sistemático de campo e de laboratório de todo o projecto, tendo-se conseguido

um acervo de mais de 4000 exemplares de braquiópodes, bivalves e gastrópodes. Os trabalhos desenvolveram-se essencialmente nos intervalos estratigráficos mais ricos em macrofauna bentónica, nomeadamente os do Sinemuriano superior, do Pliensbaquiano da região de Tomar e do Toarciano inferior-médio (ver Comas-Rengifo *et al.*, 2013a; Paredes *et al.*, 2013a, 2013b). A análise pormenorizada da fauna de bivalves do Sinemuriano superior conduziu a uma tese de mestrado apresentada na Universidade de Coimbra (Paredes, 2012).

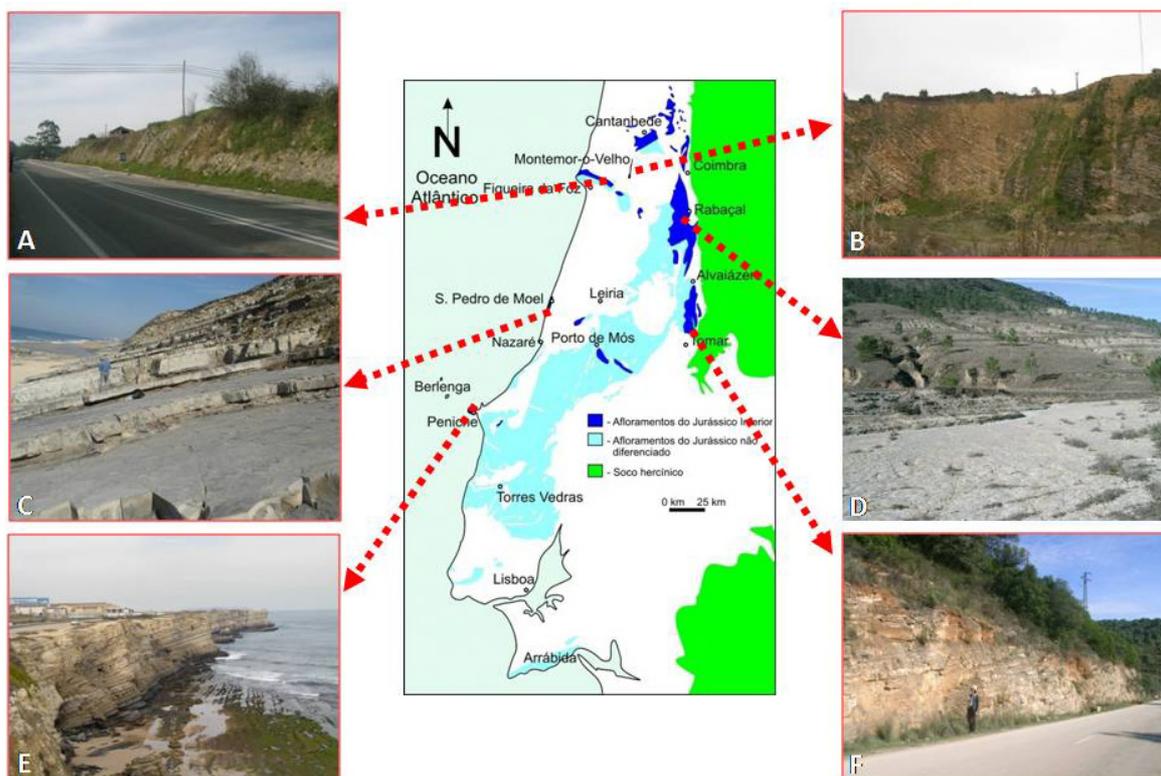


Fig. 1. Localização de alguns dos perfis estratigráficos de referência do Jurássico Inferior carbonatado da Bacia Lusitânica [para melhor entendimento quanto aos enquadramentos estratigráficos consultar Duarte & Soares (2002) e Duarte *et al.* (2010b)]: A-Perfil de Cabanas (Pliensbaquiano da região da Figueira da Foz); B-Perfil da Pedreira Mota (Sinemuriano da região de Montemor-o-Velho); C-Perfil de Polvoeira (Sinemuriano da região de S. Pedro de Moel); D-Perfil de Fonte Coberta (Pliensbaquiano superior-Toarciano da região de Rabaçal-Condeixa); E-Perfil do Portinho de Areia do Norte (Pliensbaquiano da região de Peniche); F-Perfil de Prado (Toarciano da região de Tomar).

Fig. 1. Location of some reference stratigraphic sections representing the carbonate Lower Jurassic of the Lusitanian Basin [(for more stratigraphic information see Duarte & Soares (2002) and Duarte *et al.* (2010b)]: A -Cabanas section (Pliensbachian of the Figueira da Foz sector); B-Mota quarry section (Sinemurian of the Montemor-o-Velho sector); C-Polvoeira section (Sinemurian of the S. Pedro de Moel sector); D-Fonte Coberta section (Upper Pliensbachian-Toarcian of the Rabaçal-Condeixa sector); E-Portinho de Areia do Norte sector (Pliensbachian of the Peniche sector); F-Prado section (Toarcian of the Tomar sector).

**3. Análise sistemática, biostratigráfica e paleoecológica a partir do registo de ostracodos:** estudaram-se os ostracodos do Sinemuriano dos sectores mais distais da bacia (S. Pedro de Moel e Peniche; Cabral *et al.*, 2013a; Loureiro *et al.*, 2013), do Pliensbaquiano de Peniche e do Toarciano de Rabaçal (Cabral *et al.*, 2013b). Os dados mostram o enorme potencial deste grupo nas interpretações paleoecológicas e paleobiogeográficas, com realce, por exemplo, na demonstração da ocorrência, pela primeira vez, de eventos salobros no Sinemuriano inferior e base do superior (Cabral *et al.*, 2013a; Cabral *et al.*,

*et al.*, em preparação), na resposta a episódios deficitários em oxigénio (Loureiro *et al.*, 2013) ou no registo da extinção dos *Metacopina* durante o Toarciano inferior (Cabral *et al.*, 2013b). Os estudos de sistemática permitiram reconhecer várias espécies novas no Sinemuriano e Toarciano, umas salobras, outras marinhas e um género novo, comum a vários países da Europa ocidental e a todo o Jurássico Inferior de Portugal (género *Tanycythere* – Cabral *et al.*, submetido), com 4 espécies novas no registo português (1 com 2 subespécies).

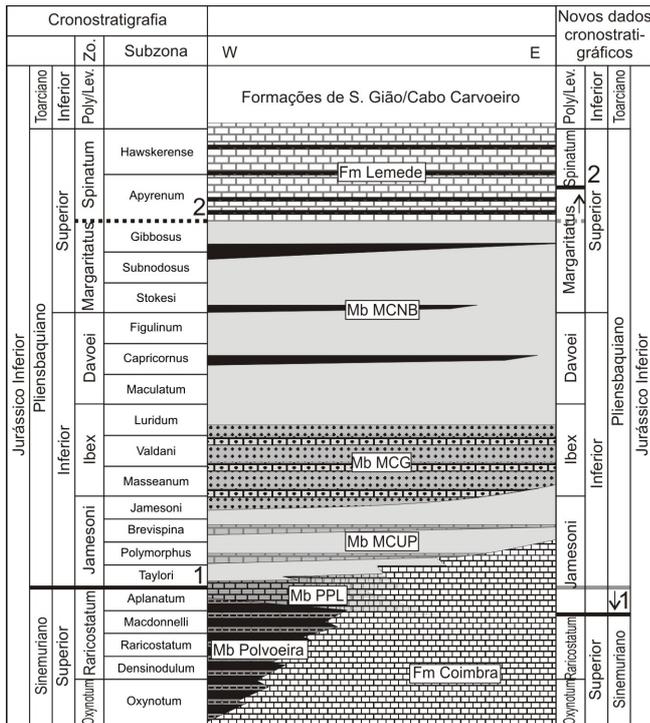


Fig. 2. Quadro estratigráfico da sucessão carbonatada hemipelágica compreendida entre o Sinemuriano inferior e o Toarciano inferior da Bacia Lusitânica (adaptado de Duarte *et al.*, 2010b), incorporando novas precisões cronostratigráficas [1- Comas-Rengifo *et al.* (2013b); 2-Silva *et al.* (2011b)]. Zo: Zona; PPL: Praia da Pedra Lisa; MCUP: Margas e calcários com *Uptonia* e *Pentacrinus*; MCG: Margas e calcários grumosos; MCNB: Margo-calcários com níveis betuminosos; Poly/Lev: Polymorphum/Levisoni.

Fig. 2. Stratigraphic chart of the Lower Sinemurian–Lower Toarcian hemipelagic carbonate series (adapted from Duarte *et al.*, 2010b), incorporating new chronostratigraphic precisions [1- Comas-Rengifo *et al.* (2013b); 2-Silva *et al.* (2011b)]. Zo: Zone; PPL: Praia da Pedra Lisa; MCUP: Marls and limestones with *Uptonia* and *Pentacrinus*; MCG: Lumpy marls and limestones; MCNB: Marly limestones with organic facies; Poly/Lev: Polymorphum/Levisoni.

4. Caracterização sedimentológica (mineralógica, composicional e textural), sequencial (3ª a 5ª ordens) e análise ciclostratigráfica: a par da redefinição biostratigráfica, este desígnio foi o que esteve na base de todos os objectivos inicialmente traçados, tendo sido desenvolvidos estudos de natureza mineralógica, composicional e textural, através de análise de fácies, de difracção de RX e estudo de lâminas delgadas (ver, por exemplo, Duarte *et al.*, 2012; Silva, 2013; Silva *et al.*, 2013b). Estudos desta natureza foram desenvolvidos em todo o Jurássico Inferior, assim como na análise sedimentológica das fácies carbonosas da base da Fm de Serra de Aire (base do Batoniano inferior) (Azerêdo *et al.*, 2013, Azerêdo *et al.*, em preparação). Como tal, estes estudos foram um suporte na maioria dos trabalhos realizados e publicados. Aspectos relacionados com a análise sequencial e a ciclicidade da sedimentação margo-calcária foi ensaiada no intervalo rico em matéria orgânica do Pliensbaquiano de toda a bacia (Silva, 2013).

5. Definição quimiostratigráfica a partir da geoquímica de elementos e dos isótopos estáveis de carbono e oxigénio: estas análises foram centradas nos dois intervalos ricos em matéria orgânica do Jurássico Inferior da Bacia Lusitânica. Consistiram numa análise de alta resolução do  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{18}\text{O}$  sobre sedimento carbonatado e bivalves,  $\delta^{13}\text{C}$  sobre matéria orgânica e fragmentos carbonosos e geoquímica de elementos sobre rocha total e bivalves. Até ao momento, estes estudos basearam-se sobretudo na análise do Membro de Polvoeira da Fm de Água de Madeiros (ver Silva *et al.*, 2013a; Duarte *et al.*, em preparação) e na parte superior da Fm de Vale das Fontes (Silva *et al.*, 2011b).

6. Análise geoquímica orgânica (carbono orgânico total e pirólise *Rock-Eval*): tendo em conta a natureza sedimentológica das unidades estudadas, ricas em matéria orgânica, foi sem dúvida o objectivo mais amplamente investigado, com maior número de dados obtidos e, por isso, com maior impacto quanto aos resultados. Os estudos inicialmente previstos foram em grande parte suplantados e ampliados, tendo-se realizado sob duas vertentes distintas: estudos de natureza paleoambiental e análise do potencial de geração de hidrocarbonetos. Para tal, foram executados estudos de palinofácies, biomarcadores e de maturação (como a reflectância da vitrinite e índice de coloração de esporos), não previstos no original do projecto. Todas estas análises, realizadas no LAFO da UFRJ, conduziram a duas teses de mestrado (Ferreira, 2010; Poças Ribeiro, 2011) e a um conjunto de artigos publicados ou submetidos em revistas da especialidade (Duarte *et al.*, 2012; Silva *et al.*, 2011b, 2012, 2013a; Poças Ribeiro *et al.*, 2013), livros e capítulos de livros (Duarte *et al.*, 2010a, 2011a, 2011b, 2013; Ferreira *et al.*, 2010; Silva *et al.*, 2010, 2011a, 2013b; Mendonça Filho *et al.*, 2013).

7. Análise dos padrões de variação vertical de *gamma-ray*: para este estudo foram seleccionados apenas os perfis de referência da Bacia Lusitânica no que respeita os dois intervalos mais ricos em matéria orgânica e o evento oceânico anóxico do Toarciano Inferior. Este exercício conduziu a uma definição dos padrões de variação vertical e lateral dos raios gama e espectrometria gama quantitativa de K, Th e U (campo e laboratório) nas diferentes unidades, procurando-se estabelecer uma correlação com a mineralogia e os teores em matéria orgânica (carbono orgânico total). Para além da discussão relativa às relações geoquímicas, estes dados revelaram-se decisivos na interpretação sequencial e na correlação com dados de *gamma-ray* de sondagens realizadas na Bacia Lusitânica (ver, por exemplo, Correia *et al.*, 2012, 2013a, 2013b). Neste âmbito foi realizada uma tese de mestrado (Correia, 2011).

Paralelamente a estes objectivos centrais foram realizadas outras investigações parcelares que envolveram o estudo da matéria orgânica da transição Caloviano-Oxfordiano (Silva *et al.*, 2013c, 2013d), dos nanofósseis calcários do Sinemuriano superior (Boussaha, 2011; parcialmente em Mattioli *et al.*, 2013), a análise

palinológica do Pliensbaquiano superior-Toarciano inferior e uma revisão da fauna de nautilóides do Toarciano (ver Barroso-Barcenilla *et al.*, 2011; Barrón *et al.*, 2013).

De acordo com o exposto fica demonstrado que a maioria dos objectivos traçados foi alcançada e que em grande parte dos temas desenvolvidos, estes terão sido mesmo suplantados. Esse facto é facilmente comprovado através da comparação entre os indicadores de produtividade inicialmente propostos e o número e a qualidade da produção científica realizada até ao momento, a que acresce a perspectiva de diversas outras, potenciais publicações, em preparação.

#### 4. Considerações finais

Tal como foi enfatizado, este projecto revelou-se muito útil no contexto nacional nestas matérias e de impacto no âmbito científico internacional, através das diversas publicações em revistas da especialidade e na divulgação realizada em vários congressos internacionais. Para além da importância científica e da promoção do conhecimento no âmbito da estratigrafia do Jurássico da Bacia Lusitânica, com a conseqüente valorização do estudo da paleoceanografia do sector pré-Atlântico do Tétis, a análise das fácies ricas em matéria orgânica mostrou-se de extrema relevância na prospecção de hidrocarbonetos, uma prioridade actual no âmbito dos georrecursos do país. A recente fase de prospecção iniciada na Bacia Lusitânica com vista ao potencial de hidrocarbonetos não convencionais das unidades margosas do Jurássico Inferior, constitui um bom exemplo do impacto da investigação produzida nos últimos anos em Portugal por esta equipa.

#### Agradecimentos

Este trabalho é um contributo do Projecto PTDC/CTE-GIX/098968/2008, financiado pela FCT/COMPETE-FEDER, Portugal. Agradece-se a colaboração de Eduardo Barrón, Fernando Barroso-Barcenilla, Miriam Boussaha, Renata Chagas, Antonio Goy, Fernando García Joral, Emanuela Mattioli, Joalice Mendonça, Bernard Pittet e Taís Silva.

#### Referências

- 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, 43.
- Azerêdo, A. C., Mendonça Filho, J. G., Cabral, M. C., Duarte, L. V., 2013. Calcários pedogénicos e níveis ricos em matéria orgânica no Jurássico Médio da Pedreira do Galinha, Serra de Aire: abordagem multi-disciplinar. In: Duarte, L.V., Silva, R.L., Azerêdo, A.C. (Eds), Fácies carbonatadas ricas em matéria orgânica do Jurássico da Bacia Lusitânica. Novos contributos paleontológicos, sedimentológicos e geoquímicos. *Comunicações Geológicas*, **100**, Especial I, 95-100.
- Barrón, E., Comas-Rengifo, M. J., Duarte, L. V., 2013. Palynomorph succession of the Upper Pliensbachian-Lower Toarcian of the Peniche section (Portugal). In: Duarte, L.V., Silva, R.L., Azerêdo (Eds), Fácies carbonatadas ricas em matéria orgânica do Jurássico da Bacia Lusitânica. Novos contributos paleontológicos, sedimentológicos e geoquímicos. *Comunicações Geológicas*, **100**, Especial I, 55-61.
- Barroso-Barcenilla, F., Comas-Rengifo, M. J., Duarte, L.V., Goy, A., Martínez, G., 2011. A new genus of nautiloid in the Toarcian of the Iberian Peninsula (Spain and Portugal). *Bulletin de la Société Géologique de France*, **182**, 5, 391-404.
- Boussaha, M., 2011. Caractérisation spatiale des paléoenvironnements au Sinémurien (Bassin Lusitanien) sur la base des assemblages à nanofossiles calcaires. *Master Sciences Technologies Santé mention Sciences de la Terre spécialité Paléontologie Sédimentologie Paléoenvironnements*, Université Claude Bernard Lyon 1, 49.
- Cabral, M. C., Azerêdo, A. C., Colin, J-P, Silva, R. L., Duarte, L. V., 2013a. Associações de ostracodos da Formação de Coimbra (Sinemuriano) de S. Pedro de Moel: valor paleoecológico e paleobiogeográfico. In: Duarte, L.V., Silva, R.L., Azerêdo, A.C. (Eds), Fácies carbonatadas ricas em matéria orgânica do Jurássico da Bacia Lusitânica. Novos contributos paleontológicos, sedimentológicos e geoquímicos. *Comunicações Geológicas*, **100**, Especial I, 43-47.
- Cabral, M. C., Lord, A. R., Boomer, I. D., Loureiro, I. M., Malz, H., (submetido). Tanocythere gen. nov. and its significance for Jurassic ostracod diversity patterns. *Palaeontology*.
- Cabral, M. C., Loureiro, I. M., Duarte, L. V., Azerêdo, A. C., 2013b. Registo da extinção dos Metacopina (Ostracoda, Crustacea) no Toarciano de Rabaçal, região de Coimbra. In: Duarte, L.V., Silva, R.L., Azerêdo, A.C. (Eds), Fácies carbonatadas ricas em matéria orgânica do Jurássico da Bacia Lusitânica. Novos contributos paleontológicos, sedimentológicos e geoquímicos. *Comunicações Geológicas*, **100**, Especial I, 63-68.
- Comas-Rengifo, M. J., Duarte, L. V., García Joral, F., Goy, A., 2013a. Los braquiópodos del Toarciense inferior (Jurásico) en el área de Rabaçal-Condeixa (Portugal): distribución estratigráfica y paleobiogeografía. In: Duarte, L.V., Silva, R.L., Azerêdo, A.C. (Eds), Fácies carbonatadas ricas em matéria orgânica do Jurássico da Bacia Lusitânica. Novos contributos paleontológicos, sedimentológicos e geoquímicos. *Comunicações Geológicas*, **100**, Especial I, 37-42.
- Comas-Rengifo, M. J., Duarte, L. V., Goy, A., Paredes, R., Silva, R.L., 2013b. El Sinemuriense Superior (cronozonas Oxynotum y Raricostatum) en la región de S. Pedro de Moel (Cuenca Lusitânica, Portugal). In: Duarte, L.V., Silva, R.L., Azerêdo, A.C. (Eds), Fácies carbonatadas ricas em matéria orgânica do Jurássico da Bacia Lusitânica. Novos contributos paleontológicos, sedimentológicos e geoquímicos. *Comunicações Geológicas*, **100**, Especial I, 15-19.
- Correia, G., 2011. Aplicações da Espectrometria de Raios Gama no Estudo de Séries Carbonatadas. O caso do Jurássico Inferior da Bacia Lusitânica. *Tese de Mestrado em Geociências (especialidade em Geologia do Petróleo) não publicada*, Departamento de Ciências da Terra da Universidade de Coimbra, Coimbra, 97.
- Correia, G., Duarte, L. V., Pereira, A., Silva, R. L., 2012. Outcrop Spectral Gamma-Ray applications to the Sinemurian-Pliensbachian organic-rich facies of the Lusitanian Basin (Portugal). *Journal of Iberian Geology*, **38**, 2, 373-388.
- Correia, G., Duarte, L. V., Pereira, A. C., 2013a. Evidências paleogeográficas e correlação estratigráfica através da utilização da espectrometria de raios gama no Toarciano inferior de diferentes sectores da Bacia Lusitânica. In: Duarte, L.V., Silva, R.L., Azerêdo, A.C. (Eds), Fácies carbonatadas ricas em matéria orgânica do Jurássico da Bacia Lusitânica. Novos contributos paleontológicos, sedimentológicos e geoquímicos. *Comunicações Geológicas*, **100**, Especial I, 89-93.
- Correia, G., Duarte, L. V., Pereira, A. C., Silva, R. L., Mendonça Filho, J. G., 2013b. Utilização da espectrometria de raios gama na caracterização das fácies ricas em matéria orgânica do Sinemuriano-Pliensbaquiano da Bacia Lusitânica. In: Duarte, L.V., Silva, R.L., Azerêdo, A.C. (Eds), Fácies carbonatadas ricas

- em matéria orgânica do Jurássico da Bacia Lusitânica. Novos contributos paleontológicos, sedimentológicos e geoquímicos. *Comunicações Geológicas*, **100**, Especial I, 77-82.
- Duarte, L. V., 1997. 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., 2007. Lithostratigraphy, sequence stratigraphy and depositional setting of the Pliensbachian and Toarcian series in the Lusitanian Basin (Portugal). *Ciências da Terra* (UNL), **16**, 17-23.
- Duarte, L. V., Krautter, M., Soares, A. F., 2001. Bioconstructions à spongiaires siliceux dans le Lias terminal du Bassin lusitanien (Portugal): stratigraphie, sédimentologie et signification paléogéographique. *Bulletin de la Société Géologique de France*, **172**, 5, 637-646.
- Duarte, L. V., Silva, R. L., Mendonça Filho, J. G., 2011a. The Lower Jurassic of west coast of Portugal: stratigraphy and organic matter in carbonate sedimentation. In: Flores, M., Marques, M. (Eds): Field Trip Guide Book of 63<sup>rd</sup> Annual Meeting of the International Committee for Coal and Organic Petrology, *Memórias*, **17**, 1-42.
- Duarte, L. V., Silva, R. L., Mendonça Filho, J. G., 2013. Variação do COT e pirólise *Rock-Eval* do Jurássico Inferior da região de S. Pedro de Moel. Potencial de geração de hidrocarbonetos. In: Duarte, L.V., Silva, R.L., Azerêdo, A.C. (Eds), Fácies carbonatadas ricas em matéria orgânica do Jurássico da Bacia Lusitânica. Novos contributos paleontológicos, sedimentológicos e geoquímicos. *Comunicações Geológicas*, **100**, Especial I, 107-111.
- Duarte, L. V., Silva, R.L., Mendonça Filho, J. G., Oliveira, L. C., 2010a. Evidências geoquímicas do Jurássico Inferior de Peniche (Bacia Lusitânica, Portugal): Estado de arte e perspectivas futuras. In: Flores, D., Marques, M. (Eds), Saídas de Campo do X Congresso de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa/XVI Semana de Geoquímica, *Memórias* (Porto), **15**, 3-24.
- Duarte L. V., Silva, R. L., Mendonça Filho, J. G., Poças Ribeiro, N., Chagas, R. B. A, 2012. High-resolution stratigraphy, Palynofacies and source rock potential of the Água de Madeiros Formation (Upper Sinemurian) of the Lusitanian Basin, Portugal. *Journal of Petroleum Geology*, **35**, 2, 105-126.
- Duarte, L.V., Silva, R.L., Mendonça Filho, J.G., Poças Ribeiro, N., Ferreira, F., 2011b. Chapter 8: Case Studies (Dispersed Organic Matter). Lusitanian Basin: Geological setting, stratigraphy and organic matter record in the Lower Jurassic hemipelagic deposits of the Lusitanian Basin. In: Flores, D., Marques, M. (Eds), *ICCP Training Course on Dispersed Organic Matter*, ICCP Training program Commission I, Porto, 107-118.
- Duarte, L. V., Silva, R. L., Oliveira, L. C. V., Comas-Rengifo, M. J., Silva, F., 2010b. 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*, **8**, 325-340.
- Duarte, L.V., Soares, A.F., 2002. Litostratigrafia das séries margocalcárias do Jurássico Inferior da Bacia Lusitânica (Portugal). *Comunicações do Instituto Geológico e Mineiro*, **89**, 135-154.
- Ferreira, R. 2010. Composição orgânica e maturação térmica da Formação de Vale das Fontes (Pliensbaquiano) de Peniche. Potencial de geração de hidrocarbonetos. *Tese de Mestrado em Geociências (especialidade em Geologia do Petróleo) não publicada*, Departamento de Ciências da Terra da Universidade de Coimbra, Coimbra, 89.
- Ferreira, R., Mendonça Filho, J. G., Duarte, L. V., Silva, R. L., Mendonça, J. O., 2010. Hydrocarbon generation potential of the Pliensbachian organic-rich series of Peniche (Lusitanian Basin, Portugal): An organopetrographic and thermal maturation assessment integrated analysis. In: Pena dos Reis, R, Pimentel, N. (Eds), *II Central & North Atlantic Conjugate Margins Conference. Extended Abstracts*, Lisbon, Portugal, 116-120.
- Loureiro, I. M., Cabral, M. C., Duarte, L. V., Azerêdo, A. C., 2013. Ostracodos do Sinemuriano superior da região de S. Pedro de Moel e de Peniche: relação com o contexto sedimentar. In: Duarte, L.V., Silva, R.L., Azerêdo, A.C. (Eds), Fácies carbonatadas ricas em matéria orgânica do Jurássico da Bacia Lusitânica. Novos contributos paleontológicos, sedimentológicos e geoquímicos. *Comunicações Geológicas*, **100**, Especial I, 49-54.
- Mattioli, E., Plancq, M., Boussaha, M., Duarte, L.V., Pittet, B., 2013. Calcareous nannofossil biostratigraphy: new data from the Early Jurassic of the Lusitanian Basin. In: Duarte, L.V., Silva, R.L., Azerêdo, A.C. (Eds), Fácies carbonatadas ricas em matéria orgânica do Jurássico da Bacia Lusitânica. Novos contributos paleontológicos, sedimentológicos e geoquímicos. *Comunicações Geológicas*, **100**, Especial I, 69-76.
- Mendonça Filho, J. G., Silva, T.F., Silva, R.L., Duarte, L.V., Poças Ribeiro, N., 2013. Distribuição dos biomarcadores hopanóides e sua relação com a matéria orgânica nas séries jurássicas de S. Pedro de Moel, Bacia Lusitânica (Portugal). In: Duarte, L.V., Silva, R.L., Azerêdo, A.C. (Eds), Fácies carbonatadas ricas em matéria orgânica do Jurássico da Bacia Lusitânica. Novos contributos paleontológicos, sedimentológicos e geoquímicos. *Comunicações Geológicas*, **100**, Especial I, 101-105.
- Mouterde, R., Rocha, R. B., Ruget, C., Tintant, H. 1979. Faciès, biostratigraphie et paléogéographie du Jurassique portugais. *Ciências Terra* (UNL) **5**, 29-52.
- Mouterde, R., Ruget, C., 1975. Esquisse de la paléogéographie du Jurassique inférieur et moyen au Portugal. *Bulletin de la Société géologique de France*, 7e Série, **17**, 779-786.
- Paredes, R. 2012. Bivalves do Sinemuriano da Bacia Lusitânica. Registos paleontológicos com importância para a valorização do património geológico portugueses. *Tese de Mestrado em Geociências não publicada*, Departamento de Ciências da Terra da Universidade de Coimbra, 121.
- Paredes, R., Comas-Rengifo, M. J., Duarte, L. V., 2013a. Moluscos bivalves da Formação de Água de Madeiros (Sinemuriano superior) da Bacia Lusitânica (Portugal). In: Duarte, L.V., Silva, R.L., Azerêdo, A.C. (Eds), Fácies carbonatadas ricas em matéria orgânica do Jurássico da Bacia Lusitânica. Novos contributos paleontológicos, sedimentológicos e geoquímicos. *Comunicações Geológicas*, **100**, Especial I, 21-27.
- Paredes, R., Comas-Rengifo, M. J., Goy, A., Duarte, L. V., 2013b. Braquiópodes do Sinemuriano superior da região de S. Pedro de Moel e de Peniche (Bacia Lusitânica, Portugal). In: Duarte, L.V., Silva, R.L., Azerêdo, A.C. (Eds), Fácies carbonatadas ricas em matéria orgânica do Jurássico da Bacia Lusitânica. Novos contributos paleontológicos, sedimentológicos e geoquímicos. *Comunicações Geológicas*, **100**, Especial I, 29-35.
- Poças Ribeiro, N., 2011. Contribuição para o estudo da matéria orgânica do Sinemuriano superior de S. Pedro de Moel e de Peniche (Portugal). *Tese de Mestrado em Geociências (especialidade em Geologia do Petróleo) não publicada*, Departamento de Ciências da Terra da Universidade de Coimbra, 99.
- Poças Ribeiro, N., Mendonça Filho, J. G., Duarte, L. V., Silva, R. L., Mendonça, J. O., Silva, T. F., 2013. Palynofacies and Organic Geochemistry of the Sinemurian carbonate deposits in the western Lusitanian Basin (Portugal): Coimbra and Água de Madeiros formations. *International Journal of Coal Geology*, **111**, 37-52.
- Silva, R. L., 2013. Séries carbonatadas ricas em matéria orgânica do Jurássico da Bacia Lusitânica (Portugal): Sedimentologia, Geoquímica e interpretação paleoambiental. *Tese de Doutoramento não publicada*, Universidade de Coimbra, 250.
- Silva, R. L., Duarte, L. V., Azerêdo, A. C., Mendonça Filho, J. G., 2011a. Contributos sedimentológicos e geoquímicos para a modelação dos sistemas petrolíferos portugueses: as séries jurássicas ricas em matéria orgânica da Bacia Lusitânica (Portugal). Modelação de Sistemas Geológicos, Laboratório de Radioactividade Natural da Universidade de Coimbra, 383-391.
- Silva, R. L., Duarte, L. V., Comas-Rengifo, M. J., Mendonça Filho, J. G., Azerêdo, A. C., 2011b. Update of the carbon and oxygen isotopic records of the Early-Late Pliensbachian: insights from the organic-rich hemipelagic series of the Lusitanian Basin (Portugal). *Chemical Geology*, **283**, 177-184.

- Silva, R. L., Duarte, L. V., Comas-Rengifo, M. J., Mendonça Filho, J. G., Azerêdo, A. C., 2013b. A sedimentação margo-calcária rica em matéria orgânica do Pliensbaquiano da Bacia Lusitânica: estratigrafia integrada e evolução paleoambiental. *In: Duarte, L.V., Silva, R.L., Azerêdo, A.C. (Eds), Fácies carbonatadas ricas em matéria orgânica do Jurássico da Bacia Lusitânica. Novos contributos paleontológicos, sedimentológicos e geoquímicos. Comunicações Geológicas, 100*, Especial I, 83-87.
- Silva, R.L., Duarte, L.V., Mendonça Filho, J.G., 2013a. Optical and geochemical characterization of Upper Sinemurian (Lower Jurassic) fossil wood from the Lusitanian Basin (Portugal). *Geochemical Journal* (em revisão).
- Silva, R. L., Duarte, L. V., Mendonça Filho, J. G., Azerêdo, A. C. 2010. Contrasts between the two main Jurassic source rocks in the western margin of the Lusitanian Basin (Portugal). *In: Pena dos Reis, R, Pimentel, N (Eds.), II Central & North Atlantic Conjugate Margins Conference Extended Abstracts, Lisbon, Portugal, 261-265.*
- Silva, R. L., Mendonça Filho, J. G., Azerêdo, A. C., Duarte, L. V., 2013c. Palynofacies and TOC analysis of marine and non-marine sediments across the Middle-Upper Jurassic boundary in the Central-Northern Lusitanian Basin (Portugal). *Facies*, doi: 10.1007/s10347-013-0369-x
- Silva, R. L., Mendonça Filho, J. G., Azerêdo, A. C., Duarte, L. V., 2013d. Palynofácies e caracterização de matéria orgânica da Formação de Cabaços (Bacia Lusitânica): contributos para a discriminação das dinâmicas paleobiológicas e paleoambientais em meios carbonatados predominantemente não-marinhos. *In: Duarte, L.V., Silva, R.L., Azerêdo, A.C. (Eds), Fácies carbonatadas ricas em matéria orgânica do Jurássico da Bacia Lusitânica. Novos contributos paleontológicos, sedimentológicos e geoquímicos. Comunicações Geológicas, 100*, Especial I, 113-118.
- Silva, R.L., Mendonça Filho, J.G., Da Silva F.S., Duarte, L.V., Silva, T.F., Ferreira, R. Azerêdo, A.C., 2012. Can biogeochemistry aid in the palaeoenvironmental/early diagenesis reconstruction of the ~187 Ma (Pliensbachian) organic-rich hemipelagic series of the Lusitanian Basin (Portugal)? *Bulletin of Geosciences, 87*, 373-382.
- 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.