

Diagrafias geofísicas na sondagem de Belverde (Miocénico, península de Setúbal, Portugal)*

E. Ramalho^(a), I. Ribeiro^(b), L. Torres^(b) & J. Pais^(a)

* Projecto “Reconhecimento do Miocénico da parte terminal da Bacia do Baixo Tejo através de uma sondagem com amostragem contínua” (POCTI/32345/CTA/2000), Fundação para a Ciência e a Tecnologia, Ministério da Ciência e do Ensino Superior
a – Instituto Geológico e Mineiro, Divisão de Geofísica, Estrada da Portela, Zambujal, Alfragide, Apart. 7586, 2721-866 Amadora
b – Centro de Estudos Geológicos, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Quinta da Torre, 2829-516 Caparica

RESUMO

Palavras-chave: sondagem; Neogénico; diagrafias; Belverde; Bacia do Baixo Tejo; Portugal.

No âmbito do projecto "Reconhecimento do Miocénico da parte terminal da Bacia do Baixo Tejo através de uma sondagem com amostragem contínua", realizaram-se diagrafias de Temperatura, Radiação Gama Natural e Neutrões, Sónica, SP e SPR. A informação fornecida está de acordo com a sucessão litológica observada na sondagem (arenitos siltosos/siltitos arenosos, com conteúdo argiloso variável, e frequentes intercalações carbonatadas). Essencialmente, os picos de radiação gama natural estão associados com níveis argilosos ou carbonatados e micáceos. As velocidades médias mais elevadas de 2500-3000 m/s determinadas através da diagrafia Sónica correspondem a argilitos e carbonatos pouco fossilíferos; as velocidades médias mais baixas de 1300-1600 m/s, correspondem a biocalcarenitos ou a arenitos com escasso conteúdo argiloso. Verifica-se correlação entre os picos de radiação gama natural e as sequências deposicionais já definidas para a Bacia do Baixo Tejo.

ABSTRACT

Keywords: borehole; Neogene; geophysical logs; Belverde; Lower Tagus Basin; Portugal.

Within the scope of the project “Recognition of the Miocene of the distal region of the Lower Tagus Basin through a borehole with continuous sampling”, Temperature, Natural Gamma Ray, Neutron, Sonic, SP and SPR geophysical logs were carried on. Interpretation of those logs and comparison with chronological, lithostratigraphical, micropaleontological and clay minerals data, helped the definition of depositional sequences and to obtain paleoenvironmental reconstructions, that could lead to a better understanding of the evolution of the Setúbal Peninsula and Lisbon’s Miocene gulf.

Log data agree with the lithologic succession observed in the Belverde borehole, essentially silty sandstones/sandy siltstones (with variable clay content) to clays, often with marly intercalations. Higher acoustic velocities are often related to compact/massive layers as claystones and/or limestones and rather fossiliferous marly layers. Lower values are obtained for porous, silty sandstones (fossiliferous and with scarce clay content) and biocalcarenites. As indicative, mean values of 2500-3000 m/s were obtained for the highest velocities and 1300-1600 m/s for the lowest ones. The radiation peaks of the Natural Gamma Ray log, can be correlated with marly micaceous layers often fossiliferous. It seems that the gamma peaks and the depositional sequences previously defined for the Lower Tagus Basin can be correlated, accounting also for the whole available micropaleontological, palynological and isotopic evidence.

Introdução

A Bacia do Baixo Tejo (BBT) é excelente padrão de comparação estratigráfico, paleontológico, geoquímico e paleoclimático à escala europeia, durante o Neogénico. Actualmente, apenas afloram correspondem a unidades marginais, não representativas da totalidade do enchimento da bacia. Os melhores afloramentos distribuem-se ao longo da fachada atlântica da Península de Setúbal. No interior, a subsidência levou à acumulação de maior volume de sedimentos.

Com vista a obter um registo sedimentar mais completo, foi executada uma sondagem com amostragem contínua na parte interna do golfo do Baixo Tejo. O local (Belverde, coordenadas: 38°35'34.1'' N / 9°8'24.7'' W, Fig. 1) foi seleccionado com base em perfis sísmicos. Na sondagem, foram realizadas diagrafias, estando em curso o reconhecimento litostratigráfico, estando em curso estudos de biostratigrafia (foraminíferos, ostracodos, dinoflagelados) (Legoinha *et al.*, 2002; Sousa & Pais, 2002), de datações isotópicas (⁸⁷Sr/⁸⁶Sr) (Pais *et al.*, 2002) e a caracterização dos minerais argilosos.

Em distintas campanhas de ensaios, foram feitas as seguintes diagrafias (Fig. 2) :

- 0-446m: Temperatura (coluna de fluido; furo entubado);
- 0-525m: Radiação Gama Natural (RGN) (em quaisquer condições do furo);
- 0-339m: Neutrões (furo entubado);
- 209-252m: SPR (*Single-point Resistance*), SP (*Spontaneous Potential*), Sónica (furo desentubado);
- 480-525m: SPR (*Single-point Resistance*), SP, Sónica (furo desentubado).

Da sua interpretação, complementada pela informação estratigráfica, espera-se obter dados adicionais quanto à evolução paleoambiental ocorrida durante o Miocénico, no sector distal da BBT.

Aquisição e processamento dos dados

A sondagem de Belverde atingiu a profundidade de 619.77m. Devido ao tempo de repouso do furo, as diagrfias apenas atingiram a profundidade de 525m; foram efectuadas com equipamento da Mount Sopris Instruments, Inc. A aquisição dos dados foi feita com o *software* MSLog (© Mt. Sopris Instruments Co., Inc., v.6) e com sondas específicas do mesmo fabricante, para obtenção dos parâmetros físicos. O posterior processamento, em gabinete, foi efectuado com o *software* Wellcad (© Mt. Sopris Instruments Co., Inc., v.3).

A diagrfia de Temperatura (0-446m de profundidade) (Fig. 2a) mostra que o furo parece ter adquirido estabilidade térmica aceitável, tendo em conta o tempo de repouso (cerca de 1 mês e meio). Estimou-se um gradiente geotérmico médio de cerca de 22°C/Km a partir da profundidade de 120m, sem correcções topográficas ou paleoclimáticas.

Na diagrfia de RGN (entre 0-525m, Fig. 2b), devido a efeitos de atenuação, foi necessário proceder (1) à correcção para o fluido que preenche o furo (água ou água + lama bentonítica) e (2) à correcção para a espessura do entubamento de aço, recorrendo aos gráficos de COLOG (1993).

Na diagrfia de Neutrões (Fig. 2c) não foi necessário efectuar correcções. Os elevados valores de cps, indicativos de baixa porosidade, correspondem às medidas efectuadas acima do nível hidrostático (NHE) a 44m de profundidade.

As diagrfias de Sónica e de SPR (Figs 2d, e) só puderam ser realizadas com o furo desentubado; apenas foram realizados dois troços (209-252m e 480-525m) quando da extracção do revestimento de aço. No processamento dos dados medidos pela sonda sónica, faz-se a análise dos tempos de chegada da primeira onda P a cada receptor da sonda, sendo medidas velocidades acústicas.

Correlações

Foi possível estabelecer correlações entre as diagrfias e a litologia (Fig. 2). Destaca-se a correspondência com a litologia das curvas de neutrões e RGN, nos cerca de 50m iniciais da sondagem (valores médios de 400cps - neutrões e cerca de 50cps - RGN) compatíveis com arenitos médios a grosseiros. A partir daí, a curva de neutrões assume valor quase constante de 150cps durante cerca de 210m, sugerindo unidades arenosas, saturadas, com porosidade relativamente constante.

Na diagrfia de RGN, o conteúdo de isótopos radioactivos apresenta variações, devido ao diferente conteúdo argiloso (argilitos e/ou intercalações carbonatadas, no seio de unidades arenosas). Verifica-se um pico de cerca de 300cps (expresso na curva de neutrões) aos 130m de profundidade, coincidente com o limite Pliocénico - Miocénico (Fig. 2) que pode ser causado pela acumulação de minerais radioactivos na superfície de disconformidade. A variação dos valores de RGN, tem correspondência directa com a ocorrência de intercalações de biocalcarenitos (enriquecimento em isótopos de ^{40}K). Só a partir dos cerca de 210m de profundidade, os biocalcarenitos apresentam espessuras significativas (Fig. 2); a partir daí ocorrem níveis com porosidade variável (curva de neutrões), particularmente notória a partir de cerca de 270m. Desde os 210m até o fim da diagrfia de Neutrões, há dois patamares de variação da porosidade; o primeiro entre 210 e 270m (Serravaliano) e, outro, com porosidades inferiores, entre 270 e 337m (Langhiano). Para o Miocénico inferior (Burdigaliano), os valores de porosidade aparentam tendência de descida.

A existência de picos de RGN aos 383m (400cps), 395m (450cps) e 397m (330cps), é coincidente com a presença de camadas carbonatadas (biocalcarenitos), razoavelmente espessas, e de arenitos muito finos e micáceos. A partir dos 460m, os valores médios da RGN decrescem de cerca de 150cps para 100cps, o que está associado ao incremento das unidades carbonatadas, pouco argilosas e micáceas (corais).

Na diagrfia Sónica, muito difícil de obter numa sondagem como a de Belverde (apenas troços curtos não entubados ficaram acessíveis para medições), a informação obtida é útil desde que sejam tidos em conta os valores médios. Da análise efectuada entre 486-525m, individualizam-se 3 troços:

1º) 486-491m: 2050m/s. Dominam arenitos finos a muito finos e argilitos moscovíticos, de cor esverdeada, com carbonatos, às vezes espessos, e alternâncias areníticas com carácter mais poroso, a que podem corresponder velocidades acústicas mais baixas. Mostra velocidades pontuais contrastantes, correspondendo a zona com maior variabilidade de litologia e velocidades (entre 1700m/s nos biocalcarenitos e 2400m/s na parte mais compacta correspondente a argilitos). As variações contrastantes reflectem-se no comportamento das curvas de RGN (com picos elevados em argilitos moscovíticos) e SPR (cujas deflecções negativas indicam baixas resistividades);

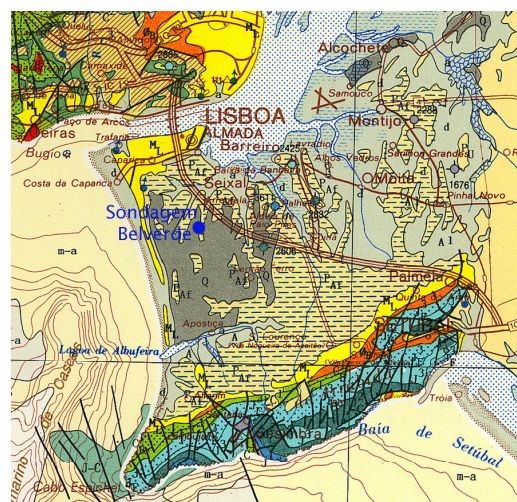


Figura 1 – Localização da Sondagem de Belverde (adaptado da Carta Geológica de Portugal 1:500000, IGM).

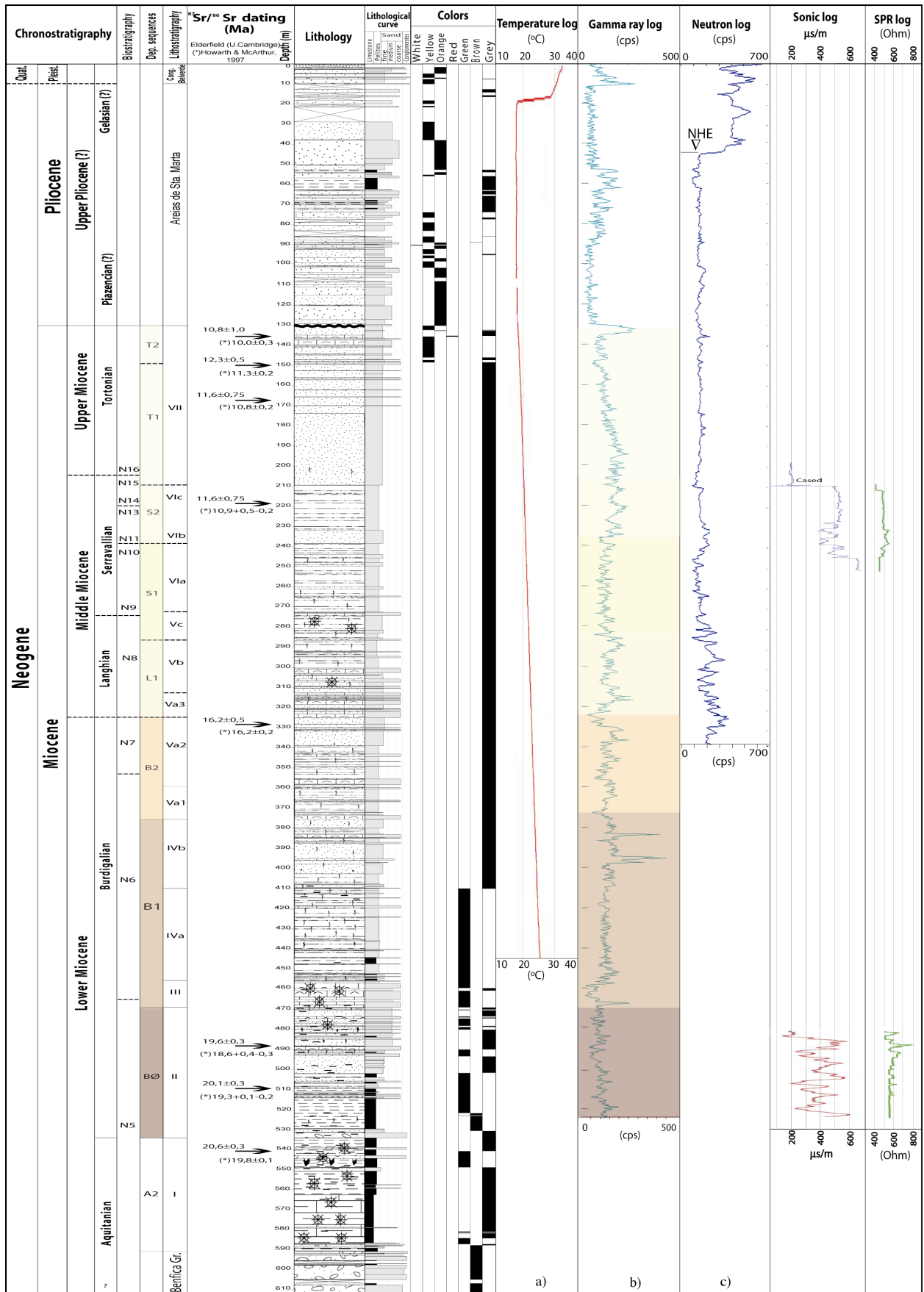


Fig. 2 - Sondagem de Belverde (619,77m). Enquadramento, biostratigráfico, cronostratigráfico e resultados das diagrfias.

- 2º) 491-502m: 2500m/s. Corresponde a arenitos finos, cinzentos, micáceos e glauconíticos, com algum carbonato. Variação mais uniforme do que no troço anterior; velocidades entre < 1700m/s quando porosidade, presença de fósseis e, eventualmente, de carbonatos é maior e cerca de 3350m/s quando a fracção argilosa é mais importante. A maior uniformidade de comportamento neste troço está patente nas curvas RGN e SPR;
- 3º) 502-525m: 3000m/s. Predominam sedimentos mais finos que no 2º troço, essencialmente siltitos e argilitos, marmoreados, de tons ferruginosos e cor esverdeada dominante. As velocidades, mais variáveis mas não tão contrastantes como no 1º troço, variam entre cerca de 4000m/s (argilitos) e 1600m/s (arenitos finos/siltitos, glauconíticos e fossilíferos, algo porosos). Esta alteração do comportamento tem expressão nas curvas de RGN e SPR, cujos valores constantes reflectem a monotonia litológica das unidades atravessadas.
- Entre 209 e 252m, podem considerar-se, também, 3 troços distintos:
- 1º) 210-231m: 1800m/s. Dominam siltitos cinzentos com alguma fracção argilosa, marcada pelos valores algo elevados de RGN. A monotonia litológica reflecte-se na resistividade (SPR) e nas porosidades (neutrões);
- 2º) 231-245.5m: 2050m/s. A monotonia do troço anterior é contrastada pela grande variabilidade deste. As velocidades variam entre 1600 e 2600m/s. Da análise do comportamento do conjunto das diagrfias, salienta-se que as zonas com menor fracção arenosa (SPR mais elevado e RGN mais baixo), exibem valores mais elevados de neutrões e de velocidades. O inverso ocorre nos depósitos com maior conteúdo argiloso;
- 3º) 245.5-252m: 1300m/s. Dominam siltitos cinzentos com alternâncias de arenitos muito finos acinzentados/esverdeados com intercalações carbonatadas, fracção argilosa reduzida e intensa bioturbação. A curva de RGN atinge valores mais baixos. As curvas SPR e de neutrões, embora de modo menos claro, demarcam esta segmentação.

A informação obtida nos parâmetros medidos nas diagrfias realizadas ao longo da maior parte da sondagem (RGN, Neutrões e Temperatura), associada aos parâmetros obtidos nos dois troços de furo desentubado (Sónica e SPR), está de acordo com o predomínio de sedimentos finos, com frequentes intercalações carbonatadas, especialmente a partir de 130-145m e 270m até a base dos depósitos marinhos do Miocénico (580-590m). Este comportamento é coerente com o verificado na curva de RGN (Fig. 2b), onde os picos de radiação estão associados a níveis carbonatados, frequentemente fossilíferos e micáceos.

As diagrfias Sónica e de Neutrões reflectem a variação da porosidade do sedimento. As maiores velocidades de propagação estão associadas a níveis mais compactos (argilitos e/ou calcários e níveis carbonatados pouco fossilíferos), e as mais baixas, com os mais porosos (arenitos finos fossilíferos e com escassa fracção argilosa e biocalcarenitos, às vezes lumachélicos). Podem considerar-se valores de 1300 a 1600m/s para as velocidades mais baixas e 2500 a 3000m/s para as mais altas, com valores pontuais > 4000m/s.

Os Conglomerados de Belverde e as Areias de Sta Marta (130m iniciais) têm porosidade elevada, o que não se traduz, de forma clara, nos primeiros 45m da diagrfia de Neutrões (Fig. 2c) por esta zona se situar acima do NHE. A porosidade diminui com a profundidade (aumento da compacidade), variando contudo, com o carácter argiloso e a presença de fósseis (> porosidade) nos diferentes níveis. A variação da porosidade, do conteúdo argiloso, micáceo e fossilífero dos níveis atravessados, está reflectida nas diagrfias efectuadas.

Com base na informação fornecida pelas diagrfias, aliada à informação micropaleontológica, palinológica e de datações isotópicas, parece verificar-se uma relação entre os picos de radiação gama natural e a definição das sequências posicionais previamente identificadas para a Bacia do Baixo Tejo (Antunes *et al.*, 2000; Pais *et al.*, 2002).

Bibliografia

- Antunes, M. T.; Legoinha, P.; Cunha, P. & Pais, J. (2000) – High resolution stratigraphy and Miocene facies correlation in Lisbon and Setúbal Peninsula (Lower Tagus Basin, Portugal). *Ciências da Terra (UNL)*, Lisboa, 14: 183-190.
- COLOG (1993) – Borehole effects on gamma log response. *Technical Notes*, 4(2): 3p.
- Legoinha, P.; Sousa, L.; Pais, J.; Ferreira, J. & Amado, A. R. (2002) – Miocene lithological, foraminiferal and palynological data from the Belverde borehole (Portugal). *XVIII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología y II Congreso Ibérico de Paleontología, Interim-Colloquium RCANS*, Libro de resúmenes, 196-197.
- Pais, J.; Lopes, C. S.; Legoinha, P.; Ramalho, E.; Ferreira, J.; Ribeiro, I.; Amado, A. R.; Sousa, L.; Torres, L.; Baptista, R. & Reis, R. P. (2002) – The Belverde Borehole (Lower Tagus Basin, Setúbal Peninsula, Portugal). *XVIII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología y II Congreso Ibérico de Paleontología, Interim-Colloquium RCANS*. Libro de resúmenes, 198-199.
- Sousa, L. & Pais, J. (2002) – First data on the palynology of the Belverde borehole (Lower Tagus Basin, Setúbal Peninsula, Portugal). *XIV Simposio de Palinología de la Asociación de Palinólogos de Lengua Española (APLE)*, Libro de resúmenes, 144-146.