

5º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

Caracterização estratigráfica do intervalo eodevoniano registrado na região de Jaquariaíva (PR),
Bacia do Paraná, Brasil.

AUTORES:

Renata Marins Alvim Gama¹ e Egberto Pereira¹

INSTITUIÇÃO:

¹ Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ

Este Trabalho foi preparado para apresentação no 5º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás- 5º PDPETRO, realizado pela Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás-ABPG, no período de 15 a 22 de outubro de 2009, em Fortaleza-CE. Esse Trabalho foi selecionado pelo Comitê Científico do evento para apresentação, seguindo as informações contidas no documento submetido pelo(s) autor(es). O conteúdo do Trabalho, como apresentado, não foi revisado pela ABPG. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões da Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás. O(s) autor(es) tem conhecimento e aprovação de que este Trabalho seja publicado nos Anais do 5ºPDPETRO.

Abstract

The Paraná Basin was stage of an important transgressive event in the Devonian, when were deposited blacks and organic matter rich shales, which belong to Ponta Grossa Formation. This formation, join with the Itararé Group (sandstones) are an important oil system for producing gas. Thus, this work aims to contribute to characterization of the shales of the Ponta Grossa Formation, according sedimentologic, stratigraphic and geochemical data. Initially, the section was characterized through the facies description. The section was divided in four facies, being that one of them was introduced like the most favorable and rich organic matter horizon. Together with the faciologic description, an analysis of the bioturbation intensity was carried out. These data demonstrated an excellent correspondence with the faciologic description. Were also analyzed the concentrations of the radioactive elements and of Total Organic Carbon (TOC). Uranium, Thorium and Potassium radioactive elements are used for characterization of the anoxic conditions while the sediments depositions. In this study, it was ended that the Uranium presents in the section is more connected with the detritic Uranium, principally, because of presenting a negative relation to TOC.

Introdução

O Período Devoniano nas bacias paleozóicas brasileiras é reconhecidamente marcado por um momento de elevação do nível do mar. Nessas bacias, associados a este evento de elevação do nível do mar, são identificados episódios de anoxia que possibilitaram a formação de rochas geradoras. Na Bacia do Paraná este pulso transgressivo ficou registrado nos folhelhos da Formação Ponta Grossa. Assim, este trabalho objetivou caracterizar possíveis horizontes geradores nesta unidade, utilizando-se de ferramentas estratigráficas, gamaespectrométricas e geoquímicas.

O estudo foi realizado a partir da análise de um furo de sondagem realizada pelo Projeto Paleosul na região do município de Jaguariaíva (PR) (figura 01).

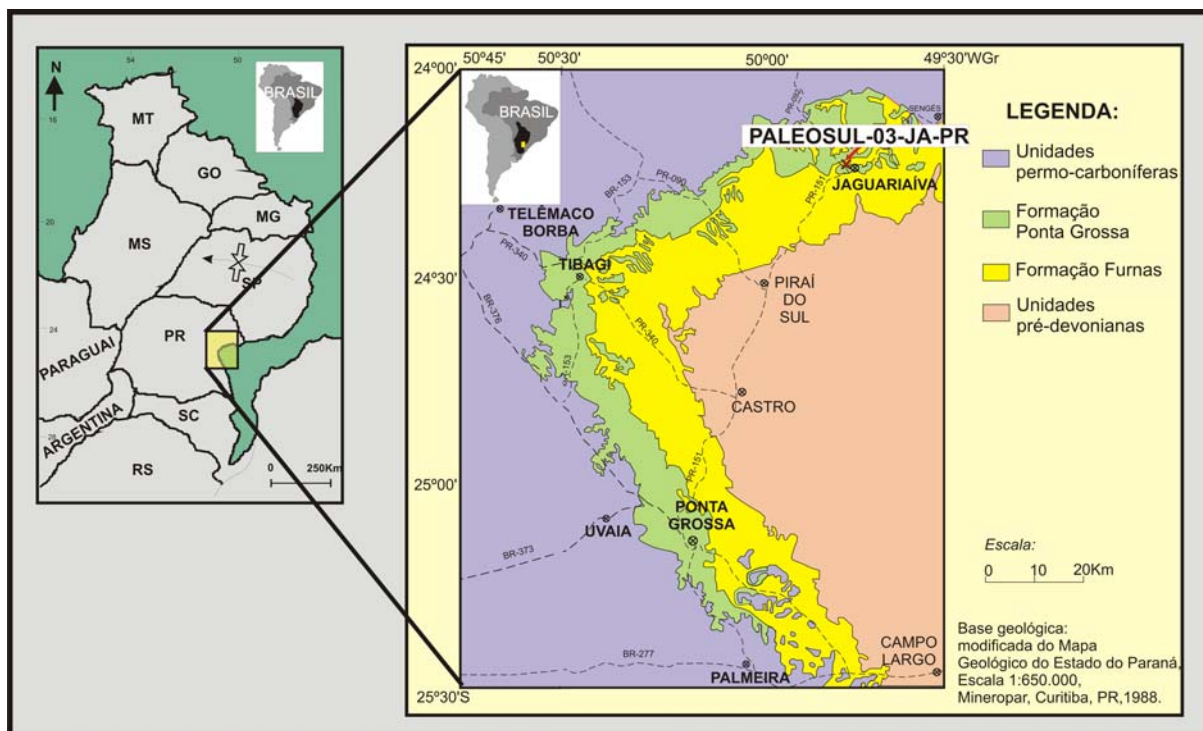


Figura 01 - Mapa de localização do poço estudado (Fonte: Bergamaschi, 1999).

Metodologia

Para o desenvolvimento do trabalho foi preliminarmente realizada uma descrição faciológica do furo de sondagem, levando-se em conta a intensidade da bioturbação observada. Foram ainda utilizados perfis gamaespectrométricos (potássio, tório e urânio), e dados geoquímicos de Carbono Orgânico Total (COT). As fácies foram caracterizadas com base nos parâmetros de cor, granulometria, estrutura interna e espessura (Della Fávera, 2001).

A gamaespectrometria fornece informações sobre a radioatividade natural das rochas por meio da leitura de emissões de partículas gama proveniente de isótopos radioativos. Calcula-se automaticamente a radioatividade total das rochas através da identificação de picos de energia característicos no espectrômetro de raios-gama (Lüning & Kolonic, 2003), os quais são relativos às contribuições dos elementos radioativos Potássio (K), Urânio (U) e Tório (Th) (Svendsen & Hartley, 2001). Em geral, os perfis de raios-gama são utilizados para caracterizar a argilosidade das rochas (Ellis, 1987; Svendsen & Hartley, 2001). Essa técnica é amplamente utilizada na indústria do petróleo para a interpretação litológica e para estabelecer as correlações estratigráficas em subsuperfície (Davies & Elliott, 1996), bem como para a identificação das superfícies condensadas, através das concentrações de Urânio (Leeder *et al.* 1990 *apud* Davies & Elliott, 1996).

A matéria orgânica, devido a sua baixa densidade, possui facilidade de associação com os sedimentos de granulação fina como as argilas e os siltitos, depositando-se em um mesmo contexto desses sedimentos. Esta afinidade entre as partículas finas e a matéria orgânica justifica o fato dos folhelhos serem comumente as rochas com as maiores concentrações de matéria orgânica e, por conseguinte, possíveis rochas geradoras de petróleo. A quantidade de hidrocarbonetos presente na rocha sedimentar, de maneira geral, é diretamente proporcional ao teor de matéria orgânica preservada junto aos sedimentos.

Em um ambiente marinho, a acumulação e a preservação da matéria orgânica são influenciadas pela coexistência de vários fatores, que por sua vez são controlados por variações climáticas e por modificações de caráter tectônico na morfologia da bacia (De Hass *et al.*, 2002). No entanto, antes da deposição dos sedimentos, e durante o percurso que a matéria orgânica precisa percorrer na lâmina d'água, é necessário que o ambiente deposicional seja anóxico, para que a matéria orgânica não se oxide. Caso o ambiente deposicional seja oxidante, a matéria orgânica será oxidada, perdendo o hidrogênio, que é um constituinte indispensável para a geração de hidrocarbonetos (Rodrigues, 2005).

Pode-se dizer que a quantidade mínima de carbono orgânico na rocha sedimentar, suficiente para gerar óleo e gás é de aproximadamente 1%. Entretanto, os fatores de deposição não são os únicos a influenciar a geração de óleo ou gás, sendo também necessário analisar o tipo e a evolução térmica da matéria orgânica

Resultados e Discussão

Após o estudo realizado, foram identificadas quatro fácies sedimentares para o furo de sondagem (Figuras. 02 e 03), sendo três fácies caracterizadas pelo predomínio de folhelho (B, C e D) e uma fácies pelo predomínio de siltito (A).

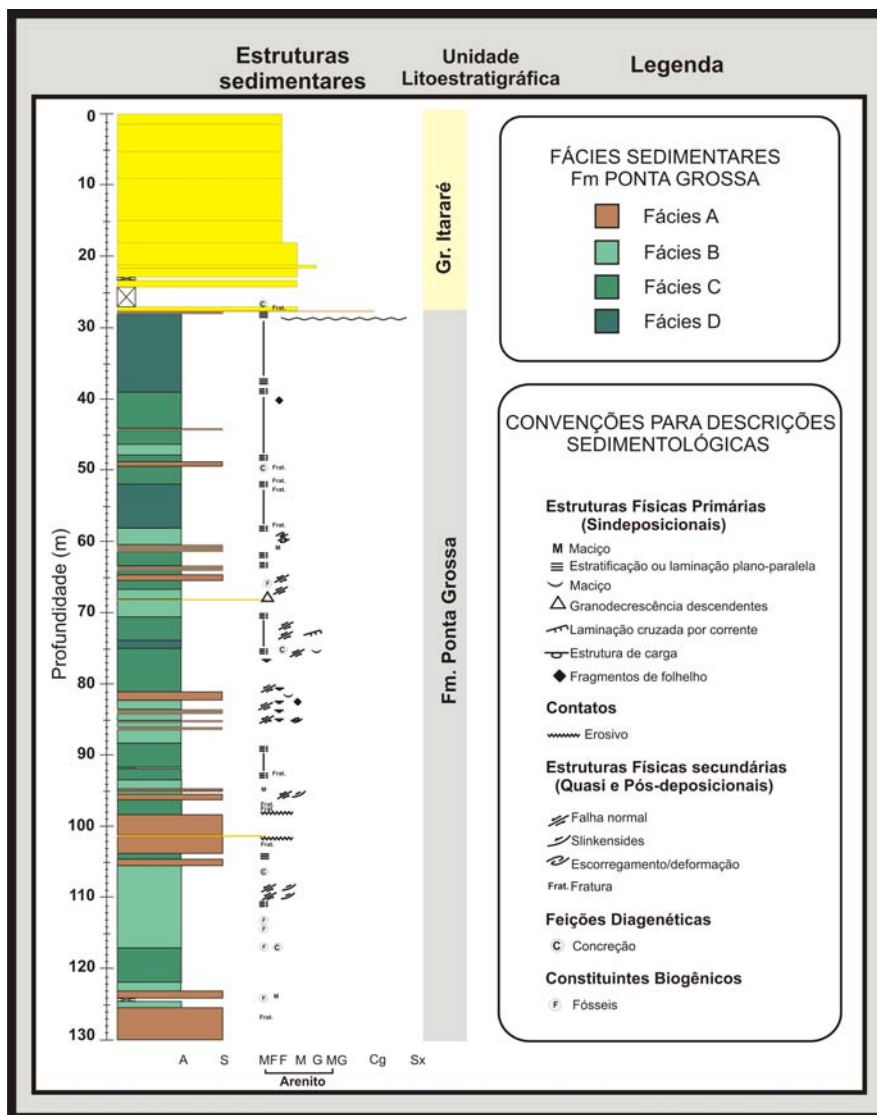
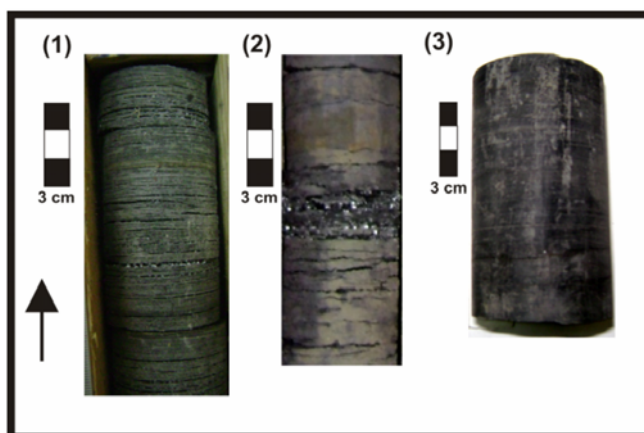


Figura 02 – Descrição faciológica para o duro de sondagem

Figura 03 – A Fácies D constitui-se a fácies mais propícia para a geração de hidrocarbonetos. A mesma é composta por folhelho escuro com intercalação de siltito na proporção de 5:1. A bioturbação é ausente. A mesma possui estrutura laminada e pode apresentar concreções ou cristais de pirita. A partir da profundidade de 36 metros o folhelho é finamente laminado, tipo “papiáceo”.



A partir do estudo faciológico foi possível analisar a distribuição ao longo do furo da intensidade da bioturbação. Na parte superior do furo de sondagem, ocorrem as fácies de folhelhos mais escuros e laminados (figura 03). Ao longo do perfil pode-se observar que onde predominam as bioturbações não há preservação de estruturas físicas de deposição. No entanto, quando as estruturas são observadas, nota-se a presença freqüente da laminação plano-paralela e, em menores proporções, laminação cruzada por onda. Uma baixa intensidade de bioturbação é também observada onde são encontrados os moldes e contramoldes de braquiópodes e cristais de pirita.

A intensidade de bioturbação pôde ser também analisada em relação ao conteúdo de Carbono Orgânico Total (COT). No furo estudado essa relação é bem explicitada nos intervalos entre 58 e 51 metros e 38 e 28 metros. Nestes dois horizontes observa-se que onde a bioturbação é ausente, os sedimentos são representados por fácies de folhelho escuro finamente laminado e por elevados teores de COT. Registrou-se também nesses horizontes a presença de pirita na forma de cristais e concreções. Segundo Rodrigues (2005), a pirita indica ambiente redutor com desprendimento de enxofre e ferro. Esses horizontes são mais argilosos, com coloração cinza escura à negra e finamente laminados, indicando condições de deposição de baixa energia e deposição lenta. Os valores de COT nestes intervalos são os mais altos encontrados no furo, alcançando valores superiores a 1%C de matéria orgânica. No furo o valor médio de COT é de 0,39 %COT. De maneira geral, foi observada uma clara correlação entre as fácies silticas e arenosas bioturbadas com os baixos teores de COT, e entre as fácies argilosas pouco ou não bioturbadas com os altos valores de COT.

Foram comparados os teores de COT registrados no furo com os dados de raios-gama, objetivando identificar os horizontes com características de maior anoxia. Segundo Lüning & Kolonic (2003), conforme ocorre um aumento nos valores de COT há um aumento nos valores de Urânio e uma diminuição nos valores de Tório. Isto ocorre porque o Urânio deposita-se em ambientes com condições semelhantes aqueles de deposição da matéria orgânica, ou seja, ambientes anóxicos, com deposição de sedimentos pelíticos e com alta argilosidade. Por outro lado, o Tório está relacionado ao aporte terrígeno de proveniência continental, a partir da erosão de minerais pesados.

No furo em estudo, a curva do Urânio aparentemente não acompanha as tendências da curva do COT. Pelo contrário, existe uma razão inversa entre as duas curvas (figura 04). Quando os valores do COT são altos, os valores de Urânio diminuem. Isso pode ser explicado através do fato de que o Urânio possui duas origens: a detrítica e a autigênica. O Urânio detrítico é aquele proveniente da erosão e deposição de rochas ricas em minerais pesados. Já o Urânio autigênico é aquele que é formado dentro da bacia em condições anóxicas. Devido à relação inversa entre o COT e o Urânio, em alguns casos, foi possível inferir que o Urânio presente nos sedimentos é proveniente de uma sedimentação detrítica a partir de fontes continentais. Assim, o incremento de matéria orgânica não seria acompanhado por um aumento nos valores de Urânio.

Por outro lado, o Tório (Th), segundo Svendsen & Hartley (2001), é o componente predominante nos minerais pesados, principalmente no Zircão e na Monazita, em sedimentos de granulometria areia e silte. O mesmo também pode ser encontrado em associação com fosfato autigênico. Sendo assim, a curva do Tório, neste caso, deverá acompanhar a curva do Urânio, já que se pressupõem terem a mesma origem. De fato, na figura 04 observa-se a tendência da curva de Tório acompanhar a da curva do Urânio. A média do Urânio no poço é de 4,09 cps e a do Tório é de 2,63 cps. Desse modo, se a relação entre o U e o Th é direta (figura 04B), e a tendência da curva de Urânio não acompanha as tendências do COT, é de se esperar uma relação inversa entre o COT e o Urânio, como registrado na figura 04A.

Nos dois intervalos com teores de COT mais elevados, os folhelhos radioativos são registrados através de um pico nos valores de Urânio (>5 ppm) e uma baixa razão Th/U (<2.5). No entanto, os valores de COT na maior parte do furo não são altos. A maior anomalia está na profundidade de 37 metros com 1,52 %COT. A média de COT para o furo é de 0,392 %COT. Dessa forma, acredita-se que, de maneira geral, a deposição ocorreu em um ambiente sem as condições ideais de anoxia para a preservação da matéria orgânica.

No furo analisado não foi estabelecida uma correlação estável e direta entre U e COT (U/COT). Segundo Lüning & Kolonic (2003), um dos fatores que controlam o desenvolvimento desta relação estável é o tempo de duração das condições de anoxia e a taxa de sedimentação. Assim, possivelmente as condições de anoxia durante a deposição dos sedimentos eodevonianos estudados no

furo não foram favoráveis, justificando a ausência de uma relação direta entre os teores de urânio e o conteúdo de matéria orgânica.

Segundo Myers & Wignall, 1987 (*apud* Wignall & Myers, 1988), a baixa razão do Th/U freqüentemente com valores em torno de 3,0, é geralmente interpretada pela abundância de urânio autigênico formado em condições de anoxia, em associação aos folhelhos marinhos. Por outro lado, se os valores dessa razão chegam a 7,0 existe a indicação de uma deposição em ambiente continental. Em nosso estudo, a razão de Th/U foi de 4,05; ou seja, a razão Th/U é mais alta do que as propostas pelos referidos autores para as superfícies condensadas, e mais baixas do que aquelas associadas aos ambientes continentais. Esse resultado poderia indicar que a deposição ocorreu em um ambiente intermediário, o qual possui características mais oxidantes do que um ambiente anóxico e mais disóxica do que um ambiente de sedimentação continental.

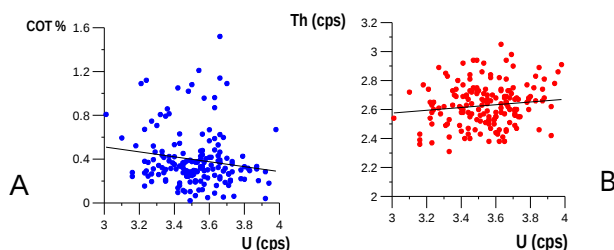


Figura 4 – (A) Relação inversa entre o COT e o Urânio (cps) e (B) Relação direta entre o Tório e o Urânio (cps).

Por fim, a partir da integração de todos os resultados obtidos pelas diferentes ferramentas utilizadas foi possível subdividir a seção devoniana em três unidades quimioestratigráficas, envolvendo dois ciclos deposicionais, associados à Formação Ponta Grossa (Figura 04). A unidade quimioestratigráfica 1 é caracterizada por uma tendência retrogradacional da base para até a porção intermediária da unidade, quando a mesma é interrompida por uma superfície de inundação, que é registrada pelo aumento no teor do COT. Após a mesma, ocorre uma tendência progradacional progressiva até o limite com a unidade quimioestratigráfica 2. A unidade quimioestratigráfica 2 é caracterizada por uma tendência agradacional. A unidade quimioestratigráfica 3 é marcada por pulsos transgressivos, com duas significativas superfícies de afogamento. A individualização dessas unidades foi realizada a partir tanto dos dados geoquímicos como dos dados gamaespectrométricos (Figura 5).

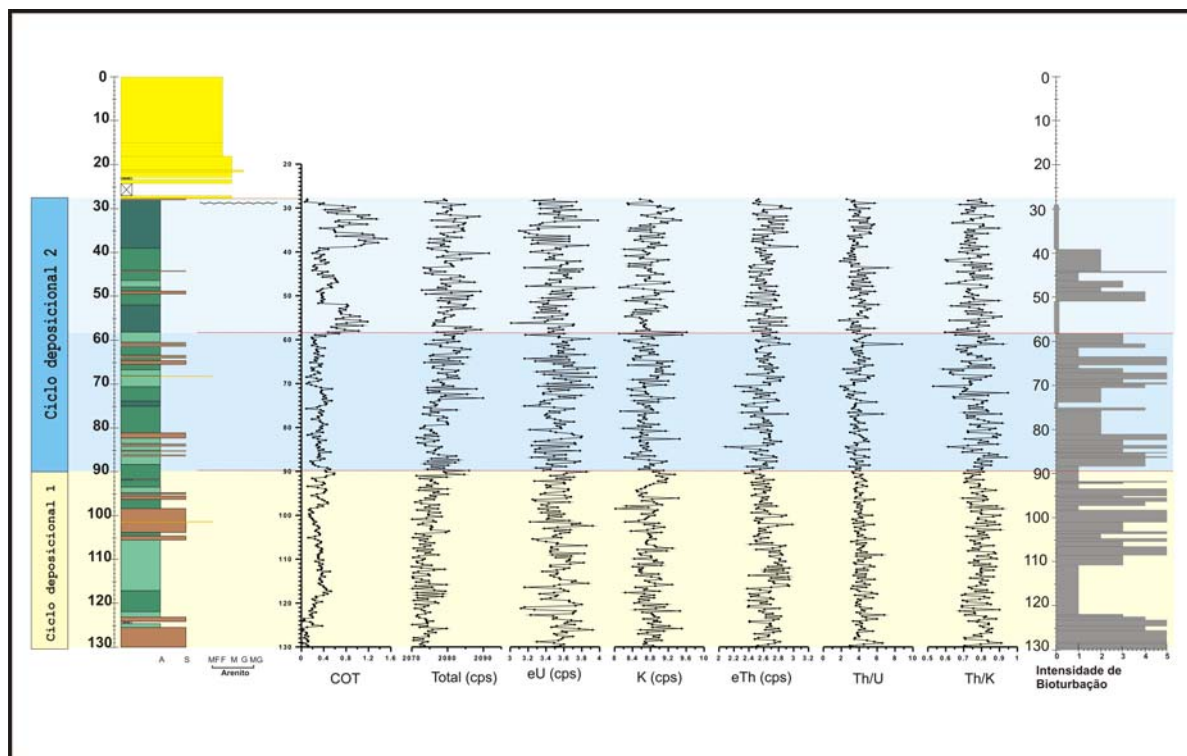


Figura 5 – Integração dos dados obtidos neste estudo para o furo de sondagem analisado

Conclusões

Como discutido, o urânio tende a se associar à matéria orgânica em condições mais redutoras ou anóxicas na interface água-sedimento. O seu incremento está associado a um aumento nas condições de anoxia, e, em consequência, a concentração de matéria orgânica. Neste furo, tanto os teores de urânio bem como os teores de matéria orgânica (Carbono Orgânico Total – COT) são baixos (no máximo 1,5% de COT), indicando ausência de condições deposicionais óxicas-disóxicas efetivas e duradoras.

Agradecimentos

A Agência Nacional do Petróleo (ANP) e ao CNPq por ter dado os subsídios para realização deste trabalho.

Referências Bibliográficas

- BERGAMASHI, S. 1999. *Análise estratigráfica do Siluro-Devoniano (Formação Furnas e Ponta Grossa) da sub-bacia de Apucarana, Bacia do Paraná*. São Paulo, 167p. Tese de Doutorado. USP/SP.
- DAVIES, S.J. & ELLIOTT, T. 1996. Spectral gamma ray characterization of high resolution sequence stratigraphy: examples from Upper Carboniferous fluvio-deltaic systems, Country Clare, Ireland. In: Howel, J.A. & Aitken, J.F. (eds). *High Resolution Sequence Stratigraphy: Innovations and Applications*, Geological Society Special Publication. n.104, P.25-35.
- DE HASS, H., VAN WEERING, T.C.E., STIGTER, H. 2002. Organic carbon in shelf seas: sink or sources, processes and products. *Continental Shelf Research*, 22: 691 – 717.

5º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS

- DELLA FÁVERA, J.C. 2001. *Fundamentos de estratigrafia moderna*. Rio de Janeiro. Ed. UERJ. 264p.
- ELLIS, D.V. 1987. Well logging for Earth scientists. Elsevier. New York. 532p. In: Rezende, M.F. 2007. *Análise estratigráfica de alta resolução do intervalo Praguiano-Neoemsiano (Formação Ponta Grossa), na borda leste da Bacia do Paraná, com base em dados geoquímicos e sedimentológicos*. Dissertação de mestrado, Rio de Janeiro, UERJ. 85p.
- LÜNING, S.; KOLONIC, S. 2003. **Uranium spectral gamma-ray response as a proxy for organic richness in black shales: Applicability and limitations**. Journal of Petroleum Geology, V.26, p.153-174.
- RODRIGUES, R. Chemostratigraphy In: Koutsoukos, E.A.M. (ed.). *Applied Stratigraphy*. Ed. Springer, 2005, p. 165-178.
- SVENDSEN, J.B.; HARTLEY, N.R. 2001. Comparison between outcrop-spectral gamma ray logging and whole rock geochemistry: implications for quantitative reservoir characterization in continental sequences. *Marine Petroleum Geology*. 18: 657-670.
- WIGNALL, P.B.; MYERS, K.J. 1988. Interpreting benthic oxygen levels in mudrocks: A new approach. *Geology*, 16, p. 452-455.