

Capítulo V. Correlação estratigráfica.

V.I – Considerações iniciais

Para a construção da seção de correlação (Figura 21), foram assumidas duas condições. A primeira trata exclusivamente da idade dos poços, obtida com a bioestratigrafia. A outra condição corresponde a boa correlação entre os padrões de assinaturas dos perfis de COT e da gamaespectrometria entre os poços. Deve ser mencionado que a escala horizontal entre os poços foi desconsiderada a fim de permitir a representação gráfica da seção. O posicionamento desta seção de correlação pode ser observado na figura 01.

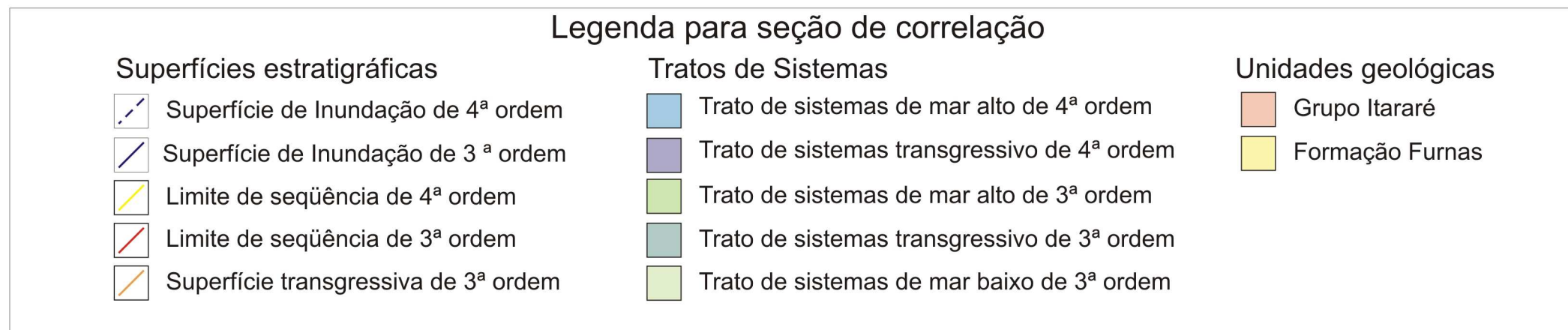
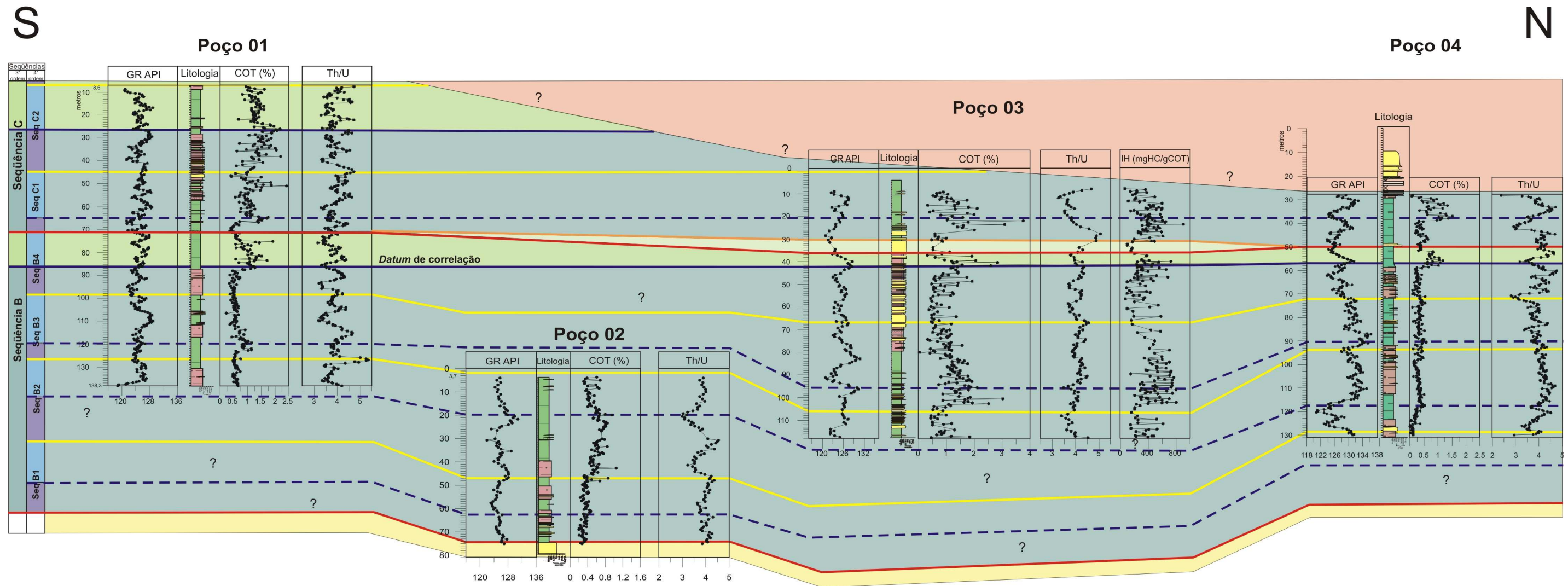
V.II – Análise dos dados

Os dados foram correlacionados utilizando como critério os padrões de assinatura observados nos perfis utilizados nessa pesquisa e as características da sucessão vertical das fácies nos poços. De modo geral, os perfis de um mesmo método mostraram boa correlação entre os poços e mantinham relações próximas com os demais métodos.

Cabe ressaltar que foram correlacionadas as seqüências de terceira e quarta ordens com destaque para seus tratos de sistema e para as superfícies estratigráficas como os limites de seqüências e superfícies de inundação máxima. Variações observadas nos perfis que não apresentavam correlação ou tinham pouca expressão entre os perfis foram interpretadas como variações locais na sedimentação que influenciaram a construção das seqüências deposicionais e não tiveram destaque na correlação.

Assim, com a construção da seção de correlação foi possível obter uma visão espacial da evolução dos principais eventos sedimentares que atuaram durante o Devoniano na borda leste da Bacia do Paraná e suas relações com a dinâmica deposicional e as variações ambientais no controle da sedimentação.

Figura 21 - Seção de correlação entre os poços com destaque para as seqüências de 3ª e 4ª ordens



V.III – Interpretação

O registro sedimentar estudado nesta pesquisa foi depositado em condições marinhas consideradas normais. A partir da análise de diagramas Th vs. Th/U para classificação de sedimentos (Figura 22), construídos, a partir das relações propostas por Adams & Weaver (1958).

As variações observadas na análise dos perfis dos poços trazem a luz à discussão sobre a atuação de controles locais sobre o aporte sedimentar e à oxigenação das águas de fundo. Fica evidente a influência destas variáveis no controle das características que predominaram no ambiente deposicional. Estas informações serviram de controle para as interpretações realizadas nessa pesquisa.

A seqüência deposicional “B1” ocorre completa apenas no poço 2, deste modo, não foi possível estabelecer sua correlação com os demais poços estudados. Embora, seja possível sugerir um comportamento semelhante aquele observado nas seqüências de 4ª ordem superiores definidas para a seqüência deposicional “B”, devido à boa correlação observada para estas seqüências nos poços.

A seqüência deposicional “B2” tem boa correlação nos poços estudados. Apresenta uma tendência de espessamento da seqüência entre os poços 2 e 4. Este espessamento pode ser verificado nas características das principais anomalias do poço 2, que tem maior espessura quando comparadas com as do poço 4.

Estes dados associados aos aspectos deposicionais descritos para esta seqüência permitem sugerir condições fisiográficas e/ou deposicionais que favoreceram o aporte, deposição e preservação de fácies arenosas em plataforma, nos sistemas deposicionais na área do poço 2. Os baixos teores de

COT comparados com a razão Th/U sugerem um ambiente pouco favorável à preservação e concentração de matéria orgânica. Possivelmente associado a uma baixa produtividade primária e uma coluna d'água com boa oxigenação.

Para a seqüência deposicional "B3" verifica-se que as condições de distalidade observadas na seqüência anterior são mantidas. De fato é nítido o aumento de espessura da seqüência e de seus tratos de sistema definidos no poço 3, quando comparada aos poços 1 e 4. Os teores de COT mais elevados no poço 3 podem estar indicando diferenças na produtividade primária de matéria orgânica, decorrentes de áreas com maior disponibilidade de nutrientes aos microorganismos.

A seqüência deposicional "B4" mostra características semelhantes nos controles da sedimentação, como a maior espessura nos poços 2 e 3 quando comparados aos poços 1 e 4. É vista uma boa correlação nas tendências dos perfis analisados, em especial, o perfil de teores de COT, que caracteriza muito bem o máximo afogamento da bacia, em terceira e quarta ordens de freqüência.

Observa-se nos poços uma importante feição de modelagem da fisiografia de caráter regional à época da formação do limite de seqüência de terceira ordem, para a seqüência deposicional "B". Supõe-se uma importante queda relativa no nível do mar e efetiva perda de seção no poço 3. Este registro é marcado por superfícies erosivas nos poços 1 e 4, sem apresentar, no entanto, registros de exposição subaérea.

Com a queda do nível do mar e a retomada da sedimentação é instalado, localmente, um trato de sistemas de mar baixo na região do poço 3. São depositadas espessas camadas de arenito. Enquanto no poço 1 e 4 este momento é expresso apenas pela distinção de uma superfície transgressiva que marca o limite de seqüência, sem o registro deste trato de sistemas.

Na região central da borda leste da Bacia do Paraná, condições de maior sedimentação e presença de fácies, relativamente, mais arenosas continuaram a prevalecer. Embora, seja verificado que o registro do poço 4 passe a ter também a ser influenciado por controles deposicionais semelhantes, com um aumento na espessura do trato de sistemas transgressivo da seqüência “C1”. No poço 1 é mantido o caráter normal da sedimentação, observado na seqüência deposicional “B”.

O começo da transgressão da seqüência deposicional de terceira ordem “C” é indicado por um rápido afogamento, com boa preservação de matéria orgânica, vistos os altos teores de COT. A boa correlação das anomalias nos perfis de COT e de gamaespectrometria que caracterizam a máxima inundação da seqüência “C1”, permite a visualização desta idéia.

A partir deste ponto, não é possível a correlação dos poços devido ao término do registro da seção devoniana nos poços 3 e 4. Ainda assim, é possível indicar a continuidade da seqüência deposicional “C” que se distingue da seqüência deposicional “B” por apresentar maiores teores de COT, sugerindo condições mais favoráveis à preservação de matéria orgânica. É possível estabelecer a divisão da mesma em duas seqüências deposicionais de quarta ordem, denominadas “C1” e “C2”.

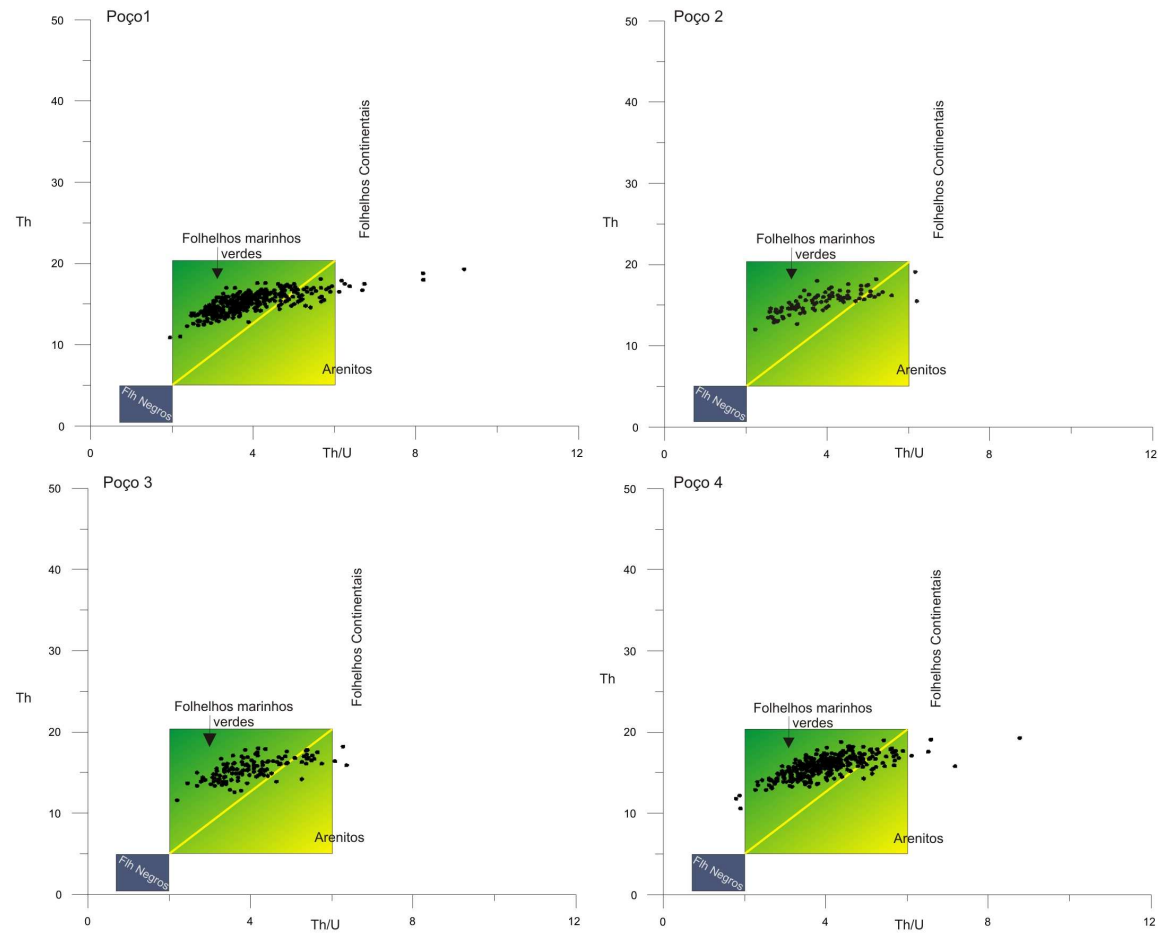


Figura 22 – Diagramas Th vs Th/U para classificação de sedimentos. A distribuição dos dados permite a classificação dos sedimentos, dos quatro poços estudados, no campo dos folhelhos marinhos. Permite também indicar que os sedimentos foram depositados preferencialmente, em condições ambientais marinhas normais, em relação ao seu caráter de paleoxigenação. Modificados do diagrama proposto por Adams & Weaver (1958).

Capítulo VI – Análise do Devoniano Inferior (Praguiano – Emsiano Superior), na borda leste da Bacia do Paraná.

VI.1 – Sedimentação

Foram identificados eventos deposicionais com frequências de terceira, quarta ordens caracterizados tanto na sucessão faciológica, como nas tendências geoquímicas observadas nos perfis dos poços estudados nesta pesquisa. Estes eventos, muitas vezes, ocorrem de forma cíclica no registro sedimentar e indicam, muito bem, pares transgressivos – regressivos (figura 23). Contudo, esta ciclicidade relatada, por vezes, tem sua visualização dificultada ou está oculta pela atuação de condicionantes locais sobre a sedimentação.

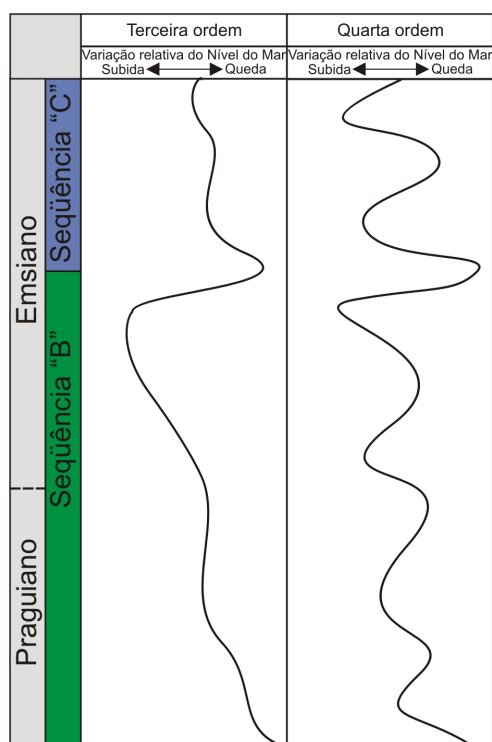


Figura 23 – Curvas de variação relativa do nível do mar para as seqüências de terceira e quarta ordens para a seção praguiana - emsiana superior. Foram construídas a partir das relações estratigráficas interpretadas na seção de correlação, considerando as principais variações litológicas e anomalias observadas nos perfis estudados para a distinção da magnitude de cada evento indicado.

Controles de natureza climática, que modulam tanto as baixas como as altas freqüência, podem estar representados em modificações significativas do empilhamento sedimentar e na distribuição lateral das fácies sedimentares. A resposta às variações nestes controles é bem representativa nas concentrações de carbono orgânico total, de Tório e de Urânio.

O registro sedimentar estudado apresenta anomalias distintas, caracterizadas nos diferentes métodos utilizados. Estas anomalias indicam momentos de espessuras da coluna d'água e aporte sedimentar variados, lateralmente e ao longo do tempo Praguiano – Emsiano Superior. As seqüências deposicionais registram estas variações e sugerem condições que favoreceram o aporte, deposição e preservação de fácies arenosas na área dos poços 2 e 3, porção central da borda leste da Bacia do Paraná.

As concentrações de COT mostram que algumas anomalias associadas nesta pesquisa a momentos de afogamentos de terceira e quarta ordens tem maior potencial para a preservação da matéria orgânica. A isso é somado o fato da qualidade da matéria orgânica, analisada em um dos poços, indicar o predomínio de matéria orgânica de boa qualidade, dos tipos I e II. No entanto, não foram observadas nesta pesquisa efetivas condições de anoxia da coluna d'água. As concentrações de Urânio e Tório mostram ambientes marinhos com oxigenação normal, pontuados por momentos de redução na oxigenação da água de fundo e, deste modo, maior precipitação do Urânio disponível no ambiente.

A atividade biológica no substrato também caracteriza essa hipótese de condições normais de oxigenação, uma vez que, na maior parte do tempo são encontradas evidências de bioturbação, em maior ou menor intensidade, mas raramente ausente de fato. Tem maior desenvolvimento, nos momentos de maior circulação de sedimentos e nutrientes no ambiente sedimentar, como os momentos iniciais de transgressões e no final do trato de sistemas de mar alto. Em oposição, os afogamentos registram as menores atividades observadas.

VI.II – Potencial para geração de hidrocarbonetos.

Análises organopalinológicas realizadas por Portela (2004), nas amostras do poço 1, indicam que a matéria orgânica presente é constituída por material orgânico marinho, esporos e fitoclastos. Paralelamente, a análise do tipo de matéria orgânica do poço 3 indica o predomínio de matéria orgânica tipo I e influência de matéria orgânica tipo II, com alguma oxidação associada (Figura 15). Ainda assim, os valores gerais da concentração de carbono orgânico nos poços são, predominantemente, inferiores a 1 %, com anomalias localizadas de maior concentração.

Deste modo, nos intervalos onde se verificam tais anomalias, estes materiais apresentam potenciais bons a intermediários para a geração de hidrocarbonetos, em especial os hidrocarbonetos gasosos por apresentarem baixa quantidade de hidrogênio em sua estrutura molecular. Teores de carbono orgânico menores que 1% na rocha são considerados, geralmente, como desfavoráveis para a geração útil de hidrocarbonetos, uma vez que não apresentam quantidade de matéria orgânica suficiente para propiciar a geração de volumes significativos de hidrocarbonetos.

Destaca-se que as anomalias mais expressivas nos teores de COT, dos poços estudados, ficam entre 1,5% e 2,3%. Essas correspondem a intervalos não superiores a uma dezena de metros e estão associados aos máximos de inundação na bacia, os quais são considerados como exceções no registro sedimentar.

Variações laterais nas condições deposicionais fazem com que as anomalias nos teores de carbono orgânico não sejam contínuas lateralmente. As superfícies de máxima inundação apresentam correlação regional. Tal fator indica que a concentração, preservação e classificação da matéria orgânica foram variadas durante a sedimentação.

Verificou-se a sutil relação sedimentação, oxigenação da coluna d'água e produtividade primária. Assim, nas condições marinhas observadas para um mar pouco profundo e de fisiografia em rampa, qualquer falta ou modificação nos controles dessas variáveis, altera de forma significativa a quantidade de matéria orgânica disponível para a preservação.

Deste modo, o potencial de geração da porção inferior da Formação Ponta Grossa pode ser considerado satisfatório para alguns intervalos particulares. Em função da variação dinâmica dos fatores controladores da preservação da matéria orgânica no ambiente deposicional, deve ser destacada a importância de estudos de detalhe a respeito da compreensão da distribuição das anomalias de matéria orgânica ao longo dos limites da bacia e em seu interior com o objetivo de estabelecer critérios de prospecção e localizar as áreas deposicionais com maior potencial para a geração de hidrocarbonetos na bacia.

Capítulo VII - Conclusões

A partir da análise estratigráfica dos dados de gamaespectrometria, geoquímica orgânica e dos aspectos sedimentológicos da sucessão vertical de fácies foi estabelecida, com bom detalhamento, a divisão estratigráfica do registro sedimentar estudado.

Foram interpretados ciclos sedimentares com predomínio de tendências transgressivas – regressivas em diferentes frequências. Estes ciclos são classificados como seqüências deposicionais de terceira e quarta ordens e seus tratos de sistemas constituintes. Internos a estas seqüências deposicionais foram identificados eventos de alta frequência, possivelmente de quinta ordem.

Com base na idade geológica do registro sedimentar e em critérios de correlação com seqüências deposicionais de segunda e terceira ordens de mesma idade, disponíveis na literatura, as seqüências deposicionais de terceira ordem, interpretadas nesta pesquisa, são definidas como as seqüências deposicionais “B” e “C”, caracterizadas por Bergamaschi (1999) e Bergamaschi & Pereira (2001).

Estas seqüências deposicionais, à regra geral de elevação do nível relativo do mar do Devoniano na bacia, mostram predomínio de um trato de sistemas transgressivo bem desenvolvido. Alterações neste aspecto são derivadas de modificações nas condições ambientais, refletidas nas tendências dos perfis e na associação de fácies.

Estas modificações, por sua vez, têm um caráter temporal, cíclico, que permite a distinção das seqüências deposicionais de quarta ordem, além de um outro caráter, espacial, que altera, lateralmente, o registro sedimentar pela atuação variada de controles deposicionais locais.

Deste modo, foram definidas para a seqüência deposicional “B” quatro seqüências deposicionais de quarta ordem, nesta pesquisa, denominadas “B1”,

“B2”, “B3” e “B4”. Para a seqüência deposicional “C”, as seqüências de quarta ordem são “C1” e “C2”. Variações de espessura nos tratos de sistemas destas seqüências deposicionais de quarta ordem podem sugerir alguma ciclicidade nos eventos de afogamento da bacia, em destaque a variação observada para os tratos de sistemas transgressivos.

Verificou-se para a seqüência deposicional “B” e, em maior escala, para a seqüência deposicional “B4”, o registro de um progressivo afogamento da bacia, com redução na sedimentação, que culmina no máximo afogamento destas seqüências. Internamente à seqüência “B4”, é notória a definição da ciclicidade de quinta ordem nos perfis dos poços.

Na base da seqüência deposicional “C”, após um limite de seqüência com boa caracterização nos poços, é sugerida a preservação de um trato de sistema de mar baixo, na região dos poços 3 e 4. Sua ocorrência pode estar associada à conjugação de maior sedimentação e espaço de acomodação disponível.

Observou-se na região central da borda leste da Bacia do Paraná uma maior espessura das seqüências deposicionais e uma maior proporção de fácies arenosas, fatores que justificam a interpretação de condições locais que favoreceram aporte, deposição e preservação destas fácies na área dos poços 2 e 3 na seqüência “B”.

Os registros dos episódios transgressivos são bem representados nas seqüências deposicionais. Os momentos de máxima inundação da bacia apresentam, em geral, boa correlação entre os poços, com semelhanças nas feições dos perfis. Exceções à regra são decorrentes variações laterais e locais nas condições do ambiente de sedimentação.

Contudo, estas variações têm maior expressão sobre a efetiva preservação e/ou concentração de carbono orgânico e, em associação, da matéria orgânica

nos sedimentos. Verifica-se, assim, que a preservação da matéria orgânica é controlada pela inter-relação entre oxigenação da coluna d'água, sedimentação e a produtividade primária de matéria orgânica. Qualquer modificação nestes parâmetros pode elevar ou reduzir as concentrações da matéria orgânica.

Deste modo, é verificado que as áreas com maior potencial para a geração de hidrocarbonetos podem apresentar variações de distribuição espacial semelhantes. Ressalta-se, assim, a importância do estudo e compreensão da distribuição destas anomalias na Formação Ponta Grossa, bem como, em outras unidades sedimentares com características semelhantes, a fim de gerar modelos prospectivos não convencionados.

Os diferentes métodos utilizados nesta pesquisa apresentaram resultados satisfatórios e, algumas vezes, complementares, no que trata da divisão e da correlação estratigráfica do registro sedimentar.

A associação entre os teores de carbono orgânico, a razão Th/U e dados sedimentológicos nos poços foi bastante coerente, mesmo levando-se em conta algumas incongruências localizadas. A utilização conjugada desses métodos possibilitou distinguir momentos de transgressão e regressão na bacia e caracterizar seqüências deposicionais. Estes momentos são caracterizados por apresentarem anomalias que marcam eventos de maior ou menor concentração de carbono orgânico, redução na oxigenação da coluna d'água, e proporção de fácies argilosas nos poços.

A curva de concentração de urânio autigênico não mostrou resultados satisfatórios. Em geral, sugere alguma concentração em anomalias associadas a máximos afogamentos. Verificou-se que na maioria das vezes, apenas acompanhava as variações na curva de concentração de urânio e da razão Th/U. Supõe-se que isso se deva ao caráter marinho normal da sedimentação, diferente daquele marinho anóxico, no qual foram estabelecidas as relações entre tório e

urânio que obtém a equação de estimativa do urânio autigênico. A utilização deste método, nas rochas da Formação Ponta Grossa, teria melhor aplicação se estabelecidas às relações entre tório e urânio para ambientes deposicionais similares.

O perfil de concentração de potássio, como esperado, devido à intensa presença de micas diagenéticas descrita para a Formação Ponta Grossa na literatura mostrou baixa correlação com os eventos marcados pelos perfis de tório e urânio. Ainda assim, permitiam auxiliar a caracterização dos eventos deposicionais e de alguns aspectos da sedimentação.

Conclui-se que a análise estratigráfica realizada com a integração de diferentes métodos possibilita um maior controle sobre a caracterização dos eventos estratigráficos no intervalo Praguiano – Emsiano Superior. Na seção estudada, esta integração dos métodos utilizados permitiu a identificação de eventos classificados como seqüências deposicionais de terceira e quarta ordens e a caracterização dos principais controles deposicionais que atuaram durante a deposição das mesmas.

A utilização da gamaespectrometria forneceu informações valiosas sobre a evolução da dinâmica do ambiente sedimentar, no que trata das relações de aporte sedimentar e das condições relativas de oxigenação do ambiente, ao longo do intervalo de tempo estudado. Quando integrada aos dados de geoquímica orgânica e de sedimentologia permite caracterizar e estabelecer correlações com fatores como a preservação e concentração da matéria orgânica e do empilhamento de fácies no registro sedimentar. Assim é possível gerar modelos mais refinados necessários à pesquisa de hidrocarbonetos.

Capítulo VIII. Referências Bibliográficas

- Adams, J.A.S. & Weaver, C.E. 1958. Thorium-to-uranium ratios as indicators of sedimentary processes: example of concept of geochemical facies. *AAPG Bulletin*, **42(2)**:387-430.
- Algeo, T.J., Schwark, L., Hower, J.C. 2004. High-resolution geochemistry and sequence stratigraphy of the Hushpuckney Shale (Swope Formation, eastern Kansas): Implications for climato-environmental dynamics of the Late Pennsylvanian Midcontinent Seaway. *Chemical Geology*, **206**:259 –288.
- Almeida, F.F.M. & Carneiro, C.D.R. 2004. Inundações marinhas fanerozóicas no Brasil e recursos minerais associados. *In: Mantesso-Neto, V., Bartorelli, A., Carneiro, C.D.R., Brito-Neves, B.B. (orgs). Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo. Ed. Beca. P. 43 – 58.*
- Andrade, S.M. & Camarço, P.E.N. 1980. Estratigrafia dos sedimentos devonianos do flanco nordeste da Bacia do Paraná. *In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 31, Anais, 5*:2828 – 2836.
- Andrade, S.M., Camarço, P.E.N., 1982, Seqüências sedimentares pré-carboníferas dos flancos nordeste da Bacia do Paraná e sudoeste da Bacia do Parnaíba e suas possibilidades uraníferas. *In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 32, Anais, 5*:2132-2144.
- Artur, P.C. & Soares, P.C. 2002. Paleoestruturas e petróleo na Bacia do Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, **32(4)**:433 – 448.
- Assine, M.L., Perinotto, J.A.J., Fulfaro, V.J., Petri, S. 1998. Progradação deltaica tibagi no Devoniano médio da Bacia do Paraná. *Revista Brasileira de Geociências*, **28(2)**:125 – 134.
- Assine, M.L., Soares, P.C., Milani, E.J. 1994. Seqüências tectono-sedimentares mesopaleozóicas da Bacia do Paraná, Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, **24(2)**: 77 – 89.

- Bergamaschi, S. 1992. *Análise sedimentológica da Formação Furnas na faixa de afloramentos do flanco norte do arco estrutural de Ponta Grossa, Bacia do Paraná, Brasil*. Rio de Janeiro, 172 p. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Bergamaschi, S. 1999. *Análise estratigráfica do Siluro-Devoniano, (Formações Furnas e Ponta Grossa) da Sub-bacia Apucarana, Bacia do Paraná, Brasil*. São Paulo, 167 p. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, USP – IGC.
- Bergamaschi, S. & Pereira, E. 2001. Caracterização de seqüências deposicionais de 3ª ordem para o Siluro-Devoniano na sub-bacia de Apucarana, Bacia do Paraná, Brasil. *In: MELO, J.H.G. & TERRA, G.J.S. (eds.) Correlação de seqüências paleozóicas sul-americanas*. Série Ciência-Técnica-Petróleo, Petrobrás, Rio de Janeiro. Seção Exploração de Petróleo. **20**:63 – 72.
- Calvert, S.E., Bustin, R.M., Ingall, E.D. 1996. Influence of water column anoxia and sediment supply on the burial and preservation of organic carbon in marine shales. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **60(9)**: 1577 – 1593.
- Clark, J.M. 1913. *Fósseis Devonianos do Paraná*. Monografia do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil. Rio de Janeiro, **1**, 353p.
- Colquhoun, G.P. 1995. Siliciclastic sedimentation on a storm – and tidal influenced shelf and shoreline: The Early Devonian Roxburgh Formation, NE Lachlan Fold Belt, Southeastern Australia. *Sedimentary Geology*, 97:69 –98.
- Corrêa, L.M.S.A. & Pereira, E., 2005. Age distribution of intrusions associated to the Paraná Flood Volcanism and its implications in the Petroleum Systems characterization of Paraná Basin, Brazil. *In: 32nd International Geological Congress, Abstracts Vol., pt. 1, abs. 1-1, p. 192.*
- Davies, S.J., Elliot, T. 1996. Spectral gamma-ray characterization of high-resolution sequence stratigraphy: examples from Upper Carboniferous fluvio-deltaic systems, Co. Clare, Ireland. *In: Howell, J.A., Aitken, J.F. (eds.), High*

- resolution sequence stratigraphy: innovations and applications*. Geological Society of London Special Publication. **104**:25-30.
- De Hass, H., Van Weering, T.C.E., Stigter, H. 2002. Organic carbon in shelf seas: sinks or sources, processes and products. *Continental Shelf Research*, **22**: 691 – 717.
- Della Fávera, J.C. 2001. *Fundamentos da Estratigrafia Moderna*. Rio de Janeiro. Ed. UERJ. 264p.
- Demaison G.J. & Moore, G.T. 1980. Anoxic environments and oil source bed genesis. *AAPG Bulletin*, **64(8)**1178 – 1209.
- Doveton, J.H. & Merriam, D.F. 2004. Borehole petrophysical chemostratigraphy of Pennsylvanian black shales in the Kansas subsurface. *Chemical Geology*. **206**:249-158.
- Dypvik, H. & Harris, N.B. 2001. Geochemical facies analysis of fine-grained siliciclastics using Th/U, Zr/Rb and (Zr/Rb) +Sr ratios. *Chemical Geology*. **181**:131-146.
- Ellis, D.V. 1987. *Well logging for Earth scientists*. Elsevier. New York. 532p.
- Erik, N.Y., Ösçelik, O., Altunsoy, M. 2006. Interpreting Rock-Eval pyrolysis data using graphs S2 vs TOC: Middle Triassic – Upper Jurassic units, eastern part of SE Turkey. *Journal of petroleum science and engineering*. **56**:34-46.
- Espitalié, J., Deroo, G., Marquis, F. 1986. La Pyrolyse Rock-Eval et ses applications. *Revue de L'institute Français du Pétrole*. **41(1)**: 73-89.
- Espitalié, J. Madec, M. Tissot, B., Menning, J.J., Leplat, P. 1977 Source rock characterization method for petroleum exploration, *Proc. Ninth. Annual Offshore Technology Conf.* **3**:439–448.
- Freitas Brazil, F.A. 2004. *Estratigrafia de seqüências e processo diagenético: Exemplo dos arenitos marinho-rasos da Formação Ponta Grossa, Noroeste da Bacia do Paraná*. Rio de Janeiro, 124 p. Dissertação de Mestrado. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, UERJ – FGEL.

- Galloway, William, E. 1989. Genetic Stratigraphic Sequences in Basin Analysis: I Architecture and Genesis of Flooding-Surface Bounded Depositional Units. *AAPG Bull.* **73(2)**: 125-142.
- Gaugris, K. A. 2004. *Quitinozoários da Formação Ponta Grossa: uma análise bioestratigráfica, a partir de furos de sondagem das regiões norte e sul da Bacia do Paraná*. Rio de Janeiro, 85 p. Dissertação de Mestrado, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, UERJ-FGEL.
- Grahn, Y. 2002. Upper Silurian and Devonian Chitinozoa from central and southern Bolivia, central Andes. *Journal of South American Earth Sciences*, **15**:315-326.
- Jones, B. & Manning, D.A.C. 1994. Comparison of geochemical indices used for the interpretation of palaeoredox conditions in ancient mudstones. *Chemical Geology*. **111**:111-129.
- Lange, F.W. & Petri, S. 1967. The Devonian of the Paraná Basin. *Boletim Paranaense de Geociências*, **21**:5 – 55.
- Lauer-Laredde, C., Pezard, P.A., Robert, C., Dekeyser, I. 1998. Mineralogical association and physical properties of sediments with paleoclimate implications (ODP site 798B, Japan Sea): a comparative study from core and downhole measurements. *Marine Geology*. **150**:73-98.
- 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*. **26(2)**:153-174.
- Ketzer, J.M., Morad, S., Amorosi, A. 2003. Predictive diagenetic clay-mineral distribution in siliciclastic rocks within a sequence stratigraphic framework. In: Worden, R.H. & Morad, S. (eds.) *Clay Minerals Cements in Sandstone*. SEPM Special Publication, **34**, 43-61 pp.
- McRoberts, A.C.; Furrer, H.; Jones, D.S. 1997. Palaeoenvironmental interpretation of a Triassic-Jurassic boundary section from Western Austria based on

- palaeoecological and geochemical data. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. **136**:79-95
- Melo, J.H.G. 1985. *A Província Malvinocáfrica no Devoniano do Brasil; Estado atual de Conhecimentos*. Rio de Janeiro, 890p. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, IGEO - FGEL.
- Milani, E.J. 1997. *Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana sul-ocidental*. Ponto Alegre, 2 v. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Milani, E.J. 2004. Comentários sobre a origem e evolução tectônica da Bacia do Paraná. *In: Mantesso-Neto, V., Bartorelli, A., Carneiro, C.D.R., Brito-Neves, B.B. (orgs). Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo. Ed. Beca. P. 265 – 280.
- Milani, E.J., Assine. M. L., Soares. P. C., Daemon, R. F. 1996. A seqüência ordovício-siluriana da Bacia do Paraná. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, **8(2)**: 257 – 273.
- Milani, E.J., Faccini, U.F., Scherer, C.M., Araújo, L.M., Cupertino, J.A. 1998. Sequences and stratigraphic hierarchy of the Paraná Basin (Ordovician to Cretaceous), southern Brazil. *Boletim IG USP, Série Científica*, **29**:125 – 173.
- Milani, E.J., França, A. B., Schneider, R. 1994. Bacia do Paraná. *Boletim de Geociências da Petrobrás*. **8(1)**: 69 – 82.
- Morad, S., Ketzer, J. M., De Ros, F. 2000. Spatial and temporal distribution of diagenetic alterations in siliciclastic rocks: implications for mass transfer in sedimentary basins. *Sedimentology*, **47**: 95-120.
- Oliveira, E.P. 1912. O terreno devoniano do sul do Brasil. *Annaes da Escola de Minas de Ouro Preto*, **14**: 31–41.

- Pedersen, T.F. & Calvert, S.E. 1990. Anoxia vs. Productivity: What controls the formation of organic-rich sediments and sedimentary rocks? *AAPG Bulletin*, **74(4)**:454 – 466.
- Pereira, E. 2000. *Evolução tectono-sedimentar do intervalo Ordoviciano-Devoniano da Bacia do Paraná com ênfase na sub-bacia de Alto Garças e no Paraguai Oriental*. São Paulo, 276p. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, USP – IGC.
- Pereira, E., Bergamaschi, S., Rodrigues, M.A. 1998. Sedimentary evolution of the Ordovician, Silurian and Devonian sequences of Paraná Basin in Brazil. *Zbl. Geol. Paläont.*, **1**: 779 – 792.
- Petri, S. 1948. *Contribuição ao Estudo do Devoniano Paranaense*. Departamento Nacional de Produção Mineral -DGM, **129**:125.
- Peters, K.E. 1986. Guidelines for evaluating petroleum source rock using programmed pyrolysis. *AAPG Bulletin*, **70(3)**:318 – 329.
- Popp, J.H. & Barcellos-Popp, M. 1986. Análise estratigráfica da seqüência deposicional devoniana da Bacia do Paraná (Brasil). *Revista Brasileira de Geociências*, **16(2)**:187 – 194.
- Portela, H.A. 2004. Contribuição ao potencial gerador de hidrocarbonetos do Devoniano Inferior da Bacia do Paraná, com base na análise de palinofácies. *In*: UERJ, Semana de iniciação científica, 13, boletim de resumos, meio digital.
- Posamentier, H.W. & Allen, G.P. 1999. *Siliciclastic sequence stratigraphy: concepts and applications*. SEPM Concepts in sedimentology and Paleontology.
- Quintas, M.C.L., Mantovani, M.S.M., Zalán, P.V. 1997. Contribuição para o estudo da evolução mecânica da Bacia do Paraná. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, **11(2)**:48 – 73.
- Raja Gabaglia, G.P. & Figueiredo, A.M.F. 1990. Evolução dos conceitos acerca das classificações de bacias sedimentares. *In*: Raja Gabaglia, G. P & Milani,

- E. J. (eds.). *Origem e evolução de bacias sedimentares*. Rio de Janeiro: PETROBRÁS/SEREC/CEM-SUD, p. 31 – 45.
- Ramos, A.N. 1970. Aspectos Paleo-estruturais da Bacia do Paraná e sua influência na sedimentação. *Boletim Técnico da Petrobrás*. **13**:85-93.
- Rezende, M.F., Bergamaschi, S. 2006. Estratigrafia química do intervalo Praguiano-Emsiano (Formação Ponta Grossa), no bordo leste da Bacia do Paraná. *In*: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 43, Anais. Meio digital.
- Rimmer, S.M., Thompson, J.A., Goodnight, S.A., Robl, T.L. 2004. Multiple controls on the preservation of organic matter in Devonian – Mississippian marine black shales: Geochemical and petrographic evidence. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. **215**:125-154.
- Rodrigues, R. 2005. Chemostratigraphy. *In*: Koutsoukos, E.A.M. (ed.). *Applied stratigraphy*. Netherlands. Springer Verlag. p. 165 – 177.
- Ruffell, A., Worden, R. 2000. Palaeoclimate analysis using spectral gamma-ray data from the Aptian (Cretaceous) of southern England and southern France. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. **155**:265-283
- Sanei, H., Stasiuk, L.D., Goodarzi, F. 2005. Petrological changes in organic matter from Recent lacustrine sediments during thermal alteration by Rock-Eval pyrolysis. *Organic geochemistry*. **36**:1190-1203.
- Schneider, R.L., Mulmann, H., Tommasi, E., Medeiros, R.A., Daemon, R.F, Nogueira, A.A. 1974. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. *In*: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 28, Anais, **1**:41 – 65.
- Schnyder, J.; Ruffell, A.; Deconinck, J. Baudin, F. 2006. Conjunctive use of spectral gamma-ray logs and clay mineralogy in defining late Jurassic-early Cretaceous palaeoclimate change (Dorset, U.K.). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. **229**:303-320.
- Sloss, L.L. 1996. Sequence stratigraphy on the craton: caveat emptor. Geological Society of America Special Paper. **306**:425-434.

- Soares, P. C., Landim, P.M.B., Fulfaro, V.J. 1978. Tectonic cycles and sedimentary sequences in the Brazilian intracratonic basins. *Geological Society of America Bulletin*, **89**:181 – 191.
- 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.
- Tissot, B.P. & Welte, D.H. 1984. *Petroleum formation and occurrence*. Netherlands. Springer Verlag. 699p.
- Trigüis, J.A. & Araújo, L.M. 2001. Aplicação da petrografia orgânica na caracterização dos tratos de sistema. *In*: Ribeiro, H.J.P. (org.). *Estratigrafia de seqüências. Fundamentos e aplicações*. Rio Grande do Sul. Ed. Unisinos. p. 261 – 302.
- Vail, P.R., Mitchum, R.M. JR., Tood, R.G., Widmier, J.M., Thompson, S., Sangree, J.B., Bubb, J.N. & Hatlelid, W.G. 1997. Seismic stratigraphy – applications to hydrocarbon exploration. *AAPG Memoir* **26**:49 – 212.
- White, T. & Arthur, M.A. 2006. Organic carbon production and preservation in response to sea-level changes in the Turonian Carlile Formation, U.S. Western Interior Basin. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. **235**:223-244.
- Wignall, P.B., Myers, J.K. 1988. Interpreting benthic oxygen levels in mudrocks, a new approach. *Geology*, **16(5)**:452-455.
- Zalán, P. V., Wolff, S., Conceição, J.C.J. Marques, A., Astolfi, M.A.M., Vieira, I. S., Appi, V.T., Zanotto, O.A., 1990. Bacia do Paraná *In*: Raja Gabaglia, G.P & Milani, E.J. (eds.). *Origem e evolução de Bacias Sedimentares*. Rio de Janeiro: PETROBRÁS/SEREC/CEM-SUD, p. 135-168.