



2º CONGRESSO BRASILEIRO DE P&D EM PETRÓLEO & GÁS

ARCABOUÇO ESTRATIGRÁFICO DO GRUPO GUATÁ NO LESTE PARANAENSE

Francisco Manoel Wohnrath Tognoli ¹, Rosemarie Rohn ², Joel Carneiro de Castro ²

¹ UNESP, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Av. 24-A, 1515, 13506-900, Rio Claro-SP (ftognoli@rc.unesp.br)

² UNESP, Departamento de Geologia Aplicada, Av. 24-A, 1515, 13506-900, Rio Claro-SP (rohn@rc.unesp.br) (jocastro@rc.unesp.br)

Resumo – Foram mapeadas quatro seqüências deposicionais no intervalo correspondente ao Grupo Guatá e ao Membro Taquaral da Formação Irati. Os limites das seqüências 1 e 2 são de quarta ordem, enquanto os limites das seqüências 3 e 4 são de terceira ordem. Nota-se uma erosão expressiva no topo da seqüência 2 na área central, coincidente com o Arco de Ponta Grossa, uma feição tectônica ativa desde o final do Eocarbonífero. O soerguimento dessa região promoveu um rebaixamento do nível do mar e influenciou a deposição do Membro Siderópolis nos flancos do Arco. O espessamento da Formação Palermo sobre o Arco de Ponta Grossa deve-se à maior espessura dos corpos de arenitos, equivalentes ao final do trato de sistemas de mar alto da seqüência 3. Esse espessamento relaciona-se a uma subsidência diferencial entre a porção central e os flancos do Arco. Após o término da deposição da seqüência 3, a região do poço FP-11 foi soerguida, acarretando erosão do intervalo superior da referida seqüência e influenciando a origem do limite entre as seqüências 3 e 4. A seqüência 4 mostra que a região do poço FP-11 era topograficamente mais elevada no início da sedimentação, embora a característica subsidente verificada na seqüência 3 possa ser reconhecida.

Palavras-Chave: Grupo Guatá, Eopermiano, Estratigrafia de Seqüências, Arco de Ponta Grossa, Bacia do Paraná

Abstract – Four depositional sequences were mapped in the interval Guatá Group-Taquaral Member, eastern margin of the Paraná Basin. The first sequence encompasses the uppermost portion of the Triunfo Member and part of the Paraguaçu Member, while the second sequence is restricted to the upper interval of the Paraguaçu Member. The third sequence includes the Siderópolis Member and the Palermo Formation, which represent the transgressive and highstand system tracts of the third sequence. The fourth sequence corresponds to the Taquaral Member, Irati Formation. The Ponta Grossa Arch, which crosses the central area of the Paraná Basin, was differentially uplifted during the geologic evolution of the sequences. It was positive in the central area, over the axis of the Arch, after the deposition of the sequence 2. Instead, it was negative in the same area during the deposition of the uppermost portion of the sequence 3 and during the deposition of the sequence 4. This analysis provides a framework to map reservoirs in different depositional contexts, sometimes influenced by tectonic events.

Keywords: Guatá Group, Eopermian, Sequence Stratigraphy, Ponta Grossa Arch, Paraná Basin

1. Introdução

O Grupo Guatá compreende uma sucessão predominantemente siliciclástica, de idade permiana inferior, que contém as principais jazidas de carvão da Bacia do Paraná. Subdivide-se nas formações Rio Bonito e Palermo, ocorrentes ao longo de toda a borda leste da bacia, desde o Rio Grande do Sul até São Paulo.

A unidade possui importância histórica para a evolução dos conhecimentos da estratigrafia e paleontologia da Bacia do Paraná. No início do século passado, a partir da idéia inicial do governo brasileiro de explorar o carvão mineral aflorante na região sul, foi criada a Comissão de Estudos das Minas de Carvão de Pedra no Brasil (White, 1908). Desde então, o Grupo Guatá foi objeto de inúmeros estudos que geraram um satisfatório conhecimento dessa unidade (Medeiros *et al.*, 1973; Schneider e Castro, 1975; Castro, 1980, 1991, 1995, Perinotto, 1992; Câmara Filho, 1997; Milani, 1997; Lopes e Lavina, 2001; Kuhn e Holz, 2001; Tognoli *et al.*, 2001; Tognoli, 2002). Nas décadas de 1960 a 1980, os trabalhos exploratórios objetivaram a pesquisa de carvão, urânio e petróleo, este último sob responsabilidade da PETROBRAS.

Com o advento da Estratigrafia de Seqüências, incrementou-se o entendimento genético das unidades que compõem o Grupo Guatá, tanto em escala regional como bacinal. A identificação e a interpretação de superfícies regressivas e transgressivas tornou-se indispensável para reconhecer as variações relativas do nível do mar e sua expressão no registro geológico. A correlação espaço-temporal de diversos intervalos limitados por tais superfícies resultou em um arcabouço estratigráfico que facilitou a interpretação de sistemas deposicionais e permitiu identificar duas expressivas movimentações tectônicas na região do Arco de Ponta Grossa, contemporâneas à deposição das unidades Rio Bonito, Palermo e Taquaral, esta última pertencente à Formação Irati do Grupo Passa Dois. O Membro Taquaral foi incluído na análise estratigráfica por representar o final de um grande ciclo transgressivo na Bacia do Paraná durante o Permiano, geneticamente relacionado ao Grupo Guatá.

2. Base de Dados e Métodos de Trabalho

O projeto “A Borda Leste da Bacia do Paraná: Integração Geológica e Avaliação Econômica” (Aboarrage e Lopes, 1986), desenvolvido pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) e Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), disponibilizou por meio de perfilagens e sondagens testemunhadas, dados que possibilitaram esclarecer importantes aspectos sedimentológicos, estratigráficos e tectono-estruturais dessa porção da bacia. A figura 1 ilustra a localização da área de estudo e dos 10 poços utilizados, situados na faixa aflorante paleozóica do Estado do Paraná, a oeste da faixa de afloramentos do Grupo Guatá. Foram estudados o topo do Membro Triunfo, os membros Paraguaçu e Siderópolis, a Formação Palermo e o Membro Taquaral da Formação Irati.

A análise conjunta dos perfis raio gama e resistividade objetivou a identificação de contatos litológicos, de corpos arenosos, de níveis de argilitos-folhelhos e calcários, de picos elétricos e radioativos e de padrões deposicionais. A identificação e a descrição das litofácies foi realizada na fase seguinte, por meio da análise seqüencial de testemunhos de sondagem e acompanhamento constante dos dados de perfilagem raio gama e resistividade. Foram identificadas as rochas, as estruturas sedimentares físicas e biogênicas e a natureza dos contatos litológicos. Os dados obtidos foram representados em seções colunares, nas escalas 1:200 e 1:100, e correlacionados, com base nos conceitos da Estratigrafia de Seqüências, por meio de seções estratigráficas.

3. Estratigrafia de Seqüências

A aplicação da Estratigrafia de Seqüências como uma ferramenta de análise estratigráfica possibilitou entender a origem e o significado das superfícies de descontinuidade do Grupo Guatá. A predominância de superfícies erosivas impossibilita o estabelecimento de um arcabouço estratigráfico com limites síncronos. Entretanto, as seqüências possuem um caráter cronoestratigráfico na medida em que as discordâncias e suas superfícies correlatas limitam abaixo sucessões mais antigas e, acima, sucessões mais jovens.

3.1. Arcabouço Estratigráfico

Na região leste do Estado do Paraná, o Grupo Guatá e o Membro Taquaral podem ser subdivididos em quatro seqüências deposicionais. A seqüência 1 engloba os sedimentos do Membro Triunfo e do intervalo inferior do Membro Paraguaçu, enquanto a seqüência 2 é composta pelo intervalo superior da referida unidade. A seqüência 3 é constituída pelo Membro Siderópolis e pela Formação Palermo. Em escala de bacia, o Grupo Guatá e o Membro Taquaral da Formação Irati, Grupo Passa Dois, representam um ciclo transgressivo estabelecido na bacia.

Do ponto de vista faciológico e paleoambiental, as seqüências são compostas por arenitos, siltitos, argilitos, folhelhos e fácies heterolíticas. Relacionam-se a sistemas deposicionais marinhos e marinho-marginais, que incluem depósitos continentais, flúvio-deltaicos, lagunares, estuarinos e marinhos rasos (*foreshore – offshore*). Em âmbito genético, são consideradas seqüências do tipo 1.

O arcabouço estratigráfico proposto na figura 2 foi elaborado de acordo com as relações estratigráficas definidas com base na caracterização e interpretação de superfícies de descontinuidade. A análise do arcabouço estrati-

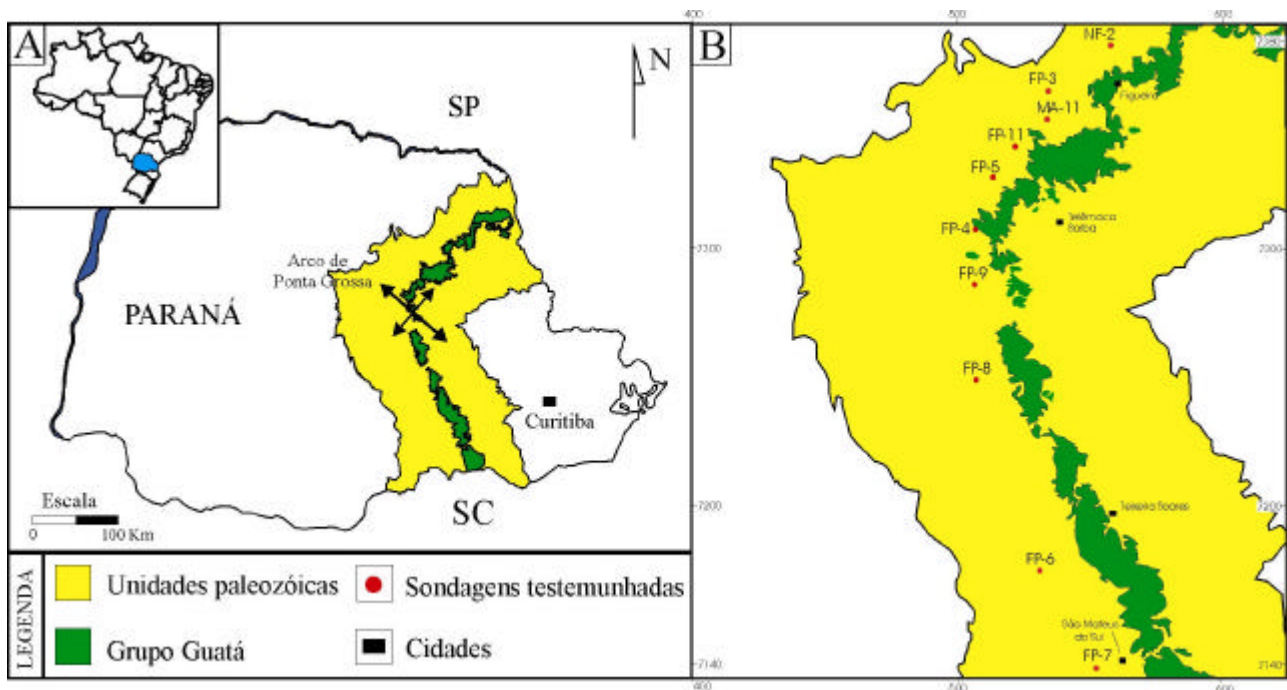


Figura 1. Área de estudo. A. Mapa de localização da faixa aflorante paleozóica do Estado do Paraná. B. Mapa de localização das sondagens testemunhadas.

gráfico permite entender as unidades litoestratigráficas do Grupo Guatá dentro de um modelo baseado nos conceitos da Estratigrafia de Seqüências. Além disso, fornece dados que possibilitam identificar movimentações tectônicas como causas das variações relativas do nível de base, fenômenos previamente identificados por Kuhn e Holz (2001) no Permiano do Rio Grande do Sul.

A seqüência 1 é considerada de 4ª ordem e subdividida em dois intervalos distintos. A base corresponde ao intervalo superior do Membro Triunfo, interpretado como depósitos flúvio-deltaicos de um trato de sistemas de mar baixo. Uma superfície transgressiva, correspondente à base do Membro Paraguaçu, separa os tratos de sistemas de mar baixo e transgressivo/mar alto. A dominância de sedimentos finos dificulta o reconhecimento de padrões de empilhamento e impede a identificação de uma superfície que possibilite distinguir os tratos de sistemas transgressivo e de mar alto.

A seqüência 2, também de 4ª ordem, compreende exclusivamente sedimentos do Membro Paraguaçu. É limitada na base por uma superfície erosiva, na qual arenitos finos a grossos assentam-se sobre siltitos marinhos (Fig. 3A). Os arenitos ocorrem na porção sul da área de estudo, entre os poços FP-7 e FP-5, sendo interpretados como depósitos litorâneos e flúvio-deltaicos relacionados a um trato de sistemas de mar baixo. A norte do poço FP-5, o limite de seqüências e a superfície transgressiva que delimita o trato de mar baixo encontram-se amalgamadas, constituindo uma superfície co-planar segundo definição de Van Wagoner *et al.* (1990). A análise do arcabouço estratigráfico não fornece nenhuma informação que relacione o rebaixamento relativo do nível de base com movimentações tectônicas, sendo assumido que seja resultado de variações eustáticas.

É válido ressaltar que as menores espessuras da seqüência 2 ocorrem na região central do Arco de Ponta Grossa, na área dos poços FP-4 e FP-5. O arcabouço estratigráfico mostra que isso se deve à ausência do intervalo superior da referida seqüência. Os poços vizinhos a sul, FP-9, e a norte, FP-11, apresentam tal intervalo preservado. Os poços FP-4 e FP-9 distam aproximadamente 20 Km, enquanto os poços FP-5 e FP-11 distam ao redor de 15 Km. O contexto cratônico da bacia e o posicionamento dos poços em relação ao cenário paleogeográfico não permitem atribuir as diferenças de espessuras a causas deposicionais.

O Arco de Ponta Grossa é uma feição tectônica, ativa desde o Eocarbonífero, que se desenvolveu em uma área de lineamentos estruturais de orientação NW-SE, herdadas do embasamento cristalino. A relativa proximidade entre poços com marcantes diferenças de espessuras preservadas conduz à interpretação de que a causa seja tectônica. Um soerguimento na área dos poços FP-4 e FP-5 expôs o intervalo superior da seqüência 2 e a erosão subsequente proporcionou a redução de espessura constatada na área. A consequência direta do soerguimento de blocos foi o recuo do nível de base e da paleolinha de costa em direção ao depocentro da bacia, gerando a discordância que separa as seqüências 2 e 3, esta última de 3ª ordem. As migrações da linha de costa em direção à bacia, desencadeadas por fatores que não se relacionam com a taxa de suprimento sedimentar, foram denominadas de regressões forçadas por Posamentier *et al.* (1992).

A transgressão subsequente gerou uma superfície transgressiva que retrabalhou o limite de seqüências, definindo uma superfície co-planar que separa os membros Paraguaçu e Siderópolis, na região sul, e o Membro Paraguaçu e a Formação Palermo na região centro-norte. Pavimentos clásticos e icnogêneros em contexto de icnofácies *Glossifungites* (Fig. 3B,C), associados à superfície co-planar, indicam a ação de eventos transgressivos sob influência marinha. As evidências de exposição subaérea, que porventura se desenvolveram junto ao limite de seqüências, são fei-

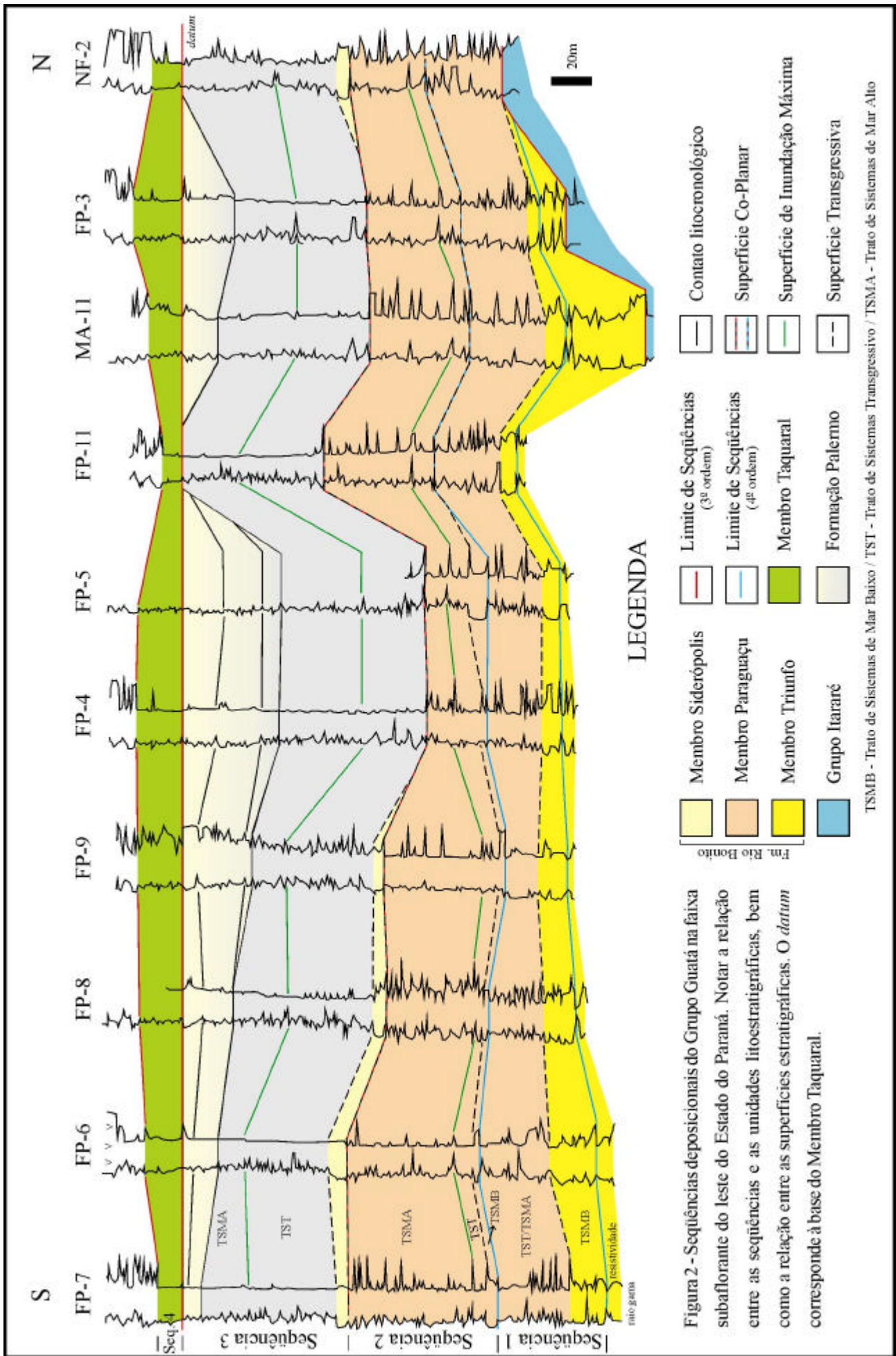


Figura 2 - Sequências deposicionais do Grupo Guatá na faixa subaflorante do leste do Estado do Paraná. Notar a relação entre as seqüências e as unidades litoestratigráficas, bem como a relação entre as superfícies estratigráficas. O *datum* corresponde à base do Membro Taquaral.

TSMMA - Trato de Sistemas de Mar Baixo / TST - Trato de Sistemas Transgressivo / TSMMA - Trato de Sistemas de Mar Alto

ções superficiais com baixo potencial de preservação, facilmente retrabalhadas e erodidas pelo evento transgressivo subsequente.

O aumento relativo do nível do mar provoca a migração da linha de costa em direção ao continente, estabelecendo novos depósitos litorâneos na porção sul da área de estudo, designados de Membro Siderópolis. A norte do poço FP-9, os depósitos litorâneos do trato de sistemas transgressivo acunham, por meio de relações de *onlap* sobre o alto estrutural estabelecido após o final da deposição da seqüência 2. O Membro Siderópolis volta a ocorrer na região do poço NF-2, representando depósitos de canais estuarinos associados ao preenchimento de vales incisos. Um novo episódio transgressivo, de caráter erosivo, retrabalha o topo dos depósitos litorâneos e estabelece os depósitos estuarinos e marinhos da Formação Palermo.

A delimitação entre os tratos de sistemas transgressivo e de mar alto da seqüência 3, definida pela superfície de inundação máxima, mostra que a espessura do trato de sistemas transgressivo é menor na região dos poços FP-4 e FP-5. Tal fato corrobora a interpretação de que a região comportou-se como um alto estrutural após a deposição da seqüência 2 e durante a deposição do trato de sistemas transgressivo da seqüência 3. Por outro lado, verifica-se que as maiores espessuras do trato de sistemas de mar alto ocorrem na região dos poços FP-4 e FP-5. A menor espessura do trato de sistemas de mar alto ocorre no poço FP-11, distante aproximadamente 15 Km do poço FP-5.

O topo da Formação Palermo apresenta um extenso corpo arenítico depositado em ambiente marinho raso, *shoreface*, de espessura variável ao longo da seção. A espessura aumenta em direção à região central da área de estudo, em especial a partir da porção sul. Tal variação pode ser explicada por meio de uma subsidência diferencial, mais efetiva na região central, que gerou maior espaço de acomodação para os sedimentos do que nas regiões adjacentes. Uma explicação alternativa seria por meio do posicionamento paleogeográfico, uma vez que os poços da região sul situam-se, em teoria, em um contexto mais proximal que os poços da região central. Em porções proximais, o espaço de acomodação tende a ser menor, o que implica em menores espessuras preservadas. Entretanto, não se verificam relações semelhantes para as unidades subjacentes, fato que gera dúvidas quanto à sua validade.

A região do poço FP-11 não apresenta os arenitos do final do trato de sistemas de mar alto da seqüência 3. Sua ausência poderia ser explicada por não-deposição ou erosão. A hipótese de não-deposição não possui sustentação, pois como assumido anteriormente, durante a fase final do trato de sistemas de mar alto ocorria contínua subsidência ao longo de toda a área de estudo, inclusive a norte do poço FP-11, onde os referidos arenitos estão preservados. Interpreta-se que a ausência dos corpos areníticos se deva a um soerguimento ocorrido na região do poço FP-11, após o final da deposição da seqüência 3. O soerguimento expôs o intervalo superior do trato de sistemas de mar alto, que não se preservou em razão dos eventos erosivos subsequentes. A presença de falhas com rejeito milimétrico, de caráter rúptil (Fig. 3D), situadas no topo da Formação Palermo no poço FP-11, corrobora a interpretação de movimentação tectônica. Em especial, porque tais feições ocorrem exclusivamente nesse poço. O caráter rúptil das falhas indica que, quando foram formadas, os sedimentos já estavam consolidados. À semelhança do que ocorreu após o término da deposição da seqüência 2, o soerguimento na região do poço FP-11 favoreceu o desenvolvimento de um novo limite de seqüências, corroborada pela superfície co-planar identificada entre a Formação Palermo e o Membro Taquaral (Fig. 3D). Os depósitos areníticos de *shoreface* no topo do trato de sistemas de mar alto indicam que a linha de costa encontrava-se próxima. O recuo do nível de base promoveu o deslocamento da linha de costa, e conseqüentemente dos depósitos litorâneos, em direção ao centro da bacia. Por esse motivo, não se verifica a ocorrência de depósitos do trato de sistemas de mar baixo da seqüência 4 na seção estudada. A região do poço FP-11 comportou-se como um alto estrutural durante o início da deposição da seqüência 4, fato indicado por sua espessura reduzida naquela região. A seqüência 4 mostra um comportamento subsidente semelhante ao da seqüência 3, como revelam as isópacas na área central.

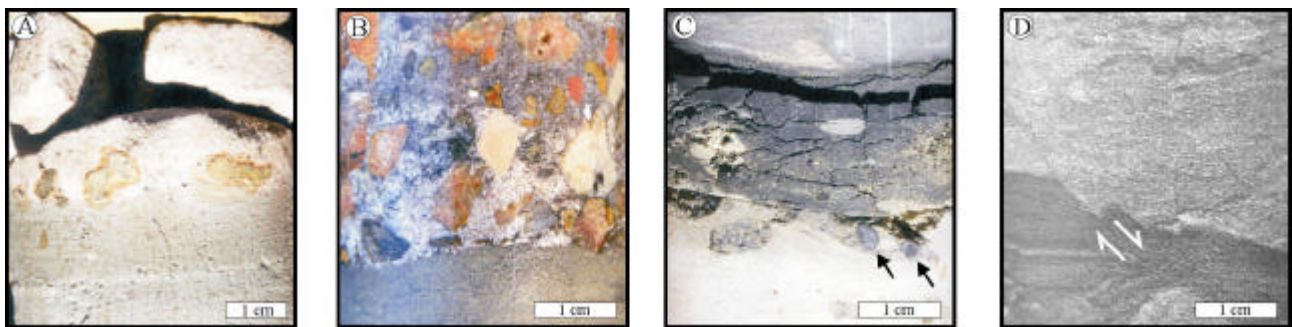


Figura 3. Limites de seqüências e feições sedimentares do Grupo Guatá na área de estudo. A) Limite inferior da seqüência 2. FP-5, 266,5m. B) Limite inferior da seqüência 3, representada por uma superfície co-planar. Notar o pavimento transgressivo associado, com abundantes clastos de rochas graníticas. FP-11, 451,5m. C) Limite inferior da seqüência 4, representada por uma superfície co-planar. Notar a presença de clastos (setas pretas) associados a uma escavação característica da icnofácies *Glossifungites*. FP-5, 103,2m. D) Falha de rejeito milimétrico no topo da Formação Palermo. FP-11, 394,3m.

4. Conclusões

A análise estratigráfica permitiu identificar corpos de arenitos-reservatórios em diversos intervalos estratigráficos das seqüências mapeadas e em diferentes contextos deposicionais. A relação verificada entre as espessuras das seqüências na região do Arco de Ponta Grossa permitiu identificar que o arcabouço estratigráfico foi influenciado, em dois momentos distintos, por soerguimentos tectônicos. Tais movimentações causaram variações do nível de base e, conseqüentemente, influenciaram a gênese dos limites de seqüências de terceira ordem, correspondentes aos limites inferiores das seqüências 3 e 4.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem à Agência Nacional do Petróleo (ANP) e à Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), que por meio do Programa de Formação de Recursos Humanos da ANP para o Setor de Petróleo e Gás (PRH-05/ANP/MCT) forneceram os recursos necessários à realização dessa pesquisa. Especiais agradecimentos são estendidos à Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) e ao Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), pelas facilidades de acesso aos testemunhos de sondagem.

6. Referências

- ABORRAGE, A.M., LOPES, R.C. Projeto A Borda Leste da Bacia do Paraná: integração geológica e avaliação econômica. Ministério das Minas e Energia, Departamento Nacional da Produção Mineral, Convênio DNPM-CPRM, SUREG/ Porto Alegre. 18v. Relatório Final, 1986.
- CÂMARA FILHO, L.M. Estratigrafia de Seqüências do Grupo Guatá na faixa aflorante do sudeste paulista. *Dissertação de Mestrado*, Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro-Brasil, 221p, 1997.
- CASTRO, J.C. Fácies, ambientes e seqüências deposicionais das formações Rio do Sul e Rio Bonito, leste de Santa Catarina. In: *Congresso Brasileiro de Geologia*, 31, Balneário Camboriú, Brasil. Anais, v. 1, p. 283-299, 1980.
- CASTRO, J.C. A evolução dos sistemas glacial, marinho e deltaico das formações Rio do Sul e Rio Bonito / Membro Triunfo (Eopermiano), sudeste da Bacia do Paraná. *Tese de Doutorado*, Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro-Brasil, 147p, 1991.
- CASTRO, J.C. Ciclos e seqüências nos membros Paraguaçu e Siderópolis (Formação Rio Bonito), Bacia do Paraná. In: *Simpósio sobre Cronoestratigrafia da Bacia do Paraná*, 2, Porto Alegre, Brasil. Anais, v.1, p. 61-65, 1995.
- KUHN, M., HOLZ, M. Estratigrafia de seqüências e origem tectônica dos limites de 3ª ordem no Eopermiano da Bacia do Paraná na região central do Rio Grande do Sul. *Ciência-Técnica-Petróleo*, v. 20, p. 177-184, 2001.
- LOPES, R.C., LAVINA, E.L.C. Estratigrafia de Seqüências nas formações Rio Bonito e Palermo (Bacia do Paraná), na região carbonífera do Jacuí, Rio Grande do Sul. In: SEVERIANO RIBEIRO, H.J.P. Estratigrafia de Seqüências – Fundamentos e Aplicações, EDUNISINOS, p. 391-419, 2001.
- MEDEIROS, R.A., THOMAZ FILHO, A. Fácies e ambientes deposicionais da Formação Rio Bonito. In: *Congresso Brasileiro Geologia*, 27, Aracajú, Brasil. Anais, v.1, p. 3-12, 1973.
- MILANI, E.J. Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana sul-ocidental. *Tese de Doutorado*, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Porto Alegre-Brasil, 2v, 1997.
- PERINOTTO, J.A.J. Análise estratigráfica da Formação Palermo (P) na Bacia do Paraná, Brasil. *Tese de Doutorado*, Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro-Brasil, 2v, 1992.
- POSAMENTIER, H.W., ALLEN, G.P., JAMES, D.P., TESSON, M. Forced regressions in a sequence stratigraphy framework: concepts, examples and sequence stratigraphic significance. *American Association of Petroleum Geologist Bulletin*, v. 76, n. 11, p. 1687-1709, 1992.
- SCHNEIDER, R.L., CASTRO, J.C. Análise estratigráfica, sedimentológica e possibilidades petrolíferas da Formação Rio Bonito no sudeste da Bacia do Paraná. PETROBRAS/DEXPRO. *Relatório interno*. 39p, 1975.
- TOGNOLI, F.M.W. Análise estratigráfica e paleoicnológica do Grupo Guatá no leste paranaense. *Dissertação de Mestrado*, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 90p, 2002.
- TOGNOLI, F.M.W., MOCHIZUKI, A.H., CASTRO, J.C. Discordâncias e reservatórios associados do Grupo Guatá nas margens leste e nordeste da Bacia do Paraná. *Ciência-Técnica-Petróleo*, v. 20, p. 185-192, 2001.
- VAN WAGONER, J.C., MITCHUM, R.M., CAMPION, K.M., RAHMANIAN, V.D. Siliciclastic sequence stratigraphy in well logs, cores and outcrops. *American Association of Petroleum Geologists, Methods in Exploration Series*, n. 7, p. 1-55, 1990.
- WHITE, I.C. Relatório Final da Comissão de Estudos das Minas de Carvão de Pedra no Brasil. Parte 1: p. 1-201, 1908.