

ESTUDO FACIOLÓGICO EM AFLORAMENTOS E ANALOGIA DE DEPÓSITOS FLUVIAIS NA BACIA DO PARNAÍBA, NE DO BRASIL

Victor Hugo Santos¹,
Mário F. Lima Filho²,
Virgínio H. Neumann²

¹ Pós-Graduação Geociências -UFPE- PRH-26, victor.santos@cimentopoty.com.br

² Departamento de Geologia-UFPE, mflf@ufpe.br e neumann@ufpe.br

RESUMO Na borda sudeste da Bacia do Parnaíba afloram sucessões fluvio-deltaicas, de fluxos SE-NW, da seqüência transgressiva-regressiva do Grupo Serra Grande. Parte desta seqüência, representada pelas formações Ipú (Llandoveryano) e Jaicós (Ludloviano) são aqui descritas quanto a faciologia sedimentar, segundo critérios de Miall (1996) aplicados à arquitetura deposicional para a avaliação como afloramentos de reservatórios análogos de hidrocarbonetos em campos maduros. Os afloramentos estudados foram denominados com as iniciais das cidades próximas a estes, sendo SRN (São Raimundo Nonato-PI) e CGP (Campo Grande do Piauí-PI). Apesar das mesmas fácies estarem presentes em ambos os afloramentos, os processos geradores destas apresentam distinções devido a localização dos afloramentos no contexto geológico da bacia. Nos afloramentos SRN estão presentes as fácies St (arenito grosso com clastos de 1 a 3 cm e estratificação cruzada acanalada), Gmc (conglomerado sustentado por clastos e areia grossa proveniente de geleira), Sp (quartzarenito, com estratificação cruzada de médio porte) e Fl (arenito fino a silte laminado). No afloramento CGP estão presentes as fácies Sp (arenito médio a fino, bem selecionado e estratificação cruzada planar), Gmc (conglomerado seixoso de quartzo e quartzito, subarredondados de 2 a 5 cm com matriz arenosa), St (arenito médio a grosso com estratificação cruzada acanalada), Fl (arenito muito fino a silte laminados). O modelo geológico esquemático para os afloramentos estudados apresenta ciclos sedimentares de quarta ordem que podem ser reconhecidos como sistemas fluviais em diferentes posicionamentos batimétricos na bacia, caracterizado pelo padrão das litofácies onde SRN representa um modelo de sistema fluvial entrelaçado raso dominado por cascalho e CGP um sistema fluvial entrelaçado distal em lençol (Sheet sandstone). Os padrões das litofácies e ou arquitetura sedimentar são estreitamente dependentes da posição do sistema fluvial que foi depositado.

Palavras chave: fácies, análogos, Bacia do Parnaíba, depósitos fluviais, reservatório

ABSTRACT In the southeastern border of the Parnaíba Basin, occur outcrops of fluvial-deltaic succession of SE-NW flows. This succession is comprised by the transgressive-regressive sequence of the Serra Grande Group and is represented by the Ipú (Llandoveryan) and Jaicós (Ludlovian) Formations. They are described here according to sedimentary facies using criteria defined by Miall (1996) applied to the depositional architecture, for

evaluation as analogues of hydrocarbon reservoirs of mature fields. The studied outcrops were named using the initials of the name of nearby towns, SRN (São Raimundo Nonato town) and CGP (Campo Grande do Piauí town) both in the State of Piauí. The outcrops show the same sedimentary facies, but the processes involved in their generation are distinct. In the SRN outcrop four sedimentary facies were found: St (coarse-grained sandstones with fragments of clasts varying from 1 to 3 cm, and showing cross-bedding), Gmc (clastic- and coarse-grained supported conglomerate, from glacier origin), Sp (sandstone with cross-bedding) and Fl (sandstone to silt laminated). In the CGP outcrop the same facies were observed: Sp (medium- to fine-grained sandstones, well sorted and with laminar cross-bedding), Gmc (conglomerate with clasts varying from 2 to 5 cm and sand matrix), St (medium- to coarse-grained sandstones with channel cross-bedding), Fl (fine-grained sandstone to silt, with lamination). The geologic model for the studied outcrops show sedimentary cycles of fourth order, which may be recognized as fluvial systems at distinct depth, where the SRN represents shallow environment and the CGP the deep water environment. The architectural patterns and the lithofacies observed are related to their position in the sedimentary depositional cycle, where the outcrop of the Ipú Formation showed a more pronounced heterogeneity than the outcrop of the Jaicós Formation.

Keywords: facies, analogous, Parnaíba Basin, fluvial deposits, reservoir,

INTRODUÇÃO

A caracterização faciológica em afloramentos de depósitos sedimentares pode ser utilizada para analogia de reservatórios, em profundidade. Nos últimos anos, esta técnica tem surtido sucesso e se tornando uma poderosa ferramenta na predição e otimização na recuperação de hidrocarbonetos (Shanley & McCabe 1993, Dreyer et al. 1993, Schuppers J.D. 1993, Lindsay et al. 1993).

Na Bacia do Parnaíba, é encontrada uma grande quantidade de afloramentos que podem ser vislumbrados, quanto a fatores críticos no desenvolvimento e produção de gás e óleo como: estruturas sedimentares bem preservadas, continuidade lateral de corpos areníticos, variação faciológica de ambientes sedimentares, e facilidade para modelagem deposicional 3D.

As Formações Ipu e Jaicós (Ludloviano) do Grupo Serra Grande, alvo deste trabalho, pertencem a sequência Siluriana da Bacia do Parnaíba (Góes & Feijó, 1994). Estratigraficamente essa formação correspondem

ao final de um ciclo transgressivo-regressivo completo atribuído à primeira invasão marinha na Bacia do Parnaíba.

Este trabalho tem como escopo, a descrição e correlação faciológica em dois típicos afloramentos de sistema fluvial da Formação Jaicós sendo estes em diferente posicionamento na Bacia. O uso destes dados fornecerá um importante auxílio no entendimento da evolução deposicional da sequência Siluriana da Bacia, e avaliação do potencial para o uso como reservatórios análogos de hidrocarbonetos em campos maduros com o mesmo sistema deposicional.

CONTEXTO GEOLOGICO DOS AFLORAMENTOS

Inserida na Plataforma Sulamericana, a Bacia do Parnaíba (Figura 1) é classificada como intracratônica típica (Brito Neves, 1985). Sendo preenchida por sedimentos predominantemente siliciclásticos de idade Siluriano ao Triássico, designados como grupos Serra Grande, Canindé, Balsas e Mearim.

O Grupo Serra Grande foi definido por Small (1914) como uma "série", sendo posteriormente caracterizado como "formação" por Campbell et al. (1949) e promovido a "grupo" por Carozzi et al. (1975), que o considerou composto pelas formações Mirador, Ipú, Tanguá e Itaim. Caputo & Lima (1984) e Góes & Feijó (1994) consideram-no composto pelas formações Ipú (inferior), Tanguá (médio) e Jaicós (superior).

A Formação Jaicós (Plummer et al. 1948) é formada por arenitos e eventuais pelitos, depositados por sistemas fluviais entrelaçados no final do Siluriano (Góes & Feijó, 1994). Segundo Caputo & Lima (1984), a Formação Jaicós é composta por arenitos e conglomerados, de idade Wenlockiana, depositados em leques aluviais e fandeltas. Segundo Metelo (1999) o contato superior desta formação é discordante (desconformidade) com o Grupo Canindé. A desconformidade entre a Formação Jaicós (Grupo

Serra Grande) e a Formação Itaim (Grupo Canindé) é difícil de ser reconhecida, pois ambas as formações são compostas por arenito, sendo o arenito da Formação Jaicós mais grosso que o da Formação Itaim.

Indiscutivelmente, os limites atuais da Bacia do Parnaíba demarcam remanescentes de outrora, com extensa área de sedimentação afro-brasileira paleozóica, posteriormente fragmentada e parcialmente erodida. Os argumentos que corroboram para esta hipótese segundo Góes (1995), são: 1) Padrão assimétrico com pronunciado espessamento da seqüência paleozóica inferior em direção ao lado leste da bacia (Mesner & Wooldridge, 1964); 2) ocorrência de sedimentação paleozóica correlata em outras bacias brasileiras, entre essas, Sergipe-Alagoas, Recôncavo, Tucano-Jatobá e Araripe (Mesner & Wooldridge, 1964; Mabessone, 1994; Caputo & Lima, 1984; Cunha, 1986; Della Favera, 1990); 3) possibilidade de depósitos do Devoniano ao Carbonífero inferior.

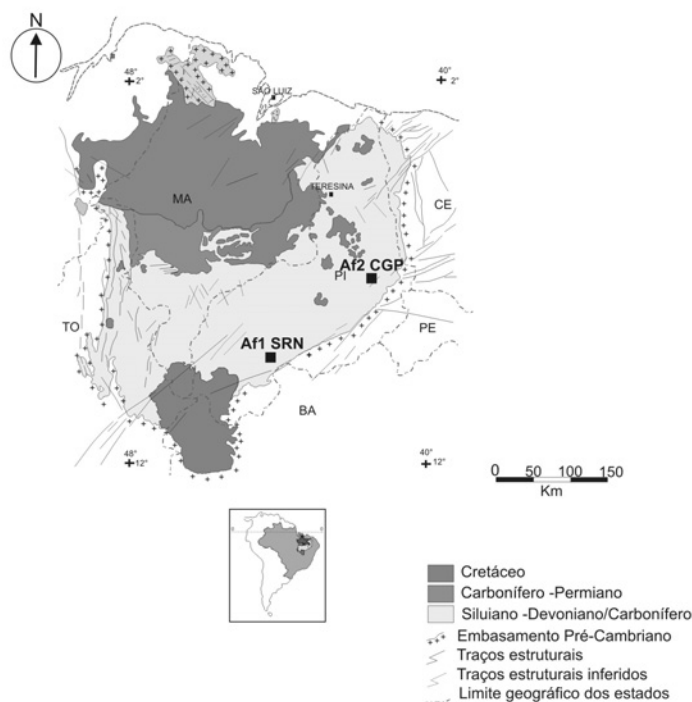


Figura 1 – Mapa geológico da Bacia do Parnaíba e o posicionamento dos afloramentos estudados neste trabalho. Modificado por Góes (1995).

Na Figura 1, os afloramentos estudados apresentam-se no contexto geológico como sendo de borda de bacia, e a localização geográfica descrita como afloramento SRN (São Raimundo Nonato), nas proximidades da cidade de São Raimundo Nonato-PI (km 13 da PI-140 – sentido Cantos do Burití), e o segundo denominado CGP, nas proximidades da cidade de Campo Grande do Piauí-PI (km 42 da BR-316).

FUNDAMENTOS CONCEITUAIS DE FÁCIES

O conceito moderno de fácies refere-se a soma total dos aspectos litológicos e paleontológicos de uma unidade estratigráfica. Este termo tem sido utilizado de diferentes maneiras, havendo algumas controvérsias em relação a: (1) se o termo implica em características abstratas ou ao corpo de rocha propriamente dito; (2) se o termo se refere apenas a partes restritas de uma unidade estratigráfica ou também se aplica a corpos de rochas não confinados estratigraficamente (3) se o termo deve ser puramente descritivo ou também interpretativo (Walker, 1992).

Miall (1996) considera fácies sedimentar como uma massa de rocha definida e diferenciada das demais por sua geometria, litologia, estruturas sedimentares, paleocorrente e conteúdo fossilífero. É importante ressaltar que uma fácies sedimentar resulta de um processo sedimentar. A maior parte das fácies sedimentares apresenta interpretação ambiental ambígua, visto que, determinado processo pode

ocorrer em mais de um ambiente sedimentar. Sendo assim, para a interpretação paleoambiental, é necessária a caracterização de um conjunto de fácies sedimentares, as quais refletem um conjunto de processos sedimentares que permitem a caracterização de um ambiente sedimentar.

Para a interpretação genética das fácies, é importante combinar informações sobre relações espaciais e suas características internas (ex. litologia e estruturas sedimentares) e compará-las com informações de outras unidades estratigráficas bem estudadas e com estudos de ambientes sedimentares modernos (Walker, 1992). A definição de fácies pode ser feita em diferentes escalas, dependendo dos objetivos do trabalho, do tempo disponível no estudo, do grau de preservação das rochas e da abundância e diversidade de estruturas sedimentares.

DESCRIÇÃO DAS LITOFÁCIES NOS AFLORAMENTOS ESTUDADOS

Neste trabalho foram reconhecidas seis litofácies, de acordo com os critérios de Miall (1996). Para melhor visualização da geometria (2D) de tais fácies, foi usado o método painéis fotográficos dos afloramentos. Na tabela 1 são resumidas as principais características das litofácies encontradas nos afloramentos. No código das litofácies, a letra maiúscula indica as iniciais da litologia dominante na fácies descrita, e a segunda letra, sempre minúscula, a estrutura ou textura presente. (ex. Sh = Sandstone horizontal).

Tabela 1 - Descrição sintetizada para a caracterização das fácies fluviais encontradas nos afloramentos da Formação Jaicós da sequência Serra Grande da Bacia do Parnaíba.

Afloramento	Código (Miall, 1996)	Litofácies	Textura	Estruturas sedimentares	Paleocorrente	Geometria
SRN	St	Arenito grosso com clastos de 1 a 3cm com estratificação cruzada acanalada	Arenito grosso mal selecionado com presença de níveis cascalhoso em sua composição granulométrica.	Estratificação cruzada acanalada	NW	Tabular
	Gmc	Conglomerado sustentado por clastos e areia grossa provenientes de geleiras	Conglomerado, suportado por matriz arenosa grossa com porções caulinizadas e seixos arredondados (e retrabalhados por geleiras) de quartzo variando de 2 a 20 cm.	Sets com estratificação cruzada acanalada	NW	Tabular
	Sp	Quartzo-arenito, com estratificação cruzada planar de médio porte.	Arenito grosso com clastos (de 5 a 20cm), níveis conglomeráticos, e seixos com feições de ferro de engomar, intercalados com lentes argilosas	Estratificação cruzada planar, fluidização, e sobrecarga.	NW	Lenticular
	Fl	Areia muito fina a silte laminados	Ritmos de silte e areia fina avermelhados e cinza esbranquiçados	Ripples de pequeno porte	NNW	Cunha
CGP	Sp	Arenito médio a fino, muito bem selecionado e estratificação cruzada planar	Intercalações de arenito grosso com leitos cascalhosos	estratificação cruzada planar	NW	Tabular
	Gmc	Conglomerado seixos de quartzo e quartzito, subarredondados de 2 a 5cm com matriz arenosa	Conglomerado médio, suportado por clastos, composto por seixos de quartzo e quartzito, subarredondados	Estratificação cruzada acanalada de médio porte	NNW	Tabular
	St	Arenitos médios a grossos	Arenitos médios a grossos, de coloração branca a amarelada, seleção boa a muito boa e com pequenos ciclos de granocrescência ascendente	Estratificação cruzadas acanaladas	NE-NW	Tabular
	Fl	Arenito muito fino a silte laminados	Silte e arenito muito fino caulinizados	Laminados	-	Cunha

A descrição e interpretação das fácies tiveram como base os dados dos afloramentos da Formação Jaicós. Desta forma, foram necessárias algumas adaptações na nomenclatura para que as mesmas aproximassem o máximo possível dos critérios preestabelecidos. Como critérios adicionais para identificação das litofácies foram usados dados de paleocorrente, textura, e geometria dos corpos arenosos dos afloramentos.

Afloramento 1 – São Raimundo Nato (SRN)

Na Figura 2 é apresentado o painel fotográfico do afloramento SRN, onde foram traçados os limites das fácies (St, Gcm, Sp e Fl), descritas na tabela 1 e as respectivas geometrias (2D) ilustrada nas Figura 3.

Fácies St (Arenito grosso com estratificação cruzada acanalada).

Presente na parte inferior do afloramento, a fácies St é composta por arenito grosso mal selecionado com presença de níveis cascalhosos em sua composição granulométrica. Com uma geometria acanalada esta fácies, apesar de apresentar uma estrutura aparentemente maciça, há presença de estratificação cruzada acanalada e planar com níveis seixoso. O limite superior desta fácies apresenta-se com superfícies de contatos com alto grau de erosão e pequenos leito de canais (Foto 1). Esta fácies é atribuída a processos resultante de colapso de bancos de areia, onde houve um acentuado aumento de energia, com a formação de pequenos canais.

Faciologia, arquitetura deposicional e geometria em afloramentos da bacia do parnaíba. Formação IPÚ – 13 PI-140



Figura 2 – Painel fotográfico do afloramento SRN localizado as margem da PI-140/Km 30, pertencente a Formação Jaicós do Grupo Serra Grande representando um sistema flúvio-deltaico com influência glacial.

Faciologia, arquitetura deposicional e geometria em afloramentos da bacia do parnaíba. Formação IPÚ – Km 13 –PI - 140



Figura 3- Trama das estruturas sedimentares encontradas no afloramento SRN que auxiliaram na determinação da geometria dos corpos arenítico.

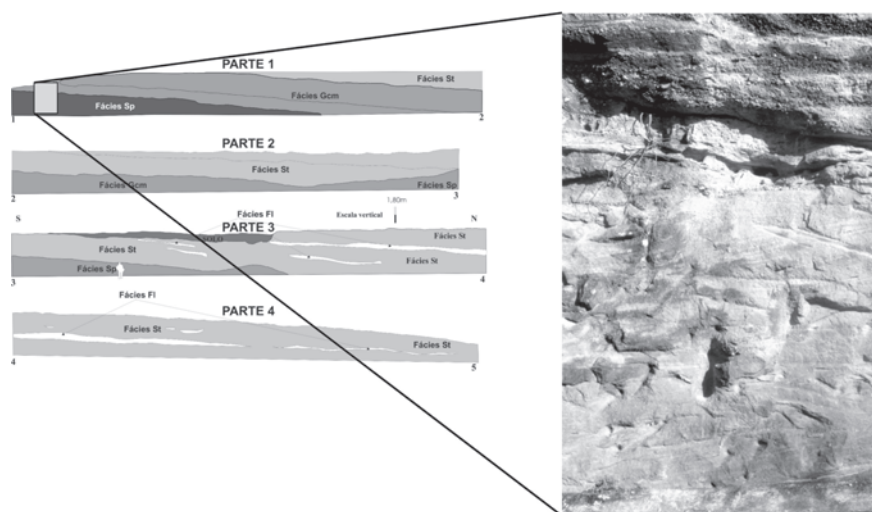


Foto 1 – Detalhe da litologia com arenito grosso e leitos seixosos da fácies St do afloramento SRN da Formação Jaicós no km 30 da PI-140.

Fácies Gcm (Conglomerado suportado por clastos)

Superposta à fácies St, a fácies Gcm é constituída por siliciclástico conglomerado, mal selecionado, suportado por matriz arenosa grossa com porções caulinitizada e seixos arredondados de quartzo variando de 2 a 10 cm. Estão presentes ainda sets com estratificação cruzada acanalada, que forma

pacote com geometria tabular de 2 metros de espessura (Foto 2).

Esta fácies sugere formas de leito longitudinais e, depósitos residuais (lag deposits) com depósitos de peneiramento (sieve deposits), indicando a ação de processos de tração.

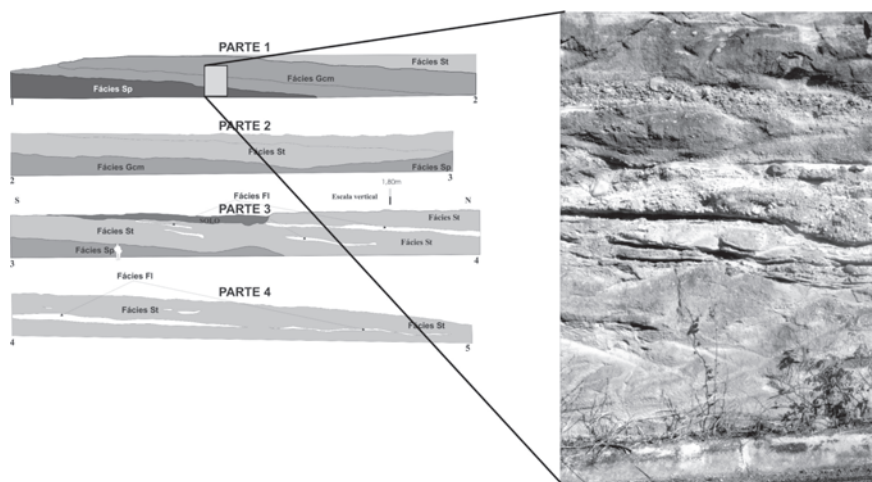


Foto 2 – Detalhe da facies Gcm composto por conglomerado sustentado por clastos e areia grossa com estratificação cruzada acanalada pertencente ao afloramento SRN da formação Jaicós na PI-140 km 30.

Alguns clastos apresentam-se subarredondados a subangulares assemelhando-se a formas de "ferro de engomar", o que sugere pouco retrabalhamento, pequena distância e fonte de influência flúvio-glacial (Foto 3). O conjunto de estruturas sedimentares, canais erosivos, e tendência de granodecrescência ascendente, sugere sedimentação de correntes trativas em canais.



Foto 3 – Níveis conglomeráticos com clastos de até 20 cm de diâmetro e formas pouco arredondadas dos clastos semelhantes a "ferro de engomar" com estruturas de erosão da fácies Gcm do afloramento SRN na PI 140 km 30.

Fácies Sp (Arenito com estratificação cruzada planar com lentes cascalhosa)

Composta por arenito, com estratificação cruzada planar de médio a grande porte em sets de 10 a 50cm, e paleocorrente de direção entre 220° a 300° AZ (Foto 5). Todo conjunto arquitetural descrito nesta fácies é atribuído a barras longitudinais de canais fluviais entrelaçados.

A presença de estrutura de deformação nesta fácies, cuja presença indica feições sindeposicionais a deposição, podem ser resultantes de uma rápida e volumosa deposição sedimentar por gravidade (Foto 4), associado a processos de liquefação e fluidização (Pickering et al., 1989).

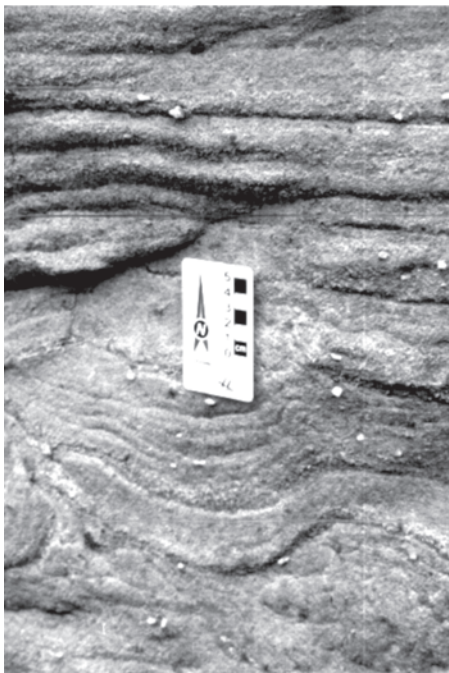


Foto 4 – Detalhe de estrutura de deformação nos estratos compostos por clastos com matriz siltica arenosa da Fácies Gcm.

A geometria desta fácies é caracterizada por camadas tabulares de arenito, com até 60 cm de espessura apresentando, no pavimento basal de conglomerado com estratificação horizontal. A fácies é originada pela migração de barras transversais de areia.

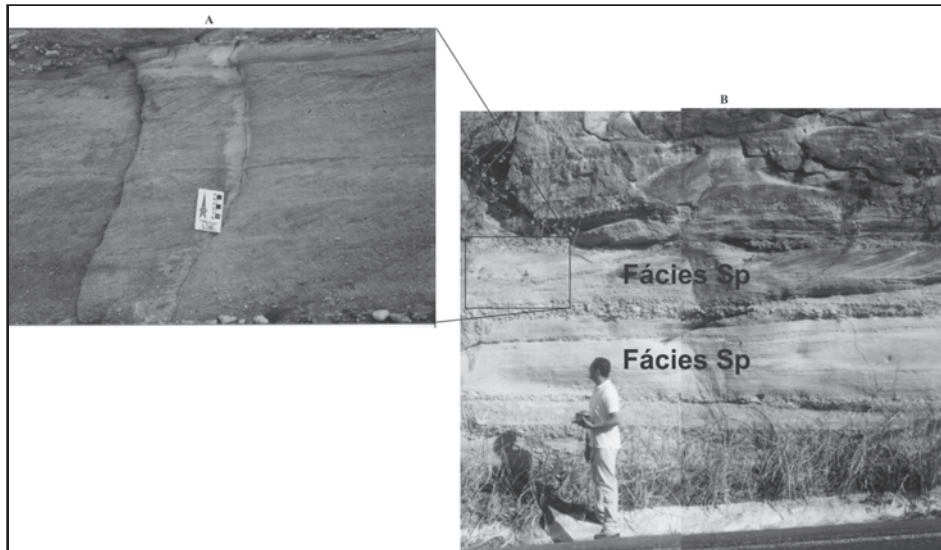


Foto 5 – A) Detalhe da fácies Sp no afloramento SRN. B) Visão geral da fácies Sp do afloramento SRN da PI-140, mostrando sets de estratificação cruzada planar de médio porte variando de 10 a 50cm, com limites cascalhosos.

Fácies Fl (Arenito muito fino a silte laminado).

Esta fácies ocorre em cunha inserida na fácies Sp (Foto 6 e Figura 3). É composta por gradação de camadas de siltito e folhelho que atinge até 1.5m de espessura. O limite com a fácies Sp é sempre marcado por um contato abrupto com a estratificação cruzada, composto por depósitos de silte e argila. Que pode representar depósitos de overbank, de canal abandonado ou final de inundação, o que sugere uma deposição catastrófica por rios glaciais.

Esta fácies é aqui interpretada como depósito de corrente com grande carga sedimentar, e com certa periodicidade. Os pacotes sedimentares que constituem esta fácies assemelham-se a típicos varvitos de origem glacial, com eventos anuais de degelo, que pode ser associado a ritimito segundo conceitos de Banerjee (1966) e Limarino & Césari (1988).

Afloramento 2 – Campo Grande do Piauí (CGP)

Na Figura 4A é apresentada a foto-montagem do afloramento CGP, onde foram traçados os limites faciográficos (Sp, Gcm, St e Fl), descritas na tabela 1 e as respectivas geometrias (2D) ilustradas na Figura 4B.

Os critérios para a classificação das litofácies inferem argumentos da variação de acordo com, o posicionamento das formações estratigráficas, eustasia e a disponibilidade da carga sedimentar continental bacia adentro (Miall, 1996; Hornung & Aigner, 1999; Buatois & Mángano, 1994; Jo, 2003). Levando em consideração que os afloramentos estudados são da mesma formação sedimentar, porém em diferente localização na bacia, as fácies podem variar quanto a características litológicas e ou arquiteturas, que são causados por fatores como: lâmina d'água, fonte, carga sedimentar, eustasia e outros. Na Figura 5 é apresentada uma seção estratigráfica tipo deste afloramento com as respectivas estruturas encontradas nas fácies correspondentes.

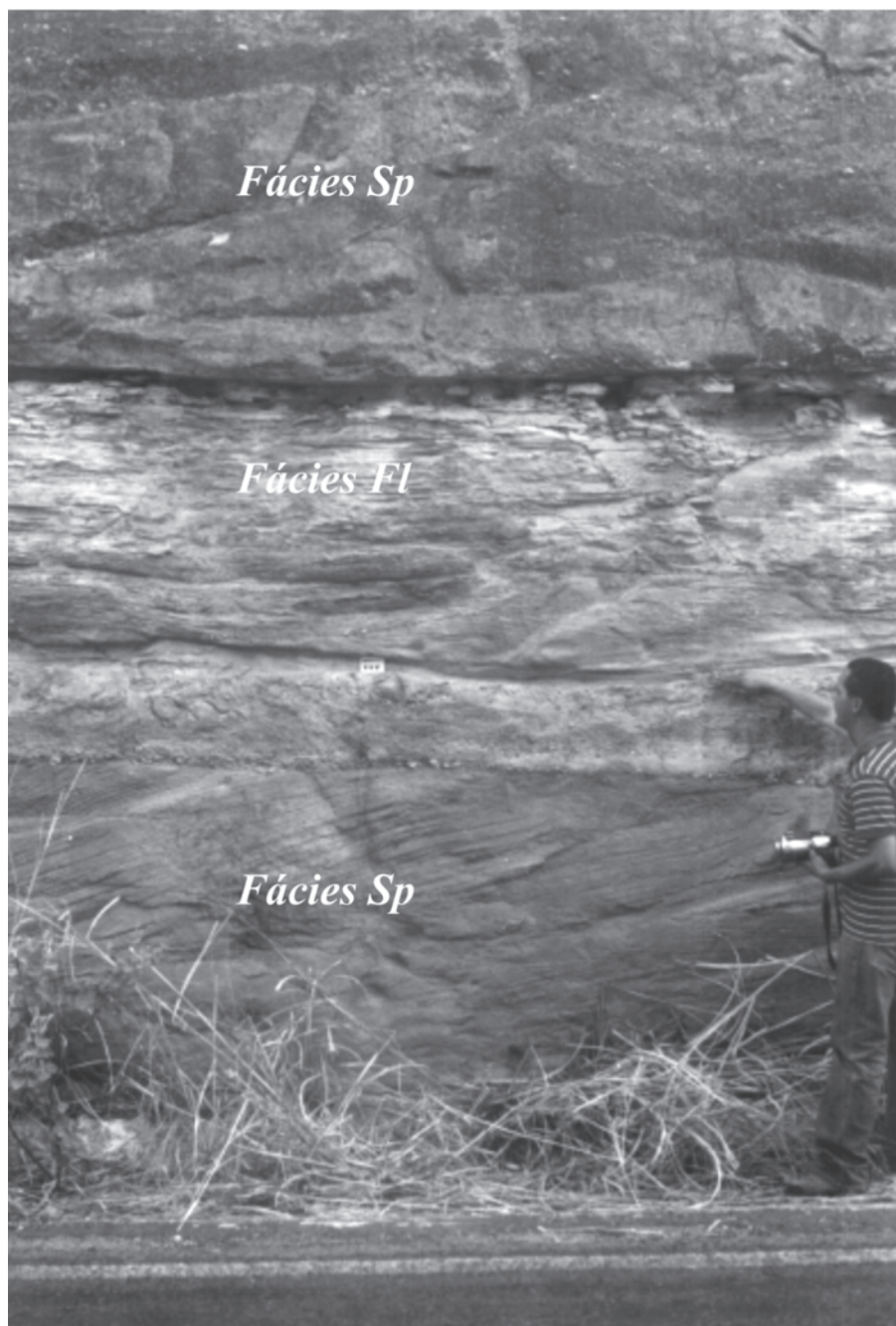


Foto 6 – Intercalação da fácies Fl com fácies Sp no afloramento SRN com pacote com estratificação cruzada planar com paleocorrente NW.

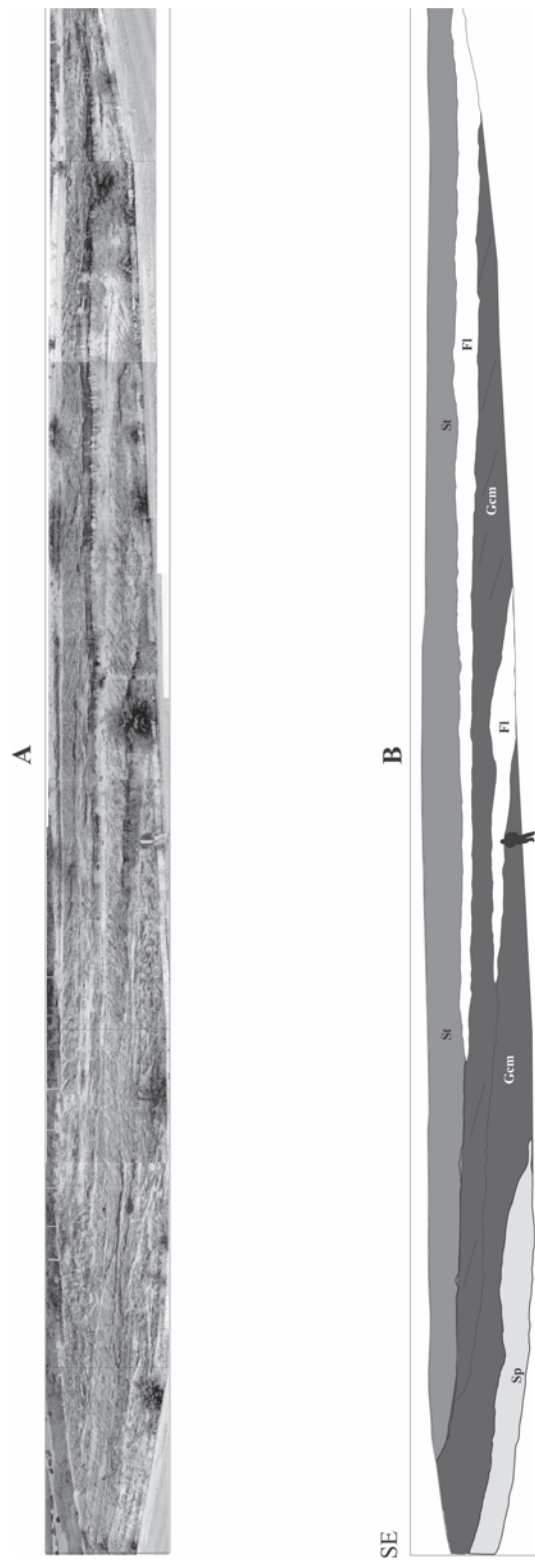


Figura 4 – A) Fotomontagem do afloramento CGP localizado às margens da BR-316 km 42, pertencente a Formação Jaicós do Grupo Serra Grande representando um sistema flúvio-deltaico entrelaçado distal em lençol.

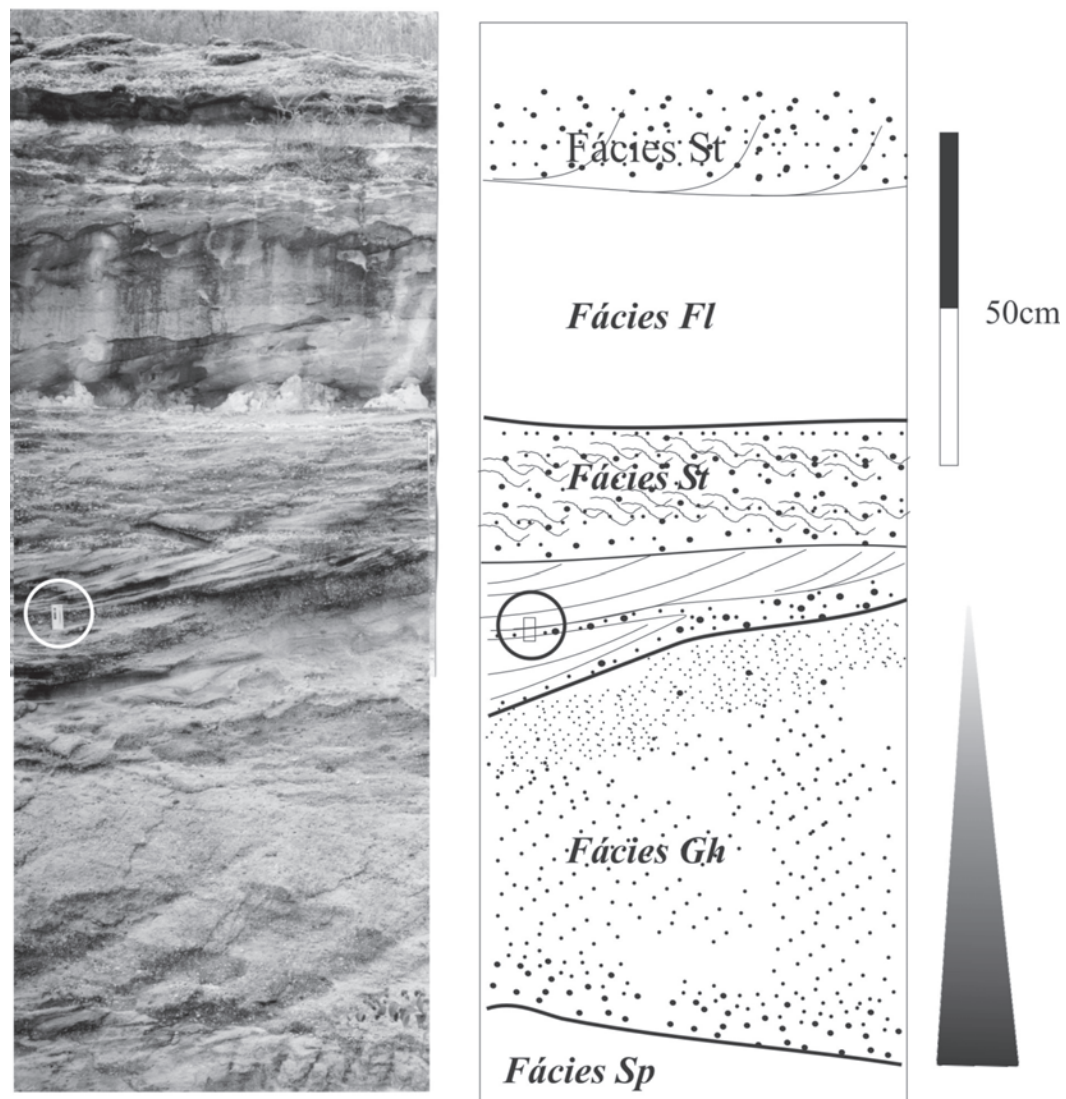


Figura 5- Detalhe da coluna estratigráfica, e as litofácies encontradas no afloramento CGP.

Fácies Sp (Arenitos com estratificações cruzada planar).

Esta fácies encontra-se na parte inferior do afloramento, com uma sequência de aproximadamente 1,50m de espessura, apresentando geometria tabular com sets de arenito médio a fino muito bem selecionado, e

de 60°. Esta estrutura sugere, uma alta taxa de deposição, e uma gênese que indica desaceleração de uma forte corrente de fluxo sedimentar. Assim, esta fácies indica um posicionamento nas margens de um leito de escoamento com desaceleração de fluxo sedimentar de cursos fluviais.

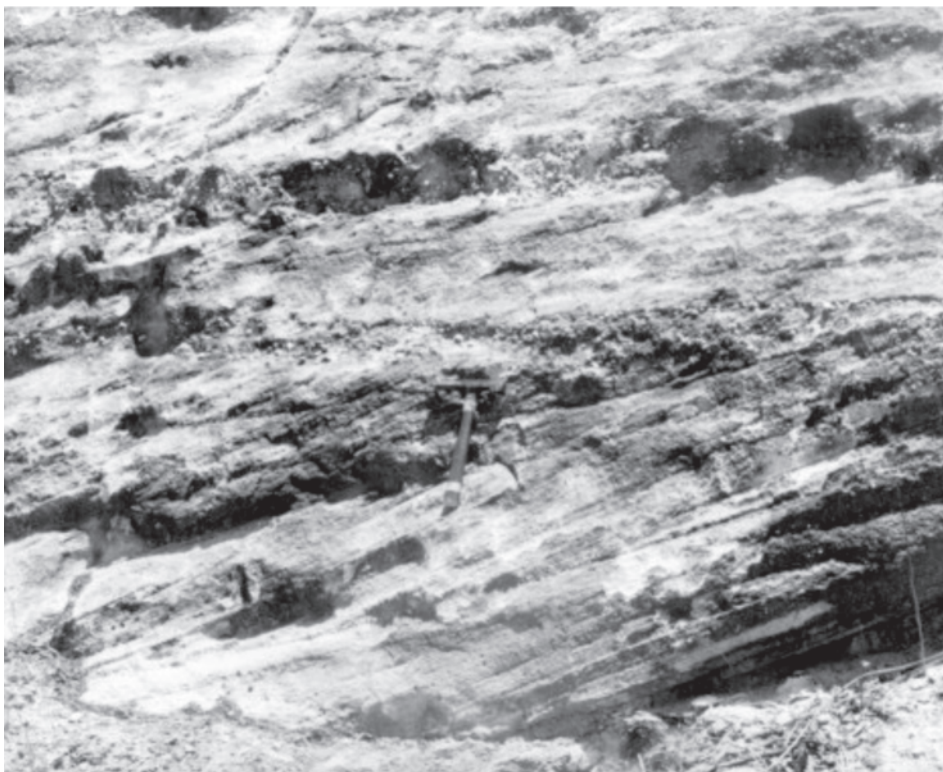


Foto 7 – Detalhe de estruturas do tipo estratificação cruzada tabular de médio porte da fácies Sp no afloramento CGP.

estratificação cruzada planar com superfícies discordantes com a fácies Gcm sobreposta (Foto 7).

Esta fácies é produzida pela migração de formas de leito ondulados de crista reta (dunas 2D), de barras longitudinais de leitos fluviais, apresentando uma paleocorrente de 350° AZ.

Com paleocorrente, dos estratos contendo climbing ripple, apresenta a direção

Fácies Gcm – (Conglomerado suportado por clastos com estratificação cruzada planar).

Conglomerado médio, suportado por clastos, composto por seixos de quartzo e quartzito, subarredondados de 2 a 5cm (Foto 8), com matriz arenosa grossa. Com geometria tabular e com discretas estratificação planar, esta fácies pode ser associada a fluxos de detritos, pseudoplásticos, viscoso, e laminares.

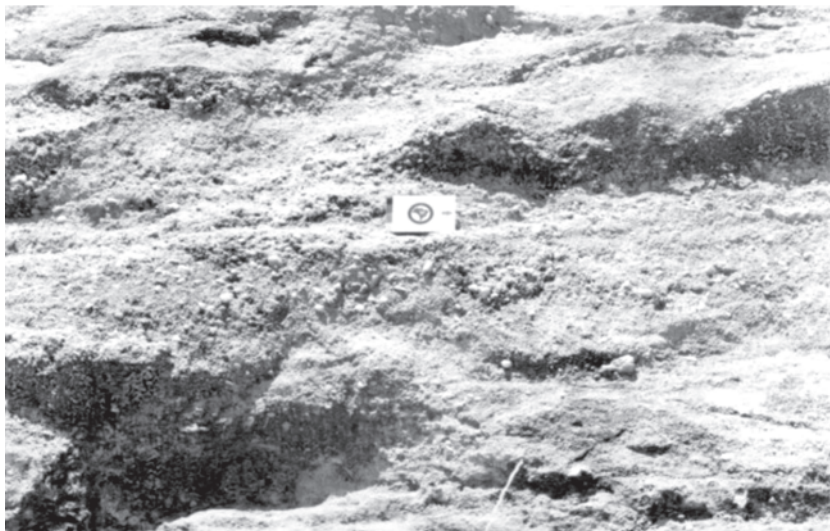


Foto 8 – Detalhe do conglomerado suportado por clastos e areia grossa da fácies Gcm do afloramento CGP.

Fácies St (Arenito com estratificação cruzada acanalada de pequeno porte)

Esta fácies encontra-se na parte superior do afloramento com grande continuidade lateral e uma geometria trabular. É composta por arenitos médios a grossos, de coloração branca a amarelada, seleção boa a muito boa e com pequenos ciclos de granocrescência ascendente. As feições acanaladas apresentam intensa alteração e são de difícil distinção. Os corpos apresentam geometria sigmóide, com estratificação interna e a quase ausência de siltitos nos foresets. Possuem comprimento entre 1 a 1,5 metros e espessura variando de 0,8 a 1,5 m e paleocorrente com sentido principal para NNW.

As côncavas das estruturas acanaladas, com limites erosivos pouco destacados, foresets tangenciais e pacotes espessos de sigmóides em seu interior, apresentam truncamentos de baixo ângulo com dimensões decimétricas e métricas. Esses corpos arenosos são gerados por processos oscilatórios associados a depósitos de tempestitos, apresentando uma suave ondulação dos estratos e grande continuidade lateral.

CONCLUSÕES

Nos afloramentos estudados foram identificadas cinco fácies sedimentares (Tabela 1) sendo no afloramento SRN (St, Gcm, Sp e Fl) e no afloramento CGP (Sp, Gcm, St e Fl).

A sequência transgressiva-regressiva do Grupo Serra Grande é reconhecida como um possante depósito sedimentar flúvio-deltaico. O conjunto litofaciológico interpretados nos afloramentos aqui estudados estão relacionados a um complexo sistema deposicional de borda de bacia associado a um sistema fluvial, porém, com algumas diferenças de fontes de sedimentos e batimetria.

Na figura 6A é esquematizado o modelo geológico para a associação de fácies do afloramento CGP onde os elementos arquiteturais, litológicos e estruturais, sugerem a deposição em um sistema fluvial efêmero, de baixa sinuosidade e pouco canalizado. Este modelo é caracterizado por uma rede de canais rasos, entrelaçado distal em lençol, pouco definido com ocorrência de eventos torrenciais que permitiram a formação de barras de cascalho.

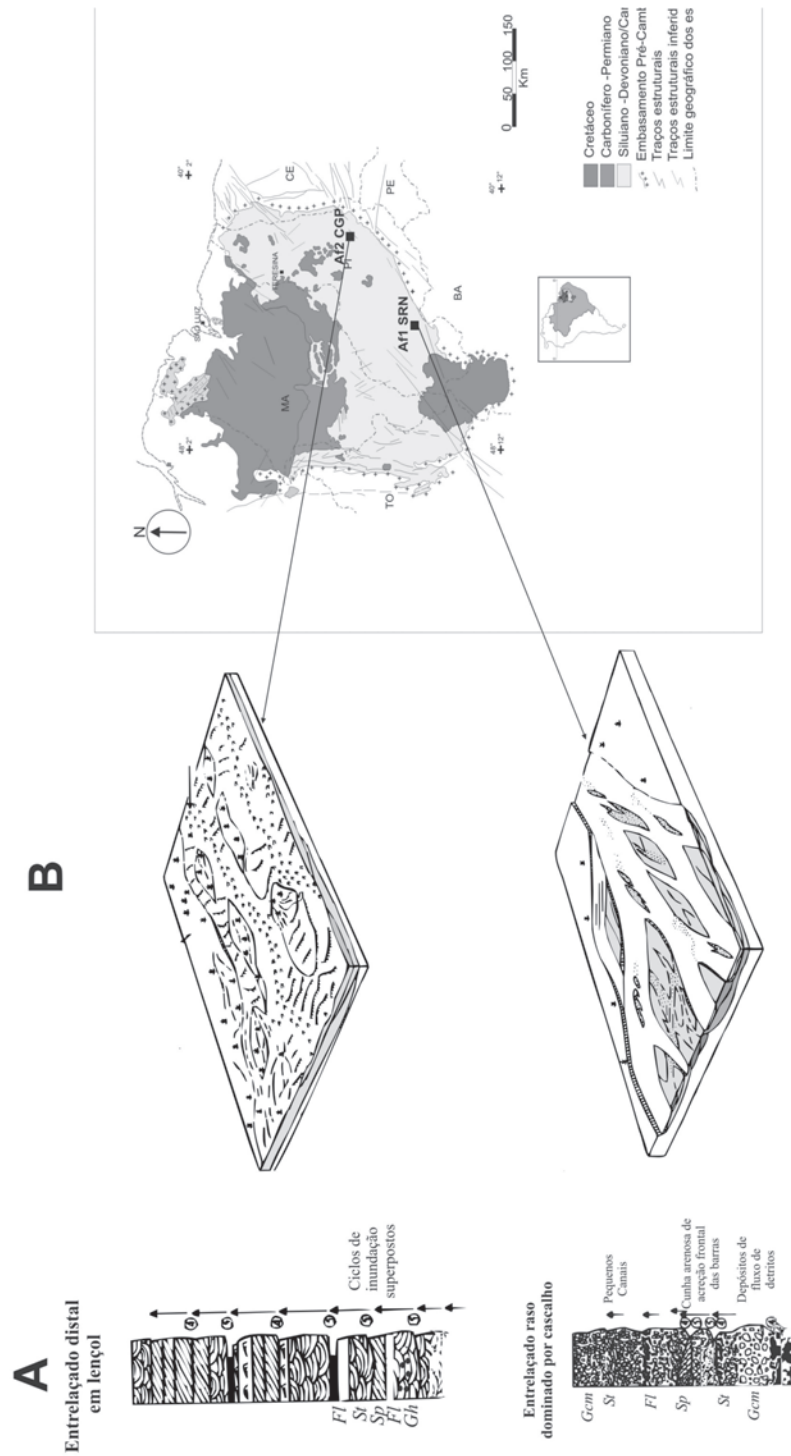


Figura 6 – A) Modelo esquemático da estratigrafia de depósitos fluvio-deltaico com base em Miall, 1996 para o afloramento da Formação Jaicós CGP localizado na borda sudeste da Bacia do Parnaíba. B) Modelo geológico esquemático para o afloramento SRN localizado na borda sudeste da Bacia do Parnaíba na PL-140.

Na figura 6B é proposto o modelo geológico para o afloramento SRN caracterizado por uma rede de canais instáveis onde se desenvolvem diversos tipos de formas de leito de cascalho de um sistema fluvial associados a leques aluviais glaciais, e pode sugerir influência de atividades tectônica na sedimentação deste intervalo.

Agradecimentos

Ao suporte financeiro do Projeto Análogos (convênio CTPETRO, PETROBRAS/UFPE), ao NEAR – Núcleo de Estudos de Análogos de Reservatórios da UFPE, e ao doutorando da pós-graduação da UERJ Marco André Malmann pelo apoio e orientação em discussões deste estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Banerjee I. 1966. Turbidites in a glacial sequence: a study from the Talchir Formation, Raniganj Colfield, Índia. *J. Geol.*, 74: 393-606.
- Brito Neves B.B. 1985. As grandes falhas e as bacias sedimentares. *Dep. Geologia -UFPE, Série D/Textos didáticos: O Fanerozóico Nordeste*, p. 14-18.
- Buatois L.A., Mángano, M.G. 1994. Lithofacies and depositional processes from a Carboniferous lake, Sierra de Narváes, northwest Argentina. *Sedimentary Geology*, 93, p 25-49.
- Campbell D.F., Almeida L.A., Silva S.O. 1949. Relatório preliminar sobre a geologia da bacia do Maranhão. *Boletim 1, Conselho Nacional do Petróleo, Rio de Janeiro*, 160p.
- Caputo M.V., Lima E.C. 1984. Estratigrafia, idade e correlação do Grupo Serra Grande. Rio de Janeiro – SBG. *Anais XXXIII Congresso Brasileiro de Geologia*, 2, p. 740-753.
- Carozzi A.V., Falkenhein, F.U.H., Carneiro, R.G., Esteves, F.R., Contreiras, C.J.A. 1975. Análise ambiental e evolução tectônica sinsedimentar da seção siluro-eocarbonífera da bacia do Maranhão. *Petrobras-CENPES, Rio de Janeiro Ciência- Técnica-Petróleo*, 7.48p.
- Cunha F.M.B. 1986. Evolução Paleozóica da Bacia do Parnaíba e seu arcabouço tectônico. Instituto de Geociências da UFRJ, Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 107p.
- Della Fávera J.C. 1990. Tempestitos da Bacia do Parnaíba. Instituto de Geociências, UFRGS, Porto Alegre, Tese de Doutorado, 2Vls.
- Dreyer T., Fält L.M., Hoy T., Knarud R., Stiel R., Cuevas J.L. 1993. Sedimentary Architecture of Field Analogues of Information (SAFARI): a case study of the fluvial Escanilla Formation, Spanish Pyrenees. In . S.S Flint & I.D Bryant (ed.) *The Geological Modelling of Hydrocarbon Reservoir and Outcrop Analogues*, Blackwell Scientific Publications Ltd, London, p. 57-80.
- Góes A.M.O., Feijó F.J. 1994. Bacia do Parnaíba. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 8 (1), p. 57-67.
- Góes A.M. 1995. A Formação Potí (Carbonífero inferior) da Bacia do Parnaíba. Instituto de Geociências – USP, São Paulo, Tese de Doutorado, 180p.
- Hornung J., Aigner T. 1999. Reservoir and aquifer characterization of fluvial architecture elements: Stubensandstein, Upper Triassic, southwest Germany. *Sedimentary Geology*, 129, p. 215-280.
- Jo, H.R. 2003. Depositional environments architecture, and controls of Early Cretaceous non-marine successions in the northwestern part of Kyongsang Basin, Korea. *Sedimentary Geology*, 161, p. 269-294.
- Limarino C.O., Césari, S., 1988. Paleoclimatic significance of the lacustrine Carboniferous deposits in the northwest. *Paleogeogr., Paleoclimatol., Paleoecol.*, 65: 115-131.

- Lindsay N. G., Murphy F. C., Walsh J. J., Waterson J. 1993. Outcrop studies of shale smears on fault surfaces. In . S.S Flint & I.D Bryant (ed.) The Geological Modelling of Hydrocarbon Reservoir and Outcrop Analogues, Blackwell Scientific Publications Ltd, London, p. 113-123.
- Mabessone J.M.; 1994. Sedimentary Basins of Northeast Brazil. Special Publication – Geology Department, Federal University of Pernambuco – Recife-PE, 2, 310p
- Mesner J.C., Wooldridge, L.C.P., 1964. Maranhão Paleozoic basin and Cretaceous coastal basin, North Brazil. Bulletin of American Association of Petroleum Geologists, 48, p. 1475-1512.
- Metelo, C.M.S., 1999. Caracterização estratigráfica do Grupo Serra Grande (Siluriano) na borda sudeste da Bacia do Parnaíba. Dissertação de Mestrado, UFRJ – Rio de Janeiro 102p.
- Miall A.D. 1996. The Geology of Fluvial Deposits. Springer, Berlin.
- Pickering K., Hiscott, R.N and Hein, F.J., 1989. Deep Marine Environments. Clastic Sedimentation and Tectonics. Unwin Hyman, London, 416p.
- Plummer, F.B., Price, L.I., Gomes, F.A. 1948. Estados do Maranhão e Piauí (Geologia): Rio de Janeiro, Conselho Nacional do Petróleo, p. 87-134 (relatório 1946).
- Rust, B.R. & Koster, E.H. 1984 Coarse alluvial deposits. In: Walker, R.G. Facies Models. 2nd ed. Toronto, Geoscience Canada, Reprint series 1, p. 53-59.
- Schubbers J. D. 1993. Quantification of turbidite facies in a reservoir-analogous submarine-fan channel sandbody, south-central Pyrenees, Spain. In: S.S Flint & I.D Bryant (ed.) The Geological Modelling of Hydrocarbon Reservoir and Outcrop Analogues, Blackwell Scientific Publications Ltd, London, p. 99-112
- Shanley K.W., McCabe P.J. 1993. Alluvial architecture in a sequence stratigraphic framework: a case history from the Upper Cretaceous of southern Utah, USA. In . S.S Flint & I.D Bryant (ed.) The Geological Modelling of Hydrocarbon Reservoir and Outcrop Analogues, Blackwell Scientific Publications Ltd, London, p. 21-56
- Small, H.L. 1914. Geologia e suprimento d'água subterrânea no Piauí e parte do Ceará. Série Geologia, Publicação 32, Rio de Janeiro, Inspectoria de Obras Contra as Secas, 146p.
- Walker, R.G. 1992. Facies models and modern stratigraphic concepts – Facies Models: response to sea level changes. 3rd ed. Ontario, Stittsville. Geological Association of Canada p.1-15.