



## Unidades geomorfológicas e depósitos sedimentares associados no sistema fuvial do Rio Paraná no seu curso superior

Manuel Luiz dos Santos

Universidade Estadual de Maringá, DGE, Paraná- Brasil

E-mail: [mldsantos@uem.br](mailto:mldsantos@uem.br)

---

### Resumo

Este trabalho busca ressaltar a importância do estudo das fácies sedimentares para a geomorfologia fluvial. Para tanto descreve a associação das diferentes formas de relevo com as respectivas fácies de seus depósitos, na da planície aluvial do rio Paraná, do Pontal do Paranapanema (MS-SP) até a confluência com o rio Ivaí (PR). A associação do estudo das fácies com a geometria tridimensional do depósito e sua posição espacial no registro fluvial, representa um avanço para o entendimento do paleorelevo e de seus processos. A utilização da relação fácies /unidade geomorfológica do sistema atual do rio Paraná foi de extrema importância para o estudo da evolução quaternária do mesmo.

**Palavras-chave:** Planície Aluvial, fácies sedimentares, processos geomorfológicos, Rio Paraná.

### Abstract

The present paper shows the importance of the sedimentary facies study on fluvial geomorphology. It explains the different landform associations and their deposits in the alluvial plain of the Parana River, Brazil. It uses the record of the sedimentary facies association to know the geomorphology process generating the fluvial system.

**Keywords:** Alluvial Plain, sedimentary facies, geomorphology process, Paraná River.

---

### 1. Introdução

O rio Paraná no seu curso superior apresenta uma diversidade de depósitos sedimentares dentro da planície aluvial, gerados em contextos geomorfológicos diferentes dos atuais. Cada sub-ambiente (canal, planície proximal ou planície distal) do sistema deposicional pode ser identificado por sua morfologia, geometria dos depósitos e por uma associação faciológica característica dos processos geomórficos e sedimentares atuantes durante sua formação. Sendo as fácies sedimentares uma resposta direta aos processos atuantes no ambiente deposicional que as geraram, quem trabalha com ambientes recentes tem sua tarefa simplificada, na medida que possui o conhecimento prévio do ambiente gerador e de sua geomorfologia. Porém, quem estuda o registro sedimentar necessita partir do estudo das fácies sedimentares para reconstituir a paleogeografia.

A íntima relação entre as fácies sedimentares e a morfologia dos sistemas fluviais levou à construção de modelos sedimentares verticais, que ganharam forte impulso a partir do desenvolvimento e imediata aceitação do modelo para rios meandantes proposto por Allen (1970). Com a intensificação dos estudos nos rios entrelaçados, que ocorreu a partir da década de 70, foram propostos modelos verticais baseados também na sucessão das fácies sedimentares, em depósitos recentes e antigos. Bons exemplos de modelos verticais para o sistema entrelaçado são os propostos por Miall (1977 e 1978 a, b).

Uma aparente evolução aos modelos verticais é representada pela análise tridimensional das associações faciológicas, buscando a arquitetura dos depósitos através de suas geometrias internas e externas (Allen, 1983; Friend, 1983; Ethridge, et alli, 1987; Muños et alli, 1992). Miall (1985, 1988 e 1992), baseando-se nos elementos arquitetônicos de Allen (1983) e

Ramos & Sopena (1983), propôs a análise de elementos arquitectônicos para o sistema fluvial, sugerindo oito tipos básicos. As associações entre estes elementos gerariam os diferentes estilos fluviais encontrados na natureza.

Para análise interativa entre a Sedimentologia e Geomorfologia Fluvial, Brierley (1991a, b), analisando a sedimentação no Rio Squamish (Canadá), utiliza os termos: 1- elemento morfoestratigráfico: “unidade deposicional definida por sua morfologia em exposição bidimensional, característica da superfície basal e posição dentro da seqüência, em associação com suas características sedimentares particulares”; 2- unidade morfoestratigráfica: “unidade deposicional definida por sua geometria tridimensional associada com suas características sedimentares”. Este autor define sete elementos morfoestratigráficos ocorrentes na planície e no canal fluvial indicando suas posições estratigráficas em relação a outros elementos, no registro sedimentar fluvial. Tais conceitos têm uma grande importância para a Geomorfologia Fluvial, pois alia a forma do depósito e a sua posição espaço temporal com suas características sedimentares.

O presente trabalho procura integrar os aspectos sedimentológicos com as características geomorfológicas dos depósitos da planície aluvial do curso Superior do rio Paraná (Fig. 1), adaptando para a situação local os conceitos desenvolvidos por Berley (1991a, b.)

## 2. Sistema deposicional na área estudada

A bacia hidrográfica do rio Paraná no seu curso superior está desenvolvida, quase exclusivamente, sobre arenitos cretáceos do Grupo Bauru. Na região deste estudo, afloram principalmente os arenitos da Formação Caiuá (K) e em alguns pontos no leito do rio afloram, como soleiras, as eruptivas básicas da Formação. Serra Geral (JK). Estas últimas ocorrem ainda como uma faixa alongada a leste e a oeste da bacia.

O relevo é constituído por um conjunto de superfícies planas, escalonadas e topograficamente monótonas, com caimento suave em direção a calha do rio Paraná. Estas superfícies são formadas por uma cobertura arenosa inconsolidada oriunda da alteração dos arenitos cretáceos. A implantação do sistema de drenagem do rio Paraná e sua evolução ao longo do Pleistoceno, promovidas pelas interações climáticas e tectônicas, moldaram o paleorelevo produzindo patamares escalonados aproximadamente planos, constituídos por depósitos aluviais (terraços) e a planície aluvial atual (Souza Filho, 1993; Stevaux, 1993 e 1994; Santos & Stevaux, 2000).

A planície aluvial exibe uma geometria assimétrica, desenvolvendo planície de inundação somente no lado direito do canal fluvial (Fig. 1), como uma faixa com cerca de 6km de largura e de cerca de 3 a 5m de altura acima do nível médio do rio. Esta planície é drenada por um sistema

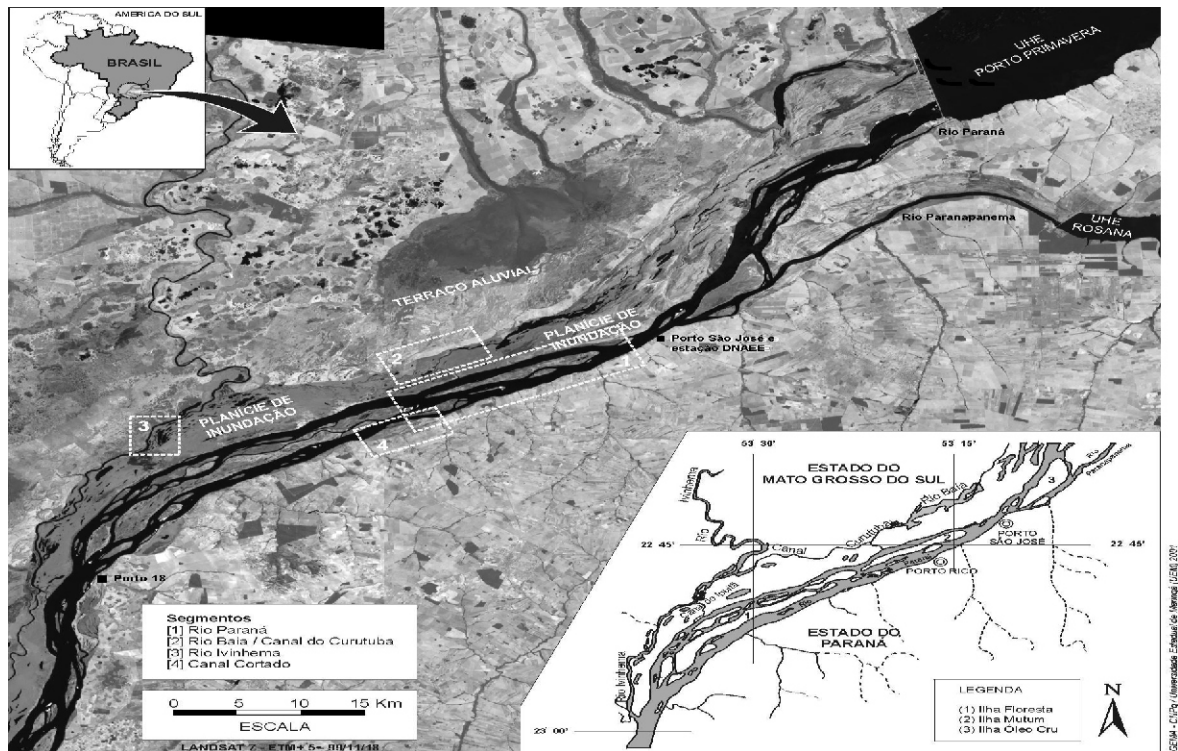
anastomosado de canais, formados pelos rios Baía, Curutuba, Araçatuba (que representam antigos canais do rio Paraná) e pelo curso inferior rio Ivinheima (Fig.1). Ao longo da margem esquerda afloram os arenitos Cretáceos, formando resistentes paredes com altura média em torno de 6m acima do nível médio do rio. Estes paredes, formados pela erosão fluvial, impedem o desenvolvimento de planície de inundação no lado esquerdo do canal fluvial.

O canal atual apresenta uma largura média de 3km e ocorrem inúmeras ilhas e barras arenosas em seu interior, que dão ao sistema fluvial uma geometria entrelaçada. O rio Paraná no seu curso superior retrabalha seus depósitos prévios, formando um sistema fluvial com carga de fundo predominantemente arenosa. As grandes ilhas possuem dezenas de quilômetros de comprimento e apresentam morfologia e idade de depósitos, associações de fácies sedimentares e altura em relação ao nível médio do rio, idênticas às da planície. Estas características indicam que as ilhas foram formadas pelo retrabalhamento dos depósitos da planície de inundação pelo canal atual do rio, sendo portanto formas erosivas e não deposicionais (Santos 2001 a, b). Tanto os depósitos da planície quanto os depósitos das ilhas são cortados por um intrincado conjunto de paleocanais facilmente identificáveis em fotografias aéreas (Fig. 2).

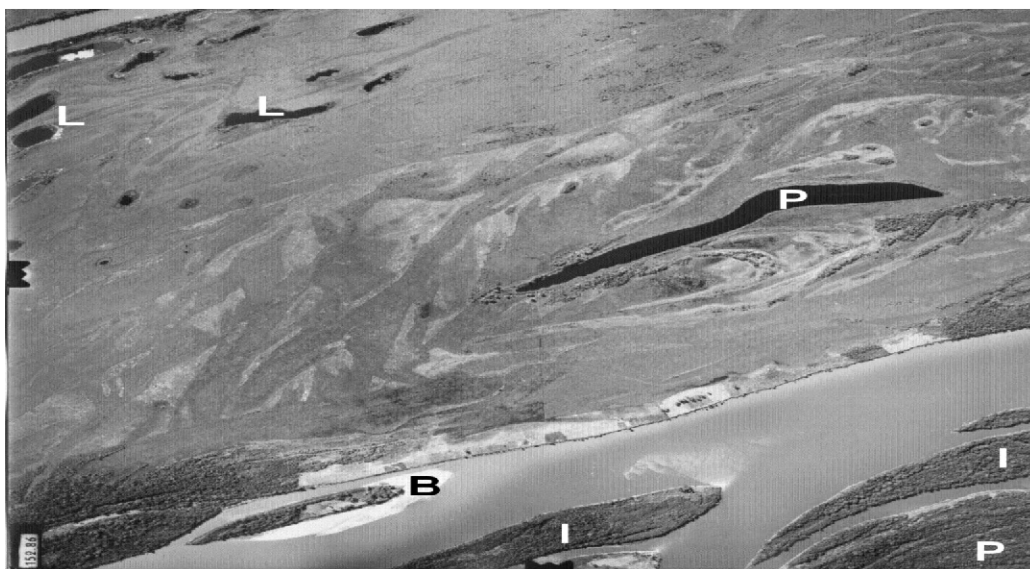
O sistema aluvial rio Paraná apresenta uma associação de depósitos que expressam as alterações climáticas experimentadas do Pleistoceno Superior ao Holoceno (Stevaux, 2000; Santos, 2001a; Stevaux e Santos, 1998). A base do sistema deposicional é formada por um pacote com associações de fácies de areia e cascalhos típicas de sistemas entrelaçados, desenvolvidas em condições de aridez. Para o topo desse sistema deposicional desenvolveram-se associações de fácies de areia estratificada, silte e argila, relativas a um sistema anastomosado que sucedeu o sistema “braided” basal, sob as melhores condições climáticas apresentada a partir do Holoceno Médio (Santos, 1997). Sobre os depósitos deste paleossistema anastomosado é que se desenvolve a atual morfologia do rio. A distinção entre os depósitos atuais e pré-atuais da planície é muitas vezes difícil. Isto se deve à semelhança climática e de sub-ambientes deposicionais, entre o sistema atual e o paleossistema anastomosado, aliada à recente troca de padrão (anastomosado para o atual), que permite a preservação geomórfica (diques, canais e “crevasses”) do antigossistema.

## 3. Unidades morfogenéticas e associações faciológicas correspondentes

Neste trabalho, para identificar as diferentes unidades morfoestratigráficas descritas (canal, planície proximal e distal), serão usadas as



**Figura 1.** Localização da área estudada no Noroeste do Estado do Paraná, Região Sul do Brasil. A figura mostra o desenvolvimento assimétrico da planície aluvial.



**Figura 2.** Vista aérea do rio Paraná na Região de Porto Rico-PR, mostrando barras arenosas (B) e ilhas (I) no canal do rio Paraná. Na planície de inundação tem-se a ocorrência de lagoas (L), de pântanos e de paleocanais (P). Chama-se a atenção para o fato de que as ilhas apresentam internamente um intrincado sistema de paleocanais.

fácies e suas inter-relações laterais e verticais, como sugeridos por Brierley (1991 a, b), modificadas para a realidade do sistema deposicional analisado (Tabela 1). Esta opção resulta da possibilidade de se usar a análise do estaqueamento dos elementos

morfoestratigráficos de um depósito, para se inferir sobre seu processo deposicional (avulsão, reativação, abandono), constituindo-se na grande vantagem desse elemento de análise.

**Tabela 1-Elementos Morfoestratigráficos e Fácies**

UNIDADE		ELEMENTO	ESCALA E GRANULOMETRIA	GRANULOMETRIA E FÁCEIS	INTERPRETAÇÃO
PLANÍCIE	PROXIMAL	dique	Forma de cunha com espessura de 0.3 até 3 m.	areia fina e muito fina (Sr, Sm, Sp e FI)	deposição rápida sobre a planície ou barras, durante as cheias (tração + suspensão)
		<i>crevasse splay</i>	até 50 cm. Camada ou cunha, lombada	Areia muito fina, silte e argila.(Sr, Sm, So e FI)	deposição rápida sobre a planície e ou rompimento de dique marginal
	DISTAL	depósitos em lagos e pântanos	até 5m, preenchendo canais abandonados ou em forma de lençol	Silte e argila, ricos em matéria orgânica. (Fm e FI), areia muito fina (Sr).	lenta deposição em canais avulsionados ou em baixios sobre a planície.
CANAL	barra central		Forma de cunha ou tabular, macroformas	areia muito grossa a fina .(Sp, St, Sr e FI)	Superposição de formas de canal, principalmente tração.
	barra lateral		Forma de cunha ou tabular, macroformas	areia média a fina. (Sp, Sr, So, FI e Fm)	Deposição lateral ao canal (tração + suspensão.)
	Fundo de canal		Barra ou lençol, acompanhado a superfície do canal.	Seixos, grânulos e areia muito grossa. (Gm, Sp)	Deposição rápida, com alta energia sobre superfície. Erosiva basal

Modificado de Brierley (1991a, b). Os códigos da fácies são modificados de Miall (1992) e representam: Seixos maciços (Gm). Areias com estratificação cruzada: planar (Sp), acanalada (St); areias com microestratificação (Sr); areias com matéria orgânica (So), areias maciças (Sm). Pelitos maciços (Fm), Pelitos laminados (FI).

### 3.1. Unidade morfo genética de canal

Os elementos de canal são divididos em depósitos emersos no canal (barras e ilhas, Fig. 2) e depósitos no leito do rio. As barras e ilhas recentes correspondem aos depósitos topograficamente elevados em relação ao nível médio do rio, emersos na maior parte do ano e recobertos ou não por vegetação gramínea ou arbórea.

As barras diferenciam-se das ilhas por sua menor altura em relação ao nível do rio, menor estabilidade (são freqüentemente retrabalhadas no canal fluvial) e por não apresentar vegetação arbórea. As ilhas recentes representam a evolução de barras por aggradação.

Neste caso, são formas geneticamente relacionadas ao canal fluvial atual. As barras fluviais são macroformas fundamentalmente arenosas com uma pequena contribuição de pelitos. Estes últimos somente estão presentes nas barras mais altas, mais vegetadas e ocorrentes naquelas regiões do canal onde a intensidade do fluxo é menor (Santos, 1997 e Santos & Stevaux (2000). Estas macroformas (dunas sub-aquosas de Ashley, 1990), exibem dimensões que variam de centenas de metros até quilômetros. A

forma em planta destes depósitos é variável, segundo a dominância dos processos erosivos ou deposicionais e a variação do nível d'água. Normalmente a relação comprimento/largura é muito maior que 1).

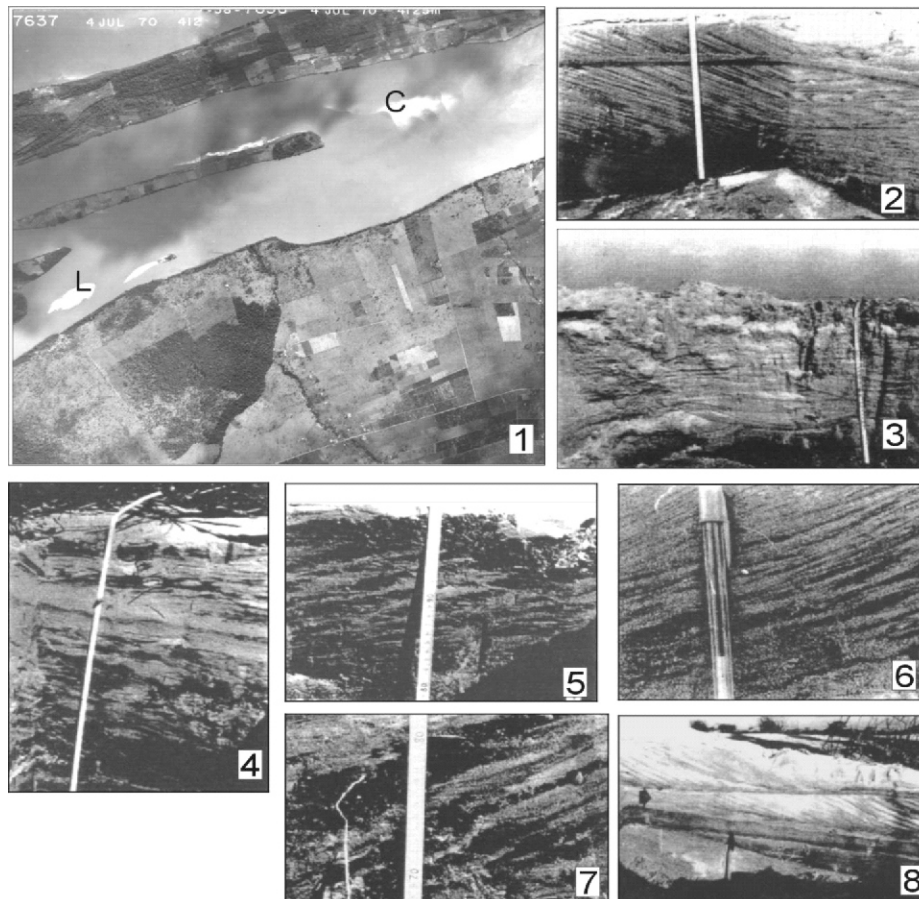
Santos (1991) e Santos & Stevaux (2000) apresentam uma classificação simplificada para estes depósitos, segundo sua geometria, associação faciológica, posição espacial e processos erosivos e deposicionais, denominando-as de barras centrais e barras laterais. Nas primeiras os processos de acreção para jusante são dominantes, enquanto que nas últimas os processos de acreção lateral e de aggradação são mais característicos.

As ilhas antigas representam formas reliqueares do sistema anastomosado mais antigo, isoladas dentro do canal pela migração lateral do sistema fluvial, sendo, portanto formas erosivas. Estas últimas são os depósitos mais elevados dentro do canal, na mesma altitude da planície sendo, portanto somente encobertas por cheias extremas, ocasião em que se comportam como planícies fluviais.

### 3.2. Barras centrais de canal

São depósitos formados por areia média a grossa, com pequena contribuição de lama e de matéria orgânica. Apresentam pronunciada

assimetria longitudinal, com o desenvolvimento de superfícies com forte declividade a jusante (“foreset”), assemelhando-se às dunas barcanas do sistema eólico. Localizam-se na porção central do



**Figura 3.** Fácies e associações faciológicas, ocorrentes nas barras de canal do rio Paraná. 1- Fotografia aérea do canal do rio Paraná mostrando a ocorrência de barra central (C) e lateral (L). 2- Estratificação cruzada planar em fácies de areia fina a média (Sp, fita branca = 0,30m); 3- Estratificação cruzada acanalada em fácies de areia grossa (St, fita branca = 0,45m); 4- associação faciológica dos diques marginais das barras laterais, na base ocorrem fácies de areia com matéria orgânica (So) e para o topo, areia com micro-estratificação (Sr, fita branca = 0,70m); 5- areia com marcas ondulares cavalgantes, ocorrentes em barra lateral (Sr); 6 e 7- areia estratificada com matéria orgânica ao longo da estratificação (So); 8- conjunto de fácies de areia estratificada (Sp) acunhando em direção ao centro das barra centrais. Figura 3. Fácies e associações faciológicas, ocorrentes nas barras de canal do rio Paraná. 1- Fotografia aérea do canal do rio Paraná mostrando a ocorrência de barra central (C) e lateral (L). 2- Estratificação cruzada planar em fácies de areia fina a média (Sp, fita branca = 0,30m); 3- Estratificação cruzada acanalada em fácies de areia grossa (St, fita branca = 0,45m); 4- associação faciológica dos diques marginais das barras laterais, na base ocorrem fácies de areia com matéria orgânica (So) e para o topo, areia com micro-estratificação (Sr, fita branca = 0,70m); 5- areia com marcas ondulares cavalgantes, ocorrentes em barra lateral (Sr); 6 e 7- areia estratificada com matéria orgânica ao longo da estratificação (So); 8- conjunto de fácies de areia estratificada (Sp) acunhando em direção ao centro das barra centrais.

canal onde são maiores as velocidades da corrente, daí a sua grande instabilidade. Migram para jusante ou são totalmente erodidas pelas cheias subsequentes. Frequentemente exibem a montante desenvolvidos diques frontais (Fig. 3), que acunham para o interior da barra.

A geometria interna desta macroforma em conjunto com sua associação faciológica, mostra uma diminuição de energia da base para o topo do depósito. Na base, tem-se a dominância das fácies Sp e St, de ordem métrica, com

estratificação cruzada bem desenvolvida e granulometria grossa (Fig. 3). No topo destas barras superpõem-se camadas e ou cunhas arenosas finas ou silto-argilosas, de espessura centimétrica a decimétrica, formadas por processos de decantação e ou tração, ( fácies Sr, Fl, Fm). As estruturas dominantes são estratificações cruzadas (Sp e St), microlaminações cruzadas, “flaser” e marcas onduladas, fácies (Sr) e, secundariamente, laminações horizontais (Sh). As fácies arenosas maciças (Sm) e as fácies ricas em matéria orgânica (So) são raras. As fácies lamíticas (Fl e Fm) desenvolvem-se sobre as superfícies das barras como “drapes” centimétricos ou em superfícies mais escavadas (poças e baixios), como camadas decimétricas ricas em matéria orgânica, após os níveis mais altos de água.

### 3.3. Barras laterais ao canal

São depósitos arenosos finos, simétricos, com desenvolvidos diques arenosos marginais dispostos radialmente às barras. Estes promovem no interior da barra uma bacia de sedimentação onde depositam pelitos e matéria orgânica, por decantação. Localizam-se próximos às margens do canal e das ilhas, em regiões com baixa energia de fluxo, sendo portanto, muito estáveis, com baixa atividade erosiva e com forte agradação. Estas características permitem o desenvolvimento de vegetação que auxilia na estabilização das barras, gerando ilhas ou progradando as margens do canal (Santos, 1991; Santos et alii, 1992).

A principal característica destes depósitos é a maior contribuição de lama e matéria orgânica, gerando as fácies Fl, Fm e So (Fig.3). A geometria destas barras mostra, também, uma superimposição de formas de leito menores, com a fácies de areia fina estratificada (Sp), ocorrendo na base do depósito.

### 3.4. Fundo de canal

São as formas de leito atualmente desenvolvidas no canal do rio Paraná, constituídas pelas areias em transporte no leito do rio. Foram estudadas por Stevaux (1993) que demonstrou, por estudos ecobatimétricos e sedimentológicos, que estas formas apresentam-se superimpostas por formas de leito menores, e mais recentemente por Martins & Stevaux (2004). Stevaux (1993) reconheceu a geração de quatro grupos de formas de leito, descrevendo-as como: 1) Ondas de areia (“sandwaves”): são grandes formas de leito, atingindo até 13 m de altura e comprimentos superiores a 1 km. grandes formas são comuns em grandes rios, tendo sido bem descritas por Collinson (1981) no rio Tana, na Noruega, que porém apresentam dimensões bem menores do que as encontradas no leito do rio Paraná; 2) Dunas sub-aquosas: são as formas mais freqüentes no rio, apresentam uma grande variação de altura (1,5m a

7,5m) e comprimentos na ordem de 50 a 500m; 3) Megaondulações: são formas de grande mobilidade, de geometria linguóide ou luniforme e dimensões que variam de 30 cm até 1,5m; 4) Ondulações: representam as menores formas de leito, normalmente encontradas sobre as costas das formas maiores. Formam-se em lâminas d'água rasas (menos de 1m de profundidade) e em correntes de baixas velocidades, sendo normalmente encontradas na superfície das barras, comumente com geometria linguóide.

### 3.5. Unidade morfoestratigráfica de planície de inundação

Incluem-se nesta categoria tanto os depósitos atuais desenvolvidos sobre as ilhas recentes e antigas, quanto aqueles desenvolvidos sobre a planície aluvial propriamente dita. Os elementos morfoestratigráficos e os depósitos correlacionados foram agrupados em unidade de planície proximal (dique marginal e depósito de transbordamento) e unidade de planície distal (lagoas e pântanos), segundo a posição espacial do elemento em relação ao canal do rio Paraná.

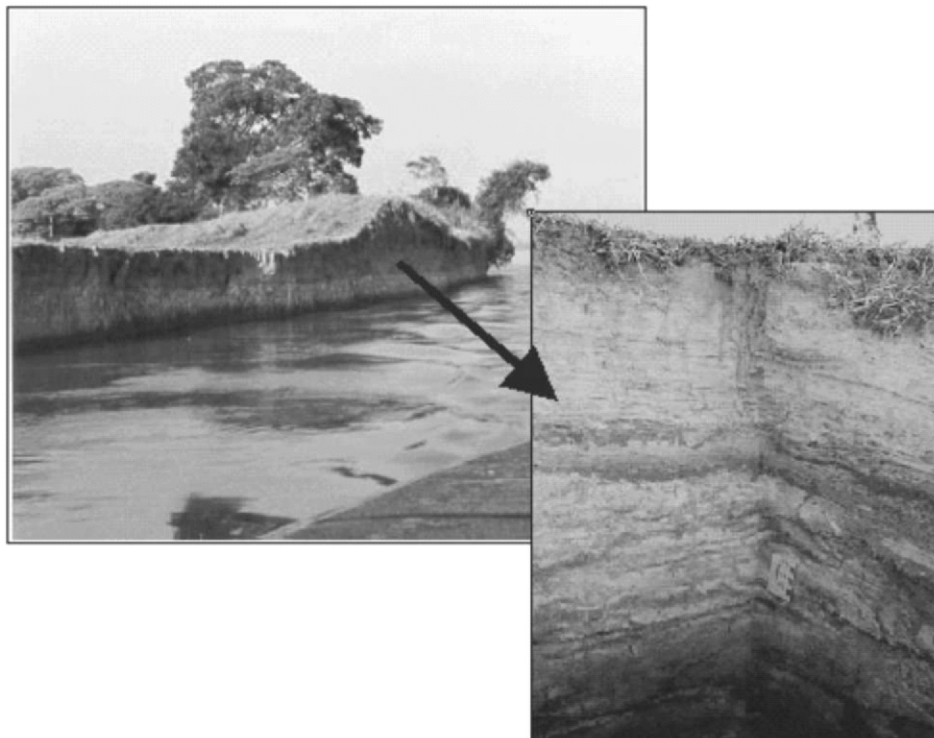
### 3.6. Dique marginal

São bastante característicos na região estudada. Margeiam o canal do rio Paraná e de seus afluentes, como uma faixa alongada e descontínua com alturas variando de 1 até 3m. Sobre as ilhas os diques marginais são menos desenvolvidos e bastante descontínuos, provavelmente pela forte erosão experimentada pelas margens, como mostrado por Fernandez (1990). Os diques marginais mostram uma seção transversal grosso modo em forma de cunha, diminuindo de espessura na direção da planície ou para o interior das ilhas (Fig. 4).

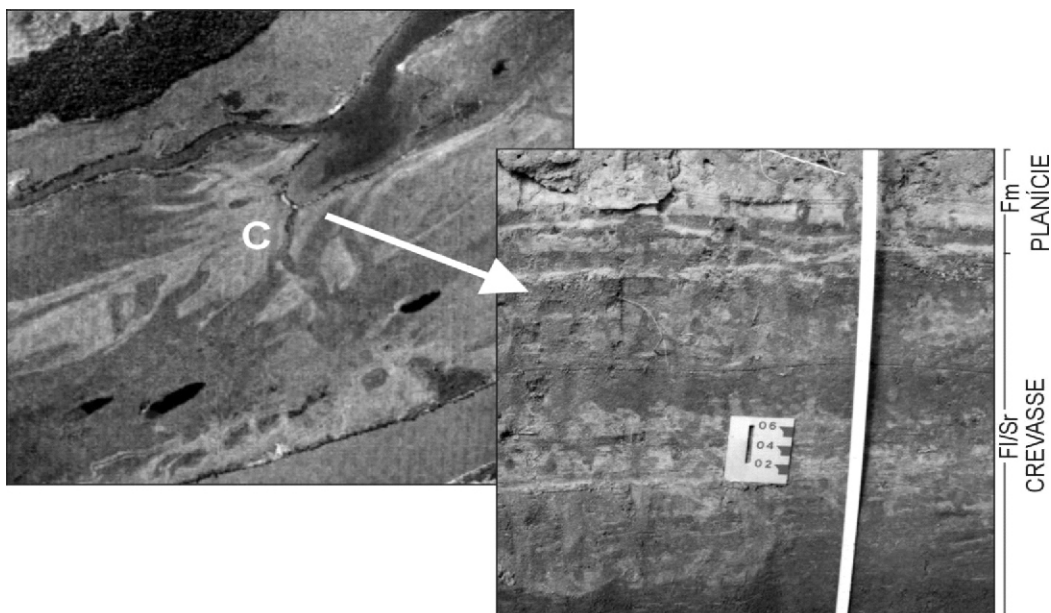
São formados por depósitos de areia fina, com contribuição variável de silte e argila, normalmente bastante bioturbados. As fácies mais comuns são as Sr, Sm, So e Fl (Fig. 4) e, subordinadamente, ocorrem as fácies Sp. Por apresentarem características idênticas às descritas para os diques do sistema anastomosado, são tratados sucintamente neste capítulo.

### 3.7. Rompimento de dique marginal (“crevasse splay”)

São geoformas bastante comuns na área estudada, ocorrendo como depósitos arenosos, silto-argilosos, com morfologia linguóide sobre os pelitos da planície. Em fotografias aéreas aparecem como áreas esbranquiçadas com formas que se irradiam a partir de um canal fluvial, como “pata de ave” (Fig. 5). Esta figura mostra um complexo de diques e “crevasse”



**Figura 4.** Seção transversal ao dique marginal no canal do rio Paraná (Ilha Mutum, Porto Rico). O detalhe mostra a associação faciológica típica em diques marginais com fácies areno-argilosa com marcas ondulares (Sr) e fácies de pelito laminado (Fl).



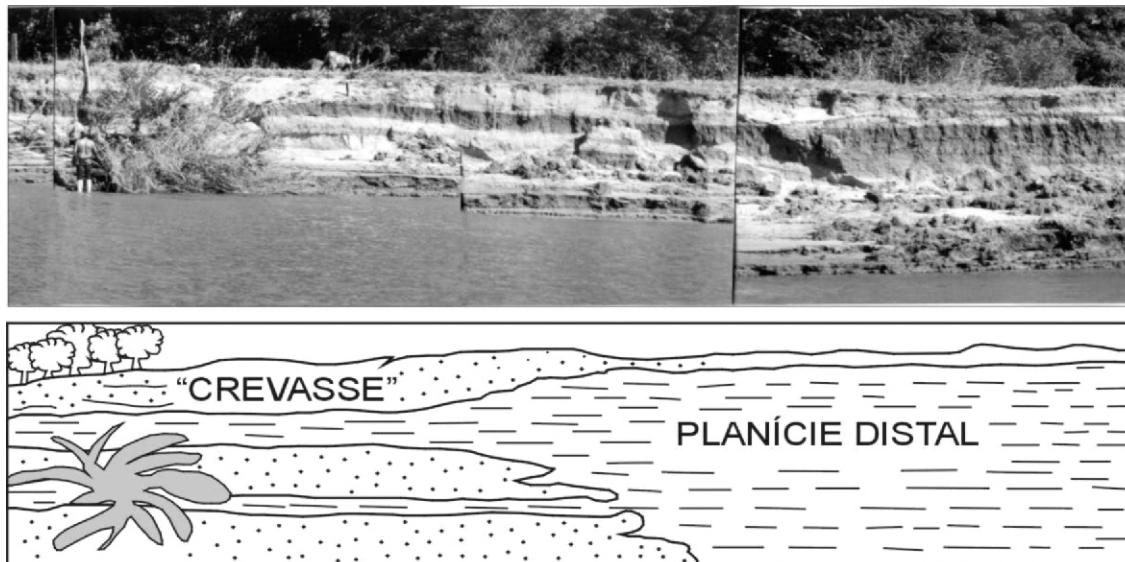
**Figura 5.** Fotografia aérea mostrando, em planta, a geometria dos depósitos de rompimento “crevasse splay” na planície de inundação do Rio Paraná, em Porto Rico - PR. Note a formação inicial de um canal alimentador do depósito (C). No detalhe, a associação faciológica correspondente, obtida em trincheira, mostrando uma intercalação de areia com marcas onduladas cavalgantes (Sr), com fácies pelito-arenosa laminada (Fl). Note que esta associação está inserida dentro de fácies pelítica maciça da planície (Fm).



margeando os canais do sistema anastomosado formado pelos rios Baía e Curutuba. Note-se que a partir deste complexo (dique-“crevasse”) desenvolvem-se depósitos de rompimento modernos sobre a planície (áreas esbranquiçadas e

não vegetadas). Os depósitos de rompimento são mais baixos em relação à planície (normalmente menos de 1 m de altura), sendo povoados por gramíneas ou por árvores de pequeno porte

Os depósitos de rompimento atuais



**Figura 6-** Passagem lateral de fácies de lama maciça (Fm) de planície distal para fácies de areis do depósito de rompimento do dique marginal. (Ilha Pacu, Porto Rico).

mostram uma associação de fácies de areia fina (Sr) intercaladas as fácies de lama maciças ou laminadas (Fm e Fl) (Fig. 6). A associação lateral com a fácies argilo-siltosas da planície distal é notória, como pode ser visto na Figura 6. Nesta tem-se, no topo do depósito (superfície da ilha), a passagem lateral dos pelitos para um depósito areno-siltoso, que mostra uma geometria em cunha de topo convexo.

### 3.8. Lagoas e pântanos

São os mais freqüentes na planície atual e nas ilhas. Os paleocanais abandonados permitem o surgimento de lagos alongados e freqüentemente orientados segundo a declividade regional, subparalelos à drenagem atual. Estes sistemas lênticos permitem a deposição da carga em suspensão trazida durante as cheias maiores, formando um pacote siltico argiloso, maciço ou finamente laminado, com espessuras de até 5m. Nestes ambientes, uma grande quantidade de matéria orgânica é depositada junto com a carga sólida em suspensão, formando depósitos turfáceos. As áreas pantanosas dominam toda a planície atual, desenvolvendo uma alta densidade de vegetação de gramíneas e de pequenos arbustos. A proximidade do freático mantém estas áreas quase que constantemente alagadas durante o ano

todo, propiciando a formação de fácies finas (So, Fm), ricas em matéria orgânica.

As grandes cheias promovem a geração de um fluxo canalizado sobre a planície formando um único canal unindo o rio Paraná ao rio Baía. Nestas ocasiões forma-se sobre a planície uma fina lâmina d'água (menos de um metro) com fluxo unidirecional. A vegetação diminui a velocidade do fluxo e permite a deposição de formas de leito arenosas (como “lençóis”). Estes depósitos recebem grande contribuição de pelitos e matéria orgânica, desenvolvendo uma associação de fácies Sr, So, Fl e Fm.

### 4. Unidades morfogenéticas e os processos geomorfológicos

O uso da sucessão vertical das unidades e seus respectivos elementos morfogenéticos podem indicar os processos geomórficos formadores dos depósitos e a paleogeografia. A sucessão espaço-temporal de elementos diferentes indica diferentes condições do ambiente deposicional.

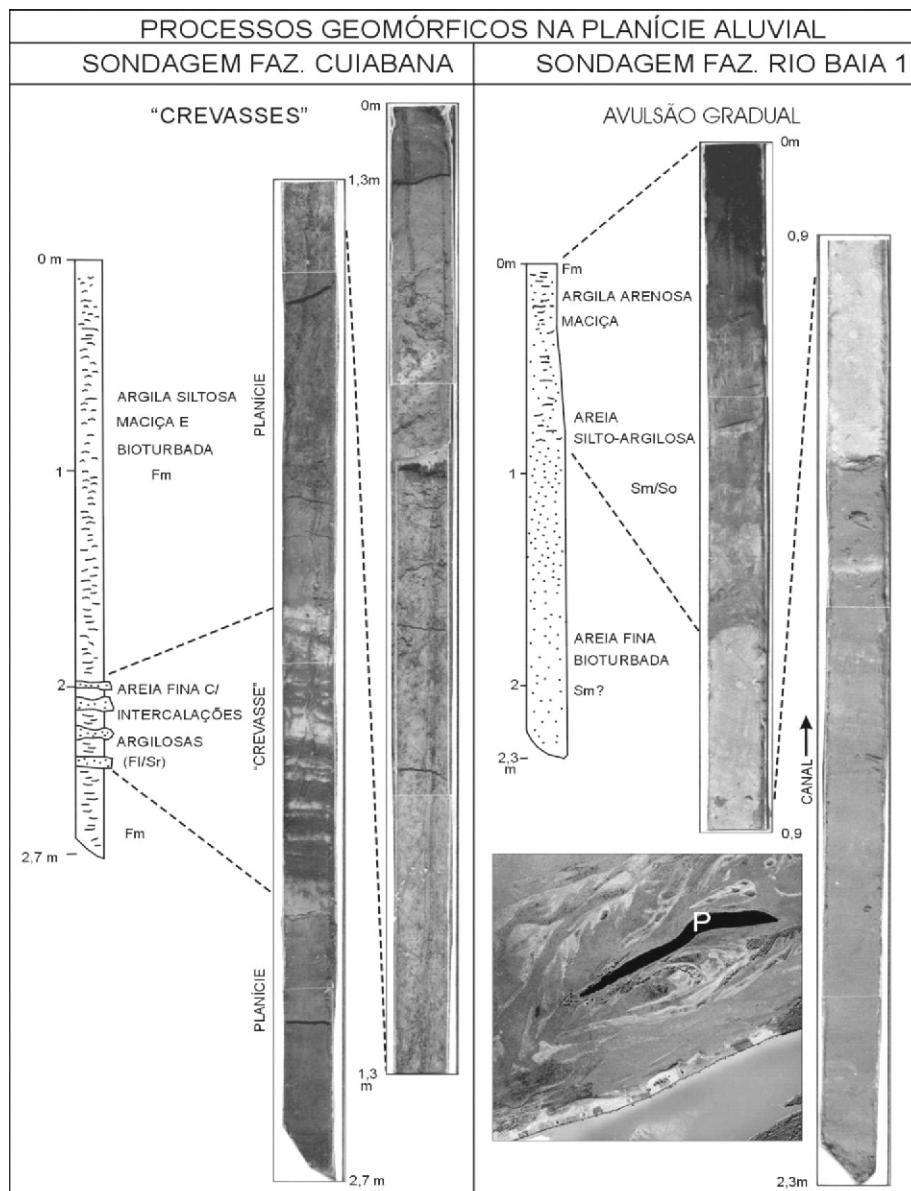
O sistema anastomosado se caracteriza pela elevada estabilidade dos canais fluviais, o que torna a erosão vertical nestes canais, mais importante que as laterais (Miall, 1978 a, b; , a



Smith & Smith, 1980; Smith, 1986; Smith et all, 1989). Devido a esta estabilidade, a agração vertical nos canais fluviais é uma importante característica do sistema. A despeito do grau de coesão das margens e do desenvolvimento dos diques marginais, a dinâmica do sistema deposicional é intensa, possibilitando os processo de avulsão e abandono do canal. O rompimento dos diques durante as cheias possibilita a formação das “crevasses splay” que, alimentadas por canais inicialmente efêmeros, dividem o fluxo e evoluem. Estes novos canais tendem à incisão vertical (devido à coesão dos sedimentos da planície) e ganham estabilidade; com o aporte contínuo de sedimentos desenvolvem diques

marginais. Este mecanismo evolutivo que termina por abortar o canal original, num processo que recebe o nome de avulsão, é tido como um efeito inevitável da agração da planície (Smith et all, 1989), também tem sido descrito para outros padrões fluviais.

Santos (1997) estudou os a estratigrafia dos depósitos do sistema deposicional do rio Paraná e verificou que em testemunhos de sondagem obtidos em paleocanais avulsionados do antigo sistema anastomosado ocorrem uma sucessão de elementos de canal para elementos da planície distal. Este autor descreve que processos de avulsão abruptos podem ser reconhecidos pela



**Figura 7.** Processos geomórficos na planície aluvial do rio Paraná. Testemunhos de sondagem a vibração mostrando o registro sedimentar de um depósito de “crevasses splays” e o registro de um processo avulsão de canal. No detalhe fotografia aérea de um paleocanal na planície de inundação do rio Paraná

contato abrupto de fácies arenosas do elemento de canal com as fácies pelíticas do elemento de planície distal. Por outro lado, passagem gradual das fácies arenosas estratificadas para fácies arenosas com micro-ondulações e posteriormente para fácies pelíticas, como verificadas em testemunhos de sondagem em paleocanais do rio Paraná (Fig. 7), indica a perda de energia para o topo do canal mostrando que o mesmo foi gradualmente avulsionado.

O processo geomorfológico de rompimento de diques marginais “crevasse” e a conseqüente formação de depósitos de rompimento

“crevasse splays” também pode ser verificado em testemunhos de sondagens pela associação de elementos de planície distal (Fm) para elementos de planície proximal (Sr/F1) e novamente para distal (Fig. 7). Esta associação pode ser também encontrada nas margens das ilhas do rio Paraná e nos depósitos recentes na planície aluvial.

O processo de migração de canal fluvial permite a sucessão espacial e temporal de diferentes sub-ambientes do sistema fluvial. Este processo também pode ser deduzido a partir da análise da sucessão de elementos



**Figura 8.** Associação de fácies mostrando o processo de migração de um canal. Na base tem-se a ocorrência da fácies de areia estratificada (Sp) em contato abrupto com fácies de areia maciça (Sm) de dique marginal. Para o topo ocorre fácies de lama maciça de planície distal. Ilha Mutum, Porto Rico PR

morfoestratigráficos. No rio Paraná, em afloramentos nas margens das ilhas observa-se a passagem de elementos de canal para elemento de planície proximal (dique marginal) e posteriormente para elementos de planície distal. Este processo está demonstrado pela Figura 8, na qual se verifica a sucessão vertical das fácies de canal (Sp) para fácies de dique marginal (Sp/Sr) e daí para fácies de planície distal (Fm).

### 5. Considerações finais

A análise das fácies sedimentares tem sido tradicionalmente utilizada em pesquisas sedimentológicas e estratigráficas. Esta ferramenta de análise tem tido uso crescente em estudos paleohidrológicos e paleoclimáticos, como demonstram os trabalhos editados por Benito et al.

(1998). A análise das fácies como uma ferramenta para estudos paleogeomorfológicos em grandes rios brasileiros não tem sido muito freqüente. Isto se deve, em parte, à reduzida quantidade de estudos nestes importantes sistemas.

Sendo a fácies sedimentar um produto do ambiente que a gerou, está, pois, estabelecida uma íntima relação com os processos geradores e o relevo. Em estudos geomorfológicos dos sistemas fluviais atuais, onde se tem fácil reconhecimento da morfologia do terreno, a relação relevo/fácies tem sua importância diminuída. No entanto, quem estuda a paleogeografia de um sistema fluvial, necessariamente tem que se valer das fácies sedimentares e dos processos geradores para reconstituir o ambiente passado.

A associação do estudo das fácies com a geometria tridimensional do depósito e sua posição espacial no registro fluvial, representa um

avanço para o entendimento do paleorelevo e de seus processos. A utilização da relação fácies /unidade geomorfológica do sistema atual do rio Paraná foi de extrema importância para o estudo da evolução quaternária do mesmo, conforme sucintamente demonstrado neste trabalho.

#### Agradecimentos

À Fundação Araucária (PR) por ter financiado projeto de pesquisa “Regime Hidrológico do rio Ivaí em seu curso inferior: Ênfase a análise Geoambiental”, no qual se insere o presente trabalho.

#### Referências Bibliográficas

- Allen, J.R.L. (1970). Studies in fluvial sedimentation : a comparison of finning-upwards cyclothems, with spatial reference to coarse-member composition and interpretation. *Journal of Sedimentary Petrology*, 40 : 298-232.
- Allen, J.R.L. (1983). Studies in Fluvial sedimentation : bars, bars-complexes and sandstones sheets (low sinuosity braided streams) in the Brownstones L. Devonian Welsh Borders. *Sedimentology Geology*, 33 : 237-293.
- Ashley, G.M. (1990) Classification of large-scale subaqueous bedforms: A new look at an old problem. *Journal of Sed. Petrology*, 60 (1): 160-172.
- Benito, G., Baker, V.R. and Gregory, K.J. (1998.). *Palaeohydrology and Environmental Changes.*, London, John Wiley and Sons Ltd., 353p.
- Brierley, G.J. (1991a). Floodplain sedimentology of Squamish River, British Columbia: relevance of element analysis. *Sedimentology*, 38 : 735-750.
- Brierley, G.J. (1991b). Bar sedimentology of the Squamish River. British Columbia: definition and application of morphostratigraphic units. *Jour. of Sed. Petrology*, 61 (2) : 211-225.
- Collinson, J.D. (1981). Alluvial sediments. In : Reading, H.G. (Ed.) *Sedimentary and Facies*. Blackwell Scientific Publication, London, p. 15-60.
- Ethridge, F.G., Flores, R.M. & Harvey, M.D. (eds) (1987). Recent developments in Fluvial Sedimentology, SPEC. Pubs. Soc. Econ. Geol. Miner. 39, 389 p.
- Fernandez, O.V.Q. (1990). Mudanças no canal fluvial do rio Paraná e processos de erosão nas margens : região de Porto Rico, PR. Dissertação de Mestrado, Inst. Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Rio Claro. Inédito. 96p.
- Fernandez, O.V.Q., Santos, M.L. dos & Stevaux, J.C. (1990). Evolução de conjunto de ilhas no Rio Paraná região de Porto Rico, PR. In: Congresso Brasileiro de Geologia 36, Natal, Bol. De Resumos do... Natal, p. 82.
- Friend, P.F. (1993). Control of river morphology by the grain-size of sediment supplied. *Sedimentary Geology*, 85 : 171-177.
- Martins, D.P. & Stevaux, J.C. (2004). Características hidráulicas e morfológicas do rio Paraná na seção de Porto São José (PR). *Revista Ciência e Natura*, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 117-130.
- Miall, A.D. (1977). A review of the braided-river depositional environment. *Earth-Sci. Rev.*, 13: 01-62.
- Miall, A.D. (1978a). Fluvial Sedimentology : an historical review .In: *Fluvial Sedimentology*. A. D. MIALL (Ed.). Canadian Soc. Of petrol Geol.. Memoir 5, p. 01-47.
- Miall, A.D. (1978b). Lithofacies types and vertical profile models in braided river deposits ; A summary. *Fluvial Sedimentology*. A.D. MIALL (Ed.). Canadian Soc. of Petrol Geol. Memoir 5, p. 597-604.
- Miall, A.D. (1985). Architectural element analysis ; a new method of facies analysis applied to fluvial deposits. *Earth Science Reviews*, 22 : 261-308.
- Miall, A.D. (1988). Architectural elements and bounding surfaces in fluvial deposits : Anatomy of the kayents Formation (lower Jurassic) Southwestern Colorado. *Sediment. Geol.* 35: 233-262.
- Miall, A.D. (1992). Alluvial Deposits. In : Walker, R.G. e JAMES, n. P. (eds.). *Facies Models Response to Sea Level change*. Geol. Assoc. of Canada. 409. p.
- MUÑOZ, A. ; RAMOS, A ; SANCHES-HOYA, Y. and SOPEÑA A. (1992). Evolving fluvial architecture during a marine transgression : upper Buntsandstein, Triassic, central Spain. *Sedimentary Geology*, 75 : 257-281.
- Ramos, A. & Sopena, A. (1983). Gravel bars in low sinuosity rivers (Permian and Triassic, Central Spain). In : J.D. Collinson & J Lewin (eds), *Modern and Ancient fluvial systems*. Spec. Pubs. Int. Ass. Sed. Ment.. 6: 301-312.
- Santos, M.L.dos (1991). *Faciologia e evolução de Barras de canal do rio Paraná na região de Porto Rico (PR)*. Dissertação de Mestrado. IGCE/UNESP/Rio Claro, Inédito, 125p..
- Santos, M.L., Fernandez, O.V.Q & Stevaux, J.C. (1992). Aspectos morfogenéticos das barras de canal do rio Paraná. *Boletim de Geografia*, Universidade Estadual de Maringá, Depto. de Geografia, ano 10, 1: 11-24.

- Santos, M. L. (1997). Estratigrafia e evolução do sistema siliciclástico do rio Paraná no seu curso superior: ênfase à arquitetura dos depósitos, variação longitudinal das fácies e processos sedimentares.. Porto Alegre, 2v., 246p. Tese de Doutorado em Geociências, Instituto de Geociências, Univ. Federal do Rio Grande do Sul.
- Santos, M. L. (2001a). Respostas geomórficas dos depósitos sedimentares do rio Paraná frente as mudanças climáticas do Holoceno Superior. In 8o Encontro de Geógrafos da América Latina, Santiago, Chile. Cdrom do....., Santiago, p. 122-128.
- Santos, M.L. (2001b). Sistema fluvial do rio Paraná (Brasil) em seu curso superior: um exemplo de planície aluvial em desequilíbrio. In: I Congresso do Quaternário de Países de Línguas Ibérica, Lisboa, Portugal. Actas do..., Lisboa, 145-148.
- Santos M. L.; Stevaux, J. C. (2000). Facies and Architectural analysis of channel sandy macroforms in the upper Paraná river. *Quaternary International*, Inglaterra, V. 72:1, 87-94.
- Schumm S. A (1960). The shape of alluvial channels in relation to sediment type. *U. S Geol Surv. Prof. Pap.*, 352 B:17-30.
- Smith, D.G. (1986). Anastomosing river deposits, sedimentation rates and basin subsidence, Magdalena river, northwestern Columbia, South America. *Sedimentary Geology*, 46: 177-196.
- Smith, D.G. & Smith, N.D. (1980). Sedimentation in anastomosing river systems: examples from alluvial valleys near Banff, Alberta. *Journal of Sedimentary Petrology*, 50(1): 157-164.
- Smith, N.D.; Cross, T.A.; Dufficy, J.P. & Clough, S.R. (1989). Anatomy an avulsion. *Sedimentology*, 36: 1-23.
- Souza Filho, E.E. (1993). Aspectos da geologia e estratigrafia dos depósitos sedimentares do rio Paraná entre Porto Primavera (MS) e Guaira (PR). Tese de Doutorado, instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, Inédito, 214 p..
- Stevaux, J. C. (1993) O Paraná: Geomorfogênese, Sedimentação e Evoluçãp Quaternária do seu curso superior (região de Porto Rico,PR). Tese de Doutorado, Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, Inédito, 242p.
- Stevaux, J. C. (1994). The upper Paraná river (Brazil): Geomorphology, sedimentology and paleoclimatology. *Quaternary International*, 21:143-161.
- Stevaux, J. C. (2000). Climatic events during the Late Pleistocene and Holocene in the upper Parana River: Correlation with NE Argentina an South-Central Brazil. *Quaternary International*, 73-85.
- Stevaux, J.C. & Santos. M.L. (1998)- Palaeohydrological changes in the upper Parana river, Brazil, during the late Quaternary: A facies approach. In: Benito, G., Baker, V.R. and Gregory, K.J. (eds.). *Palaeohydrology and Environmental Changes.*, London, John Wiley and Sons Ltd., p. 273-285.