

RESPOSTAS GEOMÓRFICAS DOS DEPÓSITOS SEDIMENTARES DO RIO PARANÁ FRENTE AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS DO HOLOCENO SUPERIOR

Manoel Luiz dos Santos (*)

RESUMEN - Este estudio analiza la interacción entre los cambios climáticos y los procesos sedimentológicos de modificación del relieve, en el curso superior del río Paraná, región sur del Brasil. El análisis se fundamenta en la sucesión temporal de las facies de los depósitos de los paleocanales, auxiliado por carbono 14, existente en los depósitos orgánicos. Este hecho permite suponer que la enmarañada rede de paleocanales representa una fase erosiva asociada a los cambios climáticos húmedo - seco desarrollados en el Holoceno Superior.

Palabras claves: Cambio climático, río Paraná, paleocanales, Holoceno Superior.

RESUMO - A interação entre alterações climáticas e os processos sedimentares e de esculturação do relevo têm sido amplamente relatadas na literatura geológica e se constituem o objeto do presente estudo, no curso superior do rio Paraná, região Sul do Brasil. Os depósitos areno-pelíticos na planície atual e nas ilhas do rio Paraná são cortados por uma intrincada rede de paleocanales. Dezesete sondagens à vibração "vibrocore" foram efetuadas nesses sedimentos. Os depósitos destes antigos canais revelaram uma associação de fácies de areia fina estratificada sucedidas abrupta ou transicionalmente por fácies pelíticas de planície, com altos teores de matéria orgânica. A datação ¹⁴C nos sedimentos orgânicos em um dos paleocanales revelou uma idade de 2.050 anos A.P., sendo esta, a idade do seu abandono. Estudos palinológicos em depósitos fluviais e lacustres das regiões Central e Sul brasileiras indicam que estas regiões passaram por um curto período climático seco, entre 3.500 e 1.500 anos A.P.. A análise da sucessão das fácies dos depósitos dos paleocanales auxiliada por datações ¹⁴C em suas fácies orgânicas, permite supor que a intrincada rede de paleocanales represente uma fase erosiva associada as trocas climáticas úmido - seco desenvolvidas no Holoceno Superior.

Palavras chaves: alterações climáticas, rio Paraná, paleocanales, Holoceno Superior

INTRODUÇÃO

O rio Paraná, um dos dez maiores rios do mundo desenvolve-se ao longo de 3.800km de extensão, desde suas nascentes na confluência dos rios Paranaíba e Rio Grande (região Centro-Sul brasileira) até sua foz no estuário do rio da Prata. Constitui a segunda maior bacia hidrográfica da América do Sul e em território brasileiro desenvolve parte de seu curso superior, abrangendo uma área com cerca de 802.000km². Em seu curso superior localizam-se grandes barragens como as de Itaipú, Porto Primavera, Três Lagoas e Jupiá, que controlam completamente o regime hidrológico do rio, imprimindo mudanças tanto em seus débitos quanto na carga sólida por ele transportada. Este estudo abrange um setor do curso superior do rio entre as latitudes 22° 30' e 23° 00', onde estão localizadas respectivamente a foz dos rios Ivinheima e a hidroelétrica de Porto Primavera (Figura 1).

A bacia hidrográfica do rio Paraná no seu curso superior está desenvolvida, quase que 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 Formação. Serra Geral (JK). Esta última ocorre ainda como uma alongada faixa 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; Souza Filho & Stevaux, 1997; Santos & Stevaux, 2000).

(*) Departamento de Geografia - Universidade Estadual de Maringá, Paraná- Brasi
E-mail: mldsantos@uem.br

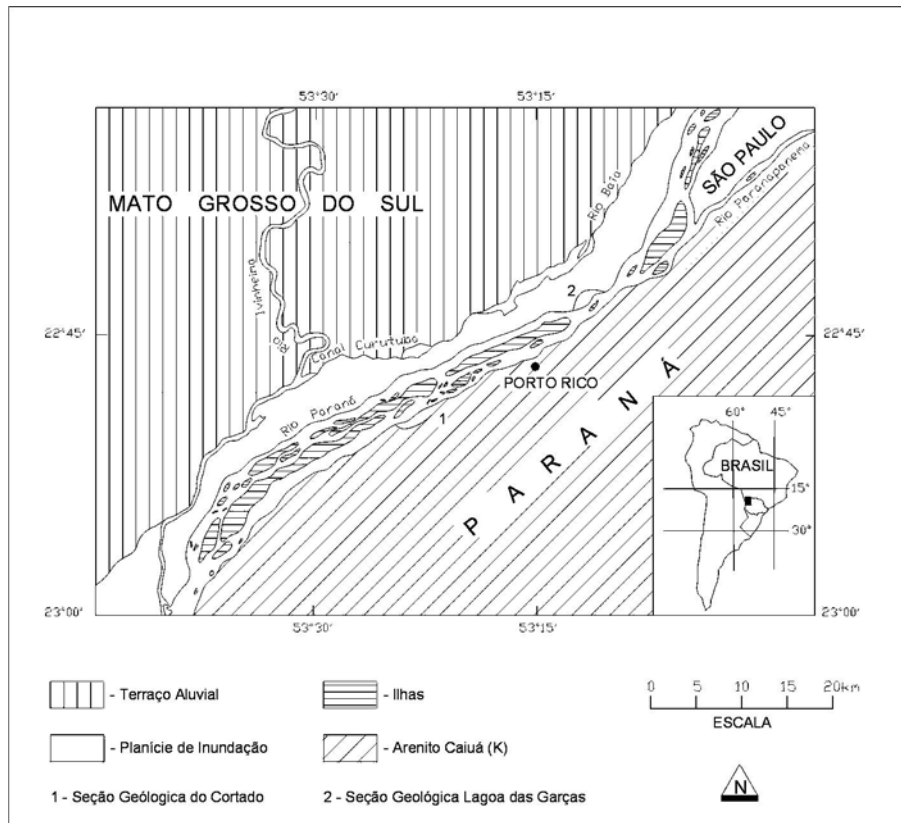


Figura 1 Localização da área de estudo, Noroeste do estado do Paraná, região Sul do Brasil. A figura mostra o desenvolvimento assimétrico da planície aluvial. O ponto 1 indica a área da seção da planície do Cortado. O ponto 2 indica a área da seção da Lagoa das Garças.

A planície aluvial exibe uma geometria assimétrica, desenvolvendo planície de inundação somente ao longo do lado direito do canal fluvial (Figura 1), como uma faixa com cerca de 6km de largura e de 3 a 5m de altura acima do nível médio do rio. Esta planície é drenada por sistema anastomosado de canais, formados pelos rios Baía, Curutuba, Araçatuba que representam antigos canais do rio Paraná e na parte jusante pelo rio Ivinheima (Figura1). Ao longo da margem esquerda afloram os arenitos Cretáceos, formando resistentes paredões que exibem uma altura média em torno de 6m acima do nível médio do rio. Estes paredões, formados pela erosão fluvial, impedem o desenvolvimento de planície de inundação ao longo do lado esquerdo do canal fluvial.

O canal atual apresenta uma largura média de 3km e nele ocorrem inúmeras ilhas e barras arenosas que dão ao sistema fluvial uma geometria entrelaçada. As grandes ilhas possuem dezenas de quilômetros de comprimento e apresentam associações de fácies sedimentares, idades dos depósitos e altura em relação ao nível médio do rio idênticas a da planície. Estas características indicam que as mesmas são formadas pelo retrabalhamento dos depósitos da planície de inundação pelo canal atual do rio, sendo portanto formas erosivas e não deposicionais (Santos 1997). Tanto os depósitos da planície quanto os depósitos das ilhas são cortados por um intrincado conjunto de paleocanais, suas gênese e depósitos são o objeto deste estudo e serão discutidos posteriormente.

CARACTERÍSTICAS DOS DEPÓSITOS DO SISTEMA ALUVIAL DO RIO PARANÁ

Os depósitos do sistema fluvial do rio Paraná têm sua gênese a partir do Pleistoceno Superior, formam um sistema deposicional de arquitetura assimétrica ocorrente somente no lado direito do canal. Constituem os depósitos dos terraços e planície cujas espessuras variam de 10 a 20m. A base deste sistema deposicional é formada por conjuntos de fácies de areia grossa a média estratificada Sp e St (segundo a terminologia de Miall, 1977) associadas a fácies compostas por seixos e grânulos maciça (Gm) ou estratificada (GP). Esta associação representa a deposição de um antigo sistema entrelaçado "braided", cujas datações por radiocarbono mais antigas são em torno de 42.000 anos A.P. e 31.000 anos A.P. (Santos, 1997; Stevaux & Santos, 1998). Para o topo o sistema entrelaçado é sucedido por

depósitos de areia predominantemente fina estratificada (Sp, St), associados a depósitos pelíticos maciços (Fm) ou laminados (Fl). A perda de energia para o topo do sistema deposicional aliada a ocorrência de depósitos de planície indicam a existência de um sistema anastomosado desenvolvido a partir do Holoceno Inferior, como mostram as datações ^{14}C obtidas por Santos (1997) e Stevaux e Santos (1998). Os depósitos do sistema anastomosado afloram na planície atual do rio e nas ilhas e são cortados pelos paleocanais aqui estudados.

Para análise dos paleocanais construíram-se duas seções geológicas georreferenciadas transversais à planície. A primeira, efetuada na região do Cortado, tem um comprimento de 1.000m, ao longo dessa seção fizeram-se 10 sondagens a vibração “vibrocore” com uma profundidade máxima de 6m. Os testemunhos foram descritos, amostrados e analisada a sucessão de suas fácies, como verificado em Santos *et alii* (1996). No testemunho número sete, da seção geológica do Cortado (Figura 2A), foi efetuada datação por radiocarbono a 3,4m de profundidade e, deste nível até o topo foi analisado o seu conteúdo palinológico por Thomaz (1999). A segunda seção foi levantada na região da lagoa das Garças. Nessa seção, de aproximadamente 500m, fizeram-se 7 sondagens a vibração com uma profundidade de até 6m (Figura 2B). Nos tetemunhos desta seção foram analisadas as suas associações faciológicas e coletadas amostras de matéria orgânica para futuras datações.

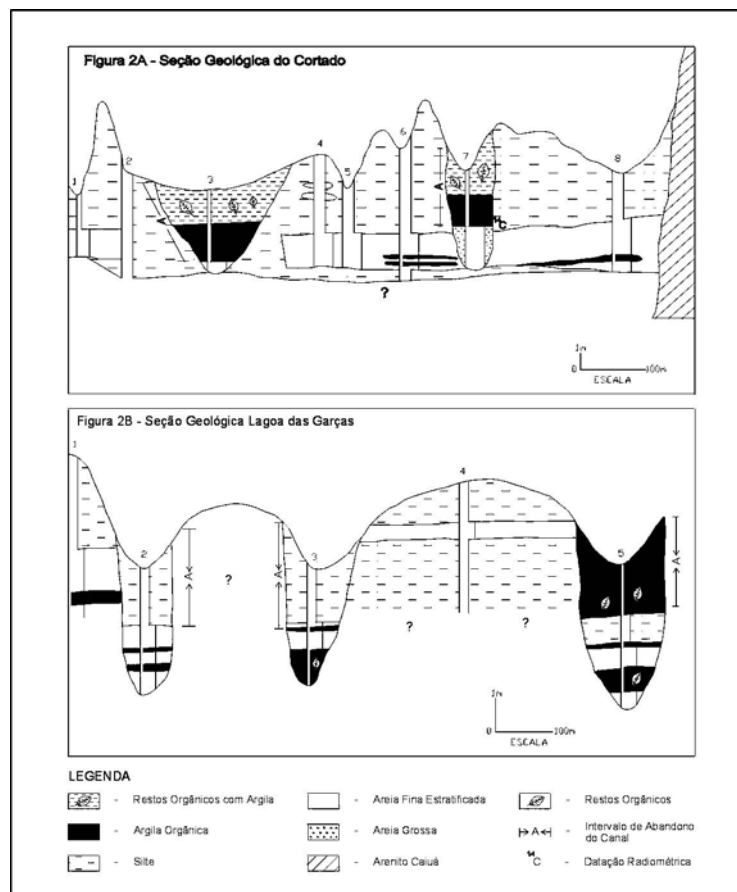


Figura 2 Seções Geológicas do Cortado (2 A) e da Lagoa das Garças, os números indicam a posição das sondagens. Na figura 2A os testemunhos 1, 2, 4, 5, 6, e 8 cortam os sedimentos na planície e os testemunhos 1 e 7 atravessam os sedimentos dos paleocanais. Os paleocanais 1, 5, 6 e 8 são formas somente erosivas cortando os sedimentos da planície sem promover registro deposicional

Os paleocanais são facilmente identificáveis em fotografias aéreas, por sua textura, tonalidade escura e por uma característica vegetação arbórea que acompanha os antigos canais ao longo de seu comprimento (Figura 3). No terreno formam regiões deprimidas e alongadas, muitas vezes margeadas por depósitos de diques marginais. Eles ocorrem como uma intrincada rede de canais, que ostentam avulsões múltiplas e complexas. Apresentam larguras que variam de 50m a 500m e podem ser seguidos por dezenas de quilômetros de comprimento. Muitos dos paleocanais nos níveis baixos do rio, constituem um sistema de lagoas alongadas e descontínuas, de grande importância para o ecossistema local (Figura 4). Nos períodos de vazante do rio Paraná, estes antigos canais não formam um sistema perene de drenagem, somente apresentando fluxo contínuo de água na ocasião das grandes cheias.

Figura 3 Vista aérea da planície do Cortado, mostrando a localização da seção Geológica da Figura 2 A. Na sondagem 7 (S7) foram efetuados estudos palinológicos e a datação por radiocarbono indicada no texto. Os paleocanais apresentam-se como linhas escuras que cortam longitudinalmente a planície e as ilhas.



As sondagens realizadas nos depósitos dos paleocanais revelam uma associação de fácies de areia fina, orgânicas (So) ou estratificadas (Sr), com fácies de areia fina com estratificação cruzada (Sp e Sr). Essa associação de fácies de depósitos de transbordamento (Sr, So) e de canais (Sp) é comum a todos os testemunhos analisados. A essas fácies sucedem-se depósitos de planície distal, lamíticos e ricos em matéria orgânica (fácies Fm, Fl), gerados pela avulsão e abandono do antigo canal, como mostrado na Figura 2, (Santos *et alli*, 1996; Santos, 1997). A datação ^{14}C na fácies orgânica em um dos paleocanais da seção do Cortado, revelou uma idade de 2.050 ± 80 anos A.P., sendo esta, a sua idade de abandono. Nessa seção no topo dos depósitos dos antigos canais ocorre, freqüentemente, uma camada com até 3m de espessura de folhas, pequenos troncos e outros restos orgânicos semi-decompostos. Nas seções levantadas, os depósitos dos paleocanais cortam as fácies areia fina a média estratificadas (Sp) e fácies pelíticas (Fm e Fl) do sistema anastomosado e representam, respectivamente, as fácies de canal e de planície distal deste antigo sistema. Deve-se resaltar que alguns dos paleocanais sondados não apresentaram depósitos a eles associados, ocorrendo somente como formas erosivas que cortam os sedimentos da planície. Um bom exemplo dessa situação pode ser visto na figura 2A, nos perfis de sondagem números 1, 5, 6 e 8, onde se observa que os canais somente erodiram os sedimentos síltico-argilosos do antigo sistema anastomosado, sem promover nenhuma deposição.

Figura 4 Vista aérea da planície da Lagoa das Garças, mostrando a posição da seção geológica da Figura 2B . As lagoas (L1, L2 e L3) apresentam uma geometria alongada por represamento da água nos paleocanais nos níveis baixos do rio.



DISCUSSÃO

As variações paleoclimáticas holocênicas na América do Sul são bastante discutidas na literatura, particularmente em relação as regiões central e Sul brasileira são notáveis os trabalhos de Barbosa *et alli* (1991); Roth & Lorscheister (1991); Ledru (1993); Behling (1995), Ledru et al (1997). Estes e outros estudos mostram que durante o Holoceno alternaram-se climas úmidos e secos, predominando neste período as fases climáticas úmidas, culminando com o ótimo climático em torno de 5.000 anos A.P. No Holoceno Superior entre 1.500 a 3.500 anos uma breve fase seca interpôs-se entre um maior período úmido. Diferentes autores reconhecem esta fase seca, variando sua idade e duração segundo as diferentes localizações das áreas estudadas, como mostrado na Figura 5. No intervalo de 3.000 a 2.000 anos A.P. a região deste estudo experimentou um período climático seco, evidenciado pelos estudos de Jabur (1992); Stevaux (1993, 1994 e 1997); Stevaux & Santos (1998).

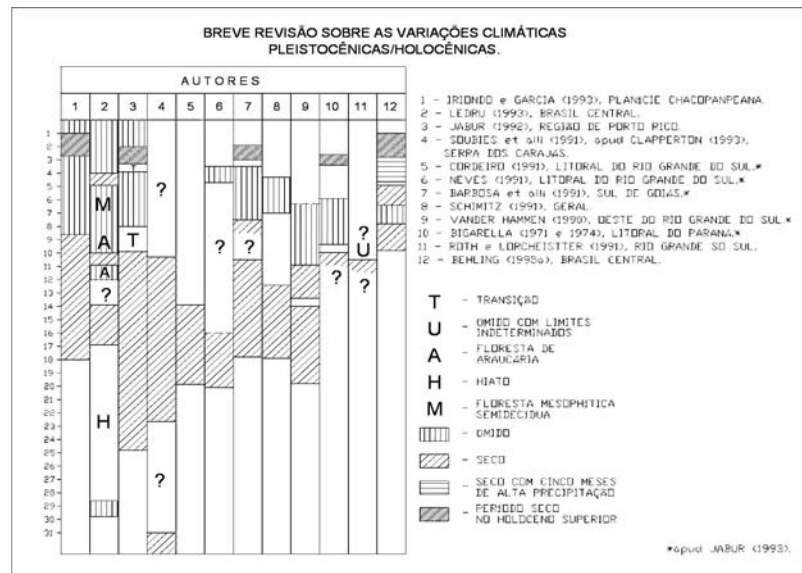


Figura 5 Mostra as variações climáticas ao longo dos últimos 31.000 anos, em diferentes localizações, segundo o estudado por diferentes autores.

Thomaz (1999) estuda a distribuição dos pólenes nos sedimentos orgânicos de testemunhos coletados na região deste estudo. Na seção do Cortado a análise palinológica do testemunho 7 da Figura 2A, evidencia na base dos depósitos de abandono (2.050 ± 80 anos A.P.) uma alternância de espécies de pólenes típicos de ambientes de savana com áreas de pântano (*Taboa* Sp e e lagoa *Sagitária* Sp). Nas áreas altas dominavam campos com gramíneas e esparsas Palmáceas, associadas a pequenos bosques (*Bombacaceae*, *Smilax*, *Lamplacea*). Para o topo do depósito de abandono Thomaz relata a ocorrência de

espécies características de mata pluvial (*Microgramma*, *Nea*, *Podocarpus* e *Lammanonia*), associadas ainda a espécies de pântano. Esse autor ressalta que a ocorrência de *Podocarpus* e *Lammanonia* associada a pólenes de savana sugere a ocorrência de clima seco e frio.

Em geomorfologia há muito tempo se reconhece a importância do clima como promotor de processos de esculturação do relevo. Trocas no comportamento climático induzem alterações nos processos geomórficos nas vertentes e nos vales fluviais. Desde Soergel (1939) *apud* Vandenberghe (1995), as trocas climáticas são invocadas para explicar alterações na deposição ou incisão dos cursos fluviais. Mudanças nos processos sedimentares e nos padrões fluviais influenciadas pelo clima estão bastante analisadas nos trabalhos de Rust (1981), Graf *et alli* (1991), Rueg (1993) Nandon (1994), entre outros. As variáveis climaticamente dependentes como a quantidade e o tipo de vegetação, a evapotranspiração e quantidade e tipo de suprimento sedimentar influenciam no comportamento erosivo ou deposicional do sistema. As fases erosivas que acompanham as trocas climáticas são bem documentadas nos trabalhos de Bull (1991), Vandenberghe (1995).

Para Vandenberghe quando ocorre um ciclo climático (quente – frio) as variáveis climaticamente dependentes como a coesão, vegetação e escoamento superficial “runoff”, demoram algum tempo para adaptar-se as novas condições. Este “tempo” é por ele chamado de **Efeito de Retardo** e, representa uma fase de incisão dos canais devido a combinações de diminuição da evapotranspiração e aumento do escoamento superficial. Os inúmeros paleocanais, ocorrentes na área deste estudo, provavelmente tenham se desenvolvido nesse período seco, em razão da maior atividade erosiva impressa pela concentração dos períodos chuvosos e da desproteção dos solos devido ao desenvolvimento das savanas, estas reconhecidas por Jabur (1992) e Thomaz (1999).

A hipótese acima descrita ganha sustentação devido a datação e a análise dos depósitos da planície do Cortado e da Lagoa das Garças, onde se verifica a ocorrência de duas gerações de fácies de canal: a mais velha é representada pelas fácies arenosas ocorrentes na base da seção, isoladas pelas fácies pelíticas de planície distal, e a mais nova está bem representada nos testemunhos de sondagem dos paleocanais, evidenciando que os mesmos promoveram uma incisão nas fácies pelíticas e arenosas do sistema anastomosado ocorrente na base dos testemunhos.

Souza & Stevaux (1999) analisando sedimentos de um canal abandonado na planície do rio Paraná, na região deste estudo, verificaram os mesmos processos de avulsão e abandono descritos por Santos *et alli* (1996) e Santos (1997) para os paleocanais da região do Cortado. A datação ¹⁴C na base dos depósitos de abandono estudados por eles deu uma idade de 2.810 ± 50 anos A.P. e no topo desses depósitos a idade datada foi de 3.030 ± 50 anos A.P.. Estes valores também estão dentro do intervalo de clima seco anteriormente citado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise da sucessão das fácies dos depósitos dos paleocanais, que evidencia a erosão de depósitos mais antigos e o posterior abandono, auxiliada por datações obtidas nas fácies orgânicas desses depósitos, permitem supor que a intrincada rede de paleocanais, se desenvolveu na fase erosiva que ocorreu no início breve período seco registrado no Holoceno superior. A análise de pólenes em testemunhos obtidos nos paleocanais da região do Cortado também indicam a ocorrência desta fase seca. Os processos de avulsão com o posterior abandono dos canais devem ter ocorrido no fim da fase seca como indicam as datações. A partir desta fase instala-se dentro dos canais abandonados um ambiente de planície distal, com a conseqüente formação de lagoas que propiciaram a deposição das fácies pelíticas maciças Fm associada a espessa camada de folhas e outros restos orgânicos, verificadas no topo dos testemunhos.

BIBLIOGRAFIA

- BEHLING, H. (1995 a). A high resolution holocene pollen record from Lago do Pires, SE Brazil: vegetation, climate and fire history. *Journal of Paleontology*, 14:253-268.
- BEHLING, H. (1995 b). Investigations into the Late Pleistocene and Holocene history of vegetation and climate in Santa Catarina (S. Brazil). *Vegetation History and Archaeobotany*, 4: 127-152.
- BULL, W.B. (1991). *Geomorphic responses to climatic change*. Oxford University Press, New York, 321 p.
- GRAF, J.B. ; WEBB, R.H; HEREFORD, R. (1991). Relation of sediment load and flood-plain formation to climatic variability, Paria River drainage basin, Utah and Arizona. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 103:1405-1415.
- JABUR, I.C. (1992). Análise paleoambiental do Quaternário Superior na bacia do Alto Paraná. Tese de doutoramento, Universidade Estadual Paulista UNESP. Instituto de Geociências e Exatas, Rio Claro, SP. Inédita, 184 p.
- LEDRU, M. P. (1993). Late Quaternary environmental and climatic changes in central Brazil. *Quaternary research*, 39: 90-98.
- MIALL, A.D. (1977). A review of the braided-river depositional environment. *Earth-Sci. Rev.*, 13: 01-62.
- NADON, G.C. (1994). The genesis and recognition of anastomosed fluvial deposits: data from the St. Mary Formation, southwestern Alberta, Canada. *Journal of Sedimentary Research*, v. B64, 4: 451-463.
- ROTH, L. & LORSCHHEISTER, M.L. (1991). Palynology of a peat in Parque Nacional de Aparados da Serra, Rio Grande do Sul - Brazil. *In: International Symposium on Global Change in South America During the Quaternary*, São Paulo. *Anais do...São Paulo*, p. 8-12.
- RUEGG, G. (1993). Alluvial architecture of the Quaternary Rhine-Meuse river system in the Netherlands. *Geologie en Mijnbouw*, 72: 321-330.
- SANTOS, M.L.; SOUZA F^o. E.E.; TOMAZELLI, J.L. (1996). Evolução do sistema anstomosado: estudo do sistema pré-atual do rio Paraná, na região do Cortado, Porto Rico, PR. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 39, Salvador. *Anais. doSalvador*, v. 1, p. 235-237.
- 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. Tese de Doutorado. Univ. Fed. do Rio Grande do Sul, 2V., 24 6 p..
- SANTOS M, M. L.; STEVAUX, J. C. (2000). Facies and Arquitectural analysis of channel sandy macroforms in the upper Paraná river. *Quaternary International*, Inglaterra, V. 72:1, 87 –94.
- 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..
- SOUZA FILHO, E.E.; STEVAUX, J. C. (1997). GEOLOGIA E Geomorfologia do complexo rio Baia, Curutuba,Ivinheima. *In : Vazzoler, A. E. A. de M.; Agostinho, A .A.; Hahn, N. S. (eds.). A Planície de Inundação do Alto rio Paraná*, EDUEM, Maringá, 3 – 47.
- SOUZA, I. A.; STEVAUX, J. C. (1999). Mudanças no canal do rio Paraná durante o Holoceno: evidências sedimentológicas e geomorfológicas. *In VII Congresso da ABEQUA, Porto Seguro. Anais do Arquivo vliABEQUA-IC0011.PDF*
- 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 Parana river (Brazil): Geomorphology, sedimentology and paleoclimatology. *Quaternary International*, 21:143-161.
- 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.*, John Wiley and Sons Ltd., London, 273-285.
- STEVAUX, J. C. (1997). Climatic events during the Late Pleistocene and Holocene in the upper Parana river and their correlation with Northeastern Argentina and Central and Southern Brazil. *In: VI Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário e reunião sobre o Quaternário da América do Sul. Resumos Expandidos do Curitiba*, 493 - 496.l
- THOMAZ, S. L. (1999). Paleopalínologia e paleoecologia dos depósitos holocênicos da planície aluvial do rio Paraná na região de Porto Rico, Estado do Paraná (Brasil).Tese de Doutorado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais, Universidade Estadual de Maringá, Inédito, 54 p.
- VANDENBERGHE, J., (1995). Timescales, climate and river development. *Quaternary Science Reviews*, 14: 631-638.