

# ANOMALIAS DE DRENAGEM E CONTROLES MORFOTECTÔNICOS DA EVOLUÇÃO DOS TERRAÇOS DO BAIXO CURSO DO RIO IVINHEMA – MS

Edison FORTES <sup>1</sup>, Susana VOLKMER <sup>1</sup>,  
José Cândido STEVAUX <sup>2</sup>, Américo José MARQUES <sup>1</sup>

(1) Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá. Avenida Colombo, 5790 – Vila Sete. CEP 87020-900. Maringá, PR. Endereços eletrônicos: edison-fortes@hotmail.com; svolkmer@uem.br; ajmarques74@hotmail.com.

(2) Universidade de Guarulhos, Programa de Pós-Graduação em Análise Geoambiental. Praça Tereza Cristina, 1 – Centro. CEP 07023-070. Guarulhos, SP. Endereço eletrônico: jcstevaux@uem.br

Introdução  
Geologia e Geomorfologia da Área de Estudo  
Mapeamento Geomorfológico  
Modelado de Acumulação em Terraços Fluviais  
Modelado de Acumulação em Planícies Ativas e Leques Aluviais  
Modelado de Dissecação por Controle Fluvial  
Perfil Longitudinal  
Análise Morfotectônica  
Conclusões  
Referências Bibliográficas

**RESUMO** – O Rio Ivinhema é um importante afluente da margem direita do Rio Paraná e corta uma série de terraços, planícies de inundação e outras feições de relevo. Do estudo proposto, foram elaborados o mapeamento geomorfológico, o perfil longitudinal e a datação pelos métodos <sup>14</sup>C e TL (Termoluminescência). Decorre deste estudo a identificação de blocos rotacionados com mergulho para NW e N, limitados por falhas antitéticas subordinadas aos lineamentos do rio Paraná, que por sua vez controlaram a sinuosidade do canal, a distribuição da planície de inundação e a assimetria do vale. Das informações obtidas pôde-se inferir sobre a evolução climática, tectônica e deposicional ocorrida desde o Paleoceno até o Holoceno. No Paleoceno, deu-se a deposição de cascalheiras oligomíticas, de clima árido, no limite Mio-Plioceno; uma reativação tectônica delimitou as bacias dos rios Paraná e Paraguai. No Pleistoceno superior, uma sucessão sedimentar associada à dinâmica dos rios Paraná e Ivinhema formou canais entrelaçados; no Holoceno, um pulso tectônico foi responsável por falhamentos antitéticos que elevaram os blocos paralelos ao vale do Rio Paraná, e por fim, na fase pluvial (Hipsitermal - entre 8.000 e 6.000 anos A.P.), teria mudado o padrão do canal do rio Paraná, de entrelaçado para sinuoso.

**Palavras-chave:** Rio Ivinhema, Morfotectônica, Terraços.

**ABSTRACT** – *E. Fortes, S. Volkmer, J.C. Stevaux, A.J. Marques - Drainage anomalous and morphotectonics controls of the terraces evolution Ivinhema river low course – MS.* Ivinhema River is an important tributary located on the right side bank of Paraná River, which crosses a series of terraces, floodplains and other features of relief. A thorough study was proposed on that river, and based on the investigation performed, it was elaborated. a geomorphologic mapping, a longitudinal profile and dating, by using <sup>14</sup>C and Thermoluminescence. Afterwards, it was carried out the identification of block rotation through NW and N diving, limited by antithetic faults, subordinated to the lineament of Paraná River, which have controlled the channel sinuosity, the distribution of the of floodplains and the valley asymmetry. Based on the data collected, it was possible to deduce and evaluate the climatic tectonics and depositional evolution, which occurred since Paleocene to Holocene Period. In Paleocene there was a deposition of oligomitic gravel, usual in arid climate, in the Mio-Pliocene; and a tectonic reactivation has determined the limits of Paraná and Paraguai River basins. In Upper Pleistocene, a sedimentary succession, associated to Paraná and Ivinhema River dynamics, built intertwined channels. In Holocene, a tectonic pulse was responsible for the antithetic faults that uplifted the blocks that were parallel to Paraná River. Finally, in the pluvial phase (Hipsithermal - between 8.000 and 6.000 B.P.), the pattern of Paraná River channel would have changed from intertwined, or braided, to sinuous.

**Keywords:** Ivinhema river, Morphotectonics, Terraces.

## INTRODUÇÃO

Os rios de grande porte como o Paraná têm longa história evolutiva e este teve seu comportamento associado à separação da América do Sul da África (Potter, 1994). O tectonismo relativamente sutil, evidenciado nessa área durante o Quaternário, torna a compreensão evolutiva dos terraços um trabalho muito difícil. A controvérsia, se eles foram causados por

mudança climática ou por influência tectônica, continua ainda a fazer parte dos debates científicos. A situação é mais complexa no caso do Alto Curso do Rio Paraná, ao considerar que seu registro sedimentar é pouco espesso e incompleto. Neste trecho, que compreende uma extensão de quase 615 km, a sucessão sedimentar da planície do rio Paraná nunca excede 15-20 m de

espessura (Stevaux, 1994). Neste caso, os perfis longitudinais dos afluentes podem prover muito mais informação que o rio principal (Stevaux, 2000).

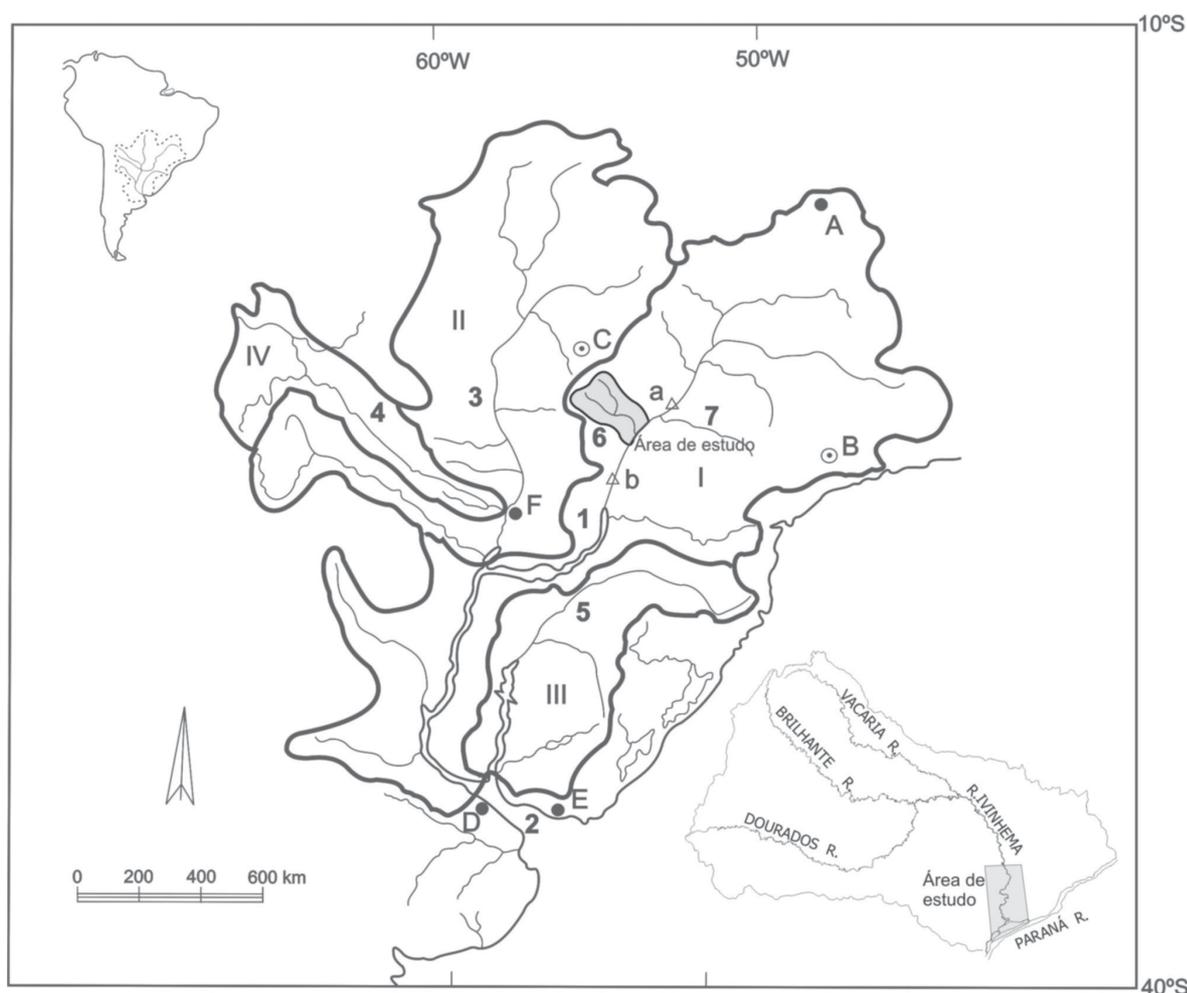
O rio Ivinhema constitui um dos afluentes mais importantes do alto rio Paraná em sua margem direita e drena uma área de aproximadamente 38.200 km<sup>2</sup>. Suas nascentes encontram-se junto à Serra de Maracaju, que corresponde ao divisor de águas das bacias hidrográficas do rio Paraná e Paraguai (Figura 1).

O Ivinhema apresenta uma descarga média anual de 410 m<sup>3</sup>/s, e é formado pela confluência dos rios Brilhante, Vacaria e do Dourados. Considerando a nascente do rio Dourados, o rio Ivinhema apresenta uma extensão de 595 km (Figura 1), e mostra um perfil longitudinal com padrão parabólico típico (Maack, 1968), com uma declividade média de  $1,5 \times 10^{-4}$  m/km (Figura 2). Seu canal corta somente três unidades geológicas em seu curso: os basaltos cretáceos (132 Ma)

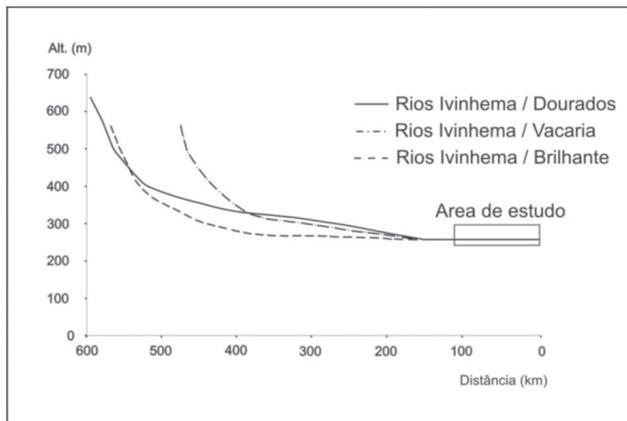
da Formação da Serra Geral, arenitos do Grupo Caiuá, do Cretáceo Superior, e cascalhos terciários da Formação Ponta Porã, estes últimos restritos à área das nascentes do rio Dourados.

Este artigo analisa as anomalias de drenagem no trecho do baixo curso do rio Ivinhema e suas implicações morfotectônicas. Para isso, foram mapeados os terraços fluviais e as feições associadas, analisados os conteúdos sedimentares, quanto à granulometria e idade, essa última por <sup>14</sup>C e termoluminescência. Esses dados foram inseridos no perfil longitudinal do rio Ivinhema no trecho em questão. O trabalho foi concluído com blocos diagramas esquemáticos para representar a evolução morfoestrutural e tectônica da área.

Considerando que a bacia inteira do rio Ivinhema apresenta um controle estrutural evidente, escolheu-se o trecho do baixo curso, devido às correlações seguras de seus terraços com os do rio Paraná.



**FIGURA 1.** Bacia do Prata: Bacias Hidrográficas: (I) Paraná, (II) Paraguai, (III) Uruguai e (IV) Pilcomayo. Rios: (1) Paraná, (2) do Prata, (3) Paraguai, (4) Pilcomayo, (5) Uruguai e (6) Ivinhema. Hidrelétricas: (a) Porto Primavera e (b) Itaipu. Principais cidades: (A) Brasília (Capital Federal do Brasil), (B) São Paulo, (C) Campo Grande, (D) Buenos Aires (Capital Federal da Argentina), (E) Montevidéu (Capital Federal do Uruguai) e Assunção (Capital Federal do Paraguai). Destaque: Bacia Hidrográfica do Rio Ivinhema.



**FIGURA 2.** Perfil longitudinal dos principais rios da Bacia Hidrográfica do Rio Ivinhema. O retângulo mostra a área de pesquisa.

A área de estudo compreende um retângulo de 23 km de largura e 70 km de comprimento que inclui o baixo curso do Ivinhema, da foz do canal Ipitã no rio Paraná até 108 km a montante (Figuras 1, 2 e 3).

A despeito de sua localização estratégica, entre duas grandes centrais hidroelétricas, representadas pela Represa de Itaipu e de Porto Primavera (Figura 3), a atividade neotectônica da área é pouco conhecida. Maack (1968) admitiu que o cânion do Rio Paraná foi gerado por movimentação de falha com rejeito de até 32 m. Ele mediu este movimento, comparando as camadas vesiculares do basalto em ambos os lados do rio. Stevaux (1994) descreveu uma falha normal ao longo do talvegue do rio Paraná, perto da área de estudo, com um deslocamento de 10-15 m. Jabur (1992) e Stevaux (1994) observaram que o canal do rio Paraná, no seu curso superior, possui setores mais estreitos, representados por soleiras. Estas passariam a controlar a drenagem do alto Paraná, após o rio seccionar os alinhamentos transversais, de direções NW-SE e E-W.

## GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO

A área é formada por dois blocos tectônicos principais, limitados por um grupo de falhas NE-SW que controlam os canais do Paraná, Paranapanema e o Baixo Curso do Ivinhema (Figura 3). Um grande número de lineamentos secundários pode ser identificado na orientação dos canais fluviais, lagos, nas fraturas e falhas nas cascalheiras. A assimetria do talvegue e da planície aluvial do Rio Paraná também fornece evidência de movimento de falha (Fortes et al., 2004).

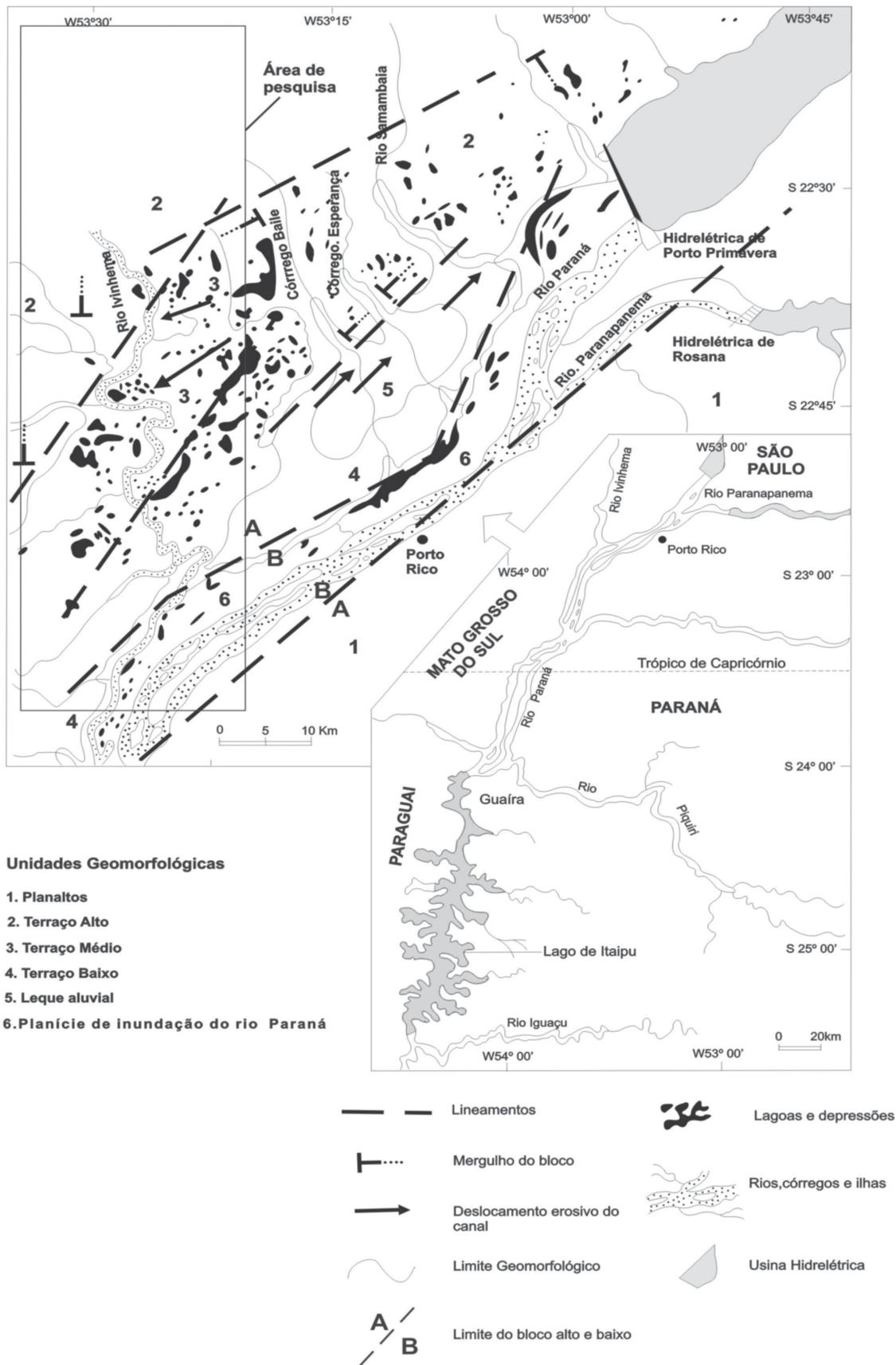
O Bloco Alto constitui as zonas planálticas localizadas na margem esquerda do rio Paraná, formado por arenito do Grupo Caiuá, de idade Cretácea. Esta rocha aflora junto à margem do rio Paraná, onde desenvolve barrancos íngremes com até 20 m de altura. O Grupo Caiuá é formado por areia fina a média, cimentada por sílica, bem-arredondada, vermelha a amarelo-avermelhada, de origem eólica com estratificação cruzada de grande porte (10-15 m). O Bloco Baixo se estende a partir do canal do rio Paraná em direção oeste, e inclui a planície de inundação do rio Paraná e afluentes, fazendo parte deste o rio Ivinhema e os terraços. Estes últimos, em geral, são formados por areia não-consolidada, de cor vermelho-amarelada, com camadas e lentes de cascalho de espessura e composição diferentes na base. Estes depósitos basais constituem cascalheiras arenosas cimentadas por ferro, podendo aflorar ao longo do canal do rio formando soleiras e alterando seu o perfil longitudinal (Stevaux & Santos, 1998; Stevaux, 2000; Fortes, 2003; Fortes & Volkmer, 2003).

As cascalheiras são divididas em dois tipos, de acordo com a composição, idade, e posição estratigráfica.

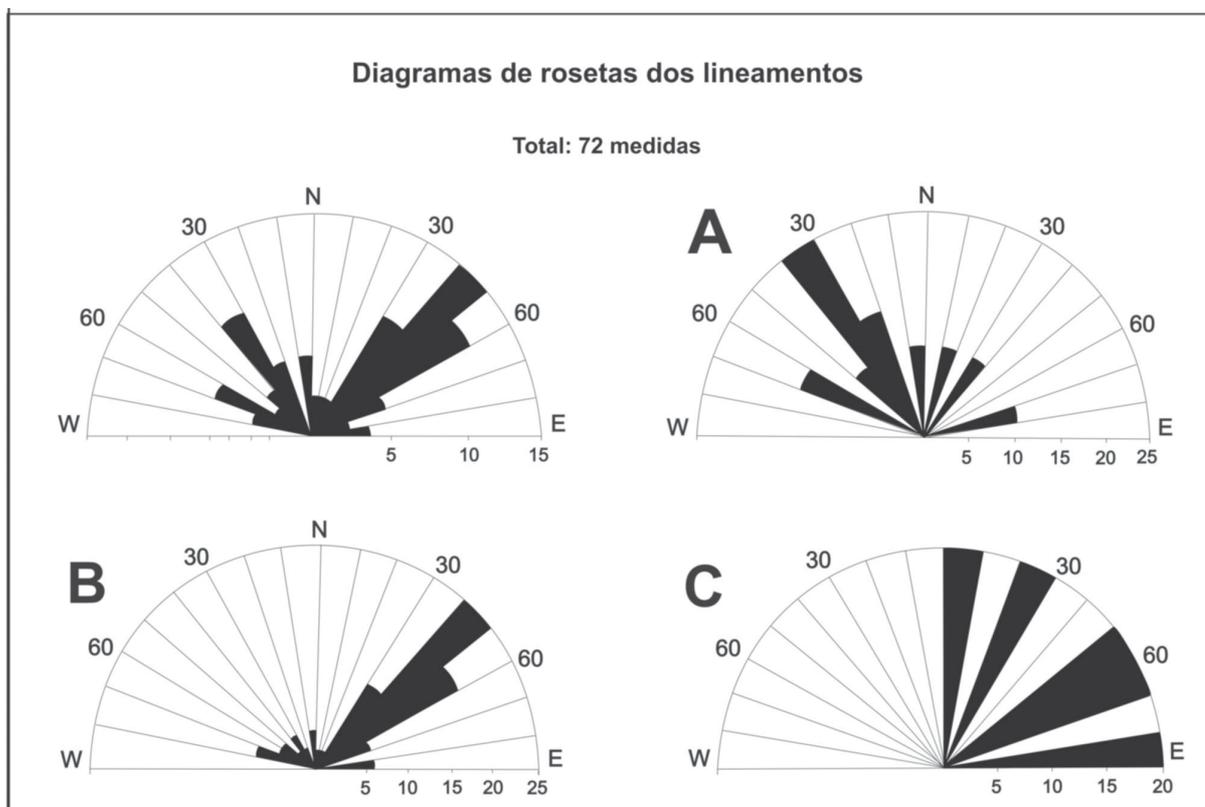
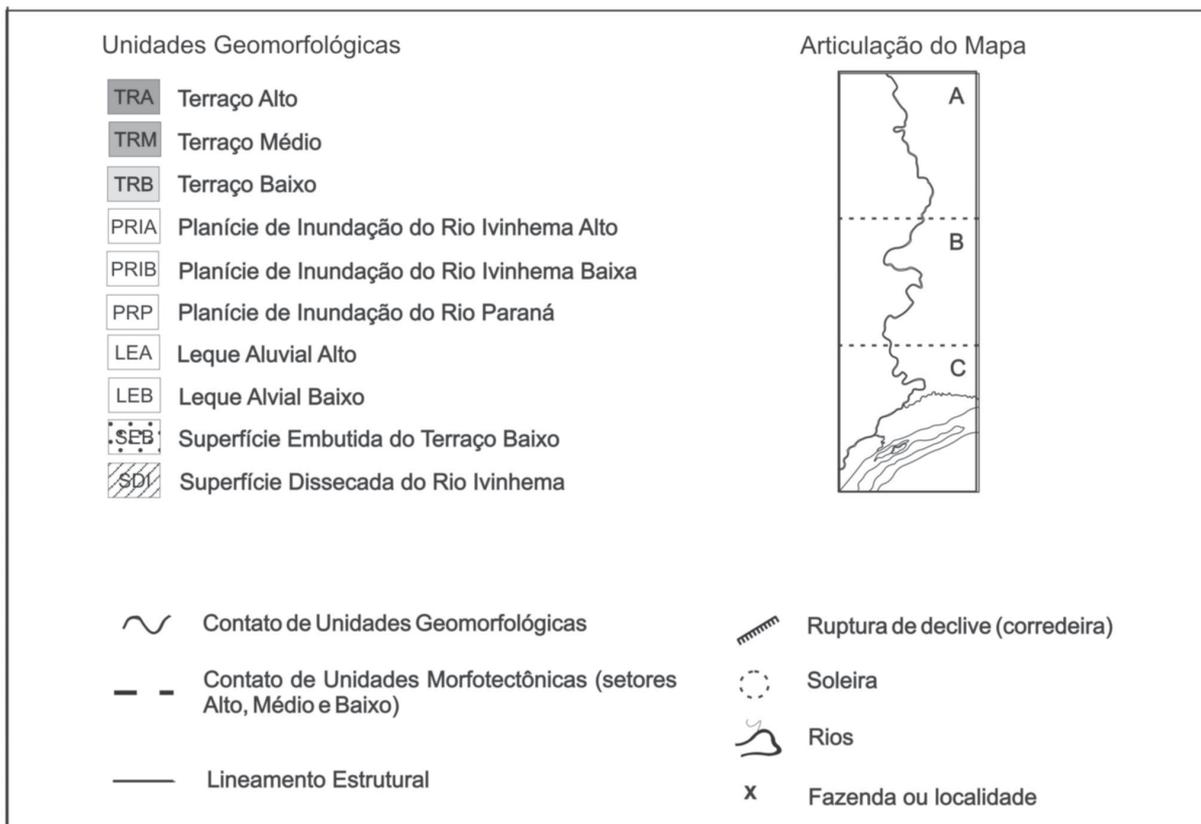
A cascalheira oligomítica foi depositada durante o Paleoceno (Almeida & Carneiro, 1968; Santos, 1997; Stevaux & Santos, 1998; Fortes, 2003), e é constituída por areia grossa com estratificação cruzada e maciça, com grande quantidade de seixos de quartzo e quartzito, cimentados por óxido de ferro, formando camadas de 2 m de espessura. Encontra-se assentada, em contato erosivo, sobre arenitos do Grupo Caiuá. A cascalheira polimítica é constituída por seixos de ágata, calcedônia, arenito e componentes das cascalheiras oligomíticas (seixos de quartzo e quartzito), com areia grossa cimentada por óxido de ferro. Este depósito foi formado possivelmente no limite Mioceno-Plioceno (Almeida & Carneiro, 1968; Santos, 1997; Stevaux & Santos, 1998) e apresentam, na área de estudo, espessuras que variam de 1 a 2 m.

### MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO

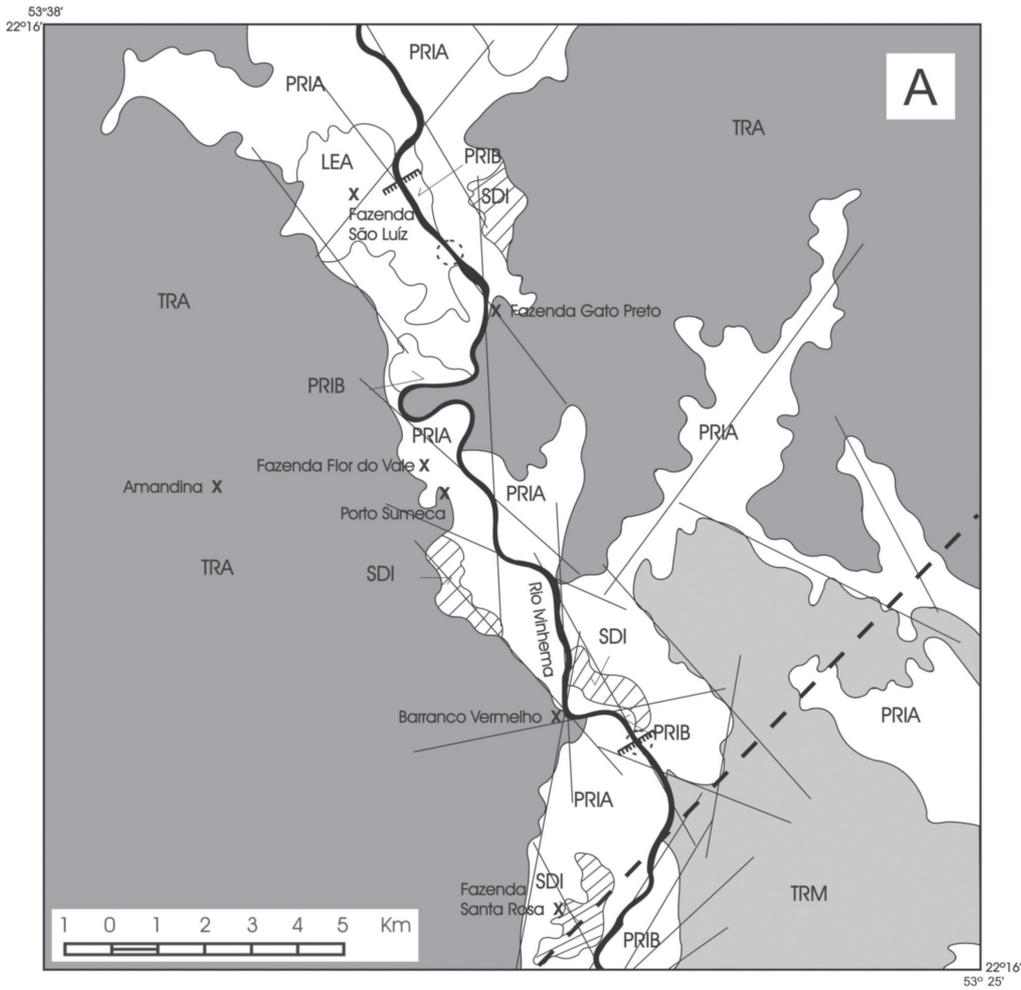
O mapeamento geomorfológico e os controles altimétricos constituíram em etapa preliminar para compreender o comportamento morfotectônico e propor um modelo morfoestrutural para a área do baixo curso o rio Ivinhema. Dessa forma, foi estabelecida uma compartimentação baseada em Modelado de Acumulação e Modelado de Dissecação. Os primeiros foram ainda divididos em terraços fluviais e em planícies ativas, leques aluviais e frentes torrenciais (Figuras 4, 4A, 4B e 4C).



**FIGURA 3.** Mapa Geomorfológico e das principais estruturas que compõem a área do baixo curso do rio Ivinhema e Paraná, próximo a Porto Rico – PR. O retângulo a esquerda corresponde à área de estudo. Abaixo mapa da rede de drenagem do Alto Curso do Rio Paraná.

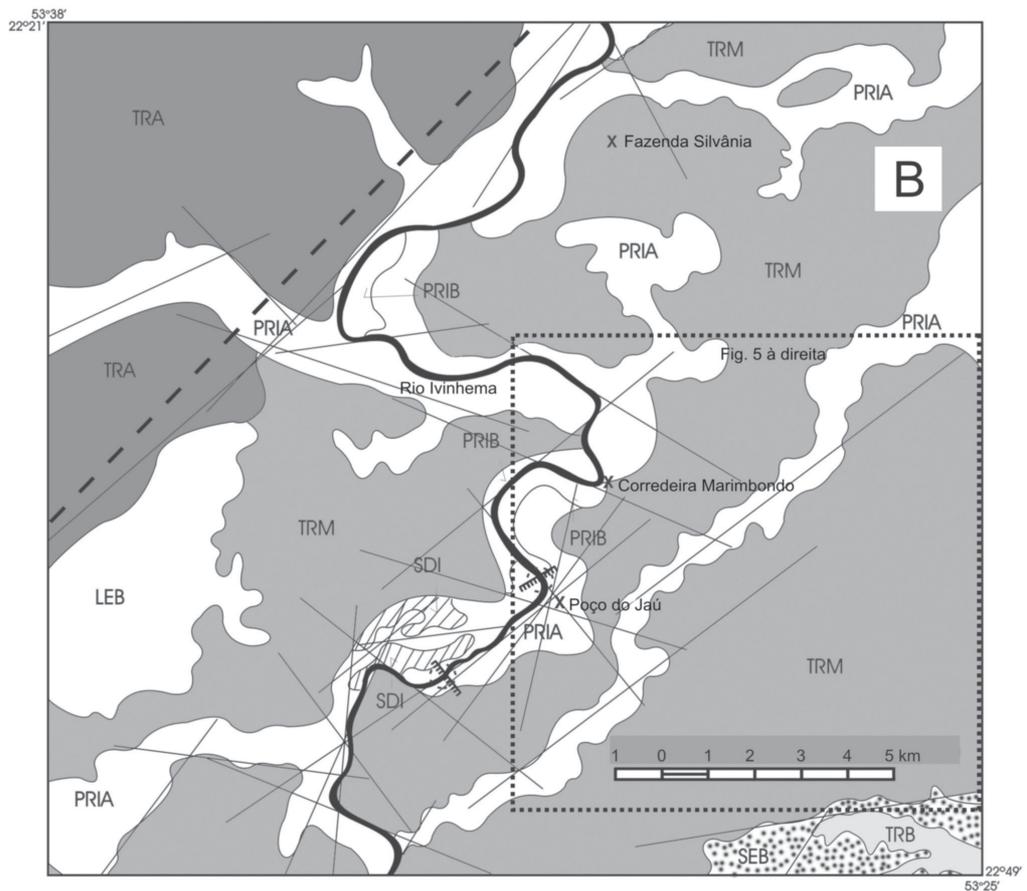


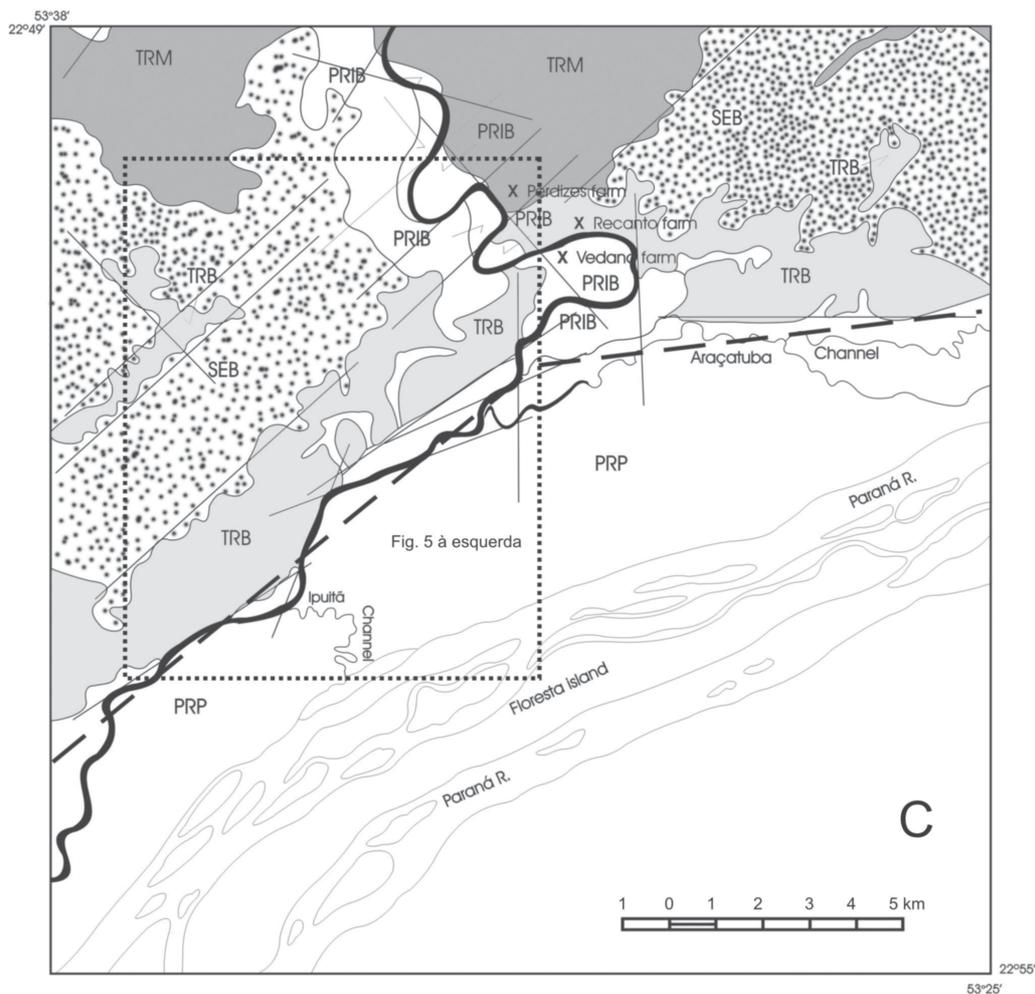
**FIGURA 4.** Legenda do Mapa Geomorfológico do Baixo Curso do Rio Ivinhema. O mapa é apresentado em três partes (veja a articulação na legenda). As letras dos diagramas de lineamentos corresponde a cada parte do mapa.



**FIGURA 4A.** Parte montante da área de estudo.

**FIGURA 4B.** Parte mediana da área de estudo.





**FIGURA 4C.** Parte jusante da área de estudo.

### Modelado de Acumulação em Terraços Fluviais

Foram identificados e diferenciados três terraços quanto sua posição altimétrica, características sedimentológicas e idades. Foram designados de Terraços Alto, Médio e Baixo (Figuras 4, 4A, 4B e 4C).

O Terraço Alto (TRA) apresenta altimetrias variando de 249 a 325 m acima do nível do mar e 10 a 14 acima das águas do rio (valores obtidos ao longo do perfil longitudinal na Figura 6) e ocupa o setor norte da área estudada. Ele forma colinas com vertentes convexas e topos planos e rede de drenagem com largos vales aluviais. Os sedimentos do Terraço Alto são compostos de sedimentos arenoargilosos de cor vermelha a marrom-avermelhada, depositados sobre cascalheiras oligomíticas e polimíticas, estas assentadas discordantemente sobre rochas do Grupo Caiuá (Fortes, 2001).

O Terraço Médio (TRM) está presente entre cotas de 248 e 252 m de altitude, podendo chegar entre 13 e 24 m acima da margem do rio Ivinhema e localiza-se no Setor Central da área estudada. A morfologia típica da superfície de Terraço Médio inclui um grande número de pequenas depressões secas e lagos. Estas

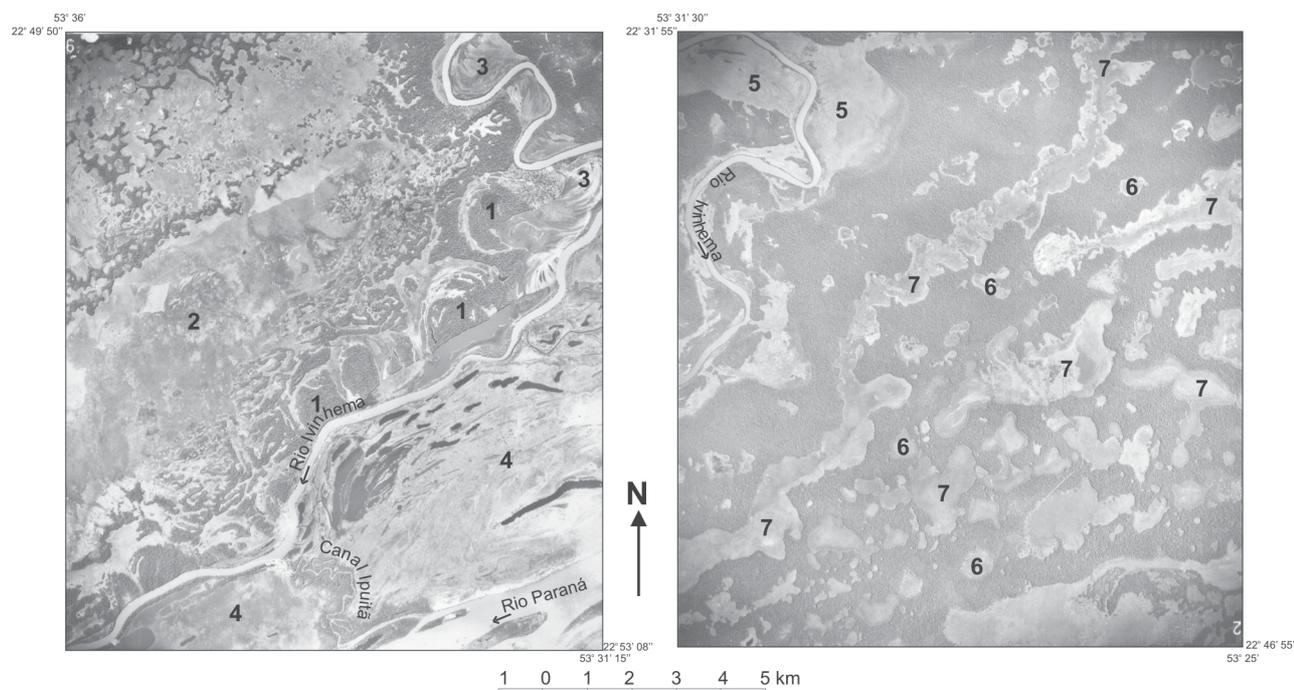
feições podem ser isoladas ou conectadas formando vales planos e alongados (Figuras 4, 4A, 4B, 4C e 5, à direita). Estas formas provavelmente foram criadas por processos pseudocársticos controlados por fraturas, associados com deflação eólica durante o Pleistoceno (Stevaux, 1994; Stevau & Santos, 1998). Dados de Termoluminescência dos depósitos do fundo dos lagos indicam idades de até 23.000 anos AP.

O Terraço Baixo (TRB) forma uma faixa descontínua de 0,2 a 3,2 km de largura, orientada NE-SW, desenvolvida no limite com a Planície de Inundação do Rio Paraná (Figuras 4, 4C e 5, à esquerda). Está situado entre 234 a 240 m de altitude, podendo chegar entre 8 a 10 m acima do nível das águas do rio Ivinhema. Este terraço apresenta um pacote de 10 a 15 m de espessura, de areia fina a média, de cor avermelhada a amarelo claro, podendo apresentar estratificação cruzada. Camadas de cascalho polimítico com cimento ferruginoso e lentes de argila estão presentes na base. Estes depósitos tiveram gênese associada a canais entrelaçados que constituíam o rio Paraná pretérito (Stevaux, 1994; Stevau & Santos, 1998), durante o

Último Máximo Glacial ( $42.000 \pm 170$  anos A.P.). A cerca de 2 m da superfície, mas, ainda na parte superior do terraço, foi possível identificar um nível de paleossolo, formado por uma fina camada horizontal de argila preta, coberta por areia amarela-avermelhada maciça.

Entre 0,8 e 1,2 m de profundidade são encontrados artefatos arqueológicos (pontas de flecha, machados e raspadores de pedra) associados com fragmentos

de carvão datados em  $5.680 \pm 70$  A.P. (Fortes, 2003). Em fotografias aéreas e no campo são facilmente identificadas cicatrizes de paleocanais do rio Ivinhema, que mostram um padrão meandrante pretérito nesse trecho (Figuras 4, 4C e 5, à esquerda). A superfície deste terraço está ocupada com dunas inativas isoladas, formadas durante um curto período seco no Holoceno Médio (Stevaux, 2000; Parolim & Stevaux, 2001).



**FIGURA 5.** Fotografias aéreas da área de estudo. Foto da esquerda: (1) Terraço Baixo (TRB), com paleocanais do rio Ivinhema; (2) Superfície Embutida do Terraço Baixo (SEB); (3) Depósitos de barra em pontal. Pode-se verificar a mudança brusca tanto no padrão de sinuosidade com no desvio brusco do Ivinhema, quando entra na (4) Planície do Rio Paraná (PRP). Foto da direita: (5) Canal e Planície do Rio Ivinhema (PRIA); (6) Lagos e depressões secas no Terraço Médio (TRM); (7) Depressões conectadas. As orientações NE-SW, das feições alongadas tornam evidentes os controles estruturais pelos lineamentos.

### Modelado de Acumulação em Planícies Ativas e Leques Aluviais

O modelado de acumulação representa em seu conjunto formas agradacionais. A gênese das planícies está associada a processos de inundação cíclica, tanto pelo rio Ivinhema como pelo rio Paraná. No caso dos leques aluviais, estes depósitos são originados e retrabalhados por tributários do rio Ivinhema.

As planícies do rio Ivinhema Alta e Baixa (PRIA e PRIB) e a Planície de Inundação do Rio Paraná (PRP) formam extensos depósitos paralelos ao canal do rio, com larguras variando de 120 m a 6.000 m, podendo a Planície do Rio Paraná, alcançar até 8.000 m. A Planície Baixa do Rio Ivinhema constitui uma zona pantanosa e forma trechos estreitos da planície

de inundação cortada por meandros sinuosos do rio, perto de sua junção com a Planície do Rio Paraná (Figuras 4, 4A, 4B, 4C e 5, à esquerda). Diques marginais distribuem-se maneira descontínua, alcançando até 3,5 m de altura, tanto nas laterais do Ivinhema como na do rio Paraná, com lagos e pântanos no seu reverso.

Os Leques Aluviais Alto (LEA) e Baixo (LEB) compreendem depósitos baixos, com extensões que variam de 1,5 – 4,5 km de comprimento, podendo excepcionalmente chegar a 16 km de extensão. Localizam-se, principalmente, na zona de ruptura de declive formada entre o Terraço Alto e Médio e a Planície do Rio Ivinhema, ou recobrando a Superfície Embutida do Terraço Baixo (Figuras 4, 4A e 4B). Outros leques aluviais encontram-se próximos, porém

fora da área de estudo, e são formados pelos Córregos Baile e Esperança (Figura 3). É muito difícil identificar estas formas no campo, mas elas estão bem definidas pela cor e textura nas fotografias aéreas. Eles possuem um gradiente suave, não excedendo  $1,6 \times 10^{-4}$  m/km. Encontram-se atualmente inativos e parcialmente retrabalhados. O Leque Aluvial Baixo corresponde a uma zona pantanosa, em parte coberta por vegetação herbácea e arbustos. Stevaux (1994, 2000) postulou que tais leques se desenvolveram durante um período curto seco do Holoceno médio para o alto.

### Modelado de Dissecção por Controle Fluvial

A Superfície Embutida do Terraço do Terraço Baixo (SEB) consiste em um compartimento mais baixo, localizado entre o Terraço Médio e Baixo, a uma altitude de 230-237 m acima do nível do mar e cerca

de 1 a 8 m acima do nível das águas do rio. Apresenta uma topografia plana cortada por córregos pequenos e paleocanais (Figuras 4, 4C e 5, à esquerda). Em geral estão cobertas por vegetação herbácea, com grupos de arbustos localizados nas elevações baixas, interpretadas como níveis naturais remanescentes da erosão parcial do Terraço Baixo.

A Superfície Dissecada do Rio de Ivinhema (SDI) é uma superfície estreita e descontínua, desenvolvida paralelamente ao rio Ivinhema, a uma altitude entre 241 a 243 m acima do nível do mar, e cerca de 5 a 11 m acima do nível das águas do rio. Sua borda irregular evidencia processos de retrabalhamento fluvial (Figuras 4, 4A e 4B). É uma superfície remanescente, originada da erosão parcial do Terraço Alto. Apresenta colinas isoladas e baixas, com vertentes convexas de baixa declividade e topos planos.

## PERFIL LONGITUDINAL

Embora o Rio Ivinhema tenha um perfil longitudinal côncavo, voltado para cima (Figura 6), no curso estudado, o perfil é levemente convexo e irregular, com variação na profundidade, velocidade de fluxo, características do leito e presença de soleiras. Este perfil foi produzido usando DGPS (Sistema de Posição Geográfica Duplo), além de levantamentos topográficos convencionais para seções transversais.

O perfil longitudinal trecho estudado é de 108 km de extensão e de 13 m de amplitude total (entre 240 e 227 m acima do nível do mar), desde o Leque Aluvial Alto, ao norte da área, até a foz do Canal Ipuitã onde o rio entra na planície de inundação do Rio Paraná. A declividade média do canal, ao longo do curso de estudo é  $1,2 \times 10^{-4}$  cm/km, com valores de declives mais altos de  $5,0 \times 10^{-4}$  cm/km,  $4,6 \times 10^{-4}$  cm/km e  $6,2 \times 10^{-4}$  cm/km junto às soleiras. As profundidades no Bloco I são de aproximadamente 3,2 a 3,6 m e 5,0 a 6,0 m no Bloco III. Trechos mais rasos no canal estão associados a afloramentos de cascalheiras cimentadas por ferro, formando soleiras em canal de leito rochoso. Na maior parte do curso, a sinuosidade varia de 1,0 a 1,3, mas aumenta para 1,6 e 2,8 no Bloco II e III respectivamente (Figura 6).

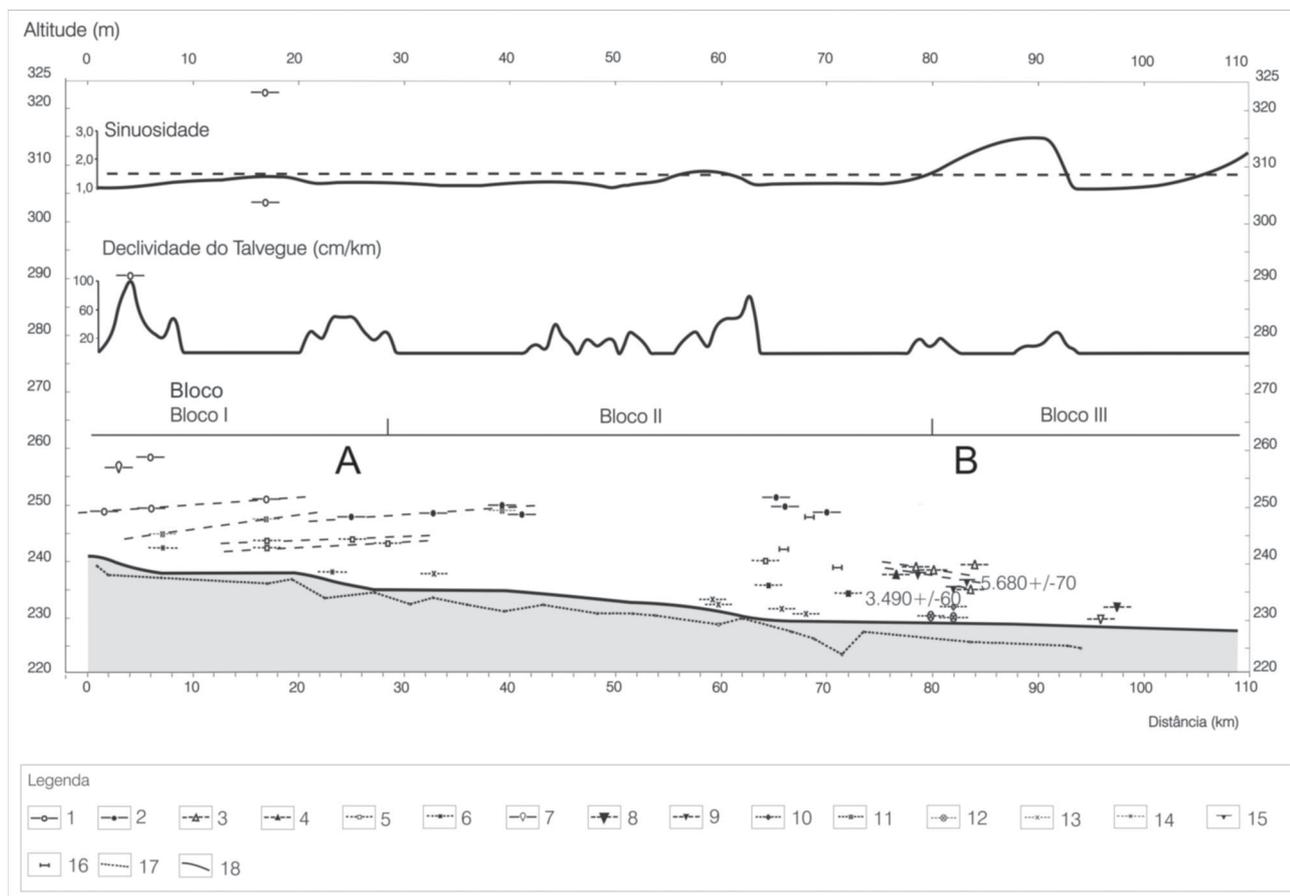
Foram inseridos no gráfico do perfil do canal dados relativos aos níveis altimétricos dos terraços, das superfícies embutida e dissecada, da planície de inundação do rio Ivinhema e Paraná, dos leques aluviais, dos palaeocanais, e das cascalheiras oligomíticas e polimíticas, bem como do embasamento. A análise desse perfil permite identificar preliminarmente dois conjuntos de feições. O do alto curso (Setor A da Figura 6) é formado pelos Terraços: Alto e Médio, a cascalheira oligomítica, a Superfície Dissecada do Rio Ivinhema e o topo da

Formação Caiuá. Os pontos representativos desse conjunto têm boa correlação e as superfícies obtidas mostram um mergulho expressivo das feições para montante. As feições geomórficas e os depósitos, no trecho do baixo curso (Setor B da Figura 6) são formados pelos Terraços Médio e Baixo, a planície de inundação do rio Ivinhema, o topo do embasamento Cretáceo, a cascalheira polimítica, e os palaeocanais do Ivinhema. Porém, não foi possível se estabelecer uma correlação das feições e dos depósitos neste conjunto.

Os depósitos do Terraço Baixos foram os mais estudados em relação à idade. Fragmentos de madeira, associados com depósitos fluviais próximos da seqüência basal, foram datados em  $42.520 \pm 170$  e  $38.140 \pm 170$  A.P. No topo do terraço ocorre uma seqüência de camadas de areia fina e secundariamente argila, com aproximadamente 1,8 m de espessura, que recobre um horizonte de paleossolo. Artefatos arqueológicos e troncos carbonizados, datados em  $5.680 \pm 70$  A.P., se espalham nessa seqüência superior.

Dunas eólicas inativas são encontradas isoladas na superfície do Terraço Baixo, formando elevações isoladas e foram datadas por TL em  $3.730 \pm 60$  A.P. A atividade eólica está relacionada a um curto período seco que ocorreu entre o Holoceno Médio & Superior (Parolim & Stevaux, 2001).

Paleocanais do rio Ivinhema são freqüentes nas porções jusantes e são encontrados em níveis diferentes, em relação à superfície das águas do rio do presente estudo. Embora a correlação entre eles não seja bem definida, é possível uni-los com uma linha para jusante (Bloco III da Figura 6). Datações obtidas a partir de troncos de madeira deste paleocanais forneceram uma idade de  $3.490 \pm 60$  A.P.



**FIGURA 6.** Perfil Longitudinal composto do Baixo Curso do Ivinhema (área de estudo): (1) Bloco I, (2) Bloco II, (3) Bloco III, (4) Superfície Embutida do Terraço Baixo, (5) Superfície Dissecada do Rio Ivinhema, (6) Planície de Inundação do Rio Ivinhema, (7) Leque Aluvial Alto, (8) Planície de Inundação do Alto Rio Paraná, (9) Planície de Inundação do Baixo Rio Paraná, (10) Barra em Pontal, (11) Cascalheira Oligomítica, (12) Cascalheira Polimítica, (13) Conglomerado Polimítico, (14) Formação Caiuá, (15) Paleocanais do Rio Ivinhema, (16) Depressões do Terraço Médio, (17) Talvegue, (18) Superfície da Água.

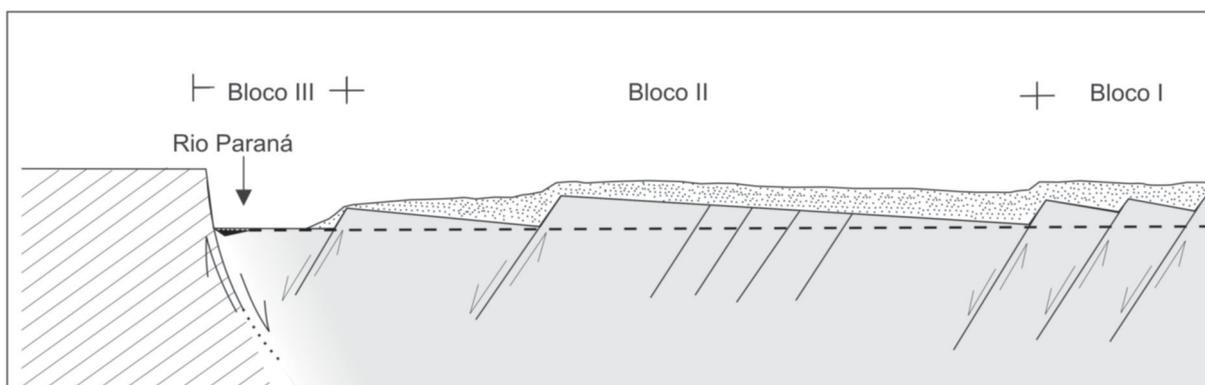
## ANÁLISE MORFOTECTÔNICA

Lineamentos, interpretados como fraturas e falhas, são identificados facilmente nas fotografias aéreas, mas poucos foram reconhecidos no campo. A maioria das fraturas está associada às cascalheiras polimíticas e oligomíticas cimentadas por óxidos de ferro. Falhas são muito raras no campo e foram encontradas somente em alguns depósitos de cascalho no alto curso da área estudada (Stevaux, 1994). Diagramas mostrando medidas dos lineamentos (Figura 4) indicam as direções principais N30-60E e um grupo subordinado a N30-40W.

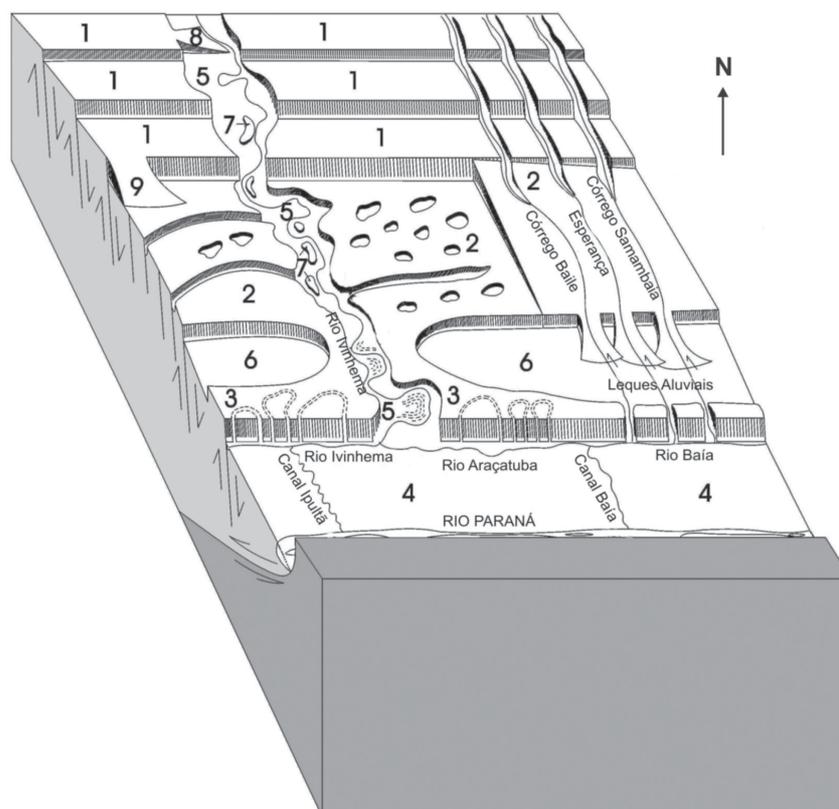
Considerando a morfologia do relevo, tipo e quantidade de lineamentos, padrão dos meandros e altitudes dos depósitos e das feições associadas, foi possível compartimentar o baixo curso do rio Ivinhema em três blocos morfotectônicos, designados de I, II e III (Figuras 6 e 7). O Bloco I inclui o curso superior do rio na área de estudo, a partir do seu limite ao norte até

o contato com o Terraço Médio. O canal neste setor corre aproximadamente a NW-SE, na mesma direção que a maioria dos lineamentos. O contato entre Terraços Alto e Médio com a Planície do rio Ivinhema Alta é totalmente controlado pelos lineamentos NW-SE e N-S e sugere um possível controle tectônico na formação planície de inundação do rio Ivinhema. Também é possível que o Leque Aluvial Alto seja estruturalmente controlado pelos lineamentos NW-SE em seu segmento proximal (Figura 8). Os perfis longitudinais mostram um declive para montante, dos Terraços: Alto e Médio, da Superfície Dissecada do Rio Ivinhema e das Cascalheiras Polimíticas, o que indica um conjunto de blocos adernados para norte (Bloco I na Figura 6 e Figura 7).

O Bloco II está definido pelos limites localizados entre o Terraço Baixo e a Planície de Inundação do Rio Paraná ao sul e pelo contato entre o Terraço Médio e Alto, ao norte. Os Terraços Médio e Baixo apresen-



**FIGURA 7.** Perfil estrutural esquemático do Baixo Curso do Rio Ivinhema.



**FIGURA 8.** Modelo estrutural esquemático da área de estudo. (1) Terraço Alto, (2) Terraço Médio, (3) Terraço Baixo, (4) Planície do Rio Paraná, (5) Planície do Rio Ivinhema, (6) Superfície Embutida do Terraço Baixo, (7) Superfície Dissecada do Rio Ivinhema, (8) Leque Aluvial Alto, (9) Leque Aluvial Baixo.

tam uma concentração mais alta de lineamentos NE, que controla as sinuosidades do canal, tornando seus meandros mais amplos, com comprimento de onda de 5,4 a 6,6 km, considerados anômalos quando comparados com os outros blocos (Figuras 3, 4, 4A, 4B e 4C). O Leque Aluvial Baixo é fortemente controlado por lineamentos NE-SW que definem o limite entre o Bloco II e III. Estes lineamentos também controlam o desenvolvimento da Superfície Embutida do Terraço Baixo.

O Bloco III é formado pela planície de inundação Rio Paraná e pelo canal. Na porção sul da área de estudo, este setor está limitado por um bloco alto formado pelos arenitos mesozóicos, extremamente resistentes, do Grupo Caiuá. O limite dos Blocos II e III está definido pelos lineamentos NE-SW e lineamentos E-W. Na junção entre estes dois grupos de lineamentos, o Rio Ivinhema mostra forte controle tectônico e mudanças abruptas na direção do canal.

## CONCLUSÕES

Um modelo tectônico da área de estudo pode ser proposto a partir de uma sucessão de blocos rotacionados para NW, formado por falhas antitéticas. Os blocos adernados por falhas normais, formam altos estruturais onde predominam processos erosivos, tendo sido constatada diversas anomalias vinculadas às declividade e profundidades do canal e presença de soleiras (Figuras 7 e 8). Nos baixos estruturais, foram constatadas zonas de deposição, representados principalmente por leques aluviais, como o Leque Aluvial Baixo, desenvolvido em uma zona depressionária formada ao longo de uma zona de falha de direção NE-SW, que define com mergulho para NW (Figuras 7 e 8). Stevaux (1994) também descreveu leques aluviais, drenados pelos córregos Baile, Esperança e Samambaia, formados sobre a Superfície Embutida do Terraço Baixo, localizados a leste da área de estudo e que, provavelmente, estão relacionados com a zona de falha (Figura 3).

É possível constatar o desenvolvimento de vale assimétrico e processos de erosão lateral vinculados ao mergulho dos blocos na direção transversal do vale do rio Ivinhema, bem como nas planícies aluviais e na foz de seus afluentes, como os córregos Guiraí, Vitória e Santa Rosa (Figura 4). Em todos os casos, os vales assimétricos indicam blocos adernados para N e NW. A mesma assimetria também podem ser observados nos córregos Baile, Esperança e Samambaia em área adjacente (Figura 3), onde estas características indicam declives de blocos NE. Assimetria semelhante de vale foi discutida por Muehberge (1979 em Schumm et al., 2000), Ouchi (1985) e Cunha (1988).

As cascalheiras oligomíticas que consistem basicamente de quartzo e quartzito têm como área fonte os terrenos cristalinos do Planalto Central Brasileiro. Podem ser consideradas como o início da história tectônica do vale do rio Ivinhema. A origem deste depósito está associada com a elevação da Serra do Mar e do escudo precambriano do Brasil Central, durante o Paleoceno (Almeida & Carneiro, 1968). Provavelmente, sob condições climáticas mais áridas, toda esta grande região no centro-sul do Brasil era coberta por grandes leques aluviais, associados com sistemas de rio entrelaçados (Fulfaro et al., 1983; Stevaux, 1994). Processo de circundesnudação periférica, possivelmente associada às reativações tectônicas que culminaram no Plio-Pleistoceno, levou à estruturação das bacias do Alto Rio Paraná e Rio Paraguai. A exposição das rochas paleozóicas e mesozóicas da Bacia Sedimentar do Paraná, decorrente desse processo, permitiu a evolução das depressões periféricas: sulmatogrossense, paranaense e paulista (Fortes, 2003). A primeira se tornou a fonte para as cascalheiras

polimítica, no qual passou a receber os clastos de quartzo e quartzito, provenientes do retrabalhamento das cascalheiras oligomíticas, mais os clastos de ágata e calcedônia dos basaltos, além seixos de arenito da Bacia Sedimentar do Paraná.

No limite Terciário-Quaternário, uma fase de deposição ativa, com enchentes repentinas e processos torrenciais, produziu os sedimentos de areia argilosa avermelhada, de estrutura maciça do Terraço Alto (Fulfaro & Perinotto, 1996; Fortes, 2003). No início do Pleistoceno, um pulso tectônico positivo promoveu a dissecação parcial do Terraço Alto e a formação do Terraço Médio. O antigo canal do rio Ivinhema promoveu a dissecação parcial de ambos os terraços e exumou as cascalheiras polimíticas e o oligomíticas, permitindo assim seu retrabalhamento e deposição sobre a área.

Os depósitos fluviais característicos da antiga fase do rio Ivinhema, no entanto, foram quase totalmente removidos pela erosão. O tectonismo que afetou a área produziu intenso fraturamento associado aos adernamentos dos blocos para NW.

Durante o Pleistoceno Superior, os rios Paraná e Ivinhema construíram uma sucessão de depósitos sedimentares, compostos de areia e cascalho em ambiente de canal entrelaçado. Datações por radiocarbono, de amostras localizadas próximo à base destes depósitos, apresentam idades de  $42.500 \pm 170$  e  $31.100 \pm 170$  A.P. No início do Holoceno, um novo pulso tectônico soergueu um grupo de blocos paralelos em direção ao vale do rio Paraná, e desenvolveu uma série de falhas antitéticas. Os processos tectônicos, associados com a fase pluvial (Hypsitermal entre 8.000 e 6.000 anos A.P.), alterou o sistema hidrológico do rio e formou uma série de terraços aluviais arenosos contínuos na margem direita do rio Paraná e seus afluentes, incluindo o Ivinhema.

Durante esta nova situação climática e hidrológica, os rios Ivinhema e Paraná adotaram um padrão meandrante e anastomosado, respectivamente, com a construção de uma planície de inundação relativamente larga. O tectonismo sutil, mas contínuo de blocos na área, durante o Holoceno, criou uma situação de repetidas mudanças hidrológicas, com avulsão, no caso do Rio Paraná (Stevaux & Souza, 2003), e processos de erosão e abandono de meandros no rio Ivinhema. Cicatrizes de paleocanais do rio Ivinhema no Terraço Baixo (Figura 5, à esquerda) confirmam processos de incisão das paleodrenagens em até 6 m.

Um curto período seco, no Holoceno Médio (Stevaux, 1994, 2000; Fortes, 2003) pode ter contribuído para a alteração no comportamento hidrológico do rio Ivinhema, como observado no Paraná por Stevaux e Souza (2003), a montante, próximo da área

de estudo. Mudanças hidrológicas, ocorridas a cerca de 2800 A.P., foram responsáveis por avulsões nos canais da margem direita do rio Paraná. Este período seco também foi acompanhado por atividade eólica. Horizontes de paleossolos e sítios arqueológicos no Terraço Baixo estão cobertos por espessos depósitos arenosos de origem eólica. Este período seco do Holoceno Médio pode ser identificado em qualquer outro lugar na área de estudo. Uma desconformidade bem-reconhecida a cerca de 3.000 anos A.P. é identificada nas datas de termoluminescência em muitas áreas

da cobertura arenosa do Terraço Baixo (Kramer & Stevaux, 2001) e pelo desenvolvimento dos leques aluviais Alto e Baixo.

Depois de 2.500 anos A.P., as atuais condições ambientais foram estabelecidas e a planície de inundação do rio Ivinhema foi formada. O canal atual do rio apresenta uma sinuosidade mais baixa em seu curso inferior, da confluência com o Ipitã até a foz, do que no trecho anterior. Os antigos depósitos de cascalho estão sendo retrabalhados e depositados como barras de cascalho.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio na realização desta pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMEIDA, F.M.A. & CARNEIRO, C.D.R. Origem e evolução da Serra do Mar. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 28, n. 2, p. 135-150, 1998.
2. CUNHA, F.M. Controle tectônico-estrutural na hidrografia na região do alto Amazonas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 1988, Belém. **Proceedings...** Belém, 1988, v. 5, p. 2267-2277.
3. FORTES, E. & VOLKMER, S. Cascalheiras do baixo curso do rio Ivinhema, MS - Brasil. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 9, 2003, Recife. **Resumos...** Recife, 2003. Em CD-ROM.
4. FORTES, E. Análise paleoambiental do Baixo Curso do Rio Ivinhema/MS - Brasil. In: ENCUENTRO DE GEÓGRAFOS DE AMÉRICA LATINA, 8, 2001, Santiago del Chile. **Resumos...** Santiago del Chile, 2001. Em CD-ROM.
5. FORTES, E. **Geomorfologia do baixo curso do rio Ivinhema, MS: uma abordagem morfogenética e morfo-estrutural**. Rio Claro, 2003. 200 p. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.
6. FORTES, E.; STEVAUX, J. C.; VOLKMER, S. Controles hidrológicos e hidrográficos dos processos erosivos do Baixo Curso do Rio Ivinhema, MS. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 5 E ENCONTRO SUL-AMERICANO DE GEOMORFOLOGIA, 1, 2004, Santa Maria. **Trabalhos Completos...** Santa Maria, 2004.
7. FULFARO, V.J. & PERINOTTO, J.A DE J. Bacia Bauru: Estado da Arte. In: SIMPÓSIO SOBRE CRETÁCIO DO BRASIL, 4, 1996, Águas de São Pedro. **Boletim...** Rio Claro: UNESP, 1996, p. 297-3003, 1996.
8. FULFARO, V.J.; ANGELI, N.; BARCELOS, J.H. Depósitos de bacia hidrográfica do rio Paraná. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 1983. **Boletim de Resumos...** São Paulo, 1983, n. 4, p. 25.
9. JABUR, I.C. **Análise paleoambiental do quaternário superior na bacia hidrográfica do alto Paraná**. Rio Claro, 1992. 182 p. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.
10. KRAMER, V.M.S. & STEVAUX, J.C. Mudanças climáticas na região de Taquarussu (MS) durante o Holoceno. **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba (PR), Brazil, n. 48, p. 79-91, 2001.
11. MAACK, R. **Geografia Física do Paraná**. Curitiba: Editora José Olímpio S.A., 450 p., 1968.
12. OUCHI, S. Response of alluvial rivers to slow active tectonic movement. **Geological Society of America Bulletin**, n. 96, p. 504-515, 1985.
13. PAROLIM, M. & STEVAUX, J.C. Clima seco e formação de dunas eólicas durante o Holoceno Médio em Taquaruçu, Mato Grosso do Sul. **Pesquisa em Geociências**, v. 28, n. 2, p. 233-243, 2001.
14. POTTER, P.E. How old is the Paraná River? How old are the South American's Rivers. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38, 1994, Camburiú. **Anais...** Camburiú, 1994, p. 198.
15. SANTOS, M.L. DOS. **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, 1997. 145 p. Tese (Doutorado em Estratigrafia e Sedimentação) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
16. SCHUMM, S.A.; Dumont, J.F.; Holbrook, J.M. **Active tectonics and alluvial rivers**. Cambridge University Press, Cambridge, 275 p., 2000.
17. STEVAUX, J.C. The upper Paraná River (Brazil): Geomorphology, Sedimentology and Paleoclimatology. **Quaternary International**, n. 21, p. 143-162, 1994.
18. STEVAUX, J.C. Climatic Events during the Pleistocene and Holocene in the upper Paraná River: correlation with NE Argentina and South-Central Brazil. **Quaternary International**, n. 77, p. 87-94, 2000.
19. STEVAUX, J.C. & SANTOS, M.L. DOS. Palaeohydrological changes in the upper Paraná River, Brazil, during the Late Quaternary: a facies approach. In: BENITO, G.; BAKER, V.R.; GREGORY, K.J. (Eds.). **Palaeohydrology and Environmental Change**. John Wiley & Sons Ltd., p. 273-285, 1998.
20. STEVAUX, J.C. & SOUZA, I.A. Floodplain construction in anastomosed river. **Quaternary International**, n. 114, p. 55-66, 2003.

*Manuscrito Recebido em: 29 de setembro de 2007  
Revisado e Aceito em: 17 de dezembro de 2007*

