

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES**  
**DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**  
**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO - MESTRADO EM GEOGRAFIA**  
**ANÁLISE REGIONAL E AMBIENTAL**

**Dinâmica sedimentar e hidrológica na confluência do rio Ivaí  
com o rio Paraná, município de Icaraíma- PR**

**CAROLINA SILVA BARROS**

**Orientador: Dr. Manoel Luiz dos Santos**

**MARINGÁ**

**2006**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**CAROLINA SILVA BARROS**

**Dinâmica sedimentar e hidrológica na confluência do rio Ivaí**

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. Dr. Manoel Luiz dos Santos, meu muito obrigada, pela orientação, estímulo e dedicação no desenvolvimento deste trabalho.

Ao prof. Dr. Nelson Vicente Lovatto Gaspareto pela amizade de todos esses anos.

Ao Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente (GEMA) pelo apoio necessário para a realização dos trabalhos de campo e de laboratório.

Aos colegas: Pollyana Crocetta Biazin, Marta Gaspar Sala, Sidney Kuerten, Aguinaldo Silva, Marcia Bubena, Erickson Hayakawa, Eduardo Morais, Adilson Coelho e Rafaela Harumi pelo apoio.

A Maria de Moraes e José Luiz pela boa vontade em ensinar e ajudar.

As colegas Jociely Motta e Elaine Hapner pela força e compreensão.

A Fabrício Corradini pela paciência, apoio e carinho em todos os momentos.

A minha família, minha gratidão pelo apoio e incentivo.

A Fundação Araucária pelo financiamento da pesquisa “Regime Hidrológico do rio Ivaí em seu curso inferior: ênfase e análise geoambiental” que possibilitou a realização desta pesquisa – Projeto 380 Convênio UEM/Fundação Araucária.

“A vida é como um rio. Enquanto nos movimenta entre a nossa nascente (o nascimento) e o nosso destino (a morte), as paisagens sempre serão novas. Um rio não deixa de correr jamais. Quando tudo a nossa volta fica mais fácil, as águas de acalmam, nos tornamos mais amplos, mais generosos. De repente o rio entra em uma espécie de buraco, e pára de correr com a alegria de antes. Nestes momentos, a única maneira de sair é contar com a ajuda do tempo. Quanto chegar o momento certo, a depressão se enche, e a água pode seguir adiante. No lugar do buraco feio e sem vida, agora existe um lago que outros podem contemplar com alegria. Embora sejamos únicos, em breve seremos muitos. À medida que caminhamos, as águas de outras nascentes se aproximam, porque aquele é o melhor caminho a seguir. Somos um meio de transporte, como o rio, de folhas, de barcos e de idéias. E que nossas águas sejam, sempre generosas...”

**Paulo Coelho**

Ser como um rio que flui (revista Época, janeiro 2006)

<b>RESUMO</b> .....	9
<b>ABSTRACT</b> .....	6
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	11
1.1 OBJETIVOS E IMPORTÂNCIA DO ESTUDO.....	8
1.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA .....	14
1.2.1 Aspectos Socio-Econômicos .....	14
1.2.2 Geologia/Geomorfologia Do Rio Ivaí .....	15
1.2.3 Geologia/Geomorfologia Do Rio Paraná .....	16
1.2.4 Clima/Precipitação.....	2
1.2.5 Vegetação/Fauna .....	3
<b>2 METODOLOGIA (MATERIAL E MÉTODO)</b> .....	5
<b>3 REFERÊNCIAL TEÓRICO</b> .....	10
3.1 CONFLUÊNCIAS, BARRAS E ILHAS.....	10
3.2 FÁCIES E ASSOCIAÇÕES PARA GEOMORFOLOGIA FLUVIAL .....	15
3.3 HIDROLOGIA .....	19
3.4 TRANSPORTE SEDIMENTAR.....	20
3.5 PARÂMETROS GRANULOMÉTRICOS.....	22
<b>4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b> .....	25
4.1 HIDROLOGIA .....	25
4.1.1 Velocidades .....	26
4.1.2 Vazão.....	29
4.2 TRANSPORTE SEDIMENTAR.....	30
4.3 GEOMORFOLOGIA E SEDIMENTAÇÃO DA CONFLUÊNCIA .....	35
4.4 DEPÓSITOS SEDIMENTARES DA CONFLUÊNCIA, BARRAS E ILHAS .....	40
4.5 CARACTERIZAÇÃO SEDIMENTAR DA CONFLUÊNCIA .....	55
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	61
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	63

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Localização da área de estudo .....	09
Figura 2	Mapa de Geologia e Geomorfologia da área de estudo.....	13
Figura 3	Pluviosidade média histórica da bacia do rio Paraná .....	17
Figura 4	Foto da margem esquerda rio Paraná.....	18
Figura 5	Foto da margem do rio Ivaí.....	18
Figura 6	Foto da margem direita da Ilha Ivaí II.....	18
Figura 7	Ecobatímetro Furuno com sistema GPS acoplado a um computador portátil.....	19
Figura 8	Molinete fluviométrico de hélice .....	20
Figura 9	Amostrador de carga suspensa (garrafa de Van Dorn).....	21
Figura 10	Processo de filtragem da carga suspensa hidrotransportada.....	22
Figura 11	Amostrador de fundo tipo Van Veen.....	22
Figura 12	Fluxograma do método da pipetagem.....	23
Figura 13	Diferentes ângulos encontrados nas confluências segundo Gail (1990).....	24
Figura 14	Velocidades médias nas seções transversais nos meses de coleta (perfis 1, 2, 3 e 4),.....	39
Figura 15	Velocidades dos perfis 1, 2, 3 e 4 a área hachurada representa as maiores velocidades.....	41
Figura 16	Concentração do sedimento em suspensão nos perfis 1, 2, 3 e 4 .....	45
Figura 17	Concentração do sedimento em suspensão nos perfis perfil 1.....	46
Figura 18	Concentração do sedimento em suspensão no perfil 2 .....	47
Figura 19	Concentração do sedimento em suspensão no perfil 3 .....	48
Figura 20	Concentração do sedimento em suspensão no perfil 4 .....	48
Figura 21	Perfil ecobatimétrico do rio Ivaí (perfil 1) localizado cerca de 100m a montante da confluência – março (2004).....	50
Figura 22	Perfil ecobatimétrico (perfil 1) para o mês de outubro de 2004.....	51
Figura 23	Perfil ecobatimétrico (perfil 2) de março de 2004.....	51
Figura 24	Perfil ecobatimétrico (perfil 2) para o mês de outubro de 2004 .....	52
Figura 25	Perfil ecobatimétrico (perfil 3) de março 2004.....	53

Figura 26	Perfil ecobatimétrico (perfil 3) de outubro de 2004.....	53
Figura 27	Perfil ecobatimétrico (perfil 4), localizado no rio Paraná após a confluência com o rio Ivaí, registro de outubro 2004.....	54
Figura 28	Interação entre as dinâmicas dos fluxos do rio Ivaí e Paraná .....	56
Figura 29	Foto Ilha Ivaí II.....	55
Figura 30	Modelo digital tridimensional da confluência dos rios Ivaí e Paraná.....	57
Figura 31	Distribuição granulométrica dos depósitos da barra de seixos e dos sedimentos do fundo do rio Ivaí e Paraná .....	58
Figura 32	Associação faciológica da Ilha Ivaí I com passagem da fácies de planície (Fm) para fácies de dique marginal (So/Sr).....	60
Figura 33	Associação faciológica da Ilha Ivaí II com passagem da fase de barra para fase de ilha.....	60

#### LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Valores obtidos pela fórmula com as rotações do molinete fluviométrico .....	21
Quadro 2	Formas de leito apresentadas por Smith (1974) .....	26
Quadro 3	Código de fácies proposto por Miall (1997) e adaptado por Santos (1997) e Stevaux (1993).....	31
Quadro 4	Coordenadas geográficas dos perfis transversais.....	38
Quadro 5	Parâmetros hidráulicos da seção transversal para o mês de março de 2005....	38
Quadro 6	Comparação entre as características físicas de diferentes sistemas fluviais modificado por Stevaux (1993) .....	43
Quadro 7	Vazão nos perfis transversais 1, 2, 3 e 4 nos meses de coleta .....	44
Quadro 8	Parâmetros morfológicos dos perfis transversais .....	49

## **SIGLAS**

ANA – Agência Nacional de Águas

Copel - Companhia de Energia Elétrica do Paraná

IBGE – Instituto Brasileiro Geografia e Estatística

GEMA - Grupo de Estudos Multidisciplinares do ambiente

SEAB – Secretaria do Estado de Agricultura e Abastecimento

SUDREHSA – Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

UEM – Universidade Estadual de Maringá

## **RESUMO**

O estudo das confluências de rios ainda é pouco destacado dentro da geomorfologia fluvial e da hidrologia comparado aos outros sítios dos sistemas fluviais. O rio Paraná e o rio Ivaí são rios tropicais de características particulares que se fundem a partir de sua área de confluência. É nesta área que este trabalho foi desenvolvido para compreender a dinâmica sedimentar e hidrológica da confluência desses rios, onde o acesso terrestre se dá pelo município de Icaraíma, no Paraná. Foram levantados quatro perfis transversais aos canais para coletas de dados e observações. Ao longo deste perfil foram coletadas carga de suspensão, de fundo e tomadas as medidas de velocidade da corrente, ao longo de um período de 8 meses. O primeiro perfil no rio Ivaí está num canal encaixado de curso sinuoso, muito próximo à confluência com o rio Paraná. O segundo perfil está localizado no canal secundário do rio Paraná, antes de encontrar o rio Ivaí, sendo o menos profundo de todos os perfis. Os terceiro e quarto pontos estão no rio Paraná, após a confluência, e distam um do outro apenas 500m. A dinâmica sedimentar apresentou uma quantidade 5 vezes maior de sedimento em suspensão no rio Ivaí do que no rio Paraná. Tendo em média 0,03g/l do rio Ivaí contra 0,001g/l do rio Paraná. Com um ângulo de 60° a confluência dos rios Ivaí e Paraná faz com suas águas se encontrem diagonalmente. Para o rio Ivaí tem-se um leve aumento da velocidade no setor esquerdo do canal enquanto que para o canal secundário do rio Paraná as maiores velocidades estão próximas ao centro do canal. Na confluência do rio Ivaí com o rio Paraná, mais a jusante, encontra-se uma barra de canal que evoluiu para uma formação de ilha (Ilha Ivaí II) pelo processo de agração, que atualmente sofre intenso processo erosivo.

**PALAVRAS-CHAVE:** confluência de rios, canais fluviais, dinâmica sedimentar, dinâmica hidrológica.

## **ABSTRACT**

The study of confluences is still barely known in fluvial geomorphology and hidrology compared to other pluvial systems sites. The Ivaí and Paraná Rivers are both tropical rivers with their own characteristics that flow together from their area of confluence. It is in this field that this work has been developed aimed to understand the sedimentary and hidrologic dynamic of those rivers confluence where the terrestrial access is found through Icaraíma municipality in Paraná state. Four transverse profiles to channel were surveyed for the data collect and observations. Along with these profiles during the period of 8 months current speed measure were taken and also bedload and suspended load have been collected. The first profile of Ivaí River is fit into a channel of sinuous course. The second profile is located in the secondary channel of Paraná River before it encounters the Ivaí River, which is the least deep of all profiles. The third and fourth points are located in the Paraná River right after the confluence and is only 500 meters apart from each other. The sedimentary dynamic presented five times more sediments in suspension at Ivaí River than at Paraná River. On average, Ivaí River contains 0,03 g/l over 0,001 g/l Paraná River. With an angle of 60°, the confluence of Ivaí and Paraná Rivers make their waters get together diagonally. As for the Ivaí River, there is a slight increase velocity at left sector of the channel. Though for the secondary channel of Paraná River, the greater velocity are closer to the center of the channel. At the confluence of Ivaí River with the Paraná River toward the downstream, a channel bar is found which develops.

Key words: confluence rivers, channel bars, sedimentary dynamic, hidrologic dynamic

## 1 INTRODUÇÃO

O estudo dos rios e das bacias hidrográficas está se desenvolvendo cada vez mais no meio científico, principalmente pelo destaque com que a água vem sendo discutida nos últimos tempos, assim a geomorfologia fluvial vem se tornando um campo científico dinâmico e surpreendente.

Os rios são muito importantes para a atividade humana, seja como via de transporte, como fontes de energia hidroelétrica e de água potável, como supridores de recursos através da pesca e da água para irrigação ou abastecimento ou ainda como fonte de recreação e cultura.

Os canais fluviais apresentam diversas características dinâmicas, que se tornam responsáveis pelas qualidades atribuídas aos processos fluviais. A dinâmica do escoamento, no que se refere a geomorfologia ganha importância na força exercida pela água sobre os sedimentos do leito fluvial, no transporte dos sedimentos, nos mecanismos deposicionais e na formação da topografia do leito.

Os rios Paraná e Ivaí fazem parte desta pesquisa por se tratarem de rios de grande e médio porte, respectivamente, por serem rios de significativa importância para o estado do Paraná e por influenciar ou sofrer influências do meio que se encontram.

O rio Paraná é o maior rio do sistema hidrográfico da bacia La Plata, estabelece no Estado do Paraná a divisa com estado do Mato Grosso ou com o Republicado Paraguai desde a desembocadura do rio Paranapanema até Foz do Iguaçu, numa extensão de 400,6 km. O percurso total do rio Paraná abrange 4.695Km dos quais 3.367Km são navegáveis (Maack, 1981).

O rio Paraná é o terceiro maior rio da América do Sul e encontra-se quase totalmente represado em seu trecho brasileiro, sendo que apenas nos 200Km compreendidos desde o final do lago de Itaipu até o pé da barragem de Porto Primavera o rio corre em suas condições naturais. (Stevaux, 2002).

O rio Ivaí é um importante rio tropical do oeste do Paraná que está ligado em sua foz com o rio Paraná. O rio Ivaí tem um percurso total de 685 quilômetros, numa bacia hidrográfica de 35.845 Km<sup>2</sup>. Ao longo de seu percurso drena o substrato do Segundo e Terceiro Planalto do Paraná. A bacia do Rio Ivaí é uma sub-bacia da bacia de drenagem do Rio Paraná. O Rio Ivaí recebe este nome a partir da confluência do Rio dos Patos e São João – divisa entre os municípios de Prudentópolis e Ivaí, desenvolvendo-se na direção geral noroeste até desembocar no Rio Paraná.

## 1.1 OBJETIVO E IMPORTÂNCIA DO ESTUDO

Devido à escassez de pesquisas hidrológicas e sedimentares em confluências é que esta pesquisa se desenvolve; com o **objetivo** de analisar a hidrologia e as dinâmicas sedimentares dos rios Ivaí e Paraná na confluência; analisar a contribuição da carga hidrotransportada do rio Ivaí para o rio Paraná. Caracterizar os depósitos fluviais na confluência, além de estudar a dinâmica geomorfológica dos canais.

Este estudo é importante para a geomorfologia fluvial e para a hidrologia porque remete a futuros problemas e eventos ambientais, como: extração de areia para construção, dragagem para implantação e conservação de hidrovias, assoreamento de barragens, implantação de praias artificiais, portos e de hidrelétricas.

Os grandes rios devem ser considerados como macrossistemas abertos, já que articulam em suas bacias vários biomas que recolhem e transformam as chuvas ocorridas nos distintos setores geográficos da mesma e o componente transformado é o regime hidrossedimentológico.

É nesse encontro do rio Ivaí com o rio Paraná (Figura 1) que ocorre a interação de processos sedimentares destes rios, concorrendo para a estruturação e evolução da morfologia dessa confluência, pois, nesses dois importantes rios os processos de mudanças nas características de seus canais e margens podem ocorrer.

Essas confluências são pontos complexos no ajustamento hidráulico das redes de drenagem, sejam naturais ou artificiais. Isto porque a partir da zona de confluência, dois rios competem por um espaço (REID *et al* 1989). Mas, apesar da importância das confluências, elas são vistas com pouca atenção quando comparada aos outros elementos da rede de drenagem.

Por outro lado esta pesquisa também é importante porque o comportamento de uma bacia pode ser mudado por alterações e impactos ambientais que comprometem a “qualidade dos recursos ambientais” como destacado pela resolução do CONAMA 357/2005. Esta resolução no seu artigo 1º, define impacto ambiental como sendo “qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente afetem”:

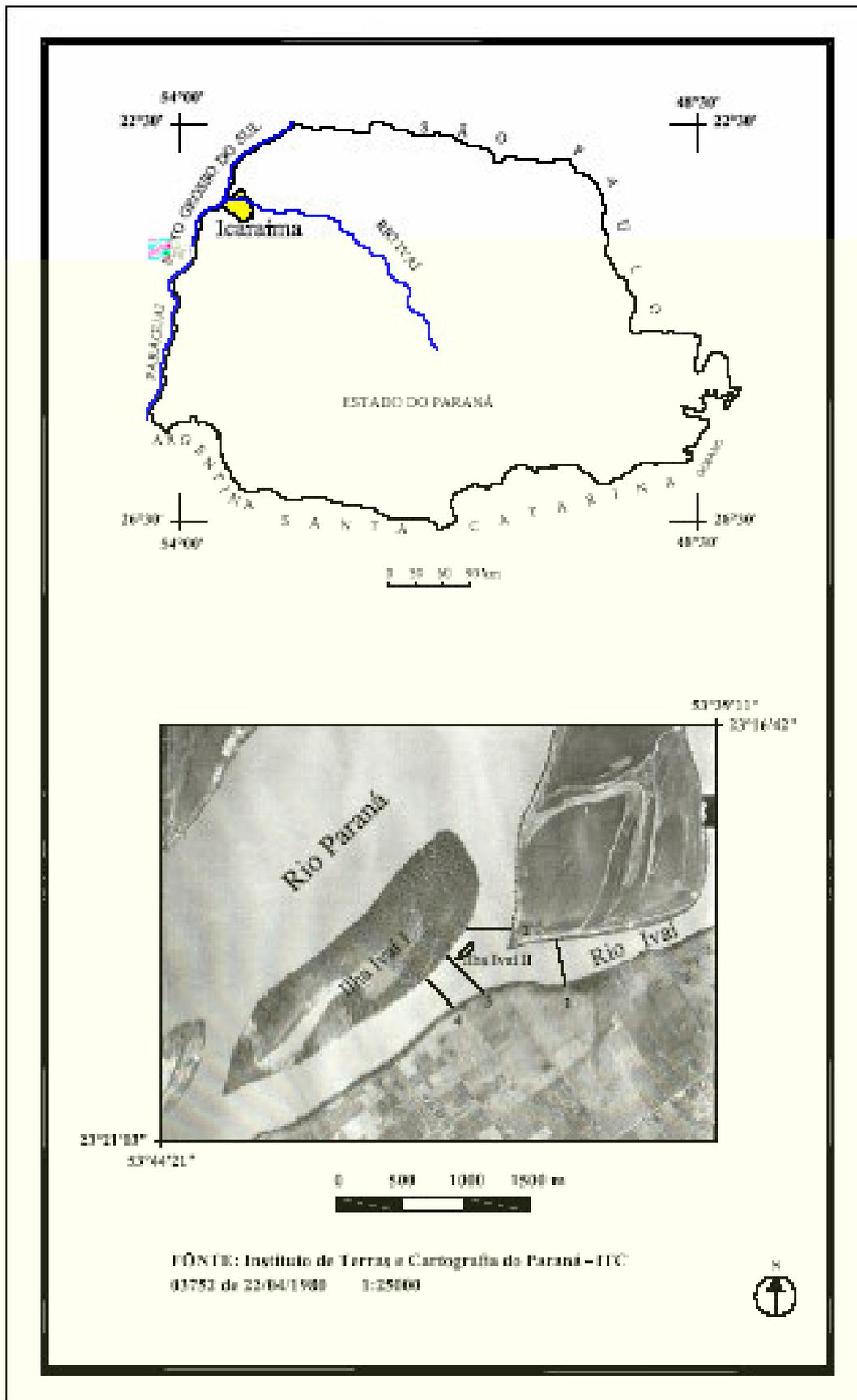


Figura 1 – Localização da área de estudo.

- a saúde, a segurança e o bem estar da população; - as atividades sociais e econômicas;

- a biota;

- as condições estéticas e sanitárias ambientais;

- a qualidade dos recursos ambientais.

A influência antrópica nas bacias hidrográficas implicam na modificação das formas de uso do solo: transformação de florestas em áreas agrícolas e urbanas, transformação de regiões áridas em agrícolas pela irrigação; criação de zonas industriais onde se concentram processos que resultam na emissão de poluentes; aterramento de extensões lacustres e litorâneas; transformação de grandes superfícies terrestres em lagos (MULLER, 1996). Assim, as alterações no uso do solo têm provocado modificações no comportamento das bacias hidrográficas e conseqüentemente nos canais fluviais. O crescente uso das áreas em torno dos rios, realizado de forma desordenada, principalmente a rizicultura e a pecuária, tem se mostrado incompatível com a preservação da diversidade biológica e com a atividade da pesca.

Esta questão ambiental também está contemplada nesta pesquisa. Devida à importância de se reconhecer à contribuição do rio Ivaí para o rio Paraná, questão essa essencial para o planejamento e gestão ambiental destes importantes recursos hídricos.

## 1.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

### 1.2.1 Aspectos Sócio-Econômicos

A confluência do rio Ivaí com o rio Paraná, em Pontal do Tigre, tem acesso terrestre a partir da cidade de Icaraíma-PR, por uma estrada vicinal trafegável durante todo o ano.

A população de Icaraíma é de 9.062 habitantes (IBGE/2004) e há anos não sobrevive mais da pesca. A atividade econômica principal é a agropecuária, exigindo extensa área de pastagem, que sustentaram um rebanho de 62.301 bovinos.

Segundo a secretaria do Estado de Agricultura e Abastecimento (SEAB, 2004), em Icaraíma, da área total destinada à agricultura (26.662 ha), 43,9% desta foi produzido cana-de-açúcar, 12,6% com soja e 10,8% foi plantada com milho. Alguns antigos

pescadores buscam outras fontes de renda, como a apicultura, cuja produção de mel em 2004 chegou a 3.366 Kg.

### 1.2.2 Geologia/Geomorfologia do Rio Ivaí

O rio Ivaí nasce da junção de dois rios pertencentes ao sudeste do estado do Paraná na região da Serra da Esperança. O primeiro nasce no município de Inácio Martins (rio dos Patos) e o segundo no município de Prudentópolis (rio São João). O percurso total do rio Ivaí desde a confluência do rio dos Patos a São João até sua foz no rio Paraná é de 685Km, com larguras médias de 150m (MAACK, 1981).

O seu escoamento se efetua em direção ao noroeste do estado do Paraná até sua foz, no rio Paraná, em Pontal do Tigre em Icaraíma-PR. (SANTOS & KUERTEN, 2005).

O sistema hidrográfico da bacia do rio Ivaí está distribuído sobre litologias da bacia do Paraná: Grupo Passa Dois, Grupo São Bento, incluindo os basaltos da Formação Serra Geral e a Formação Caiuá (BITTENCOURT, 1982), abrangendo os 2° e 3° planaltos paranaenses.

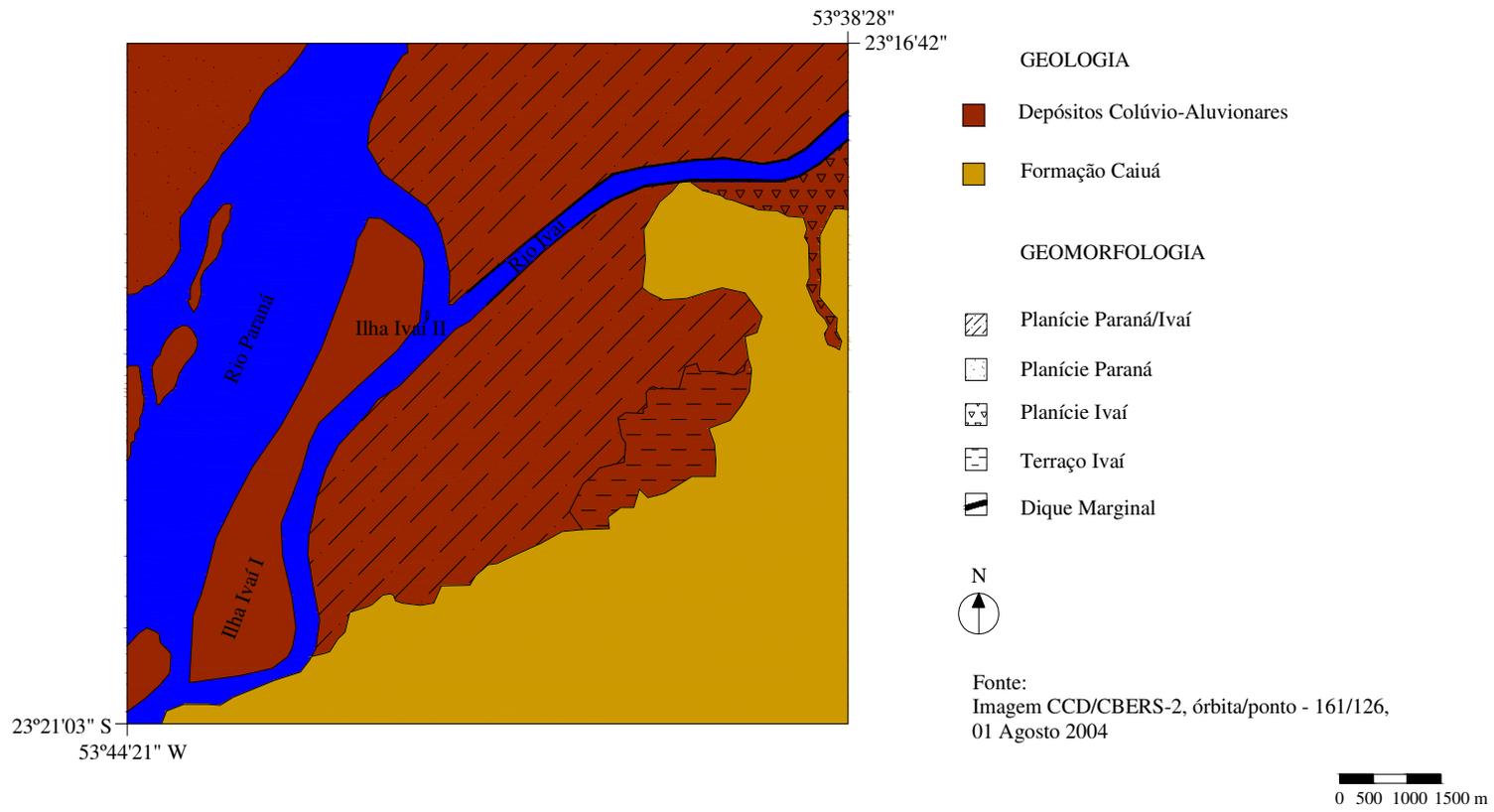
Segundo pesquisa realizada pela COPEL (1984) o rio Ivaí pode ser dividido em três seções. A primeira, da foz até a Corredeira do Ferro, nessa seção o rio corre sobre um substrato de arenitos cretáceos da Formação Caiuá, apresentando uma declividade muito pequena e praticamente não ocorrendo corredeiras. A segunda vai da Corredeira do Ferro até o Km 420, apresenta declividade crescente e mais acentuada pra montante, com ocorrência de inúmeras corredeiras, rasos e pequenos saltos e o substrato é formado pelas eruptivas básicas da formação Serra Geral (Juro-Cretáceo). A terceira seção situa-se a montante do Km 420 e apresenta uma declividade relativamente baixa, porém interrompida por trechos de grande declividade, nesta seção o substrato é formado por rochas sedimentares mesozóicas da Bacia Sedimentar do Paraná.

No seu curso inferior, segundo Santos (2005) *et all* os alinhamentos tectônicos a NW e NE controlam o traçado meândrico do rio Ivaí. Estes alinhamentos são reconhecidos nas direções de fratura dos afloramentos do arenito Caiuá dentro do canal do rio. A Planície Aluvial desenvolve-se simetricamente em relação ao canal e, lateralmente ao canal ocorrem diques marginais contínuos, com até 5m acima do nível da planície. Estes são destacados pela vegetação, bastante degradados pela utilização agropastoril. A largura da planície aluvial é maior próximo a sua foz com o rio Paraná, construída pela dinâmica conjunta destes dois rios.

Esses autores ainda dividiram a planície aluvial do rio Ivaí em seis unidades morfoestruturais de idades distintas: Planície do Ivaí, Planície Paraná-Ivaí, Terraço Paraná, Terraço Ivaí, Leque Aluvial e canal fluvial.

De acordo com Souza Filho (1997) as falhas do rio Ivaí e do rio Amambaí separam um compartimento central do rio Paraná, chamado de “rio Baía” de um outro compartimento ao sul, cujo nome é “ilha grande”. Esse compartimento “rio Baía” estende-se por pelo menos 250 Km, de Presidente Epitácio até a foz do rio Ivaí, próximo da cidade de Icaraíma. Sua largura varia entre 9Km a montante e 25Km a jusante, com estreitamento para 6 Km na região da cidade de Aurilândia.

Os rios dada a sua capacidade de erosão, transporte e deposição, são os principais agentes de transformação da paisagem, agindo no modelado do relevo. Os diques marginais ocorrem ao longo da margem esquerda do canal do rio Paraná, apresentando uma forma assimétrica e caimento suave em direção à planície, com uma altura em relação a planície em torno de 5m. Lateralmente ao canal do rio Ivaí em sua foz, desenvolve-se uma planície areno argilosa construída pela dinâmica conjunta dos rios Ivaí e Paraná



Segundo Santos (1997) o rio Paraná em seu curso superior apresenta um padrão multicanal, com braços separados por extensas ilhas e barras. A estabilidade marginal, a relação largura/profundidade, o gradiente, a carga sedimentar e a tipologia das barras implicam para o rio Paraná, na área de estudo, um canal entrelaçado. As amplas ilhas formaram-se devido à erosão dos depósitos do sistema anastomosado pré-existente, e vêm sendo modificadas pelo padrão atual entrelaçado.

O rio Paraná ocupa, portanto, a faixa de junção de dois grandes homoclinais formada pelas rochas da parte superior da bacia sedimentar do Paraná. Todos os afluentes são rios conseqüentes ou ressequistes, pois correm no sentido do mergulho das camadas litológicas (SOUZA FILHO, 1997).

O substrato geológico da calha fluvial do rio Paraná, em seu alto curso, é constituído por basaltos da Formação Serra Geral (JK) e por arenitos das Formações Santo Anastácio e Caiuá, do Grupo Bauru. Os diferentes substratos rochosos impõem características distintas a partes diversas do rio. Nas áreas de ocorrência de basaltos o vale é mais fechado, com corredeiras e saltos. Na área de ocorrência dos arenitos do grupo Bauru o quadro é bastante distinto, pois não há corredeiras, e o vale é bastante aberto. Em alguns locais as águas do rio torna-se mais rápidas, graças à modificação imposta por movimentos tectônicos recentes ao longo de estruturas transversais ao curso do rio.

O rio Paraná tem atualmente uma dinâmica geomorfológica altamente dependente da intensidade e sazonalidade das suas descargas, assim como da mudança do posicionamento dos talwegues nos seus canais (ROCHA, 2002).

Os dois rios formadores do rio Paraná (Grande e Parnaíba) apresentam características gerais de rios de planalto, com declividade média em torno de 0,8m/Km, atenuando-se em direção às suas porções mais baixas (PAIVA, 1982).

Segundo Souza Filho (1997) diques marginais são encontrados de duas formas no rio Paraná: em posição paralela a canais ativos, ou paralela a canais inativos. No primeiro caso apresentam forma assimétrica, com face íngreme voltada para o canal e caimento suave em direção à planície, podendo apresentar ondulações em sua superfície. Os diques marginais paralelos a canais inativos ocorrem em grande quantidade, dispostos em posição transversal ao rio Paraná.

A associação faciológica dos períodos do sistema aluvial do rio Paraná envolve um inter-relacionamento das fácies da planície (pelitos laminados (Fl), pelitos maciços (Fm),

areia com microestratificação (Sr) areia maciça (Sm) e orgânica (So)). Com fácies de canal (areia estratificada (Sp, St), areia fina (Sh), seixos maciços (Gm) ou estratificados (Gp)), (SANTOS, 1997; STEVAUX e SANTOS, 1998).

Nas ilhas do rio Paraná é comum a exposição das fácies compostas por pelitos maciços ou laminados (Fl e Fm) sobrepostos por fácies arenosas (Sm e Sr) dos diques marginais (SANTOS, 1997).

O rio Ivaí deságua em um “braço” menor do rio Paraná formado entre a ilha Ivaí e a margem esquerda do rio, em território paranaense. Neste trecho este “braço” do rio Paraná será doravante chamado como canal secundário. A largura deste canal secundário está em torno de 300m e apresenta uma extensão de 15Km, antes de novamente se juntar ao canal principal do rio, a jusante da confluência com o rio Ivaí.

Planície de inundação é a área relativamente plana adjacente a um rio, coberta por água nas épocas de enchente. Apresenta-se intensamente vegetadas podendo formar significativos depósitos de restos vegetais e horizontes de solos, além de outras feições como bioturbações, marcas de raízes, gretas de contração e depósitos de turfa e carvão.

As planícies de inundação constituem a forma mais comum de sedimentação fluvial, podendo ser encontrada em rios de todas as grandezas, onde nas enchentes, toda esta área é inundada, tornando-se o leito do rio. O estágio de margens plenas assinala a descontinuidade entre o sistema canal fluvial e o sistema planície de inundação. Até atingir o estágio de margens plenas, o escoamento das águas se processa no interior do canal e originam diferentes formas topográficas (CHRISTOFOLETTI, 1981).

A planície de inundação do rio Paraná é uma ampla área de acumulação que ocupa toda a calha do rio. As áreas de inundação da planície compreendem canais ativos e semi-ativos, lagoas e baixios alongados associados a paleocanais e à bacia de inundação. Em quase todas as cheias essas áreas recebem água do rio Paraná, ou do lençol freático, formando lagos alongados (SOUZA FILHO, 1997).

#### 1.2.4 CLIMA/PRECIPITAÇÃO

O clima, que na maior parte da região sul do Brasil é Temperado e se caracteriza por uma homogeneidade na distribuição das chuvas, podendo as máximas e mínimas anuais ocorrer em qualquer estação do ano. Quanto à distribuição sazonal das chuvas, é importante observar que a alta concentração de chuvas no fim da primavera coincide com

a época em que grande parte dos terrenos está desprotegida por ausência de vegetação, devido ao preparo da terra para as culturas de verão.

No que se refere às características térmicas, a bacia do Ivaí tem 55% de sua área coberta pelo clima Tropical sub-quento. Neste clima são características médias de 26°C e 24°C em janeiro e a média do mês mais frio superior a 15°C, com temperaturas médias anuais superiores a 20°C (MAACK, 1981).

Para compreender as características pluviométricas foram levantados os totais anuais e mensais dos últimos 30 anos, nas estações mais próximas da confluência do rio Ivaí e Paraná. Para obtenção do total pluviométrico foram utilizados dados da ANA (Agência Nacional de Águas, 2005) e SUDREHSA (Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, 2005), assim o total pluviométrico para o rio Paraná (no trecho de estudo) foi de 449,33mm com média de 521,25mm (Figura 3).

Esses levantamentos mostraram uma diferenciação da distribuição da chuva nos dois rios. Os dados apontam os valores pluviométricos variando de 350,50mm a 811,96mm, onde se verificou o predomínio de valores mensais superiores a 500mm.

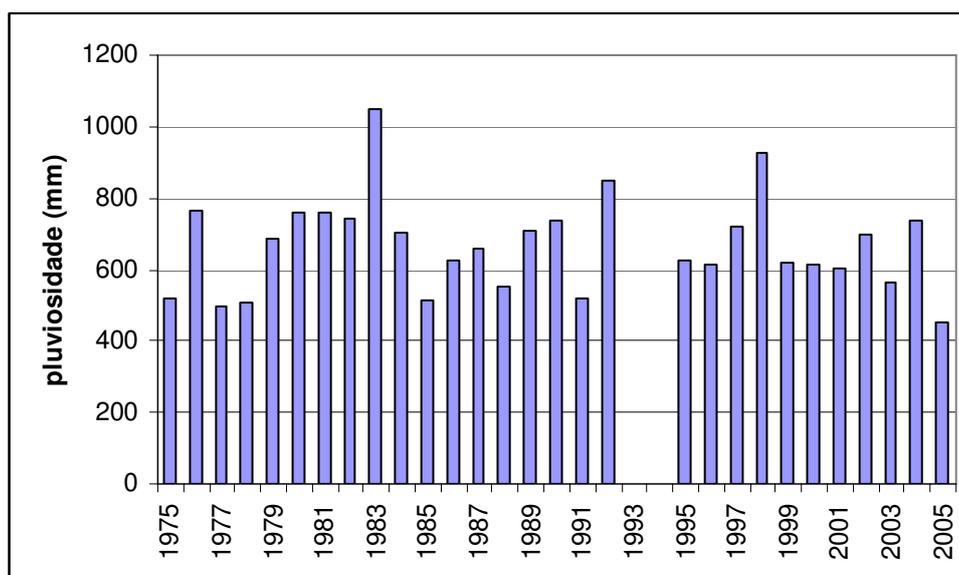


Figura 3 Pluviosidade total histórica da bacia do rio Paraná

### 1.2.5 VEGETAÇÃO/FAUNA

Na vegetação do rio Paraná foram identificadas mais de 360 espécies, dominadas por herbáceas. As herbáceas aquáticas cobrem extensões variáveis das lagoas, brejos e canais secundários (STEVANUX, 1997).

As margens do rio Ivaí (Figura 4) próximas à confluência, devida a alta ação antrópica, são margens com uma pequena quantidade de mata ciliar. Já no canal secundário do rio Paraná, somente na margem direita que chega na confluência (Figuras 5 e 6) pode-se observar a preservação da mata ciliar, porque na margem esquerda a vegetação original foi totalmente degradada dando lugar a uma grande extensão de pastagem.



Figura 4 - Margem esquerda rio Paraná



Figura 5 - Margem direita do rio Ivaí



Figura 6 - Margem direita da Ilha Ivaí I no rio Paraná

## **2 METODOLOGIA (MATERIAL E MÉTODO)**

O trabalho de campo consiste: 1 - na batimetria dos perfis transversais georreferenciados levantados com o sistema GPS (Global Position System) acoplado Ecobatímetro FURUNO® com emissor de sinais 200KH (Figura 7). Estes foram feitos mantendo-se o barco em velocidade constante. A orientação do barco se deu a partir de



Figura 7 - Ecobatímetro FURUNO® com o sistema GPS acoplado a um computador portátil

2 – Na medição da velocidade do fluxo e vazão do canal. Essa velocidade é verificada pelo molinete fluviométrico de hélice IH modelo MLN-4 (Figura 8) que quando colocado no curso d'água emite um bipe a cada 10 giros da hélice. O número de bipes no intervalo de um minuto, é levado a uma equação de ajuste, específica do molinete, que transforma o número de bipes em m/s, conforme Quadro 1. A área da seção e a velocidade do fluxo são os dados necessários para a obtenção da vazão daquela determinada seção da bacia. São tomadas as medidas de velocidade do fluxo: a 1m da superfície da água, a meia profundidade da coluna vertical e a 1m do fundo, totalizando três medidas por local amostrado.



Figura 8 - Molinete fluviométrico de hélice

$$\text{Equação de ajuste do molinete fluviométrico: } \frac{n^{\circ}\text{bips} \times 10}{60}$$

Se N for:  $3,103 < V = 0,27037 \times N + 0,0068$

$$3,103 > V = 0,27688 \times N - 0,0134$$

rotações	Velocidade (m/s)
3	0,141
4	0,232
5	0,2771
6	0,3223
7	0,3672
8	0,4123
9	0,4574
10	0,502
11	0,5475
12	0,59
13	0,637
14	0,6827
15	0,727
16	0,7728
17	0,817
18	0,86
19	0,909
20	0,9556

Quadro 1 - Valores obtidos pela fórmula com as rotações do molinete fluviométrico

3 – A coleta de sedimentos em suspensão é feita com a garrafa de van-door (Figura 9) nos diferentes pontos pré-estabelecidos nos perfis transversais. Este equipamento é de acordo com a metodologia de Orfeo (1995) um recipiente cilíndrico com duas extremidades fechadas por tampas móveis presas por elásticos. As tampas são abertas, puxadas e presas a um simples sistema de alavanca. Pelo seu mecanismo de trava, estas voltam à posição inicial (fechada) com a queda de um peso que desliza por uma corda até o gatilho destravando as tampas fechando novamente o aparelho.



Figura 9 - Amostrador de carga suspensa (Garrafa de Van dorn)

Depois da coleta de água, é transferida para um galão plástico esterilizado onde ficava reservado, para posteriormente ser feita a filtração para quantificação da concentração de sólidos suspensos. Dos 5 litros da amostra coletada apenas 1 litro é usado para filtração. Esse processo é realizado pelo sistema Millipore que consiste em uma bomba de sucção a vácuo, pinças cirúrgicas, água destilada, filtros e um receptor da água a ser filtrada. Esses filtros de 47 mm de diâmetro e poros de valor nominal de 0,45 microns (filtros de fibra de vidro 0,2um - GF 52 - C).

Cada amostra de água é filtrada em um par de filtros, cada filtro leva um número de ordem e o peso inicial (figura 10). Após a filtração, os filtros já numerados e pesados, vão para uma estufa a 30°C. A temperatura depende do tipo de material e do tipo de análise que se pretende efetuar. Os materiais são secados 24 horas entre 105 a 110°C. Após a secagem completa os filtros são pesados na balança, com precisão em torno de 0,001 mg.



Figura 10 - Processo de filtração da carga suspensa hidrotransportada

4 - A carga de fundo é coletada com um amostrador de fundo de mandíbula (pegador de Peterson), modelo van-veen (Figura 11). O material coletado é identificado com etiqueta de papel vegetal e armazenado em pacotes plásticos. As amostras são levadas ao laboratório para a análise granulométrica.



Figura 11 - Amostrador de fundo tipo van-veen

5 – Para a análise dos depósitos sedimentares das Ilhas Ivaí I e Ivaí II, que busca entender a associação faciológica das mesmas e processos sedimentares envolvidos em sua gênese e evolução, foram levantados um perfil vertical em cada ilha. A comparação entre as associações faciológicas destes perfis mostrará se elas evoluíram a partir de depósitos do rio Paraná ou do rio Ivaí.

6 – Para a coleta de seixos aflorantes na barra do canal secundário do rio Paraná, mediu-se uma área de  $1\text{m}^2$  onde foram coletados aleatoriamente 100 seixos. Tanto as trincheiras quanto a coleta de seixos foram utilizados para elaboração de perfis faciológicos e análise de laboratório.

7 – A análise granulométrica, em laboratório, obedeceu ao disposto no fluxograma da Figura 12. Para análise da fração fina é usado o método da pipetagem. Este método é baseado nas mudanças de concentração das partículas em uma suspensão originalmente uniforme, pela tomada de várias amostras com uma pipeta (em intervalos de tempos definidos). Por ser uma metodologia convencional e rotineira nas geociências o método da pipetagem não será aqui descrito.

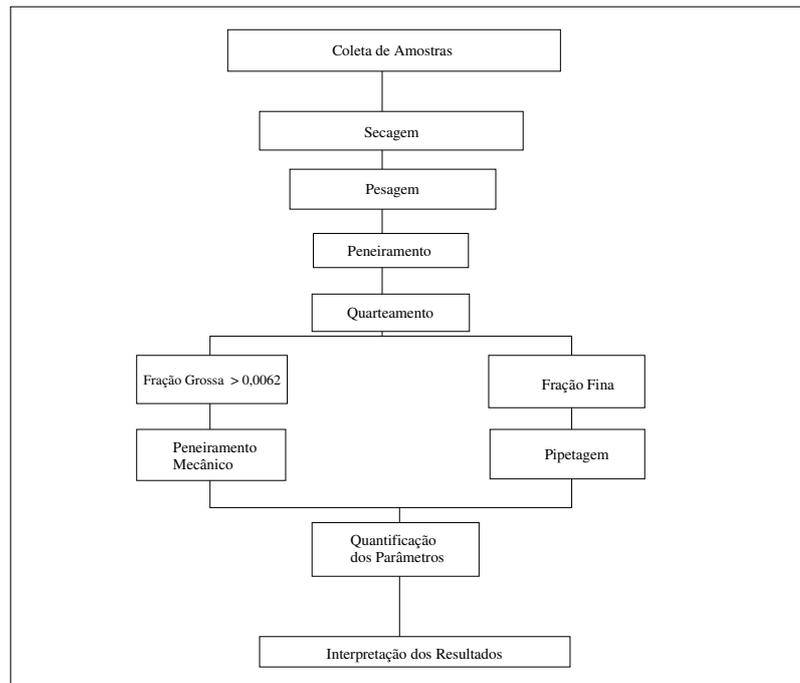


Figura 12 - Fluxograma do método da pipetagem

### 3. REFERÊNCIAL TEÓRICO

#### 3.1 CONFLUÊNCIAS, BARRAS E ILHAS

As confluências dos canais dos rios compõem importantes elementos morfológicos nesse sistema, constituindo pontos de mudanças no fluxo, na quantidade de sedimento transportado e na geometria hidráulica (BEST, 1988).

Os diferentes tipos de confluências em rios ocorrem em todos os tipos de drenagem, mas assumem uma importância maior quando ocorrem em rios anastomosados e entrelaçados. É maior o número de confluências por quilômetro nos rios entrelaçados, o que deve causar maior impacto com a movimentação dos sedimentos.

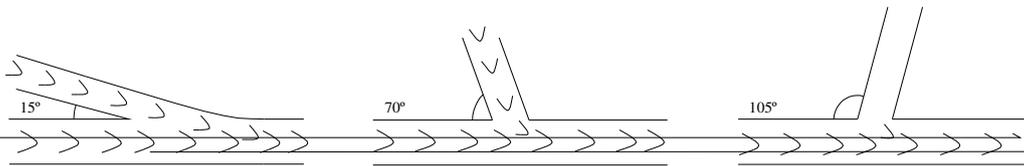
De acordo com Best (1988) uma confluência é caracterizada por três elementos distintos: características na desembocadura em cada canal da confluência, as diferentes profundidades dos canais que se encontram e a zona formada rio abaixo da confluência. Esses elementos são controlados predominantemente pelo ângulo da confluência e pela razão das descargas entre os rios principais e tributários.

O controle dominante de uma confluência é a razão entre o ângulo de junção e a descarga de cada canal, o que reflete diretamente na dinâmica da confluência. As

confluências em rios são caracterizadas por seus modelos complexos e transporte de sedimentos dentre as diferentes morfologias de suas margens.

Um modelo descritivo de transporte sedimentar e morfologia das margens das confluências pode ser proposto para representar as características e formas dos processos envolvidos em áreas como essas.

O escoamento e o transporte de sedimento e o mútuo desvio do fluxo e do sedimento para cada canal da confluência, juntamente com uma grande zona de separação do fluxo, é muito importante na dinâmica do fluido dentro de uma confluência. Depois de unidos, os canais apresentam elevada velocidade e diferentes níveis de turbulência.



disponíveis. Desses processos de acréscimo lateral resultam as barras de meandros, as barras de canais e as ilhas.

Bristow (1993) afirma que três elementos morfológicos podem ser facilmente identificados nas confluências: barras de desembocaduras nas confluências, separação das barras de confluências, barras no meio do canal após a confluência.

A necessidade de classificar uma tendência própria dos rios pode levar a uma ordem ou ao caos. Por isso o entendimento de muitos termos e a criação de novos refletem diferentes opiniões nos elementos que fazem parte da classificação dos rios.

Bridge (1987) apresenta atributos para uma classificação de formas de leito, auxiliando suas interpretações:

- 1) Parâmetros descritivos devem ser objetivamente definidos, facilmente medidos e carregar implicações genéticas.
- 2) Classes das formas de leito baseadas nos parâmetros descritivos devem ser mutuamente exclusivos e seus limites definidos quantitativamente baseado nos grupos naturais definidos estatisticamente numa grande amostra.
- 3) Os nomes das classes devem sugerir a natureza da forma do leito, mesmo que as definições dos termos tenham procedência científica. A introdução de novos termos deve ser evitada.

A combinação da canalização do fluxo e transporte de sedimentos (produzindo diferentes efeitos nos canais) formando diferentes tipos de depósitos de canal tem proliferado a nomenclatura para as barras fluviais e formas de leito. Algumas palavras causam confusão na terminologia, então Gail em (1990) apresenta as diferentes nomenclaturas encontradas na literatura para os canais e formas de leito que apresentam redundância nos termos:

- Configuração do leito: plano de leito/ lisura do leito
- Formas de leito: irregularidades do leito/ leito flutuante/ dunas/ feição/ do leito/ ondulação/ barras de areia.
- Ondulações: dunas/ areias flutuantes/ marcas onduladas/ ondas correntes.
- Barras: areia transportada/ bancada/ bancos de areia/ deltas/ pontos de depressão.
- Dunas: ondulações/ areias transportadas/ barras de areia.

- Transição: antidunas

Macroformas, mesoformas e microformas das formas de leito são apresentadas por Smith (1974). As formas de leito são relativamente uma dinâmica de sedimentos em um determinado tempo que é relativamente importante na mudança nas características do fluxo, que são as macroformas.

As barras são corpos periódicos ou não, solitários no canal ou não, que de acordo com Smith (1974) apud (1990) são as mesoformas. As microformas são as dunas que se forma pelo transporte e deposição dos sedimentos.

dunas	dunas	Microformas
Formas de leito	Barras transversais Barras linguóides Dunas maiores	Mesoformas
Barras isoladas	Barras longitudinais Barras “enroladas” (scroll) Barras tributárias Barras em lóbulo	Mesoformas
Barras complexas	Barras longitudinais	macroformas
Formas de canal	Barras em diagonal Barras laterais	macroformas

Quadro 2 - Formas de leito apresentadas por Smith (1974)

Alguns pesquisadores chegaram ao consenso para o uso dos termos das formas de leito fluviais, costeiros e ambientes marinhos, todos os termos em grande escala (excluindo as dunas) são suficientemente similares para que se possa adotar um único termo. Mas algumas particularidades devem ser levadas em conta antes de adotar um nome, por isso foi proposto um modelo para terminologia.

#### Descrição de 1º Ordem

Quanto ao tamanho: 0,6 – 5m (pequeno)

5 – 10m (médio)

10 – 100m (grande)

> 100m (muito grande)

Quanto à altura: 0,075 – 0,4m (baixa)

0,4 – 0,75m (média)

0,75 – 5m (alta)

> 5m (muito alta)

Quanto à forma: triangular

longitudinal

quadrangular

linguóide

### Descrição de 2º Ordem

Quanto à superposição: simples

composto(tipo e orientação)

Quanto aos sedimentos: tamanho do sedimento

tipo do sedimento

Para Santos (1997) barras e ilhas correspondem aos depósitos topograficamente elevados em relação ao nível médio do rio, emersos ao longo da 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, e por não apresentar vegetação arbórea. As ilhas por sua vez podem representar a evolução das barras por agradação.

As barras fluviais são formas com diversos graus de mobilidade originadas da deposição de materiais que estavam em transporte. Elas são formadas em locais em que a velocidade do fluxo é menor, seja junto às margens, seja em canais secundários ou no próprio canal principal (SANTOS e STEVAUX, 2000).

Santos (1991) descreve os depósitos das barras fluviais que podem ser classificados conforme sua posição no canal. Por essa abordagem podem ser distinguidos 2 tipos principais, as barras centrais ao canal e as laterais (as margens, as ilhas ou as barras de coalescência). Também discute a formação de barras de acordo com a geometria, associação faciológica, posição espacial e processos erosivos e deposicionais.

As barras centrais ao canal, de forma emersa tricúspide, com variáveis relações entre o comprimento e a largura. Em seções longitudinais mostram a face jusante íngreme e lateralmente as faces tem declive suave. Movimenta-se para a jusante e lateralmente em períodos de cheia, quando tem sua forma modificada, se tornado mais alongada ao longo

do prolongamento para onde ocorre a migração. E as barras laterais ao canal desenvolvem-se junto às bordas do canal e das ilhas. São muito estáveis, com baixa atividade erosiva, de forma alongada e declive suave.

As barras frontais as ilhas são definidas por Souza Filho (1997), como

A fácies é um importante indicador da variação do tectonismo e das variações de sedimentação. De acordo com Riccomini et al (2000) fácies é entendido como um conjunto de características descritivas de um corpo sedimentar que permitem interpretá-lo como um produto de um determinado tipo de processo deposicional. O método da análise de fácies baseia-se na comparação de perfis verticais e seções em afloramentos. Estes perfis são elaborados de modo a representar a combinação de feições de depósitos sedimentares recentes e antigos e permitir a caracterização dos diferentes sistemas deposicionais envolvidos.

Aquele conjunto de características revela, pois, as condições de formação, assim como a natureza dos meios biológico e geográfico em que se constitui o sedimento originário da rocha. As condições em que se processam os fenômenos de sedimentação são diversas e variáveis no espaço e no tempo. Consideram-se apenas as características litológicas da rocha, trata-se de litofácies; tem-se em conta somente as características paleontológicas, diz-se biofácies.

O estudo das fácies em geomorfologia fluvial é importante porque permite comparações e interpretações estratigráficas dos depósitos sedimentares dentro do registro do sistema aluvial. Aliando o registro dos depósitos aos processos geomórficos formadores do mesmo, permitindo reconstituições paleogeográficas, paleoclimáticas e paleoambientais.

Santos (2005) ressalta que íntima relação entre as fácies sedimentares e a morfologia dos sistemas fluviais levou a construção de modelos sedimentares verticais. Assim as fácies são usadas através de um código de fácies (Quadro 3) elaborado por Miall (1977) e adaptado por Santos (1997) e Stevaux (1993), para identificar um corpo sedimentar com características físicas (granulometria, estruturas, paleocorrentes, geometria e matéria orgânica).

As fácies Gms, Gt e Gp são as litofácies de seixos onde as estruturas sedimentares vão de maciça a estratificada. O código de fácies St e Sp são as litofácies de areia média a grossa e seixos, com estrutura de estratificação cruzada acanalada e tabular, com origem de dunas e barras transversais.

Origem de corte e preenchimento com base erosiva são fácies de Se e Ss, de areia fina a grossa com seixos. Areia fina a muito fina (Sw, Sh e So) são as estruturas sedimentares com laminação horizontal e bioturbação com origem de depósitos de cheia.

Os depósitos de inundação apresentam litofacies de areia fina, silte e argila (FI e Fm). Litofacies de silte e argila (Fsc e Fr) são de origem de pântano e áreas vegetadas. E os blocos ressedimentados são de estrutura sedimentar maciça com origem na erosão de depósitos pré-existentes (Br).

<b>Código de fácies</b>	<b>Litofácies</b>	<b>Estruturas sedimentares</b>	<b>origem</b>
GMs	Seixos suportados pela matriz	Maciça gradativa	Fluxo de detritos
Gm	Seixos	Maciça: acamamento horizontal, embricação	Barras longitudinais – depósitos residuais
Gt	Seixos	estratificação cruzada acanalada	Preenchimento canais secundários
Gp	Seixos	Estratificação cruzada, tabular	Barras transversais
St	Areia média a grossa, seixosa	Estratificação cruzada, acanalada	Dunas
Sp	Areia média a grossa, seixosa	Estratificação cruzada tabular	Barras transversais
Sr	Areia fina a grossa	Marcas ondulares	Ondulas de areia
SI	Areia fina	Estratificação cruzada baixo ângulo	Corte e preenchimento rompimento de diques antidunas
Se	Escavamentos com intra clastos	estratificação cruzada	Corte e preenchimento
Ss	Areia fina a grossa com seixos	Base erosiva	Corte e preenchimento
Sw	Areia fina a média	Marcas onduladas	Suspensão e tração
Sh	Areia fina a muito fina	Laminação horizontal e partição	Regime de fluxo superior
So	Areia fina a muito fina rica em matéria orgânica	Laminação e bioturbação	Depósitos de cheia em baixas velocidades de corrente
FI	Areia fina, silte e argila	Laminação plana paralela marcas ondulares	Depósitos de inundação
Fm	Areia, silte e argila	Maciça, gretas de contração	Depósitos de inundação
FSc	Silte e argila	Laminado maciço	Pântanos
Fr	Silte e argila	Marcas de raiz	Áreas vegetadas
Br	Blocos ressedimentados	Maciça	Erosão de depósitos pré-existent

Quadro 3 - Código de fácies proposto por Miall (1977) e adaptado por Santos (1997) e Stevaux (1993)

### 3.3 HIDROLOGIA

Precipitação é toda água proveniente do meio atmosférico que atinge a superfície terrestre como, neblina, chuva, granizo, orvalho, geada e neve. A única diferença está no estado em que a água se encontra, mas a chuva é o tipo mais importante quanto se trata de hidrologia devido a sua capacidade de produzir escoamento.

A hidrologia de um sistema está ligada à declividade do canal e a sua vazão; esta por sua vez depende da geometria da seção e a profundidade de escoamento que pode definir um certo número de parâmetros de grande importância que são muito utilizados nos cálculos hidráulicos (POTTER, 2004). Estes parâmetros relativos a uma seção transversal são essencialmente os seguintes:

- Seção ou área molhada (A): parte da seção transversal que é ocupada pelo líquido.
- Perímetro molhado (P): comprimento relativo ao contato do líquido com o conduto.
- Largura superficial (B): largura da superfície em contato com a atmosfera.
- Profundidade (y): altura do líquido acima do fundo do canal.
- Raio Hidráulico (Rh): razão entre a área molhada e o perímetro molhado.

Os rios segundo Gastaldini & Mendonça (2001), são caracterizados por correntes unidirecionais, com velocidades médias de fluxos variando entre 0,1 a 10m/s na superfície livre. Os fluxos em rios são variáveis no tempo, dependendo da situação climática e do padrão de escoamento do rio.

A força da gravidade e a tensão de cisalhamento são forças principais que atuam sobre a dinâmica fluvial. Segundo Cristofolletti (1981) a tensão de cisalhamento é decisiva para iniciar o movimento de partículas pequenas, enquanto a velocidade do fluxo é mais importante para o carregamento das partículas maiores.

De acordo com Potter (2004) o regime de escoamento depende de três parâmetros físicos que descrevem as condições do escoamento. O primeiro parâmetro é um comprimento de escala do campo de escoamento, tal como a espessura de uma camada limite. Se esse comprimento de escala é suficientemente grande, a perturbação do escoamento pode aumentar e o escoamento pode ser turbulento.

O segundo parâmetro é uma velocidade de escala, tal como uma média espacial da velocidade; para uma velocidade suficientemente alta, o escoamento pode ser turbulento.

O terceiro parâmetro é a viscosidade cinemática; para viscosidades suficientemente pequenas, o escoamento pode ser turbulento. Em um escoamento turbulento, a água gira erráticamente. A velocidade em um dado ponto pode mudar em valor e direção. O surgimento de um escoamento turbulento depende da velocidade do fluido, sua viscosidade, sua densidade, e o tamanho do obstáculo que ela encontra.

Esses três parâmetros podem ser combinados em um único parâmetro, que pode servir como uma ferramenta para prever o regime de escoamento. Essa quantidade é o número de Reynolds, em homenagem a Osborne Reynolds (1842-1912), um parâmetro adimensional. Se o número de Reynolds é relativamente pequeno, o escoamento é laminar.

O número de Reynolds não possui unidades. Então ele aumenta com a velocidade e decresce com a viscosidade.

Para Reynolds  $< 500$  = fluxo laminar

Para Reynolds  $500 - 2500$  = fluxo de transição

Para Reynolds  $> 2500$  = fluxo turbulento

O mecanismo primário para a sustentação do escoamento em um canal aberto é a força gravitacional. E o parâmetro que representa esse efeito gravitacional é o número de Froude. O número de Froude desempenha a função dominante na análise em canais abertos. Se Froude  $> 1$ , o escoamento possui uma velocidade relativamente alta e uma profundidade pequena; por outro lado, quando Froude  $< 1$ , a velocidade é relativamente baixa e a profundidade relativamente grande.

O número de Froude é um número adimensional que exprime a relação entre as forças de inércia e as forças de gravidade. Num canal o escoamento é rápido, crítico ou lento se o número de Froude for inferior, igual ou superior à unidade, respectivamente.

### 3.4 TRANSPORTE SEDIMENTAR

Carvalho (1995) define sedimento como “a partícula derivada da rocha, ou de materiais biológicos, que pode ser transportada por fluído, é a partícula derivada da fragmentação das rochas por processo físico ou químico, e que é transportada pela água ou pelo vento do lugar de origem aos rios e aos locais de deposição; é o material sólido em suspensão na água ou depositado no leito”.

Esse comportamento de transporte de sedimento somado a distúrbios ocorridos no alto curso (desflorestamento, contaminação, formação de mosaicos, erosão, mudanças no regime de escoamento, inundações), serão percebidos na parte baixa da bacia e podem ter um efeito aditivo nos resultados obtidos (NEIFF, 1995).

O comportamento de uma bacia, em relação ao transporte de sedimentos, varia muito desde as partes mais altas até as planícies, variação esta que depende da litologia, do tipo de solo, da cobertura vegetal, da velocidade, do regime de chuvas... Em geral no alto curso da bacia há maior erosão e transporte de sedimentos. A erosão diminui, gradativamente, da alta até a média bacia, à medida que as declividades decrescem (CARVALHO, 1994).

A distribuição de sedimentos na seção transversal é variável de um lado para o outro, sendo mais bem expressa em termos de concentração. Esta varia em função da velocidade da corrente, da disponibilidade de sedimentos e granulometria (CARVALHO, 1994).

Os sedimentos transportados por um curso d'água, seja dissolvidos, em suspensão ou de fundo, é produto das interações entre a massa líquida em movimento, a superfície do canal fluvial e os diferentes tipos de sedimentos transportados. São duas as forças principais que atuam sobre a dinâmica fluvial e o transporte de sedimentos: a força da gravidade e a tensão de cisalhamento (CHRISTOFOLETTI, 1981).

O sedimento transportado pelo curso d'água tanto em suspensão quanto no leito, pode trazer problemas para o rio, como alguns citados por Carvalho, em 1994:

- Os sedimentos degradam a água especificamente para o abastecimento, recreação e consumo, aumentando o custo do tratamento.
- O sedimento em suspensão impede a penetração da luz e calor, reduzindo a atividade da fotossíntese necessária à salubridade dos corpos d'água.

As taxas de sedimentos transportados pelo fluxo da bacia dependem não-somente do suprimento externo e da posição geográfica como também do clima local. Em regiões úmidas, com grandes rios, como exemplo o Amazonas e o Mississipi, a taxa de sedimento é mais elevada. Já em regiões áridas a taxa tende a ser mais baixa, pelo suprimento do material ter origem eólica (HARTMANN, 1991).

### 3.5 PARÂMETROS GRANULOMÉTRICOS

As características texturais de um sedimento podem ser referidas a um conjunto de estatísticas descritivas de sua distribuição granulométrica, associadas a tendências centrais (mediana, média e desvio-padrão) e tendências caudais (assimetria e curtose). Este parâmetro além de permitir a análise granulométrica de determinado depósito sedimentar permite correlações entre depósitos distintos.

A utilização de características granulométricas de sedimentos na descrição e identificação de ambientes deposicionais completou um século segundo Udden (1981, apud Ponçano 1986). De acordo com Ponçano (1986), a literatura mais antiga se refere mais aos sedimentos arenosos, e mais tarde, a seixos; mais recentemente ainda, os finos vem sendo um pouco mais bem compreendidos.

Segundo Suguio (1973), Folk e Ward em 1957 defendeu que a assimetria e curtose seriam fundamentais para se destacar bimodalidade. Mostrou também haver relações bem definidas entre diâmetro médio, desvio-padrão, assimetria e curtose, expressas pela equação de um helicóide.

Para Ponçano (1986) há duas diferenças entra a estatística convencional e a aplicada em sedimentologia. A primeira vem de que, ao se agrupar os dados por classes de peso, resultam diferenças nos valores das estatísticas medidas em relação aos calculados a partir de classes por número de partículas. Outra diferença vem do uso da escala  $\phi$  (phi): os parâmetros calculados com dados convertidos a essa escala se relacionariam de modo simples aos dados não transformados.

A assimetria relaciona os valores do diâmetro da partícula  $\phi$  (phi), maiores ou menores, representando partículas mais finas ou mais grosseiras. Se a assimetria for negativa, a média será menor que a mediana e a distribuição se achará desviada para os valores em phi menores ou para as partículas grosseiras. Por outro lado se a assimetria for positiva a distribuição se achará desviada para o lado dos valores phi maiores ou para as partículas mais finas.

Segundo SUGUIO (1973), a representação de dados de análises granulométricas sobre o papel de probabilidade tem se tornado cada vez mais comum, embora tenha sido proposto há muito tempo por OTTO em 1939. As curvas acumulativas são construídas

escolhendo-se uma escala de granulação ao longo do eixo das abscissas e uma escala de frequência, de 0 a 100% ao longo do eixo vertical das ordenadas.

Para determinação da granulometria do material coletado para pesquisa utilizou-se os intervalos granulométricos representados na tabela 1, sendo que são considerados seixos as medidas do diâmetro das partículas onde  $\phi$  é negativo e areia média, fina e muito fina quando o material apresenta  $\phi$  positivo.

Tabela 1 – Intervalos granulométricos

<b>Diâmetro da partícula (<math>\phi</math>)</b>	<b>material</b>
-5 a -3	Seixos
-1,75 a -1	Grânulos
-0,75 a 0,25	Areia muito grossa
0,5 a 1	Areia grossa
1,25 a 2	Areia média
2,25 a 3	Areia fina
3,25 a 4	Areia muito fina

Fonte: Escala-diâmetro americana de Wentherth (laboratório GEMA-UEM)

Folk e Ward sugerem uma escala qualitativa que possa ser convenientemente usada para descrição do grau de assimetria dos sedimentos.

- Entre: -1,00 e -0,30 = assimetria muito negativa
- 0,30 e -0,10 = assimetria negativa
- 0,10 e +0,10 = aproximadamente simétrica
- +0,10 e +0,30 = assimetria positiva
- +0,30 e +1,00 = assimetria muito positiva

Para a conservação dessas curvas a granulometria vai sobre o eixo X (abscissa) e a porcentagem no eixo Y (ordenada), apresentando assim uma escala granulométrica  $\phi$  (fi) na representação dos diâmetros. Esta escala  $\phi$  permite que as operações sejam feitas com números inteiros e essas curvas se apresentam menos desviadas da linha reta que quando usamos outros tipos de escala.

Ainda com esta escala  $\phi$  podemos utilizar o diâmetro médio e o desvio padrão, que fornecerá o grau de seleção dos seixos.

$$\text{Desvio Padrão } D = \frac{1}{2} (\phi_{84} - \phi_{16})$$

**Desvio padrão** menor que 0,35 = muito bem selecionado

0,35 a 0,50 = bem selecionado

0,50 a 1,00 = moderadamente selecionado

1,00 a 2,00 = pobremente selecionado

2,00 a 4,00 = muito pobremente selecionado

> que 4,00 = extremamente mal selecionado

O diâmetro médio é de grande importância na determinação das características hidráulicas de um canal fluvial. Este ainda é usado para determinar o comportamento hidráulico, a dinâmica do transporte, o tipo de forma de leito gerada, que são parâmetros essenciais também para a paleohidrologia.

O diâmetro médio das partículas ainda reflete a média geral de tamanhos dos sedimentos, sendo afetada pela fonte de suprimento do material, pelo processo de deposição e pela velocidade da corrente (SUGUIO, 1973).

### **Diâmetro Médio**

$$M\phi = \frac{1}{2} (\phi_{16} + \phi_{84})$$

A medida de curtose indica a razão de espalhamento médio das caudas de distribuição em relação ao desvio-padrão. O valor da curtose para uma distribuição normal é 0,67, mas, se a curva for mais aguda que a curva normal, os valores serão menores que 0,67 e, nos casos de curvas menos agudas que as normais, os valores serão maiores que 0,67.

**Curtose:** menor que 0,67 = muito platicúrtica

0,67 a 0,90 = platicúrtica

0,90 a 1,11 = mesocúrtica

1,11 a 1,50 = leptocúrtica

1,50 a 3,00 = muito leptocúrtica

maior que 3,00 = extremamente leptocúrtica

## 4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 4.1 Hidrologia

O Quadro 4 apresenta a localização através das coordenadas geográficas dos 4 perfis inseridos na área de estudo.

Perfil	Comprimento (m)	Coordenada Inicial		Coordenada Final	
		Latitude	Longitude	Latitude	Longitude
Perfil 1	250	23° 30' 26'' S	53° 70' 03'' W	23° 30' 23'' S	53° 69' 75'' W
Perfil 2	300	23° 30' 14'' S	53° 70' 02'' W	23° 30' 12'' S	53° 69' 76'' W
Perfil 3	350	23° 29' 96'' S	53° 70' 00'' W	23° 29' 89'' S	53° 69' 77'' W
Perfil 4	350	23° 29' 98'' S	53° 70' 01'' S	23° 29' 90'' S	53° 69' 77'' S

Quadro 4 - Coordenadas geográficas dos perfis transversais.

Perfil 1: Localizado no rio Ivaí próximo a confluência com o rio Paraná

Perfil 2: Localizado no canal secundário do rio Paraná

Perfil 3: Localizado no rio Paraná após a confluência

Perfil 4: Localizado no rio Paraná 500m a frente do perfil 3

Os parâmetros hidráulicos (Quadro 5) apresentam as variações das características no perfil 1 que se encontra no rio Ivaí antes da confluência. No perfil 2 que está localizado no canal secundário do rio Paraná antes da confluência. E no perfil 3 e 4 na área de confluência, já no rio Paraná, (figura1).

	<b>Perfil 1</b>	<b>Perfil 2</b>	<b>Perfil 3</b>	<b>Perfil 4</b>
Área da Seção (A)	2.368,37	1.058,98	2.521,03	2.411,71
Perímetro Molhado (P)	1.637,68	998,36	2.230,30	2.310,36
Largura Superficial (B)	250	300	350	350
Profundidade média (y)	6,2	2	3,78	6,8
Raio hidráulico (Rh)	1,44	1,06	1,13	1,04
Declividade	4,25	1,5	1,5	1,5
Altitude	249	249	249	249
Velocidade média (m/s)	0,667	0,802	0,866	?
Velocidade crítica (m/s)	0,0449	0,0611	0,645	?
Tipo de fluxo (Reynold)	Turbulento	Turbulento	Turbulento	Turbulento
Tipo escoamento(Froude)	Lento	lento	lento	lento
Tipo de leito	rochoso/móvel	rochoso/móvel	rochoso/móvel	rochoso/móvel

Quadro 5 - Parâmetros hidráulicos da seção transversal para o mês de março de 2005

As áreas e perímetros das seções variam de acordo com a profundidade do canal e a precisão da batimetria. As larguras variaram nos meses de campanha no máximo em 30m para mais ou para menos dos valores apresentados no quadro acima.

De acordo com os valores apresentados para o tipo de escoamento (Froude) no capítulo 5 o fluxo desta área de estudo é do tipo lento. Tipo de escoamento também encontrado por Biazin (2005) para trecho inferior do rio Ivaí. E o número de Reynold que caracteriza o tipo de escoamento apresentou-se lento para esta área de estudo

#### 4.1.1 VELOCIDADES

As variações de fluxo do canal, relativas ao período considerado, são mostrados nos registros de velocidade da corrente obtidas na área. A velocidade é um vetor de quantidade quanto à magnitude e direção da água. É um dos mais sensíveis e variáveis propriedades de um rio porque depende de tantos outros fatores.

As velocidades médias encontradas e apresentadas na Figura 14 variaram de 0,141 m/s a 1,18 m/s e se apresentaram superiores as médias encontradas por Rocha (2002) no rio Baía que é um canal secundário do rio Paraná apresentando velocidades médias entre 0,4 a 1,0 m/s.

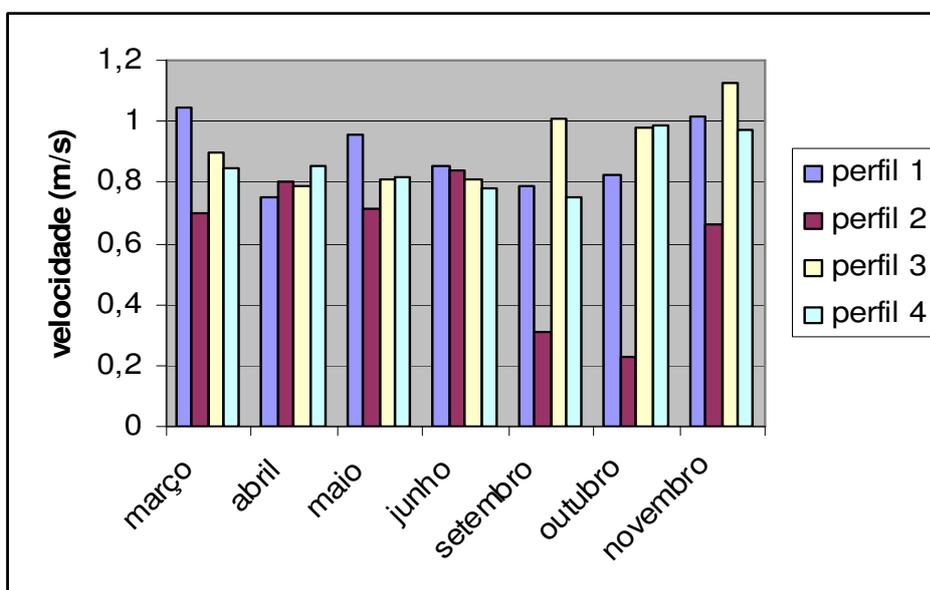


Figura 14 - Velocidades médias nas seções transversais nos meses de coleta

Os valores de velocidades encontrados no perfil 1 são sempre menores do que os valores encontrados a montante do rio Ivaí. Isso pode ser exemplificado por Biazin (2005)

que verificou que a diminuição da velocidade a jusante acontece porque nos pontos mais próximos da confluência do rio Ivaí com o rio Paraná o fluxo do rio Ivaí vai diminuindo sua velocidade porque é barrado pelo rio Paraná.

A Figura 15 mostra que nos perfis 1 (A) e nos perfis 2 (B) as velocidades de corrente apresentam pouca variação ao longo do perfil transversal aos canais do rio Ivaí e do rio Paraná a montante da confluência. Para o rio Ivaí tem-se um leve aumento da velocidade no setor esquerdo do canal enquanto que para o canal secundário do rio Paraná as maiores velocidades estão próximas ao centro do canal. Isto se dá em razão da morfologia da confluência.

O perfil 2 (B) é o menos profundo, variando de 0,5 a 2,0m, as tomadas de velocidade em muitas vezes eram verificadas somente a uma profundidade. A velocidade, neste perfil, máxima encontrada foi de 0,978m/s. Este canal pode apresentar em determinados momentos velocidades muito lentas como as registradas com valor 0,141m/s, justamente no mês de outubro de 2004 que apresentou quantidades significativas de chuvas.

As velocidades dos perfis 3 (C) e 4 (D) da Figura 15 localizados após a confluência, são relativamente mais altas que as dos perfis 1 e 2 (A e B) antes da confluência. Por estas figuras, vê-se que o fluxo principal na seção transversal do canal secundário do rio Paraná está concentrado próximo a margem esquerda do rio, também em razão do ângulo da confluência entre os dois rios.

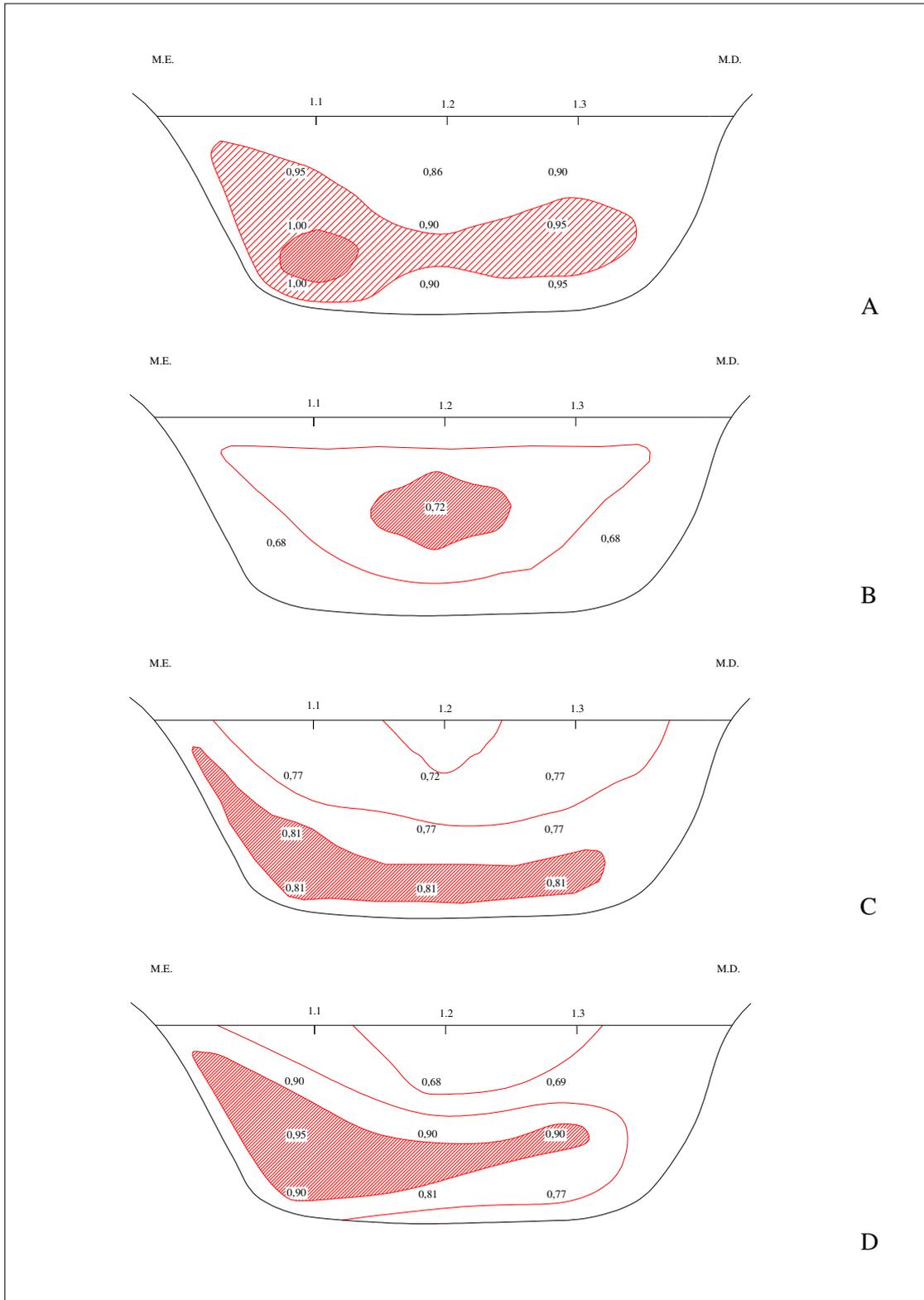


Figura 15 - Velocidade da corrente nas seções transversais (perfis 1, 2, 3 e 4) onde a área hachurada representa as maiores velocidades no canal

As cotas d'água do rio Paraná se apresentaram maiores em alguns meses de pesquisas que foram em março, abril, maio, junho e novembro de 2005. Já nos meses de setembro e outubro a cota do rio Ivaí estava maior do que o rio Paraná.

A tabela 2 mostra que no mês de outubro de 2004 a cota verificada para o rio Ivaí na estação Novo Porto Taquara. a montante da confluência era de 528cm, e a cota do rio Paraná na estação Porto São José também a montante da confluência era de 415cm. Isto mostra que em alguns momentos quando o rio Ivaí apresenta maiores vazões, suas águas podem “barrar” as águas do canal secundário do rio Paraná.

Tabela 2 - Cota d'água nos rios Ivaí e Paraná

Data	rio Paraná estação Porto São José	rio Ivaí estação Novo Porto Taquara
13/03/2004	228cm	146cm
20/04/2004	211cm	143cm
25/05/2004	520cm	437cm
07/06/2004	523cm	477cm
28/09/2004	389cm	461cm
25/10/2004	415cm	528cm
26/11/2004	423cm	399cm

Fonte: SUDERHSA(2005).

#### 4.1.2 VAZÃO

Os valores de vazão estão diretamente ligados à velocidade do fluxo, que variam de acordo com o comportamento do rio à sua montante, com a variação da quantidade de chuvas e da quantidade de carga que o rio carrega naquele determinado fluxo, isso porque nenhuns dos fatores que influenciam o comportamento dos rios são estáveis.

Vazão é o volume de água escoado na unidade de tempo em uma determinada seção do curso d'água.

As vazões encontradas no rio Ivaí quando comparadas às vazões obtidas a montante da confluência no canal secundário do rio Paraná (perfil 2), foram sempre maiores.

No mês de outubro de 2004, que foi um mês atípico pela intensa pluviosidade (ano de veranico) a vazão do rio Ivaí se apresentou muito superior a vazão do rio Paraná, isto permitiu que o rio Ivaí barrasse as águas do canal secundário. Porém em outros momentos

as águas do canal secundário do rio Paraná barram as águas do rio Ivaí, promovendo fluxos negativos, de baixíssima velocidade (para montante), na confluência.

Os valores de vazão admitidos para o perfil 3 sempre apresentará superiores aos perfis 1 e 2. Isto se dá pela soma dos fluxos do canal secundário do rio Paraná que se encontram diagonalmente (ângulo de 60°) com o fluxo do rio Ivaí.

A declividade do rio Ivaí e Paraná se apresenta diferente antes e depois da confluência. Antes da confluência é de 4,25% e após a confluência com o rio Paraná passa para 1,5% para a margem esquerda, ou seja, apresenta relevo plano a plano-ondulado, caracterizando por processos geomorfológicos de planície.

<b>Campanhas</b>	<b>Períodos de coleta</b>	<b>Vazão m<sup>3</sup>/s (perfil 1)</b>	<b>Vazão m<sup>3</sup>/s (perfil 2)</b>	<b>Vazão m<sup>3</sup>/s (perfil 3)</b>
1° campanha	13/03/04 – 16/03/04	2.605,20	741,28	3.346,00
2° campanha	20/04/04- 23/04/04	1.776,27	847,28	2.623,55
3° campanha	24/05/04 – 27/04/04	2.131,53	794,23	2.925,76
4° campanha	07/06/04 – 10/06/04	1.894,69	857,77	2.752,46
5° campanha	28/09/04 – 30/09/04	1.397,33	317,69	1.715,02
6° campanha	25/10/04 – 29/10/04	1.918,37	222,38	2.141,25
7° campanha	26/11/04 – 29/11/04	2.131,53	688,33	2.819,86

Quadro 7 - Vazão nos perfis transversais 1, 2 e 3 nos meses de coleta

#### 4.2 Transporte Sedimentar

As alterações na produção de água e sedimento em uma bacia hidrográfica em função das diversas ações antrópicas, nem sempre podem ser quantificadas devido à falta de monitoramento e conseqüente deficiência de medições de vazão líquida e sólida. É de fundamental importância o conhecimento do comportamento hidrossedimentológico, pois, o impacto das mudanças no uso do solo e a influência das chuvas nas bacias hidrográficas pode ser avaliado em termos qualitativos e quantitativos através do monitoramento da carga transportada.

O aumento ou diminuição da concentração da carga suspensa é o resultado da produção total de sedimentos na bacia hidrográfica destacando-se o volume de sedimentos

estocados na própria bacia ou mesmo no canal fluvial. Dentro do canal fluvial a erosão marginal e de fundo pode promover um aumento na carga hidrotransportada.

A quantidade de precipitação caída em diferentes compartimentos da bacia hidrográfica e sob uma distribuição temporal variável, não mostram uma proporcionalidade direta em relação à concentração dos sedimentos em suspensão.

Os efeitos das chuvas não se manifestam de maneira igual porque caem em diferentes compartimentos da bacia hidrográfica e com distribuição temporal variável. Para os sedimentos em suspensão, a precipitação tem papel fundamental. Normalmente esta variação deve ser notada no início do verão quando o plantio e o início do crescimento das culturas de larga escala coincide com as intensas precipitações desta época do ano.

As Figuras 16, 17, 18, 19 e 20 apresentam a concentração dos sedimentos em suspensão (g/l) nos meses de março, abril, maio, junho, setembro, outubro e novembro de 2004. Os pontos 1.1, 2.1, 3.1 e 4.1 estão sempre relacionados à margem esquerda do rio. Os pontos de coleta 1.2, 2.2, 3.2 e 4.2 são os pontos médios do canal em uma seção transversal. Já os pontos 1.3, 2.3, 3.3 e 4.3 estão sempre na margem direita do rio.

No gráfico mostrado na figura 16 os meses de outubro e novembro sempre apresentam valores de sedimentos em suspensão acima dos outros meses de coleta independentemente de margem direita, centro da seção ou margem esquerda. Isto pode estar relacionado ao fato das coletas terem sido feitas dias após um evento de alta pluviosidade; contribuindo para o aumento da carga suspensa encontrada nesses meses.

Os perfis 2, 3 e 4 apresentaram em todos os meses, com exceção de outubro, valores abaixo de 0,005g/l. Para o perfil 1, que está no rio Ivaí, os valores variam de 0,003g/l a 0,035g/l. A Figura 16 mostra que a concentração média de sedimento em suspensão transportado pelo rio Ivaí é 5 vezes maior que a do rio Paraná.

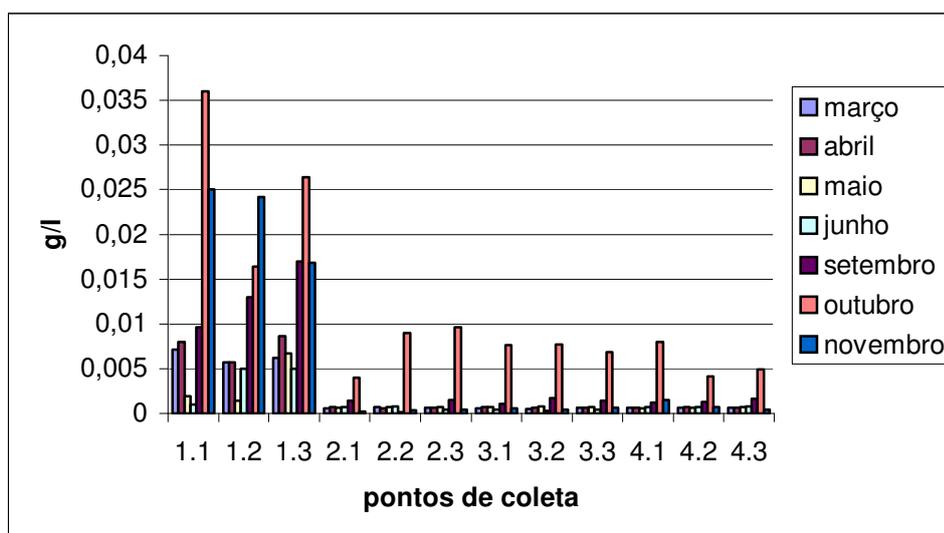


Figura 16 - Concentração do sedimento em suspensão nos perfis 1, 2, 3 e 4

Segundo Bittencourt (1982) o maior volume de sólidos transportados pelo Ivaí é em suspensão, e essa quantidade transportada é inferior a capacidade de transporte deste rio, aproximadamente 100 ton/ano.

A Figura 17 apresenta os sedimentos em suspensão encontrados no perfil 1 (seção transversal no rio Ivaí antes da confluência com o rio Paraná). Nos meses de abril, maio e junho, a quantidade de sedimentos em suspensão não passou de 0,01g/l nos três pontos de coleta desta seção. Em setembro houve um acréscimo não muito significativo na quantidade de sedimento transportado que chegou a quase 0,02g/l. Já no mês de outubro aumentou consideravelmente, variando de 0,015 a 0,035g/l. Destaca-se ainda que até setembro os pontos médios de coleta apresentavam sempre maior quantidade de sedimento em suspensão, mas a partir de outubro os maiores valores passaram a ser encontrados na margem direita do rio Ivaí.


visual de turbidez por cerca de 200 a 300m a jusante da confluência. A partir daí ocorre uma rápida diluição na concentração como ser observado nas Figuras 20 e 21.

Nota-se que nestas figuras a concentração dos sedimentos em suspensão nos diferentes pontos de coleta ao longo de um mesmo perfil é semelhante.

Na Figura 21 podemos observar que nos pontos de coleta localizada após a confluência, já no rio Paraná, os valores de sedimentos em suspensão encontrados nos meses de março, abril, maio, junho, setembro e novembro também foram baixos e variaram de 0,0009 a 0,008g/l.

O mês de outubro apresentou aumento da quantidade de sedimentos em suspensão variando de 0,0064 a 0,008g/l. Lembrando que o mês citado tem uma média histórica de pluviosidade de 133,42mm e no ano de 2004 a pluviosidade para outubro foi de 246,78mm (ANA, 2004). Este aumento da pluviosidade também está relacionando com o aumento de sedimento em suspensão.

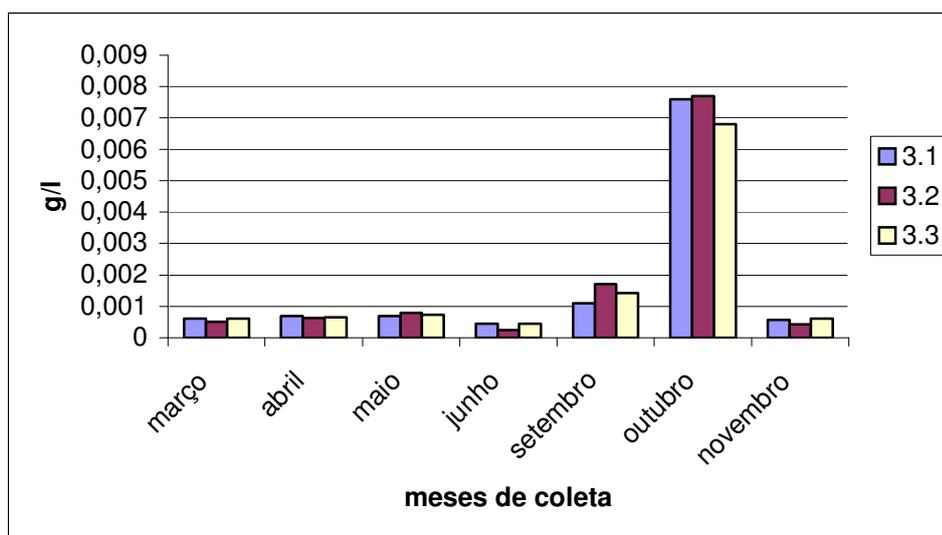


Figura 19 - Concentração de sedimento em suspensão Perfil 3

A cada período climático os rios assumem comportamentos diferenciados, devidos ao seu ajuste às condições ambientais. Segundo Bittencourt (1982) o transporte de sólidos no quarto trimestre é o maior do ciclo anual. Na época do outono e inverno, mais ou menos correspondente ao segundo e terceiro trimestres, o transporte de sólidos é sensivelmente menor.

O transporte e deposição de sedimentos são definidos pela distribuição da velocidade e da turbulência do fluxo, e estão em constante mudança. Podendo observar na Figura 20 que a variação temporal da concentração de sólidos em suspensão pode

demonstrar que existe um mínimo de sedimentos em suspensão que é transportado pelo rio Ivaí e pelo canal secundário do rio Paraná, que é de 0,0009g/l.

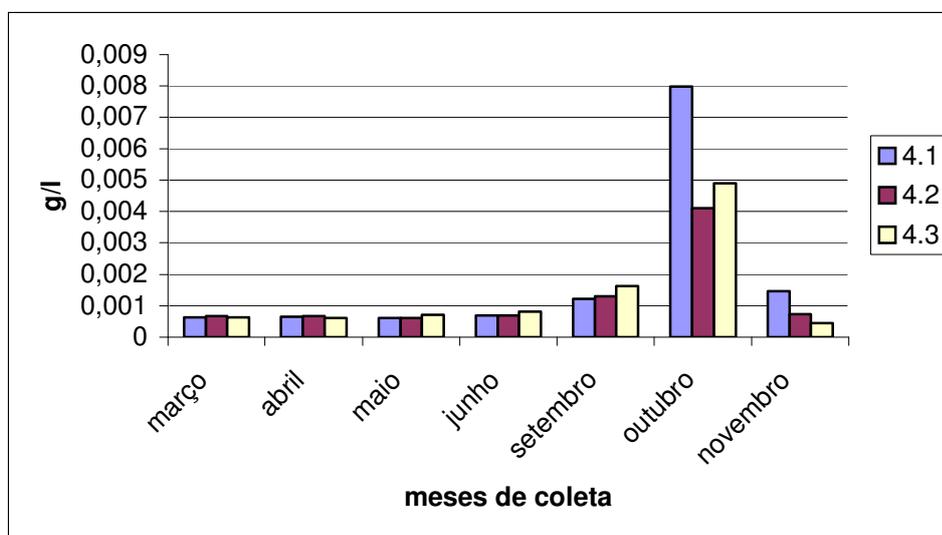


Figura 20 - Concentração do sedimento em suspensão perfil 4

#### 4.3 GEOLOGIA E SEDIMENTAÇÃO DA CONFLUÊNCIA

O estado de ajuste do rio, ou de parte dele, é reflexo de uma série de fatores, envolvendo a estrutura geológica, processos tectônicos e o clima. Alterações num destes fatores pode levar ao desajuste no sistema, e novas relações entre o trabalho do canal e a forma adequada para executá-lo se estabelecerão com o decorrer do tempo, até que um novo estado de ajuste e estabeleça. Neste intervalo de tempo, o sistema estará temporariamente em desequilíbrio, percorrendo uma trajetória de readaptação, e o entendimento das relações entre os processos e formas se complicam. (Rocha, 2002)

O deslocamento espacial das áreas erosivas e deposicionais no canal fluvial são, possivelmente, decorrente das permanentes alterações que sofrem as principais linhas de fluxo ao longo do tempo. (Fernandez, 1990)

As seções transversais podem mostrar essa busca pelo equilíbrio citado por Rocha (2002) e as permanentes alterações citadas por Fernandez (1990), isto porque as formas dos perfis não se repetem no decorrer dos meses de pesquisa, pelo contrário, elas se mostram heterogêneas revelando a mobilidade das formas do fundo do leito.

As larguras máximas do canal, a profundidade média e a relação largura\profundidade estão expostas no Quadro 8 para que se possa complementar as

descrições dos perfis transversais que virão logo à frente, vide as figuras de 20 e 21 (perfil 1), 22 e 23 (perfil 2), 24 e 25 (perfil 3) e 26 (perfil 4).

<b>Perfil transversal</b>	<b>Largura máxima do canal (m)</b>	<b>Profundidade média (m)</b>	<b>Largura profundidade</b>
Perfil 1	250	5	80
Perfil 2	300	1,5	260
Perfil 3	350	4,5	91,11
Perfil 4	350	5	80

Quadro 8 - Parâmetros morfológicos dos perfis transversais

Os perfis transversais são a base para que se obtenha informações das alterações ocorridas ao longo do canal fluvial. A forma, a capacidade máxima do canal, a largura e a profundidade são alguns dos parâmetros essenciais na descrição destas seções.

No perfil 1 no rio Ivaí (Figuras 21 e 22) próximo da confluência com o rio Paraná, a largura máxima do canal é de 250m, a profundidade média é de 5m e a relação largura\profundidade é igual a 80.

Nos primeiros 100m deste perfil transversal exibe um talvegue deslocado para a margem esquerda com uma profundidade que varia de 5 a 7m. Na extensão dos 200 aos 240m tem se uma zona de deposição, nesta foi encontrada uma profundidade mínima de 1m, que a partir daí volta à profundidade de 4m até atingir a margem. Os meses de abril e maio apresentaram morfologias semelhantes no fundo do leito.

No mês de outubro no mesmo perfil, nota-se que ocorreu uma mudança na morfologia da seção transversal do canal. Embora não houvesse ocorrido migração do talvegue (que ao longo de todo período analisado permaneceram próximo à margem esquerda do canal), no setor a partir de 170m até a margem direita a morfologia do fundo do leito mostra que houve uma forte deposição. Neste perfil, nota-se que as formas de leito se tornaram mais altas evidenciando a mobilidade destas dentro do canal fluvial.

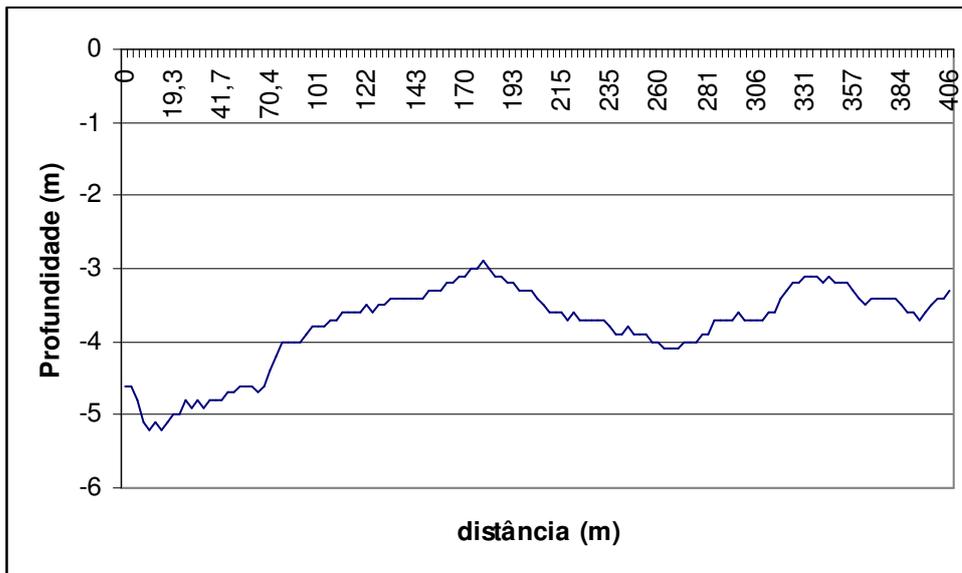


Figura 21 - Perfil ecobatimétrico do rio Ivaí (perfil 1) localizado cerca de 100m a montante da confluência – março (2005)

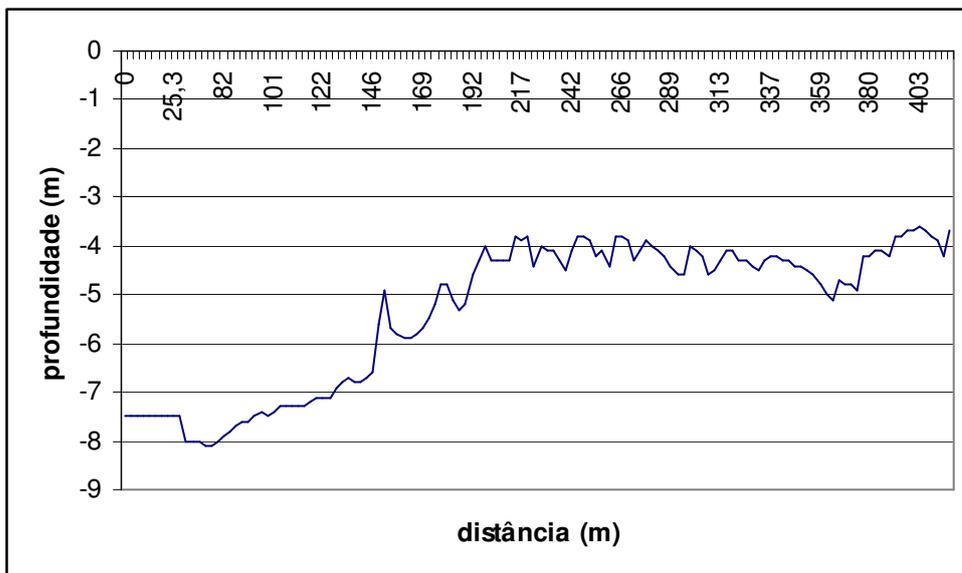


Figura 22 - Perfil ecobatimétrico do rio Ivaí (perfil 1) registro de outubro (2005)

O perfil 2 (Figuras 23 e 24) está inserido no canal secundário do rio Paraná cerca de 500m antes da confluência com o rio Ivaí. Tem uma extensão de 300m e uma profundidade média de 2,5m.

O perfil 2 se mostra diferente ao longo de todo o período, monitorando a ocorrência de 2 talwegues, próximos às margens direita e esquerda. Entre eles ocorre uma barra de canal, composta principalmente por seixos de diâmetros variados e secundariamente por areia média.

A ocorrência desta barra de canal foi verificada em todos os meses de pesquisa. As Figuras (23 e 24) mostram que ocorreu um processo de acresção lateral na barra que resultou em um aumento de sua largura.

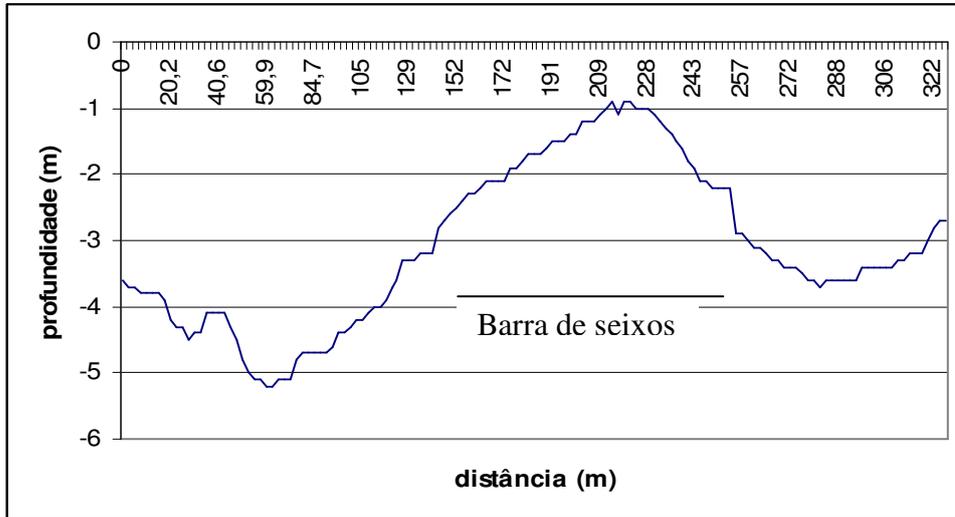


Figura 23 – Perfil ecobatimétrico (perfil 2) para o mês de março 2005

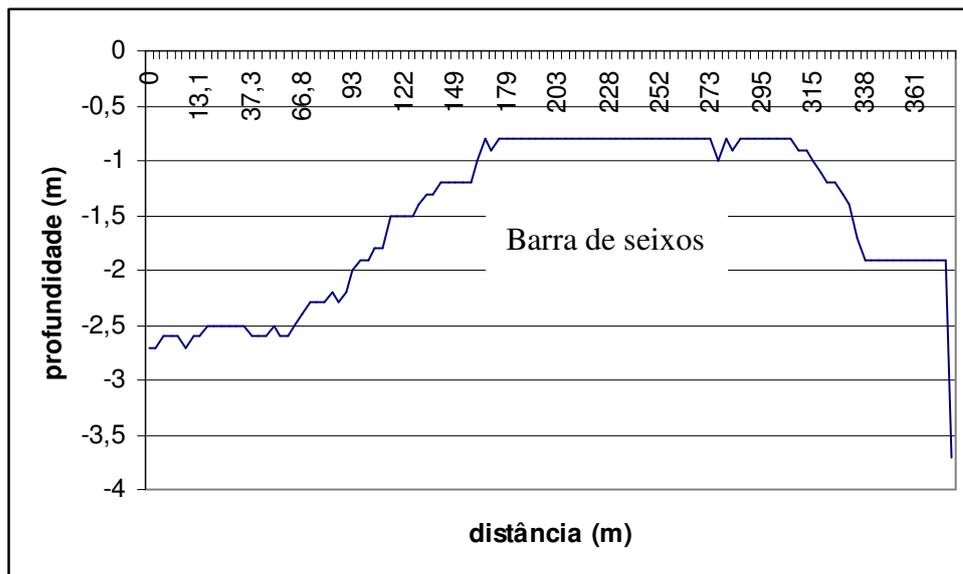


Figura 24 - Perfil ecobatimétrico (perfil 2) para o mês de outubro 2004

As Figuras 25 e 26 mostram o perfil transversal 3 que está localizado no rio Paraná a jusante da confluência. A largura máxima é de 300 m, com profundidade variando de 1 a 6m e a relação largura\profundidade igual a 80.

Os meses de março e outubro de 2004 apresentaram semelhanças. O canal fluvial apresenta 2 talvegues próximos às margens esquerda e direita do rio. Próximo à margem direita o canal é mais profundo, porém como foi descrito as maiores velocidades de fluxo sempre foram encontradas no talvegue esquerdo do rio.

Neste perfil 3 o canal do rio Paraná não apresenta mobilidade como mostra as Figura 27. Porém a partir deste cerca de 500m a jusante (Figura 27) as maiores profundidades se concentram no setor esquerdo do canal. Isto mostra que o talvegue meandra dentro do canal fluvial.

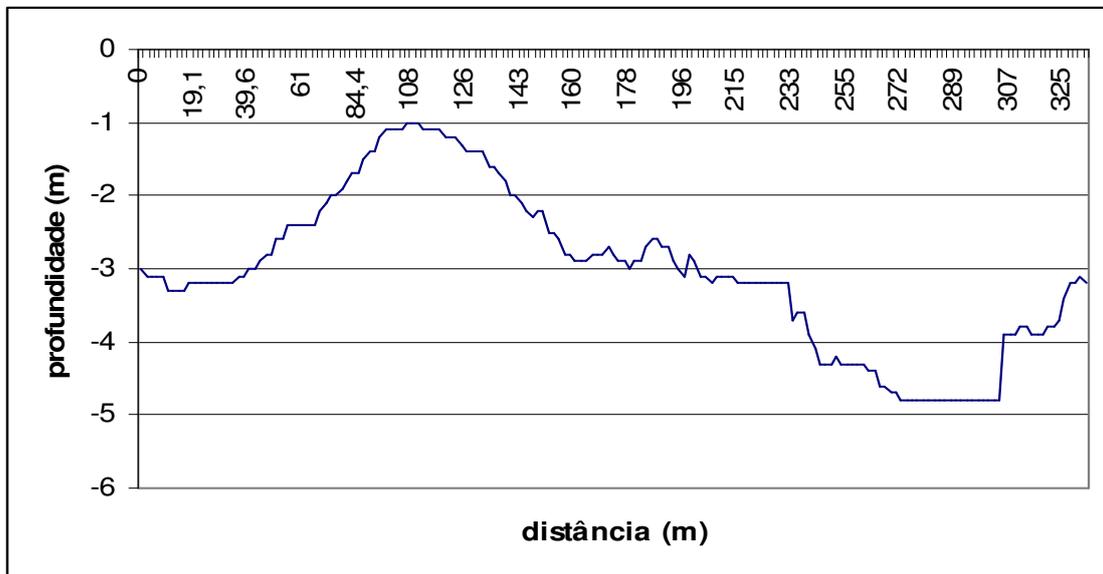


Figura 25 – Perfil ecobatimétrico (perfil 3) de março 2004

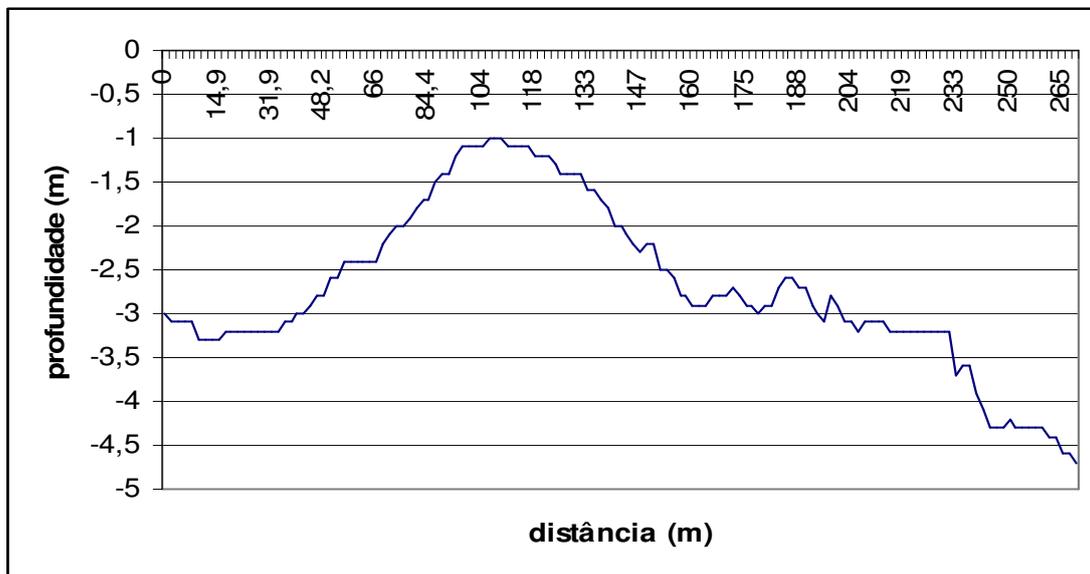


Figura 26 - Perfil ecobatimétrico (perfil 3) de outubro 2004

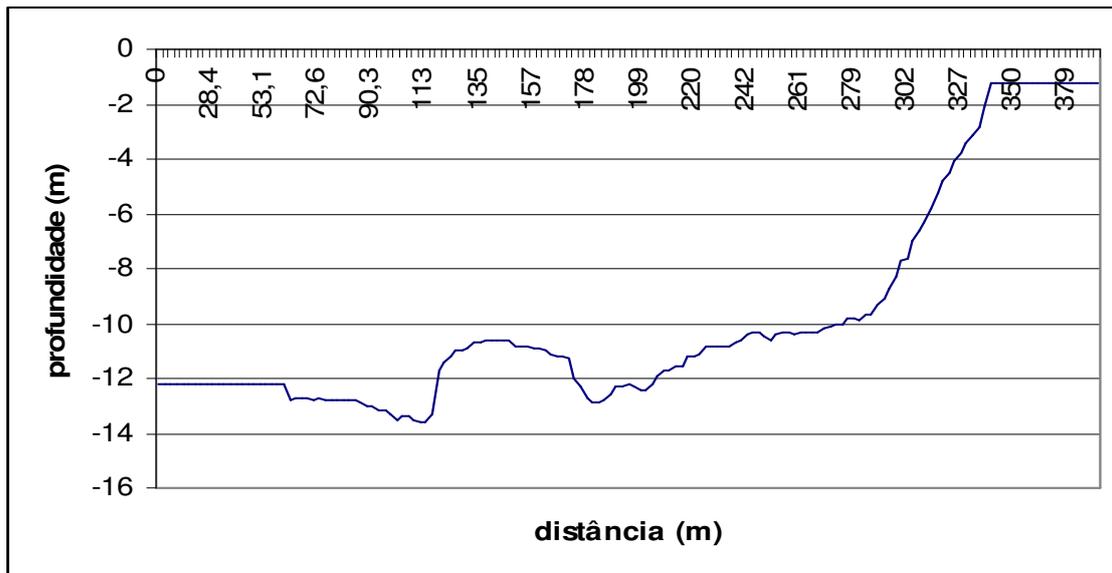


Figura 27 - Perfil ecobatimétrico (perfil 4), localizado no rio Paraná após a confluência com o rio Ivaí, registro de outubro 2004

#### 4.4 DEPÓSITOS SEDIMENTARES DA CONFLUÊNCIA, BARRAS E ILHAS

Várias formas são provenientes de processos deposicionais e ajuste fluvial dos rios, seja ao longo de seu curso, de uma confluência ou na sua foz. Assim como grandes barras podem se formar e estabilizar por algum tempo, durante um evento de cheia podem ser totalmente mobilizados. Portanto são geoformas que ora passam por um estágio deposicional, ora pelo processo de erosão dada a grande mobilidade do talvegue em leito móvel. (Rocha, 2002)

A confluência dos rios Ivaí e Paraná é um sítio de intensas trocas entre processos deposicionais e erosivos promovidos pelos fluxos de ambos os rios. A interação entre os diferentes volumes de água faz com que ora o fluxo do Ivaí barre o fluxo do canal secundário do rio Paraná e ora ocorra o contrário.

O ângulo de confluência faz com que as águas do rio Paraná encontrem diagonalmente as águas do Ivaí. O fluxo do rio seguindo na mesma direção antes e depois da confluência promove condições propícias para que se deposite carga de fundo arenosa e de seixos trazidos pelo rio Paraná a montante da confluência.

Como resultado tem-se uma agradação do leito do canal promovido pelo depósito e barras arenosas e de seixos. Como pode ser comprovado pela análise do perfil transversal 2 (Figuras 24 e 25) onde as profundidades do canal são muito menores que a do perfil 1 (Figuras 22 e 23), no rio Ivaí.

A Figura 28 mostra que na confluência existe uma interação entre as dinâmicas do fluxo do rio Ivaí com o rio Paraná e isto se faz em razão do ângulo agudo da confluência, onde as velocidades na margem esquerda são maiores do que na margem direita, tanto para o Ivaí quanto para o Paraná após a confluência.

#### 4.5 CARACTERIZAÇÃO SEDIMENTAR DA CONFLUÊNCIA

A evolução por agradação desta barra promoveu em sua parte mais a jusante, (localizada bem na confluência dos rios) a formação da Ilha Ivaí II (Figura 29) que atualmente sofre intensos processos erosivos em sua parte a montante.

Figura 29 - Foto da Ilha Ivaí II

A Figura 30 representa um modelo digital tridimensional da confluência dos rios ora analisados. Nela vê-se a maior escavação do canal do rio Ivaí que promove na região da confluência profundidades em torno de 6m enquanto no canal secundário do rio Paraná as profundidades são em torno de 2m.

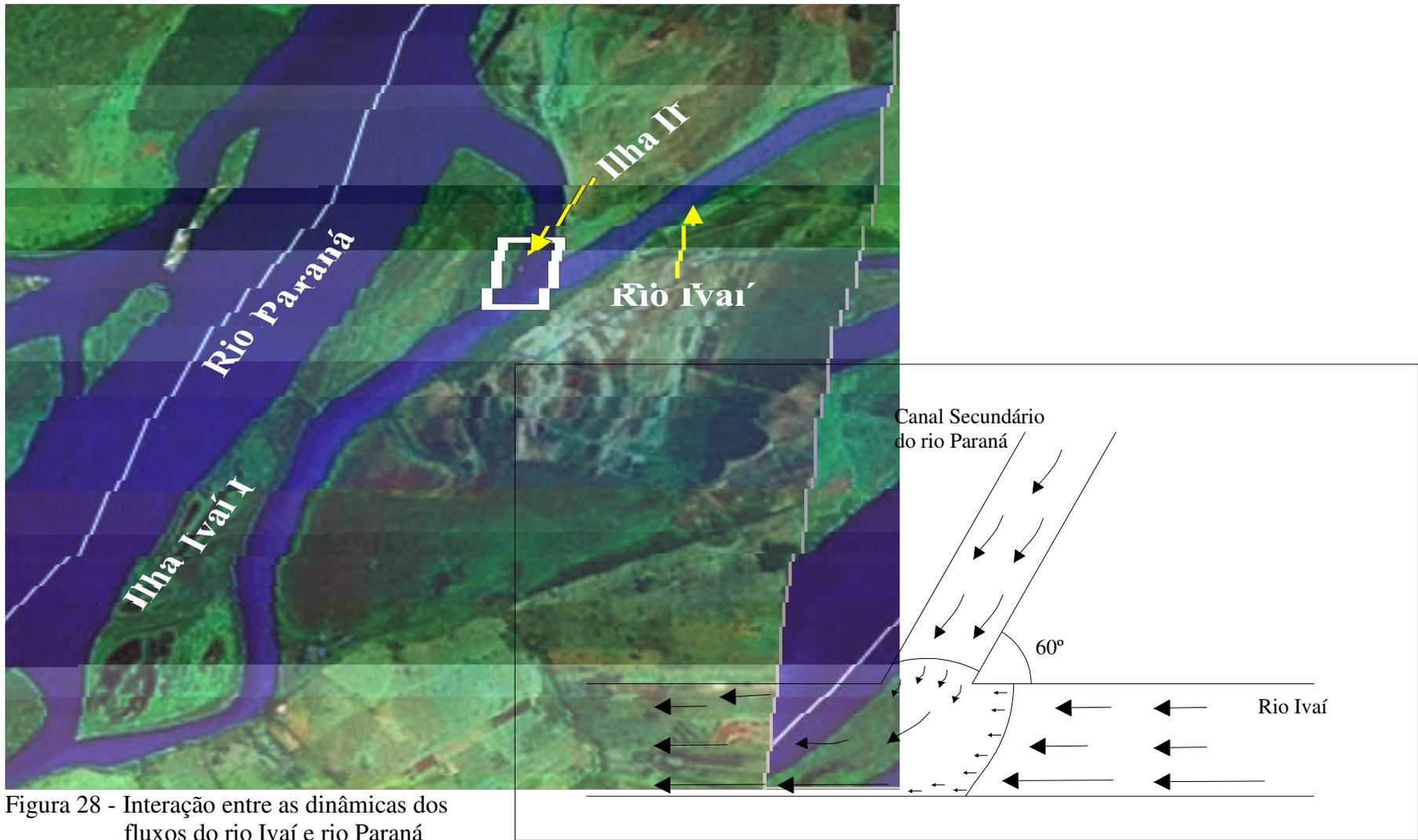


Figura 28 - Interação entre as dinâmicas dos fluxos do rio Ivaí e rio Paraná

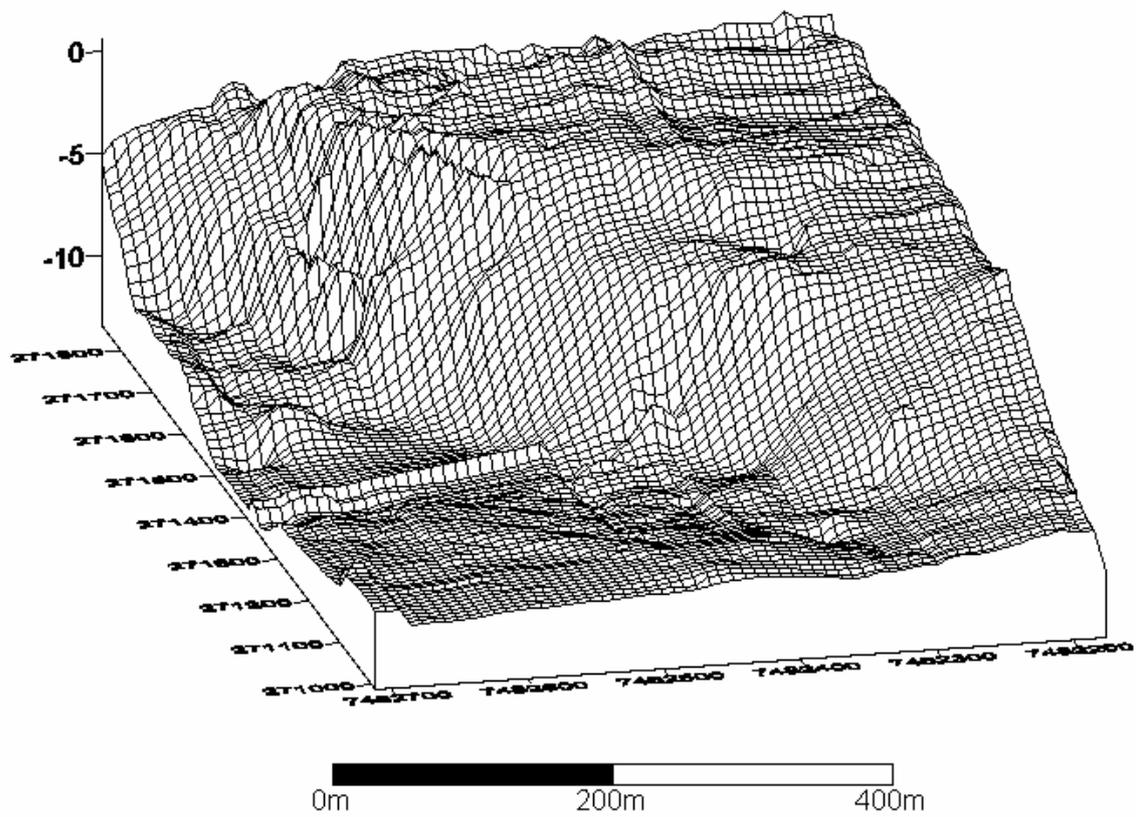


Figura 30 Modelo digital tridimensional da confluência dos rios Ivaí e Paraná

A Figura 31 expressa a distribuição granulométrica dos depósitos da barra no canal secundário do rio Paraná e da carga de fundo do rio Ivaí. No canal secundário os depósitos de seixos apresentam um tamanho médio de 5 cm. Os seixos em sua maioria variam de 1 cm a 8 cm. O desvio padrão de 1 demonstra uma distribuição pobremente selecionada para estes depósitos.

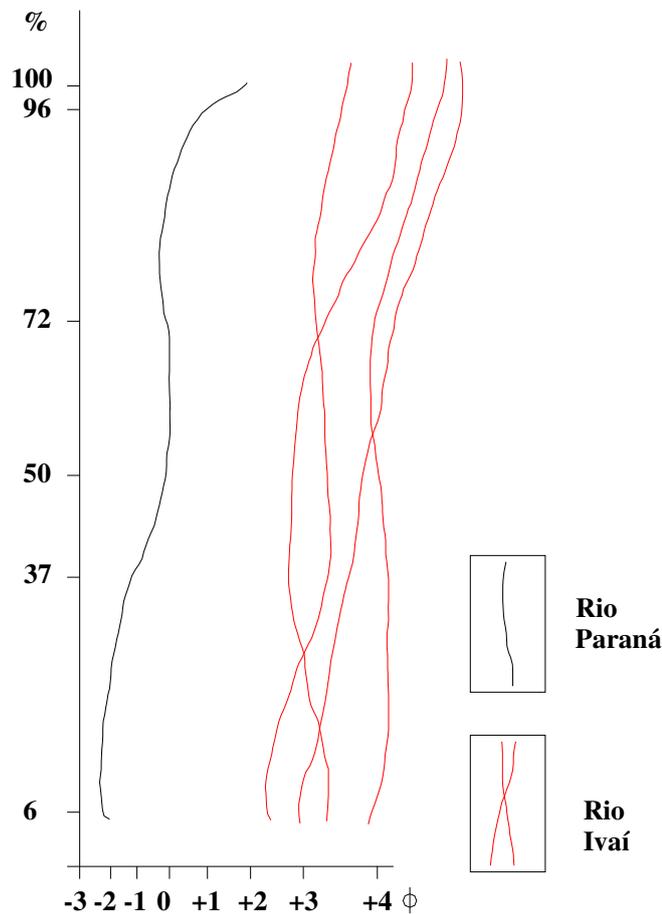


Figura 31 – Distribuição granulométrica dos depósitos da barra de seixos e dos sedimentos de fundo do rio Ivaí

Os sedimentos de fundo trazidos pelo rio Ivaí são predominantemente de areia fina a grossa com baixo grau de seleção destes depósitos. Com o intuito de se verificar a origem e evolução da confluência nas Ilhas foram confeccionados 2 perfis verticais. Um perfil na Ilha Ivaí I (Figura 32) e outro na Ilha Ivaí II (Figura 33).

A Ilha Ivaí I ostenta uma altura em torno de 3m acima do nível médio do rio Paraná. Em suas margens é facilmente identificável uma associação de depósitos de planície na

parte basal com cerca de 2m de espessura. Trata-se de pelitos maciços com teores variáveis de matéria orgânica que ostentam colorações que variam do acinzentado ao avermelhado.

Sobre estes depósitos basais depositam-se fácies arenosas maciças (Sm), mosqueadas e intensamente bioturbadas do dique marginal. A associação faciológica visível nas margens da Ilha Ivaí II apresenta 1,60m de altura (Figura 32).

Na base destes depósitos tem-se a ocorrência de uma fácies (Gms), seixos maciços com matriz arenosa sobrepostas por uma fácies arenosa maciça com alguns seixos (Sm). Ambos os depósitos representam as barras de canal de seixos anteriormente descritas. Sobre estas fácies de canal depositou-se uma intercalação de fácies de areia maciça (Sm) com argila maciça (Fm). Este conjunto representa a agradação da barra para a fase de ilha nos momentos de cheia.

A comparação entre as associações faciológicas da Ilha Ivaí I e Ivaí II mostra que a primeira tem origem e evolução semelhante as grandes ilhas ocorrentes no rio Paraná, ou seja, representa depósitos de planície do antigo sistema anastomosado do rio Paraná descrito por Souza Filho (1993), Santos (1997) e Stevaux e Santos (1998).

A Ilha Ivaí II por sua associação faciológica mostra ser a evolução de barra de desembocadura, portanto relacionada com a dinâmica dos rios Ivaí e Paraná e bem mais jovem do que a Ilha Ivaí I.



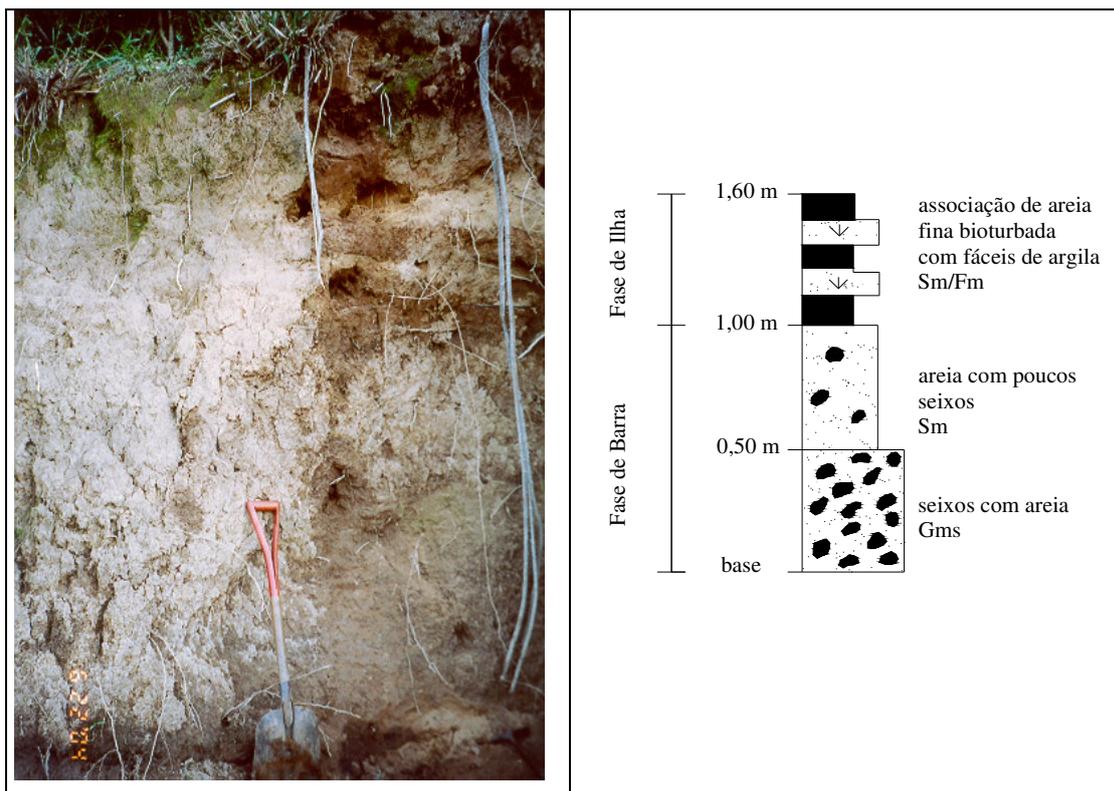


Figura 34 – Associação faciológica da ilha Ivaí II com passagem da fase de barra para fase de ilha

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

- O tipo de fluxo verificado na confluência é turbulento, de acordo com o número de Reynold encontrado acima de 2500. O número de Froude revela que o tipo de escoamento para esta área é lento.
- As velocidades médias variaram de 0,14 a 1,18m/s nas 4 seções transversais, sendo que no perfil 1 as velocidades apresentaram pouca variação ao longo do perfil transversal. O perfil 2 é o menos profundo, onde a velocidade máxima encontrada foi de 0,97m/s. Este perfil apresentou em alguns momentos velocidades muito lentas, como em outubro de 2004 (0,14m/s) porque o fluxo do rio Ivaí era maior diminuindo assim a velocidade de fluxo do canal secundário do rio Paraná Os perfis 3 e 4, após a confluência, apresentam velocidades mais altas, porém com maior velocidade na margem esquerda.

- A cota d'água no mês de outubro de 2004 se apresentou maior no rio Ivaí do que no rio Paraná, isto mostra que quando o rio Ivaí apresenta maiores vazões, suas águas “barram” as águas do canal secundário do rio Paraná.
- os valores de vazão admitidos para o perfil 3 sempre apresentará superiores aos perfis 1 e 2. Isto se dá pela soma dos fluxos do canal secundário do rio Paraná que se encontram diagonalmente (ângulo de 60°) com o fluxo do rio Ivaí.
- A concentração do sedimento em suspensão no mês de outubro de 2004 para o rio Ivaí e Paraná sempre apresentou valores maiores do que os outros meses de coleta, independente de margem direita, centro da seção ou margem esquerda.
- Os perfis 2, 3 e 4 apresentaram todos os meses valores de sedimento em suspensão 5 vezes menor do que os valores encontrados para o perfil 1 no rio Ivaí. A concentração nos perfis a jusante da confluência permanecerá baixa em razão da diluição da concentração dos sedimentos trazidos pelo Ivaí nas águas do Paraná.
- O perfil ecobatimétrico 1, localizado no rio Ivaí, apresenta uma largura média de 250 m. Pode-se verificar nesta seção um talvegue deslocado para margem esquerda com profundidade variando de 5 a 7 m.
- O perfil ecobatimétrico 2 (canal secundário do rio Paraná) é o menos profundo. Nesta área pode-se verificar a ocorrência de uma barra de canal que sofreu um processo de acreção lateral resultando no aumento de sua largura. Os perfis ecobatimétricos (3 e 4), localizados no rio Paraná, tem largura média de 350 m, e semelhanças, pois apresentam talvegues e estão a 500 m um do outro.
- A ocorrência de barras arenosas laterais na parte mais a montante do canal obstruem o fluxo do rio Paraná. Na confluência existe uma barra de desembocadura representando os depósitos de seixos trazidos pelo rio Paraná formando uma barra de seixos que em sua evolução forma a Ilha Ivaí II.
- A ilha Ivaí II mostra por sua associação faciológica e uma evolução de uma barra de desembocadura que está relacionada com a dinâmica dos rios Ivaí e Paraná, sendo assim, mais recente do que a Ilha Ivaí I. Esta

última representa como as grandes ilhas do rio Paraná, um depósito sedimentar relacionado ao sistema anastomosado pré-atual.

## REFERÊNCIAS

AGOSTINHO, A. **A Planície alagável do alto rio Paraná: importância e preservação.** EDUEM, MARINGÁ 1996.

ANA. **Agência Nacional de Águas.** Disponível em <http://www.ana.gov.br>. Acesso em 15/06/2004.

BIAZIN, Pollyana Crocetta. **Característica sedimentar e hidrológica do rio Ivaí em sua foz com o rio Paraná, Icaraima-PR.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2005.

BIGARELLA, J.J. & Ab'SABER, A.N. Quadro provisório dos fatos sedimentológicos, morfoclimáticos e paleoclimáticos na Serra do Mar paranaense e catarinense. **Bol.Parana.Geogr.**, v.2, p. 5-91.

BRISTOW, C.S.; **Morphology and Facies Models of Channel Confluences.** Department of Geology. Birkbeck College, University of London, Malet street. 1993

BEST, J.L. **Sediment transport and bed morphology at river channel confluences.** Department of Geology, University of Hull, 1988

BITTENCOURT, A. V. **Transporte de sólidos na bacia hidrográfica do rio Ivaí.** Boletim Paranaense de Geociências, n 35. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 1982.

CARVALHO, Newton de Oliveira. **Hidrossedimentologia prática.** Rio de Janeiro: Rio de Janeiro: CPRM, 1994.

CHRISTOFOLLETTI, Antonio. **Geomorfologia fluvial.** São Paulo: Edgar Blucher, 1981.

CONAMA – **Conselho Nacional do Meio Ambiente.** <http://www.mma.gov.br/port/conama357/2005>.

COPEL – Companhia Paranaense de Energia (1984). **Diagnóstico de aproveitamento do baixo curso do rio Ivaí para transporte e geração de energia.** Governo do Estado do Paraná, relatório interno, 2V., 401p.

Folk, R.L. & Ward, W.C. **Brazos river bar: study in significance of grain size parameters journd of sedimentary petrologs,** 1957, 27: 3 – 26.

GAIL, M. Classification of large-scale subaqueous bedforms: a new look at na old problem. Department of Geological sciences. University of New Jersey. 1990

GASTADILNI, M.C.C; MENDONÇA, A. S. F. **Conceito para avaliação da água.** Porto Alegre: FINEP/ABRH 2001

FERNANDEZ, Oscar Vicente. **Mudanças no canal fluvial do rio Paraná e processos de erosão nas margens: região de Porto Rico, PR.** Dissertação (mestrado). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Rio Claro – SP, Inédito, 96, 1990.

HARTMANN, C & SCHETTINI, A F. **Aspectos hidrológicos na desembocadura da Laguna dos Patos, RS.** 1991. Revista Brasileira de Geociências.

MAACK, Reinhard. **Geografia Física do Estado do Paraná.** 2ª ed. Curitiba: Secretaria da Cultura e do Esporte do Estado do Paraná, 1981.

MARTINS, Débora Pinto. **Dinâmica das formas de leito e transporte de carga de fundo no alto rio Paraná.** 2004. 62 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2004.

MIALL, A.D. **Principles of sedimentary basin analysis.** New York, Springer-Verlag, 1990, 2 ed.

MULLER, A. **Impacto de mudanças no uso do solo nas características hidrosedimentológicas na bacia hidrográfica do rio Joanes e sua repercussão na zona costeira.** 1996.

62 423.321 Tm [

NAKASHIMA, Paulo; Nóbrega, Maria Tereza. **Solos dos terceiro planalto do Paraná - anais da ENGEOPAR – I Encontro Geotecnico do Terceiro Planalto Paranaense.** Maringá – PR. ISSN 1679-7906. 2003

ORFEO, O. **Os critérios para la clasificacion de barras em grandes rios entrelazados de llanura tropical.** 6º Reunion Argentina de sedimentologia, Bahia Blanca, Acta 1995.

NEIFF, J. J., **Análise ambiental – Estratégias e Ações** – São Paulo – UNESP 1995.

PASCALE BIRON. **Bed morphology and sedimentology at the confluence of unequal depth channels,** 1993.

PAIVA, João Batista Dias de. **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas.** Porto Alegre: ABRH, 2001.

PONÇANO, W.L. Sobre a interpretação ambiental de parâmetros estatísticos

SAAD, A R. **Fácies e Associações de fácies em depósitos neoquaternários de terraço na bacia do rio do Peixe, região ocidental Paulista.** Rio Claro, SP.

SANTOS, Manoel Luiz dos; KUERTEN, Sidney. **Hidrodinâmica e geomorfologia do canal do rio Ivaí em sua Planície Aluvial – PR.** Universidade Estadual de Maringá, UEM – DGE, Maringá 2005. No prelo

SANTOS, Manoel Luiz dos; **Geologia e Geomorfologia do rio Ivaí.** Relatório Interno do Projeto Ivaí. Convênio UEM/Fundação Araucária. Pg.

SANTOS, Manoel Luiz 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.** 1997. Tese de doutorado-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

SANTOS, Manoel Luiz dos. **Faciologia e evolução de barras de canal do rio Paraná na região de Porto Rico (PR).** 1991. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1991.

SANTOS, Manoel Luiz dos. **Paleohydrological Changes in the Upper Paraná River, Brasil, During the late quaternary: a fácies Approach** in: Paleohydrology and Environmental Change. 1998

SANTOS, Manoel Luiz dos. **Unidades Geomorfológicas e depósitos sedimentares associados no sistema fluvial do rio Paraná no seu curso superior.** Revista Brasileira de Geomorfologia, Ano 6 número 1, 2005.

SANTOS, Manoel Luiz dos; STEVAUX, José Cândido, GASPARETTO, Nelson Vicente Lovatto. **Geologia e geomorfologia da planície aluvial do rio Paraná.** Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2005. No prelo.

SANTOS, Manoel Luiz dos; STEVAUX, José Cândido, SOUZA FILHO, Edvard; GASPARETTO, Nelson Vicente Lovatto. **Geologia e Geomorfologia da Planície Aluvial do rio Ivaí – PR.** In: Relatório do Projeto Fundação Araucária. **Regime hidrológico do rio Ivaí em seu curso inferior: ênfase a análise geoambiental.** Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2005. No prelo.

SMITH, N.D. **Sedimentology and bar formation in the upper Kicking Horse river, a braided outwash stream.** 1974.

SOUZA, Ivonete Almeida. **Mudanças no canal do rio Paraná durante o holoceno.** 2000. Dissertação (Mestrado) – UNESP-São Paulo, 2000.

SOUZA FILHO, Edvard; STEVAUX, José Cândido. **As Barras Fluviais da parte média do alto rio Paraná.** Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 1997.

SOUZA FILHO, Edvard; STEVAUX, José Cândido. **Geologia e Geomorfologia do complexo do rio Baía, Curutuba, Ivinheima. A Planície de inundação do alto rio Paraná.** Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 1997.

**STEVAUX, J.C. The Uper Paraná River (Brazil): geomorphology, sedimentology and paleoclimatology. *Quaternary International*. 21:143-161, 1994.**

**STEVAUX, José Cândido. Característica e dinâmica da forma de leito do rio Paraná: Proposição de gerenciamento e conservação. Projeto. Maringá:UEM, 2002**

**SUDERHSA. Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Disponível em <http://www.pr.gov.br/meioambiente/suderhsa/index>. Acesso 12 de agosto 2005.**

**SUGUIO, K. Introdução à Sedimentologia. Editora da Universidade de São Paulo, 1973.**

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)