

## **RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE PESQUISA**

### **HIDRODINÂMICA, RITMO CLIMÁTICO E ZONEAMENTO DE ÁREAS ALAGÁVEIS NA PLANÍCIE FLUVIAL DO ALTO RIO PARANÁ, CENTRO- SUL DO BRASIL**

**Coordenador do Projeto: Paulo César Rocha – 555.786.599-34**

#### **INTRODUÇÃO**

Neste projeto foram testadas 3 hipóteses distintas, mas que se complementam no intuito do entendimento funcional do sistema de inundação do alto rio Paraná. São elas: 1) se algumas variáveis limnológicas nos sistemas aquáticos da planície fluvial do alto rio Paraná tenham algum tipo de relacionamento com o ritmo climático, considerando a temperatura e a precipitação, relacionadas por sua vez com os sistemas produtores dos tipos de tempo atuantes em pequena escala de tempo. 2) as influências nos padrões de conectividade e no entendimento da sazonalidade dos processos de homogeneização entre os ambientes aquáticos, principalmente durante os episódios sem influência do regime hidrométrico dos rios Paraná e Ivinheima. Tais circunstâncias podem permitir o mapeamento espaço-temporal dos episódios identificados. 3) Os processos de alagamento na várzea podem ser avaliados a partir de um mapeamento hipsométrico de detalhe, baseado no uso de softwares específicos de modelagem numérica do terreno e uso de imagens orbitais de boa resolução e a baixo custo, conhecendo-se o regime hidrométrico dos rios Paraná e Ivinheima.

Para tanto, foram efetuadas amostragens de campo em diferentes períodos e os dados amostrados foram tratados em laboratório e por procedimentos estatísticos, detalhados nos capítulos do texto completo.

Os objetivos do projeto foram: 1; o estudo da variabilidade termo-pluviométrica e associação com os respectivos sistemas produtores dos tipos de tempo, atuantes na região da planície fluvial do alto rio Paraná, sob a ótica do conceito de ritmo climático (Monteiro, 1971), com base em séries de amostragens obtidas no campo e dados previamente obtidos. Posteriormente será feita a tentativa de identificação dos tipos de relacionamento, caso existam, entre algumas variáveis limnológicas dos ambientes

aquáticos, a variabilidade termo-pluviométrica e os sistemas produtores dos tipos de tempo na escala local e regional e a influência nos padrões de conectividade entre os ambientes aquáticos do sistema em estudo.

Outro objetivo do trabalho refere-se à identificação dos processos de conectividade hidrodinâmica entre os ambientes fluviais, ao longo dos períodos hidrológicos avaliados (cheia, vazante, águas baixas, enchente), e de processos de homogeneização dos ambientes, associados às perturbações climáticas e hidrométricas locais.

Por fim, o mapeamento das áreas alagáveis, conforme os níveis hidrométricos dos rios Paraná e Ivinheima, a partir do uso de um modelo numérico do terreno e imagens de satélite de diferentes períodos hidrológicos.

A integração dos dados dos mapeamentos temáticos espaço-temporal dos processos fluviais foram importantes na avaliação das funções hidrológicas da planície do alto paraná, na identificação de possíveis impactos no regime hidrológico dos rios, e o reconhecimento de novos processos fluviais de conectividade e da qualidade ambiental da água, propiciando novas estratégias de manejo para a área.

## RESULTADOS OBTIDOS

### 1. Morfologias presentes num trecho do sistema rio-planície fluvial do Alto Paraná e aspectos de conectividade

#### Introdução

Os rios são cursos naturais de água doce, com canais definidos e fluxo permanente ou sazonal para um oceano, lago ou outro rio. Dada sua capacidade de erosão, transporte e deposição, os rios são os principais agentes de transformação da paisagem, agindo continuamente no modelado do terreno (Riccomini, 2000).

A planície de inundação consiste na feição deposicional do vale do rio, associada com um clima particular ou com um regime hidrológico da bacia de drenagem. Os sedimentos são temporariamente estocados na planície durante a rota de fluxo para o vale e, sob condição de equilíbrio durante um período de anos, a taxa de entrada de sedimentos é igual a de saída (Rocha, 2002). Em relação à planície de inundação do alto rio Paraná, esta apresenta boa representatividade da fauna original e mantém seu papel na manutenção da diversidade biótica regional, sendo classificada como planície de inundação levemente modificada, com áreas mais restritas não modificadas.

Interações laterais entre o canal e a planície de inundação são de suma importância, não só no contexto geomórfico, mas também ecológico. Entretanto, mesmo englobando o canal fluvial como um subsistema, a planície de inundação não deve ser confundida nem caracterizada pelos processos e formas desenvolvidas no canal fluvial.

Em relação aos parâmetros morfométricos, a maioria dos estudos sobre sistemas fluviais emprega uma classificação baseada em quatro padrões básicos de canais, designados de retilíneo, meandrante, entrelaçado e anastomosado, ou, respectivamente, de *straight*, *meandering*, *braided* e *anastomosed*. Esses quatro padrões podem ser caracterizados em função da sua sinuosidade, seu grau de entrelaçamento e sua relação entre a largura e profundidade. (Figura) (Riccomini, 2000).

Os padrões de canal, em suas diversas formas, são parte de um **contínuum**, determinado pelas condições de energia em relação com a construção local da forma do canal.

Rios meandrantés exibem um canal único, com altos índices de sinuosidade, transportando predominantemente carga em suspensão ou mista. O padrão erosivo nas margens côncavas e deposicional nas margens convexas é típico desses canais.

Rios retilíneos apresentam índices de sinuosidade próximos de 1,0 (< 1,5) e transportam comumente carga em suspensão ou mista, apesar de que o seu talvegue pode apresentar maior sinuosidade. O padrão *anastomosado* se refere a rios com múltiplos canais sinuosos, porém estáveis, com margens coesas, separados por grandes ilhas vegetadas. Rios *entrelaçados* apresentam dois ou mais canais com barras entre os canais, instáveis, e apresentam alta relação largura/profundidade, alta declividade e, geralmente baixa sinuosidade.

A bacia hidrográfica do alto rio Paraná ocupa uma vasta área quem em território brasileiro supera 802.150Km<sup>2</sup> (área da bacia a montante de Guairá). A região, em estudo, a de Porto Rico está situada no trecho fluvial compreendido entre a foz do rio Paranapanema e a foz do rio Ivinheima, na parte média do alto Paraná.

## **Objetivos**

### **Gerais**

Caracterizar as diferentes feições (formas) num trecho do sistema rio-planície fluvial do Alto Paraná e interpreta-las de acordo com os conceitos do continuum fluvial, **padrões de canal**, e dos **padrões de conectividade** e **trajetória sucessional** dos ambientes aquáticos.

### **Específicos**

Interpretar a morfologia atual do sistema e correlaciona-la aos padrões de canal encontrados na literatura, assim como sua posição no continuum fluvial;

Identificar as diferentes formas atuais e relictas no sistema rio-planície fluvial;

Classificar os padrões de conectividade hidrológica a partir da interpretação da gênese morfológica;

Caracterizar a trajetória sucessional das feições identificadas e de acordo com o grau de conectividade estabelecidos às mesmas.

## **Metodologia**

Identificação da morfologia do sistema fluvial e unidades de relevo: interpretação através de modelo SRTM (Embrapa Relevo – CNPM); dos padrões de canal: interpretação de imagens de satélite e fotografias aéreas, além de descrições de fácies identificadas na literatura; as formas atuais foram identificadas a partir de interpretação de imagens e fotografias aéreas, identificação direta no campo e informações da literatura; os padrões de conectividade foram identificados em função da gênese dos ambientes aquáticos e do tipo de hierarquia para com os canais principais, conforme Rocha & Rocha (2007); a trajetória sucessional foi interpretada

em função do relacionamento da dinâmica fluvial atual e dos padrões de conectividade previamente descritos.

## **Resultados e Discussão**

### **1. Unidades Geomorfológicas**

Através de uma imagem SRTM que engloba a região do alto Paraná do lado sul-matogrossense, identificou-se cinco unidades geomorfológicas distintas, associadas com depósitos fluviais (Figura1).

A imagem é uma combinação RGB das bandas 3, 4 e 5. Essas bandas foram utilizadas pois possibilitam um melhor delineamento dos corpos de água e diferenciação entre solo e vegetação.

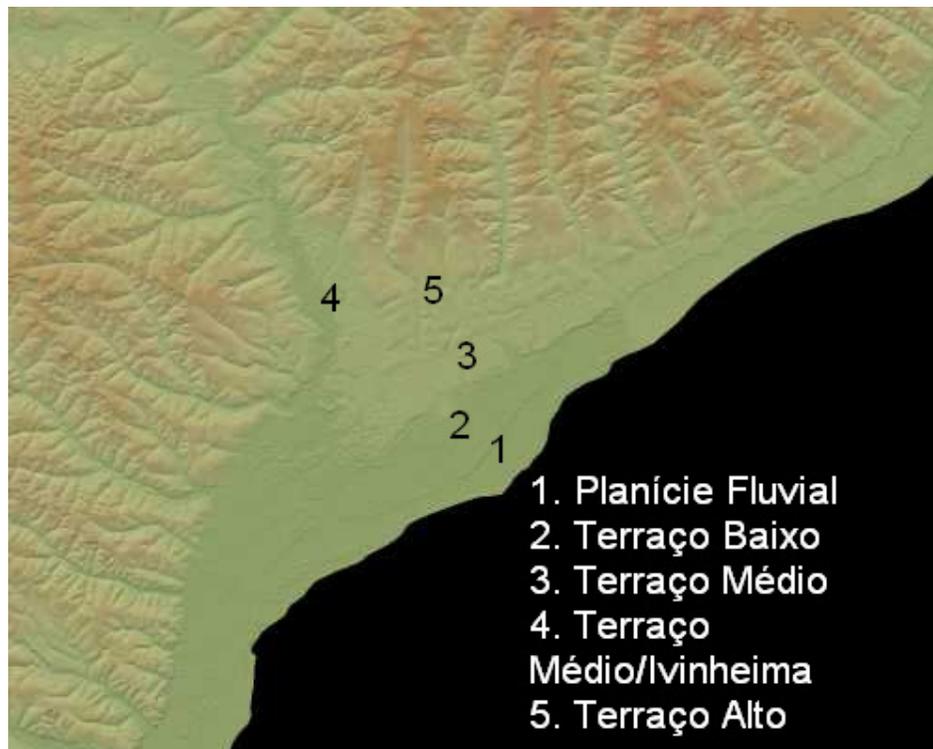


Figura 1: Modelo de elevação do terreno a partir de tratamento de dados do radar SRTM

A margem direita desdobra-se em diversos patamares, com menor densidade de drenagem. O Terraço Alto apresenta topografia plana, marcada pela ocorrência de lagoas circulares espaçadas e amplas. O Terraço Médio (Unidade Ivinheima) está bem preservado no vale do rio Ivinheima. Sua topografia é marcada por alta densidade de lagoas com diâmetro entre dezenas de metros e um quilômetro.

O Terraço Baixo corresponde a um terraço embutido, originado pela remoção parcial dos depósitos do Terraço Médio, durante o aprofundamento de drenagem que viria a originar a calha onde se encontra a planície fluvial. Possui um conjunto de paleocanais, parcialmente cobertos por leques aluviais.

A Planície Fluvial constitui uma superfície plana, onde a cobertura vegetal é a principal forma de realce das formas de relevo, uma vez que as áreas altas possuem vegetação arbórea, as médias são cobertas por arbustos, as baixas por campos, e os baixios por formas higrófilas. As partes mais rebaixadas constituem corpos de água, na forma de canais ativos e lagoas.

Para as mesmas áreas há nomes diversos pra sua designação segundo cada autor, assim, fez-se uma citação desses (Tabela 1).

Tabela 1: Diversas denominações das Unidades Geomorfológicas da planície do rio Paraná.

Unidades	Autores			
	Justus	Souza Filho	Pires Neto	Stevaux
1	-----	Planície e Inundação	Planície de Inundação	Unidade rio Paraná
2	-----	Terraço Baixo	Baixo Terraço	Unidade Fazenda Boa Vista
3	Nível rebaixado da zona de acumulação torrencial	Terraço Médio	Terraço Intermediário (270 m)	Unidade Taquaruçu/Ivinheima
4			Terraço Intermediário (250 m)	
5	Pediplano Pd0	Terraço Alto	Terraço Superior	Unidade Taquaruçu

Deve-se dar destaque a denominação dada por Neto (1993) que separa as áreas 3 e 4 devido suas cotas (respectivamente 270 e 250 m). Este fato evidencia uma possível formação do relevo atual do rio Ivinheima anteriormente ao do rio Paraná.

## 2. Área úmida

As unidades anteriormente identificadas desempenham papel importante associado à gênese de ambientes aquáticos. Seus depósitos basais podem formar camadas impermeáveis que possibilitam níveis freáticos suspensos em seus compartimentos geomorfológicos, que sustentam diferentes ambientes aquáticos. A

imagem da figura 2 mostra uma grande área úmida, na qual se apresentam tais ambientes, formando um mosaico de ecossistemas alagados, importantes componentes para a delimitação de corredores ecológicos.



Figura 2: Delimitação da área úmida do lado sul-matogrossense.

### **3. Identificação de Formas**

Em âmbito local no relevo da área envolvente, utilizou-se de um mosaico de fotos aéreas (Figura 3) e identificaram-se diversas formas na região.

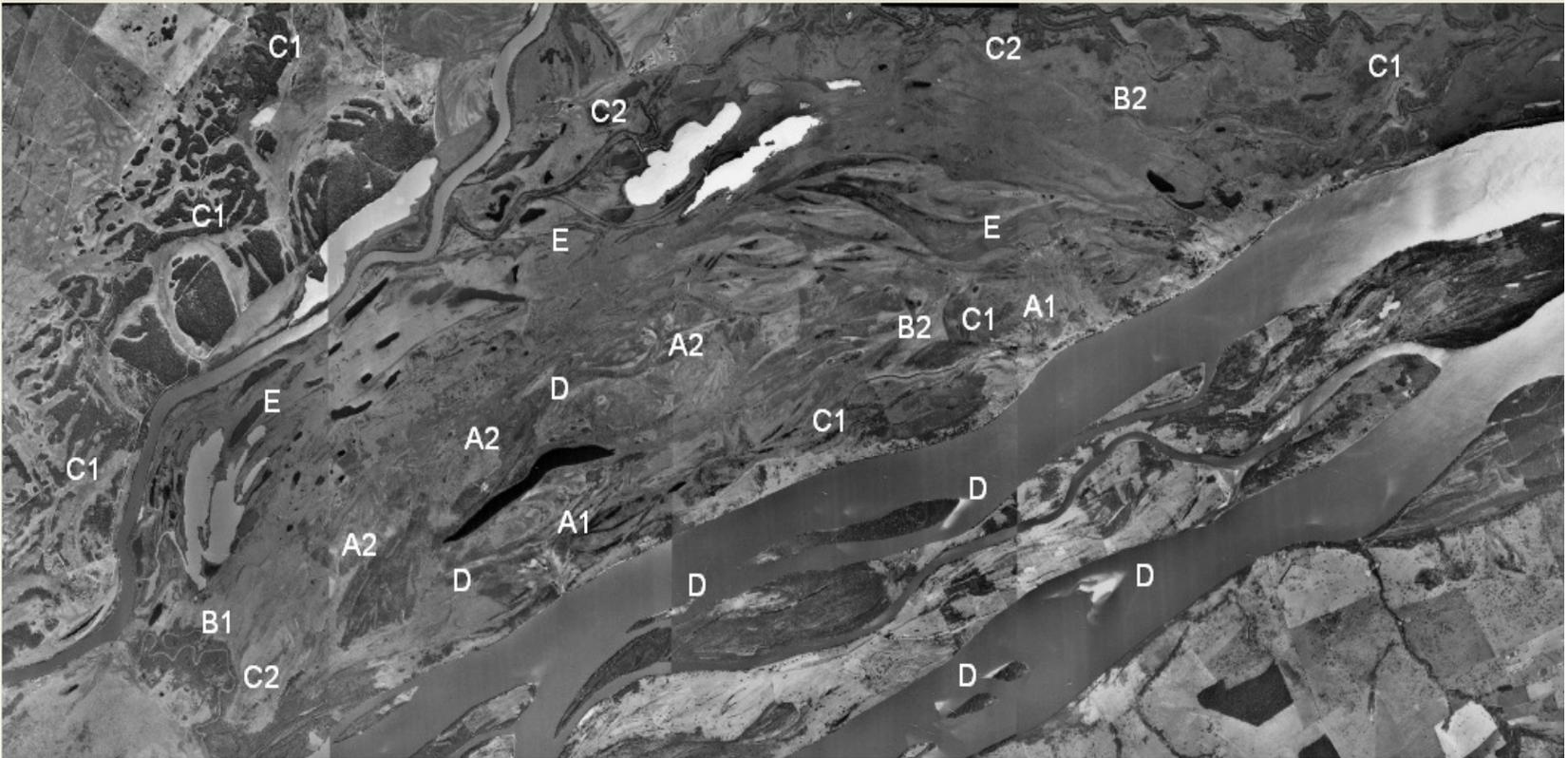


Figura 3: Mosaico de fotos aéreas com indicação das formas geomorfológicas locais.

Através deste mosaico de fotos focalizou-se cada tipo de forma geomorfológica (Figuras 4 a 13).

*A. Leque de Rompimento de Dique (Crevasse Splay)*

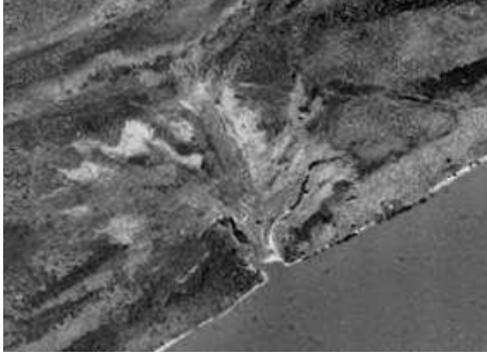


Figura 4: Leque de rompimento de dique atual- A1

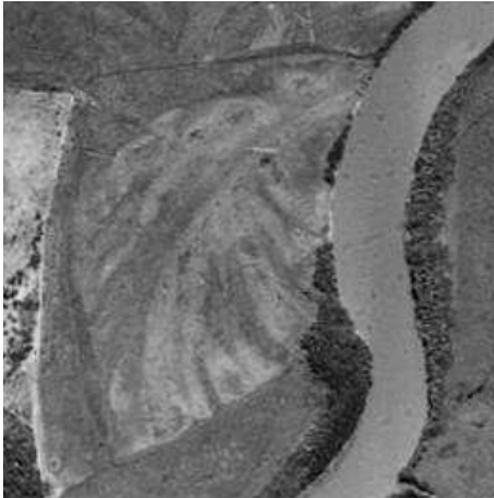


Figura 5: Leque de rompimento de dique relicto-A2

Os leques apresentam-se coalescidos, formando uma franja ao longo das cicatrizes dos canais dos quais tiveram origem. Encontram-se na margem direita do rio Paraná e fazem parte de sistemas anastomosados. Os leques de rompimento de diques atuais fazem parte da dinâmica atual mas se encontram sobre depósitos relictos.

*B. Meandro Abandonado (Oxbow Lake)*



Figura 6: Meandro abandonado atual-B1

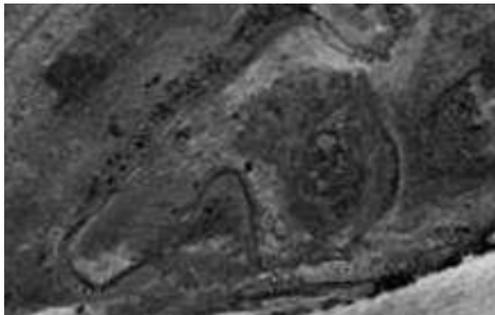


Figura 7: Meandro abandonado Relicto-B2

Formado através da migração lateral dos canais através de erosão progressiva das margens côncavas e conseqüente abandono de parte da calha relictas.

### *C. Dique Marginal*

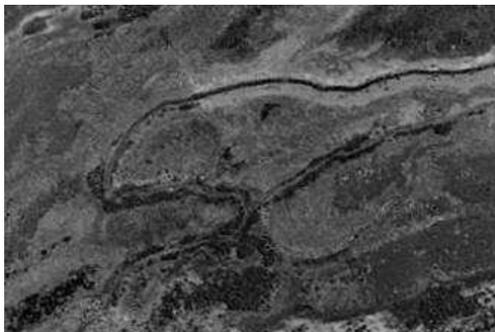


Figura 8: Dique marginal relictos-C1



Figura 9: Dique marginal-C2

Corpos elevados, alongados em faixas sinuosas junto às bordas do canal formadas em períodos de inundação. A identificação deste é possível, pois há ocorrência de vegetação arbórea e arbustiva.

Os diques marginais atuais pertencem a um sistema meandrante, enquanto os relictos parcialmente reativados são de um sistema anastomosado.

*D. Barra (boomerangue)*



Figura 10: Barra central-D

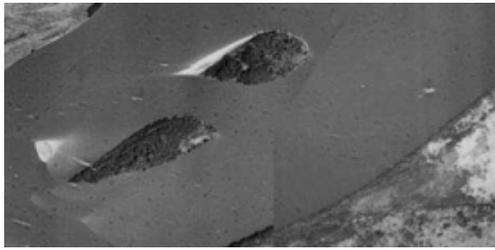


Figura 11: Barra de soldamento-D



Figura 12: Barra frontal a ilha-D

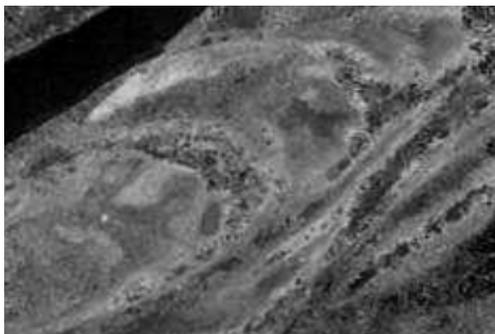


Figura 13: Paleobarra-D

Acumulação de sedimento arenoso próximo às ilhas. As paleobarras indicam uma possível relação ao sistema entrelaçado. Devido ao retrabalhamento dos depósitos sedimentares ocorreu uma dificuldade na identificação destas, além do fato que em topografias mais altas estas podem estar revegetadas.

### *E. Paleocanais*

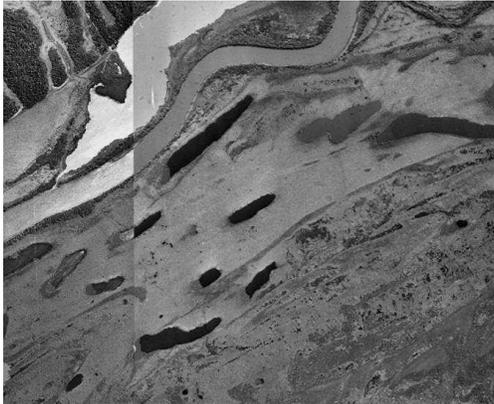


Figura 14: Paleocanal-E

Compreendem lentes de areia em meio a areia argilosa e argila, dispostas em canais com poucos metros de espessura. Estes em posições mais baixas apresentam lagoas conectadas ou isoladas.

Os paleocanais largos sem dique marginal bem definido constituem áreas alagadiças, já os estreitos com dique marginal estão em estágio sucessional mais avançado, pois este dificulta os alagamentos da área em épocas de cheia.

#### **4. Conectividade e trajetória sucessional**

Independentemente do padrão de canal aos quais os ambientes aquáticos estão associados, a conectividade destes está na dependência de terem um canal de ligação ativo, intermitente ou não apresentarem ligação com os seus sistemas fluviais reguladores.

Em relação ao grau de conectividade e da trajetória sucessional pode-se perceber, através do mosaico de fotos, que as lagoas ligadas ao canal possuem maior conectividade, estando em contato direto ao sistema. Já as lagoas sem ligação ao canal são dependentes de cheias para que ocorra o transbordamento e seu sucessível alagamento.

Quanto à existência ou não de dique marginal, este se torna uma barreira, assim, quando presente traz um menor grau de conectividade.

Os brejos, alagadiços e pequenos pântanos que estão num maior estágio de terrestrialização, pois são dependentes do lençol freático para seu transbordamento.

### **Conclusões:**

O canal não está enquadrado perfeitamente em nenhum dos padrões de canal já existentes na literatura, mas pode-se supor que esteja próximo ao sistema entrelaçado, com abandono da margem direita e direcionamento a esquerda, onde há maior presença de diques marginais.

Observou-se também a antecedência da formação da calha do rio Ivinheima, e sua aproximação ao sistema anastomosado, apesar de possuir algumas características do sistema meandrante.

Na planície fluvial, as feições relictas se apresentam bastante estáveis e com menor grau de conectividade ao rio Paraná. Na calha principal do rio, as feições atuais são instáveis devido ao maior grau de conectividade.

As trocas de padrão de canal e a conseqüente superimposição de diferentes feições geomorfológicas na planície fluvial e nas ilhas, são responsáveis por uma constante variabilidade na gênese local.

### **Referências Bibliográficas:**

NETO, A.G.P.; Bartorelli, A.; Vargas, M.S.. **Boletim Paranaense de Geociências**, nº42, ano 1994. Pág 217-228.

RICCOMINI, C.; GIANNINI, P.C.F.; MANCINI, F.. **Decifrando a Terra**. São Paulo:Oficina de Textos, 2000.

STEVAUX, J.C.; FILHO, E.E. DE S.; JABUR, I.C.. **A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos**. Maringá. EDUEM: Nupélia, 1997.

ROCHA, R.R. DE A.; ROCHA, P.C.. **Sistemas rio-planície de inundação: geomorfologia e conectividade hidrodinâmica**. Revista Topos, volume 1, nº2. Ano 2007.

ROCHA, P. C. **Dinâmica dos canais no sistema rio-planície fluvial do Alto rio Paraná, nas proximidades de Porto Rico-PR**. Tese de Doutorado-UEM. Maringá-PR, 2002.

## **2. O Uso do Geoprocessamento na Análise Espacial e Sazonal do Meio Físico e Biótico;**

O sistema rio-planície aluvial do alto curso do rio Paraná, área de estudo desse trabalho, comporta um complexo sistema de lagoas conectadas ou não, baixios, paleocanais, canais e rios ativos de distintos tipos formando um intrincado mosaico que sustenta uma grande biodiversidade e desempenham papel fundamental no comportamento hidrodinâmico do sistema fluvial principal. Esses ambientes atuam como sumidouro de carbono e têm importante função na ciclagem de nutrientes e matéria orgânica, resultando em alta produtividade primária.

O funcionamento e os relacionamentos ecológicos desses sistemas estão associados com o grau de conectividade dos ambientes da planície de inundação, fundamentada principalmente a partir de duas hipóteses conceituais de ambientes lóticos: o conceito de continuidade dos rios (VANNOTE et al., 1980) e de pulso de inundação (JUNK et al., 1989). O conceito de continuidade refere-se principalmente às interações longitudinais nos canais cujos processos iniciam-se nas nascentes até a foz, enquanto que os pulsos de inundação estão relacionados com interações laterais nos sistemas rio-planície de inundação. Esses ambientes, ora úmidos/alagados, ora secos, proporcionam grande produtividade e biodiversidade na planície. Dessa forma, a conectividade dos ambientes de planície de inundação é mantida pela dinâmica hidrológica dos rios (SPARKS, 1995).

Contudo, a conectividade dos ambientes de planície vem sendo alterados pelas mudanças do ciclo e regime hidrológico dos rios causados pelos diversos tipos de usos do solo e ações antrópicas da bacia hidrográfica. Esses impactos promovem o desequilíbrio do sistema, que por sua vez, resultam na alteração das características dos ecossistemas terrestres, aquáticos e de transição da planície de inundação.

Devido às características agrícolas e industriais, a bacia do rio Paraná sofreu intensamente ações humanas nas últimas décadas, sendo que a construção de barramentos comparece como um dos impactos que promoveram alterações mais abruptas no regime hidrológico do rio. Segundo Ward e Stanford (1995a), essa forma de controle hidráulico reflete-se na diminuição da variabilidade do fluxo à jusante, contribuindo para alteração das características hidrodinâmicas e ambientais. Aliam-se ainda os impactos de natureza direta e local, como a ocupação antrópica, resultando na supressão da vegetação ripária, extração de espécies vegetais, pastoreio, construção de sistemas de drenagem, entre outros.

Ainda assim, a planície de inundação do alto curso rio Paraná é considerada um dos últimos resquícios livres de barramentos em território brasileiro e apresentam características de planície de inundação, com poucas alterações antrópicas (AGOSTINHO; ZALEWSKI, 1996). Contudo, a montante dessa área existe um conjunto de grandes barragens hidroelétricas que reduziram os pulsos hidrológicos (ROCHA, 2002), sendo que o último barramento é o da usina hidroelétrica de Porto Primavera, operante desde 1998.

Segundo Mertes et al. (1995), a redução da conectividade podem resultar em alterações de comunidades de vegetação, uma vez que o grau de distúrbios (desmatamento, barramentos), o hidroperíodo (duração da inundação) e a química da água (propriedades físico-químicas dos diferentes tipos de sistemas) influenciam na sucessão ecológica, adaptação e agrupamento de espécies.

O estudo da vegetação e seus relacionamentos com a hidrologia e a geomorfologia foram realizados por Casco, Basterra de Chiozzi e Neiff (2005) e Casco (2003), na região do baixo curso do rio Paraná. Corradini, Fachini e Stevaux (2006) também buscaram associar a vegetação ripária com a topografia e geoformas da planície de inundação na região do alto curso do rio Paraná. Esses estudos mostram que a importância do conhecimento dos processos hidrológicos e da geomorfologia fluvial para entender a distribuição da cobertura vegetal em sistemas rio-planície de inundação.

Nesse contexto, a natureza sinóptica dos dados de sensoriamento remoto possibilita registrar, num dado momento, informações espaciais para mapeamento e monitoramento da distribuição da cobertura vegetal na planície. Imagens MSS e TM/Landsat, coletadas desde meados da década de 70 e 80, respectivamente, até os dias atuais, possibilitam esse mapeamento e monitoramento da vegetação, integradas em SIG, permitindo indicar o processo de mudança e a intensidade em que ocorrem.

Outras informações espaciais, como representações de relevo, podem indicar o grau de conectividade entre os tipos de habitats da planície de inundação. Esse tipo de representação pode ser obtido gratuitamente por meio do SRTM ou pode ser gerado por meio de técnicas fotogramétricas.

Dessa forma, este trabalho busca avaliar o grau de conectividade dos ambientes da planície através de simulação de inundação sobre um modelo digital de superfície e mapear a distribuição da cobertura vegetal no tempo através de ferramentas disponíveis no sensoriamento remoto, procurando identificar as alterações dinâmicas desses habitats e suas relações com a hidrodinâmica do sistema.

Assim, pretendem-se contribuir para o melhor entendimento da dinâmica de inundação na planície de inundação do alto rio Paraná, com base nas análises das

representações computacionais geradas e do conhecimento geomorfológico e ecológico a respeito dos sistemas fluviais.

## **2.1. Análise e interpretação das imagens multiespectrais: morfologias e tipos vegetacionais identificadas no sistema planície fluvial**

Este capítulo pretende contribuir para o entendimento do comportamento temporal dos habitats do sistema rio-planície do alto curso do Rio Paraná,.

### **Objetivos**

Buscou-se avaliar os processos de inundação e alterações na planície baseada na classificação da cobertura vegetal. A avaliação dos processos de inundação dos ambientes da planície de inundação, bem como os fluxos das águas e identificação das áreas alagadas, foi realizada através da análise de uma superfície que represente as variações topográficas e análise de imagens multiespectrais.

### **Metodologia**

Para tanto, foram utilizados dados do modelo digital de elevação do SRTM, aos quais foram aplicados diversos processamentos como geoestatística e modelagem da superfície de tendência para eliminar ruídos e melhorar a resolução espacial. Sobre o MDE realizou-se as simulações dos níveis de inundação baseado no fatiamento do produto numérico de terreno. Essa informação também serviu para entrada na classificação da cobertura vegetal. Outro tipo de representação do terreno utilizado no trabalho foi gerado a partir de procedimentos fotogramétricos sobre imagens digitais aéreas adquiridas em um aerolevantamento, realizado em setembro de 2008. Em relação a influência da hidrodinâmica e uso antrópico sobre os padrões espaciais da cobertura vegetal, foi adotada a abordagem de comparação no tempo. Para tanto, o mapeamento da cobertura vegetal foi realizado com base em imagens multiespectrais do sensor TM e MSS com dados altimétricos. Dessa forma, uma série de processamentos foi realizada, como georreferenciamento, correção atmosférica e normalização radiométrica, aplicação de um modelo linear de mistura espectral e extração de índices de textura e NDVI. A classificação dos dados multifonte foi realizada com base em redes neurais multicamadas quando utilizados dados do sensor TM e abordagem baseada em regiões em dados do sensor MSS. Além disso, foram gerados perfis NDVI para avaliar a resposta espectral da vegetação ao longo do tempo e sazonalmente.

## **Resultados e Discussão**

Como apontado por Rocha (2002), a planície fluvial do alto rio Paraná apresenta feições oriundas da interposição de pelo menos dois padrões de canais, anteriores ao regime atual deste sistema, o que implica em dificuldades na interpretação dos padrões dinâmicos dos ambientes aquáticos, terrestres e de transição. Atualmente, é possível encontrar uma alta diversidade de habitats terrestres e aquáticos, em diferentes estágios sucessionais de terrestrialização associado aos estágios de abandono do sistema anastomosado da planície fluvial, como canais principais (lóticos), canais semi-lóticos (secundários), lagoas conectadas, lagoas fechadas, baixios e áreas baixas, áreas de transição e áreas permanentemente secas. Essa diversidade de habitats, como já discutido por Souza Filho e Stevaux (1997), está associada com a distribuição da cobertura vegetal na planície de inundação.

A figura 1 apresenta algumas feições geomorfológicas associados aos habitats terrestres, aquáticos e de transição, visualizadas em imagens áreas de 2008 e nas imagens TM durante os períodos de 2008, 2007, 1996 e 1985. Os perfis topográficos foram gerados a partir da superfície inferida por geoestatística. Cabe ressaltar que não é foco avaliar os processos de gênese das feições geomorfológicas, mas apontar como esses habitats influenciam nos padrões de vegetação e como se dá a resposta espectral nas imagens multiespectrais.

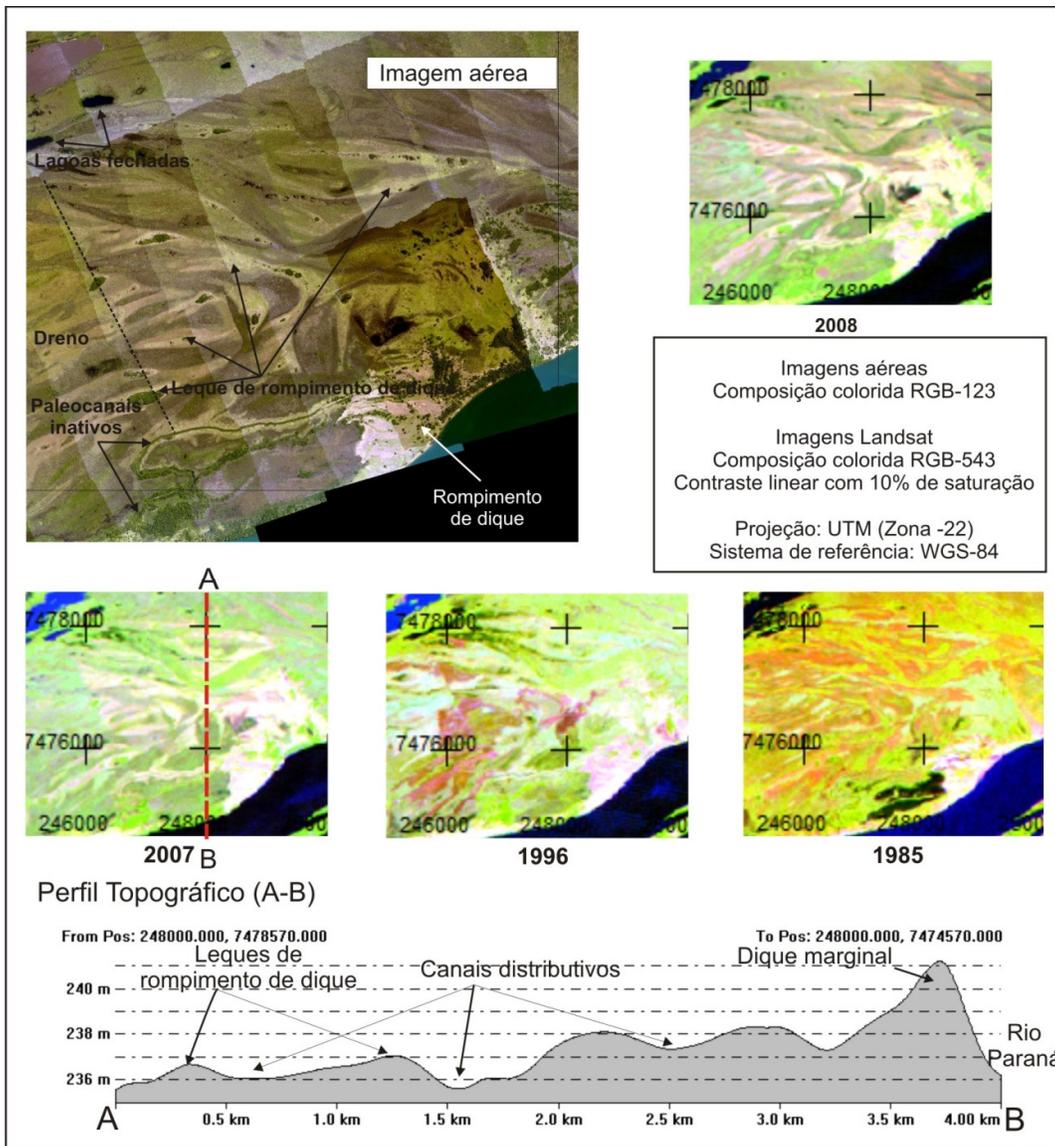


Figura 1 – Feições geomorfológicas e habitats na planície de inundação do alto rio Paraná – Região de rompimento de dique do rio Paraná.

De acordo com a Figura, pode-se notar uma região de rompimento de dique marginal (crevasse), no qual os sedimentos carreados pelas águas passam o dique e espriam por sobre a planície fluvial, formando os leques aluviais. Nesses leques, os sedimentos são formados principalmente por partículas arenosas, que se apresentam mais secas, possibilitando a formação de espécies de porte herbáceas, bem como arbustivas e até mesmo arbóreas em alguns trechos.

A vegetação de herbácea (Figura 2) pode variar de localidade, e apresentar diversos padrões (folhagem, altura, densidade). Normalmente a vegetação de herbácea mais densa pode chegar a mais de 2 m de altura. Nessas áreas,

eventualmente ocorre inundação, e mesmo em períodos secos o lençol livre de subsuperfície é bastante raso. Em alguns trechos, a vegetação herbácea pode apresentar solo encharcado, sendo espécies adaptadas às condições de umidade.



a

b

Figura 2 – Vegetação de herbácea

Nota-se que existe um padrão nítido de alteração na resposta espectral no leque de rompimento nas imagens de 2007 e 2008, que não existia em 1996 e 1985. Provavelmente, trata-se de um dreno (linha pontilhada) construído. Nessas regiões de rompimento de dique, existem ocupações antrópicas, principalmente para fins pecuários. Essas regiões de rompimento de dique foram anteriormente intensamente exploradas, verificando-se no padrão mais claro nas imagens orbitais, configurando áreas com menos vegetação. Os tons amarelados da resposta espectral de 1985 podem indicar maior umidade do solo.

Por entre os leques de rompimento encontram-se os paleocanais, regiões mais baixas topograficamente (de acordo com o perfil topográfico), que normalmente sustentam uma vegetação que consegue sobreviver durante longos períodos encharcados ou alagados. São vegetação do tipo higrófila do tipo higrófila e estão associadas aos ambientes mais úmidos, em que sofre maior influência dos pulsos de inundação. Algumas das formas higrófilas e de áreas úmidas sem vegetação são mostradas na Figura 3.

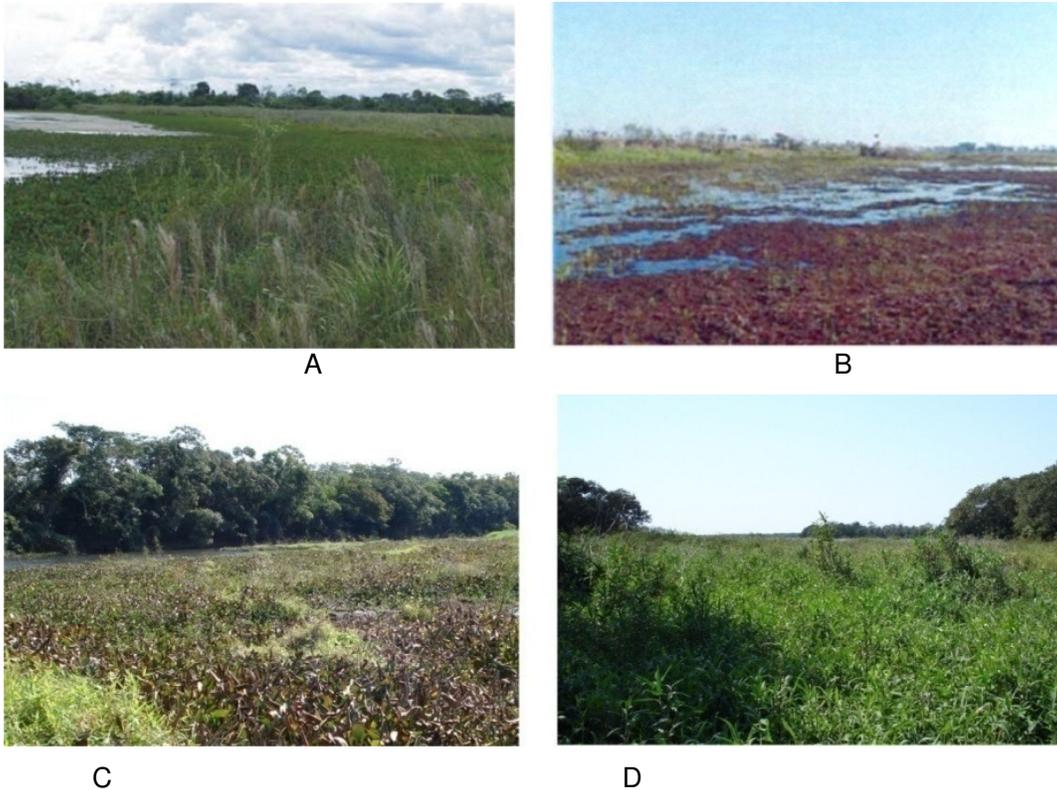


Figura 3. Coberturas associadas às áreas baixas e úmidas.

Esses trechos (Figura 3) são conhecidos por baixios e alagadiços, pois permanecem sempre com características de ambientes úmidos, com vegetação típica desses ambientes (macrófitas aquáticas e vegetação paludícola). Estão muitas vezes associadas aos lagos e que quando ocorrem os pulsos de inundação são as primeiras áreas a serem totalmente alagadas, por situarem em regiões baixas topograficamente. A Figura b, apresenta característica de gramíneas, mas o solo permanece bastante encharcado pela água.

Essa vegetação pode aparecer nos paleocanais ou antigos canais, que são formas geomorfológicas similares aos baixios e alagadiços em termos topográficos. Contudo, são facilmente identificados pela sua forma alongada e com margens bem definidas, marcadas pela presença de elevações com vegetação arbórea (paleodiques marginais) (ANDRADE, 2008).

Nas áreas de porte arbóreo, como se pode notar no perfil topográfico, são bem definidos, com alturas que podem variar de 4 a 15 metros, em média. A vegetação arbórea apresenta diversos tipos de espécies, associadas às regiões mais elevadas, nos diques marginais, tornando-se dificilmente alagadas. No interior da planície, os diques margeiam canais inativos (paleodiques), mas mesmo nestes casos permitem o

crescimento de vegetação arbórea (ANDRADE, 2008). As espécies arbustivas estão, muitas vezes, associadas às herbáceas. Dessa forma, não é possível discriminá-las devido à mistura espectral, uma vez que ocorrem muitas vezes isoladas ou em pequenos agrupamentos. Esse tipo de cobertura da vegetação está associado às regiões de topografia intermediária, entre os baixios e alagadiços e os diques marginais. A seguir, a Figura 4, apresenta-se outra área, com feições e habitats diferenciados.

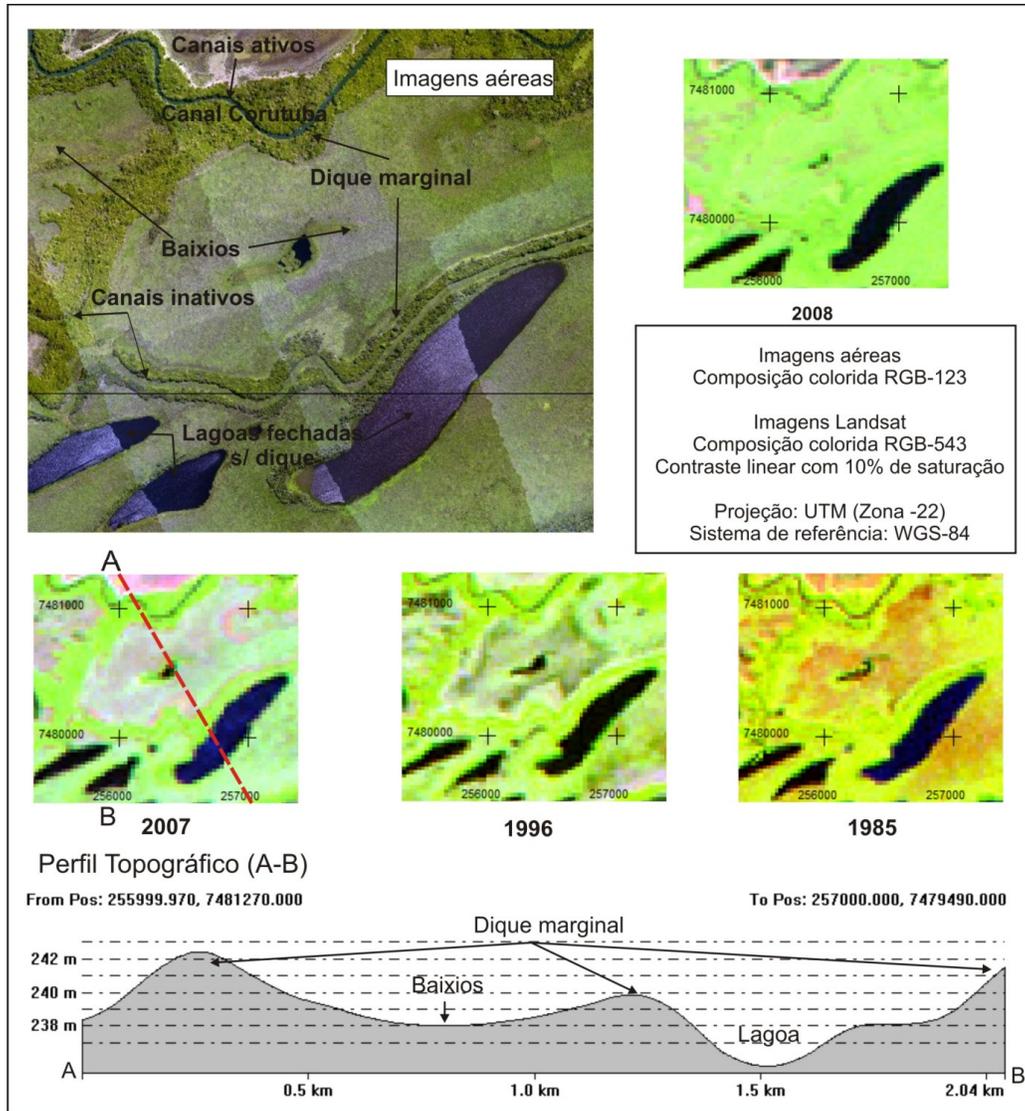


Figura 4 – Feições geomorfológicas e habitats na planície de inundação do alto rio Paraná – Região do Canal Corutuba.

É possível constatar, na Figura, outras formas de habitats, como os canais inativos, baixios ou alagadiços e lagoas fechadas. Os canais inativos são feições do

sistema pré-anastomosado, que deixaram de ser utilizadas pelo sistema atual. As entradas e saídas dos canais são muitas vezes, fechada por depósitos, tornando-os corpos aquáticos fechados, sendo tomadas por espécies macrófitas. Ao longo dos canais inativos é possível encontrar os paleodiques marginais.

Os paleodiques e diques marginais dos canais ativos apresentam um porte menor que o de outras áreas, sendo possível inferir por meio da textura e rugosidade baixa que se configuram como um sub-bosque

Por entre os canais anastomosados notam-se áreas mais rebaixadas, configurando como baixios e alagadiços onde a vegetação predominante é adaptada às altas condições de umidade do solo.

É possível verificar que essa região permanece estável durante o período analisado, característica dos sistemas com padrão anastomosado. As únicas diferenças são de tonalidade, que estão associados ao grau de umidade do solo, refletindo na resposta espectral da vegetação. Na região dos baixios, nas cenas de 1996 e 1985, apresentam-se mais escuros, tons pretos e marrons, que indicam maior umidade do solo. Esses períodos realmente apresentam maior umidade, pois se tratam de períodos após pulso de inundação ou alta pluviosidade.

Na Figura 5, região do rio Baía, é possível notar subambientes associados aos terraços fluviais, diques marginais, leques de rompimento de dique, baixios e lagoas fechadas.

A área de terraço fluvial é bastante nítida a diferença de padrões em relação aos da planície. Nessas áreas a cobertura vegetal está associada com áreas de pastagem para gado, num gradiente topográfico em torno de 240 m de altitude.

Na feição do leque de rompimento de dique, nota-se que ele é bem definido, sem grandes alterações, que provavelmente esteja associado à dinâmica do sistema fluvial anterior. Em relação à resposta espectral das bandas, nota-se que as cenas de 2008 e 2007, a área apresenta-se mais seca, onde a vegetação aparenta maior vigor, enquanto que nos períodos de 1985 e 1996 à resposta parece mais associado à umidade e vegetação com menor vigor biofísico, embora o ano de 1996 não fosse de pulsos intensos (Figura 5).

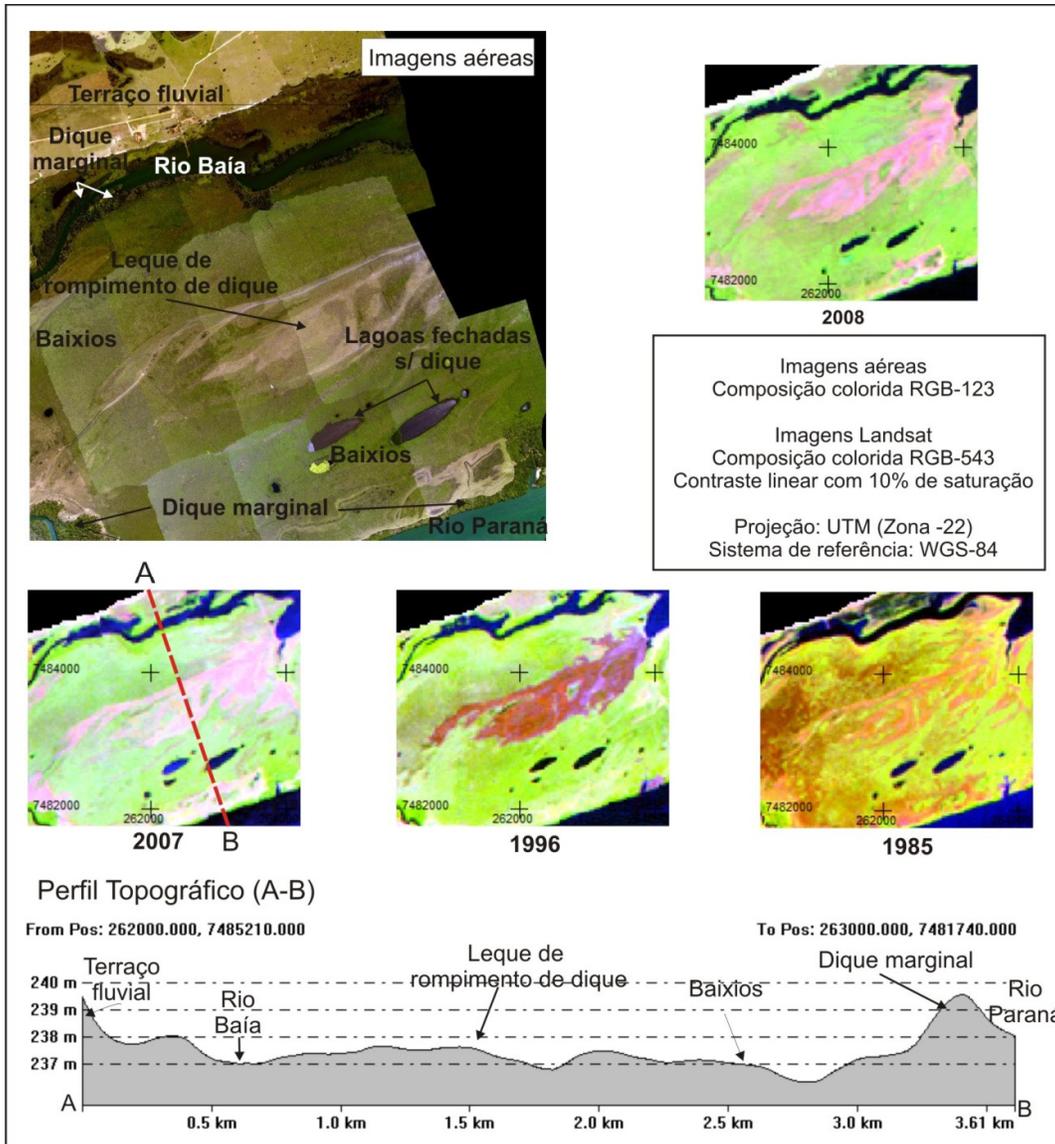
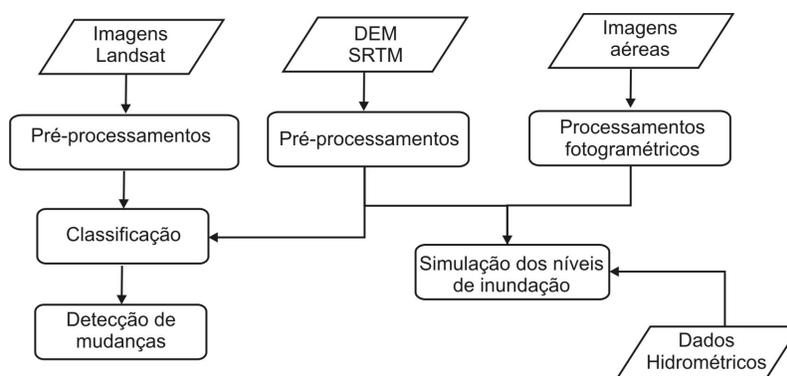


Figura 5 – Feições geomorfológicas e habitats na planície de inundação do alto rio Paraná – Região do Rio Baía.

### 2.3. Análise de dados SRTM , mosaico aerofotogramétrico e dos alagamentos;

A seguir serão discutidos os procedimentos que incluem a escolha dos dados, tratamento e processamentos para obtenção dos resultados esperados. O resumo das etapas realizadas é apresentado no fluxograma abaixo.



Resumo das etapas que serão utilizadas no trabalho.

Primeiramente foi realizada uma breve avaliação das cotas do nível d'água do rio Paraná a fim de verificar os períodos sazonais de inundação e as alterações hidrológicas do rio, causadas pela construção de barragens à montante da planície de inundação.

Essas alterações hidrológicas podem provocar mudanças ecológicas nos habitats terrestre, aquático e de transição. Dessa forma, busca-se identificar alterações no tempo nos habitats da planície de inundação, baseada na resposta da cobertura vegetal e em dados topográficos.

A detecção de alterações nos padrões de cobertura vegetal foi realizada com a utilização de imagens orbitais multiespectrais do sensor MSS e TM/Landsat, e dados topográficos. Para tanto, foi necessário aplicar rotinas de pré-processamentos correspondentes à correção geométrica, atmosférica e radiométrica nas imagens. Para as cenas TM a classificação das imagens foi realizada por redes neurais artificiais, o que permitiu a utilização de dados de natureza não espectral, como MDE e mapas temáticos, ou seja, dados cuja função de densidade de probabilidade seja desconhecida ou não seja Gaussiana, como previsto em classificadores estatísticos. Devido a menor resolução radiométrica e espacial do sensor MSS foi adotada a abordagem de segmentação baseada em regiões para esse tipo de dado.

No MDE interferométrico do SRTM foi realizado um tratamento nos dados originais para adequação dos resultados pretendidos. Para tanto, foram utilizados

procedimentos geoestatísticos e análise de tendência para geração da superfície do relevo, que servirá como plano de informação para a classificação da cobertura vegetal e para realização de simulações de inundação na planície.

Também foram obtidas imagens multiespectrais, adquiridas em plataforma aérea, com alta resolução espacial (32 cm no visível e 70 cm no infravermelho próximo), que auxiliam na caracterização e na avaliação da classificação da cobertura vegetal a partir de imagens orbitais. Utilizando modelos fotogramétricos, foi possível, ainda, gerar um modelo de elevação do terreno possibilitando a análise da conectividade dos ambientes aquáticos por meio de simulações nos níveis de inundação. Esse MDE deve complementar as análises iniciais realizadas com o SRTM.

Essa caracterização e detecção de alterações no tempo estão sendo realizadas no período correspondente as águas baixas, quando a influência pelos pulsos é mínima.

Além disso, é conveniente destacar a importância dos trabalhos de campo, que permitem constatar, in loco, os padrões e características da planície de inundação. Os resultados do processamento de dados SRTM são apresentados a seguir.

### **2.3.1. Reconstrução da superfície topográfica por geoestatística**

A reconstrução da superfície topográfica do terreno foi realizada por inferência geoestatística. Como já mencionado anteriormente, foi necessária a eliminação da tendência regional nos dados para inferência por krigagem ordinária.

No ajuste da superfície de tendência, realizou-se o teste F de Snedecor do incremento do polinômio e dos resíduos e verificou-se que a melhoria não é significativa quando se ajusta o polinômio de grau 2. O valor de F observado ( $F_{obs}(0,05;27)=1,06$ ) foi menor que o F tabelado ( $F_{tab}(0,05;27)=2,965$ ).

Após a eliminação da tendência foram realizados os procedimentos geoestatísticos. Na análise exploratória, primeiramente, foram gerados um semivariograma de superfície e direcionais para verificar a anisotropia nos dados, utilizando 15 lags de alcance, sendo que o tamanho do lag representa 90 m no terreno. O semivariogramas de superfície e direcionais são apresentados na Figura 1.

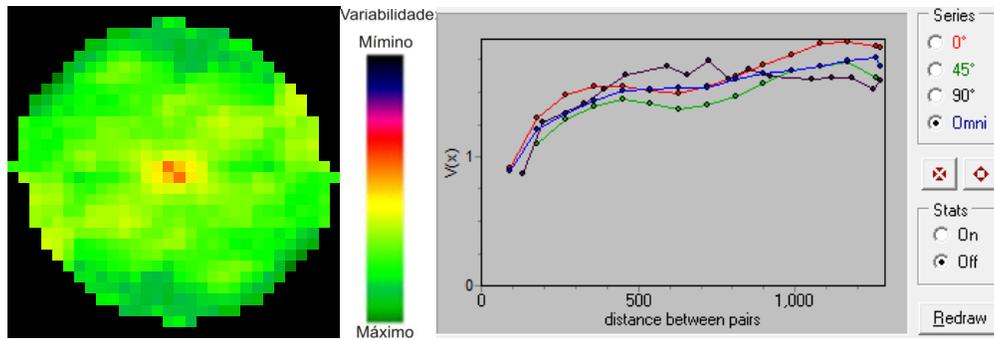


Figura 1 – Semivariogramas de superfície e direcionais.

De acordo com a Figura 1, no semivariograma de superfície e nos semivariogramas direcionais nota-se que, aparentemente, não existe nenhuma continuidade preferencial acentuada. Dessa forma, optou-se por gerar um semivariograma isotrópico (omnidirecional) (Figura 2).

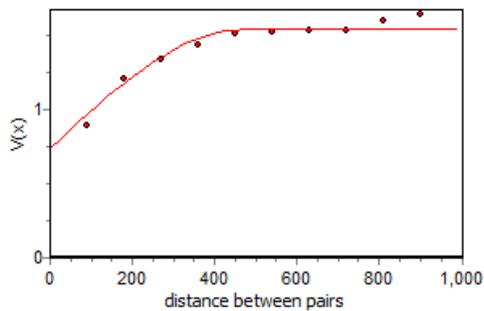


Figura 2 – Semivariograma experimental isotrópico e o modelo teórico ajustado.

O modelo teórico esférico, com alcance de 469 m, contribuição de 0,8 e efeito pepita de 0,738424 foi ajustado ao semivariograma omnidirecional experimental. O modelo teórico ajustado é  $0.738424 \text{ Nug}(0) + 0.8 \text{ Sph}(469)$

Utilizou-se esse modelo na interpolação por krigagem ordinária da superfície do terreno. Foram utilizados o mínimo de 4 e o máximo de 30 valores para a interpolação por krigagem, utilizando alcance máximo de 469 m. Após a inferência, a superfície de tendência ajustada anteriormente é novamente somada à superfície inferida. Os resultados da representação do SRTM original e da superfície gerada podem ser comparados na Figura 3.

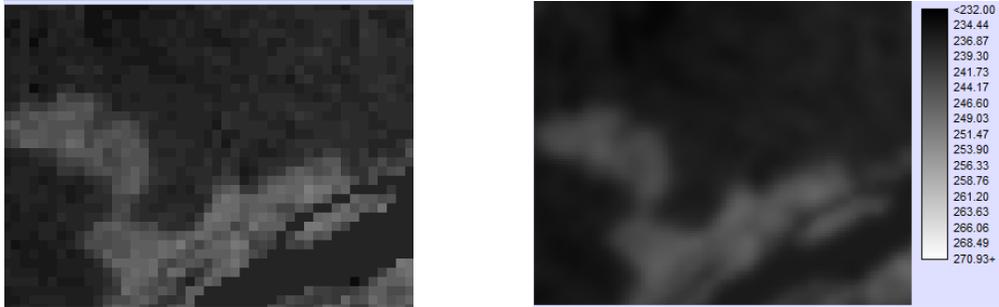


Figura 3 – Recorte da superfície original do SRTM e superfície suavizada por krigagem ordinária.

Nota-se que a superfície interpolada apresenta variações mais suaves no domínio espacial, mais condizente com a realidade. Traçou-se um perfil topográfico de um trecho da planície para as duas superfícies a fim de avaliar o comportamento da interpolação (Figura 4).

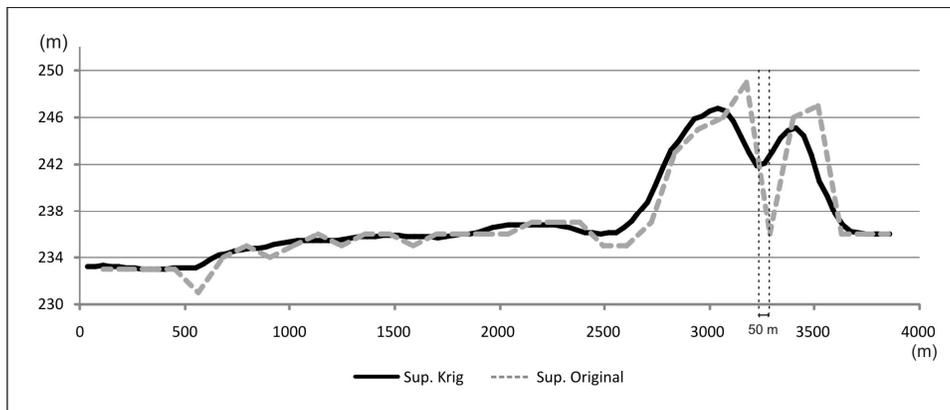


Figura 4 – Perfil topográfico de um trecho da superfície original do SRTM e a superfície inferida por geoestatística.

Nota-se na Figura 4 que a inferência por krigagem suavizou bastante a superfície do SRTM, principalmente nos picos de mínimos e máximos. Também é possível notar um pequeno deslocamento na posição dos picos em torno de 50 m. Embora a característica da krigagem seja a suavização da superfície, ela também pode fornecer informações mais condizentes com a realidade devido às características de pequenas variações na planície de inundação. No caso desse trabalho, a abordagem adotada é relevante, uma vez que a informação fundamental está relacionada com as variações no terreno, não sendo relevantes os picos de mínimos e máximos.

A partir dos pontos de controle coletados no terreno foi realizada uma análise de tendência, baseado em Galo e Camargo (1994) e Nogueira Jr (2003). Os resultados da análise baseados nos pontos de controle e na superfície gerada pelas imagens digitais aéreas apresentam-se na Tabela 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1 – Resumo das estatísticas da análise de tendência do SRTM com base nos pontos de controle.

Estatística	Alt (m)
Média	2.201
Desvio Padrão	2.559
t (calc)	3.332
ttab(14;0,05)	1.7313
H0	Rejeita

Tabela 2 – Resumo das estatísticas da análise de tendência do SRTM com base na superfície gerada pelas imagens digitais aéreas

Estatística	Alt (m)
Média	1.9443
Desvio Padrão	1.8539
t (calc)	7.2662
ttab(47;0,05)	1.6772
H0	Rejeita

Dessa forma, verificou-se que a superfície do SRTM apresenta uma tendência positiva aproximada de 2 metros. Se considerarmos que o SRTM apresenta uma acurácia em altimetria de 16 metros e resolução espacial original de 90 m, se pode considerar que esse é um erro associado aceitável. Normalmente, os pontos de controle coletados são situados nas margens dos canais e rios e são influenciados por arbustos e árvores, bastante comuns ao longo dos diques marginais. Esse fato pode indicar que a tendência positiva pode estar associada à influência da vegetação. Porém, quando se analisa a tendência em relação ao modelo digital gerado a partir das imagens aéreas, nota-se que esse acréscimo persiste.

### **Ajuste e eliminação da tendência regional do rio Paraná na superfície do relevo**

Como o processo de estimação foi baseado numa função linear, como esperado, o ajuste da superfície de primeiro grau foi suficiente para representar a

tendência no rio Paraná. O aumento do grau da superfície não foi significativo segundo o incremento dos resíduos no teste estatístico F de Snedecor.

A superfície do relevo de interesse é a subtração da representação do terreno gerado por geoestatística pelo plano inclinado ajustado na superfície de tendência. À essa superfície somou-se um valor constante, para todas as células, que representa a altitude ortométrica da estação fluviométrica de Porto São José (PSJ). Assim, a superfície gerada apresenta uma nova escala de medida por intervalo, partindo do referencial das cotas do nível d'água do rio Paraná na estação de Porto São José. Dessa forma, é feita a seguinte leitura: 3 m de cota representam a área que pode ser inundada a partir da elevação de 3 m na estação fluviométrica de Porto São José.

### 2.3.2. Processamento das imagens digitais aéreas

#### *Fototriangulação e geração de MDE*

Os procedimentos de fototriangulação do bloco de imagens digitais foram realizados após a pré-correção das imagens. A seguir, apresentam-se a configuração das aerofotos e a distribuição dos pontos de apoio e de enlace (Figura 5).

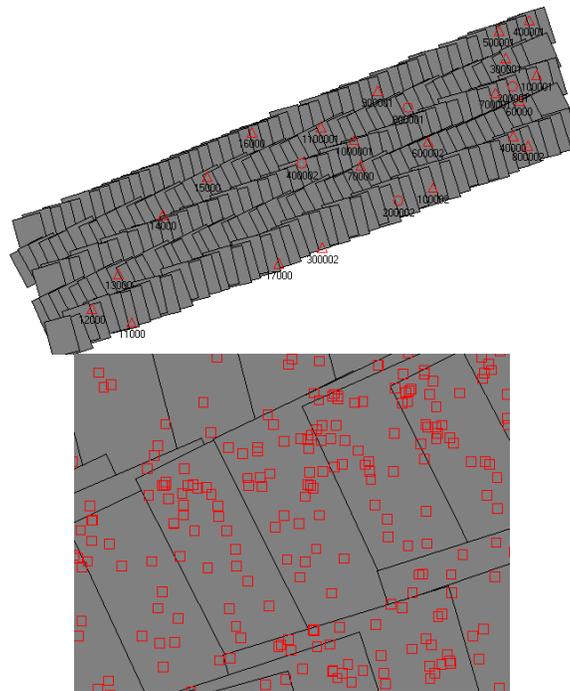


Figura 5 – (a) Configuração do bloco de imagens digitais aéreas com localização dos pontos de controle. (b) Configuração do bloco de imagens digitais aéreas em detalhe com localização dos pontos de enlace.

O processo de fototriangulação resultou em erro médio quadrático global de 0,34 pixels, equivalente a aproximadamente 11 centímetros. Os resíduos dos pontos

de controle apresentam-se abaixo de 0,2 metros, enquanto que nos pontos de checagem apresentam-se menores que 1 metro. Os resultados da fototriangulação foram bastante satisfatórios considerando-se a distribuição dos pontos de apoio, distorção nas lentes e homogeneidade da área.

O MDE gerado a partir das fotografias aéreas foi filtrado para suavizar os ruídos introduzidos pela distorção radial da lente. A superfície do relevo é ilustrada pela Figura 6 e 8, o perfil topográfico na figura 7.

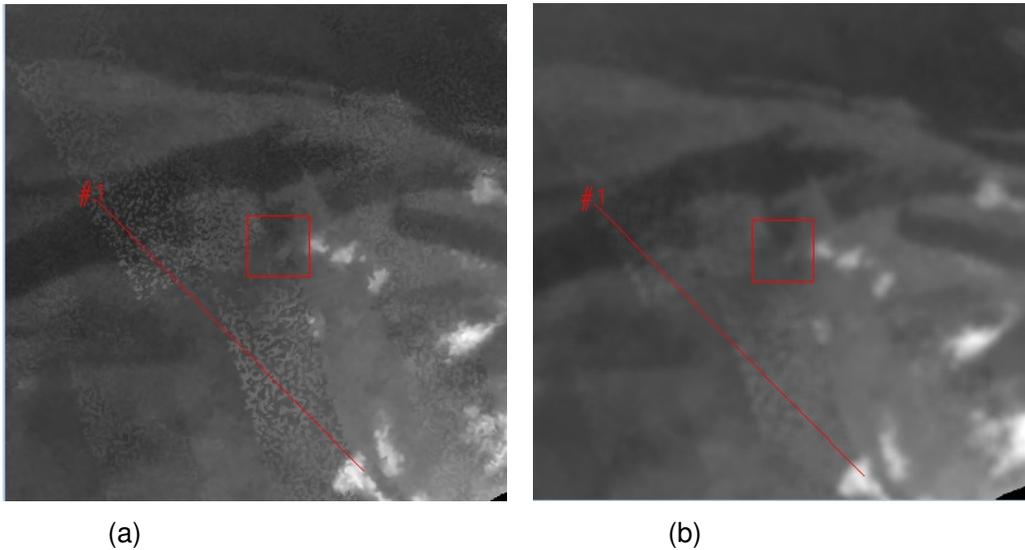


Figura 6 – (a) Superfície altimétrica com problemas na sobreposição entre estereomodelos. (b) Superfície com filtro da média, com janela de 7 x 7.

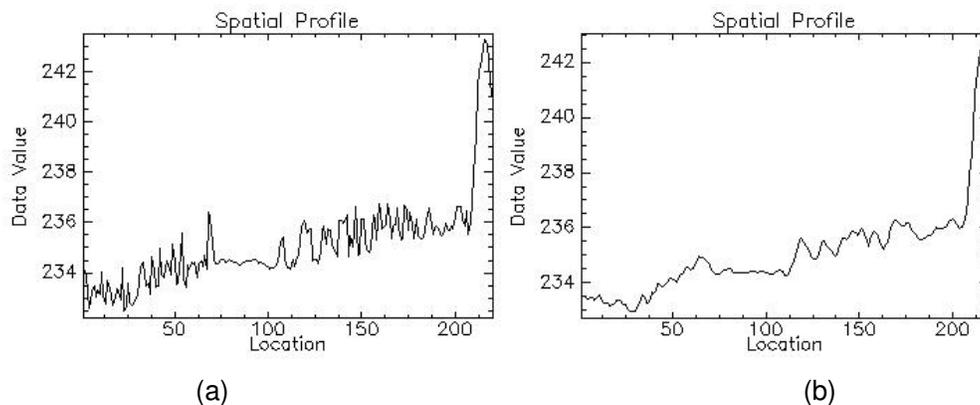


Figura 7 – (a) Perfil topográfico gerado sobre a superfície original. (b) Perfil topográfico gerado após filtragem pela média.

Nota-se na Figura 7, que a filtragem espacial minimizou o efeito de alta frequência nas regiões de sobreposição dos modelos. Outras alternativas seriam a filtragem no domínio das frequências aplicando-se, por exemplo, uma transformada de

Fourier; e a inferência por geoestatística. Porém, essas opções foram descartadas devido ao alto custo computacional da geoestatística e à dificuldade de estabelecer um filtro que remova exatamente às frequências de interesse.

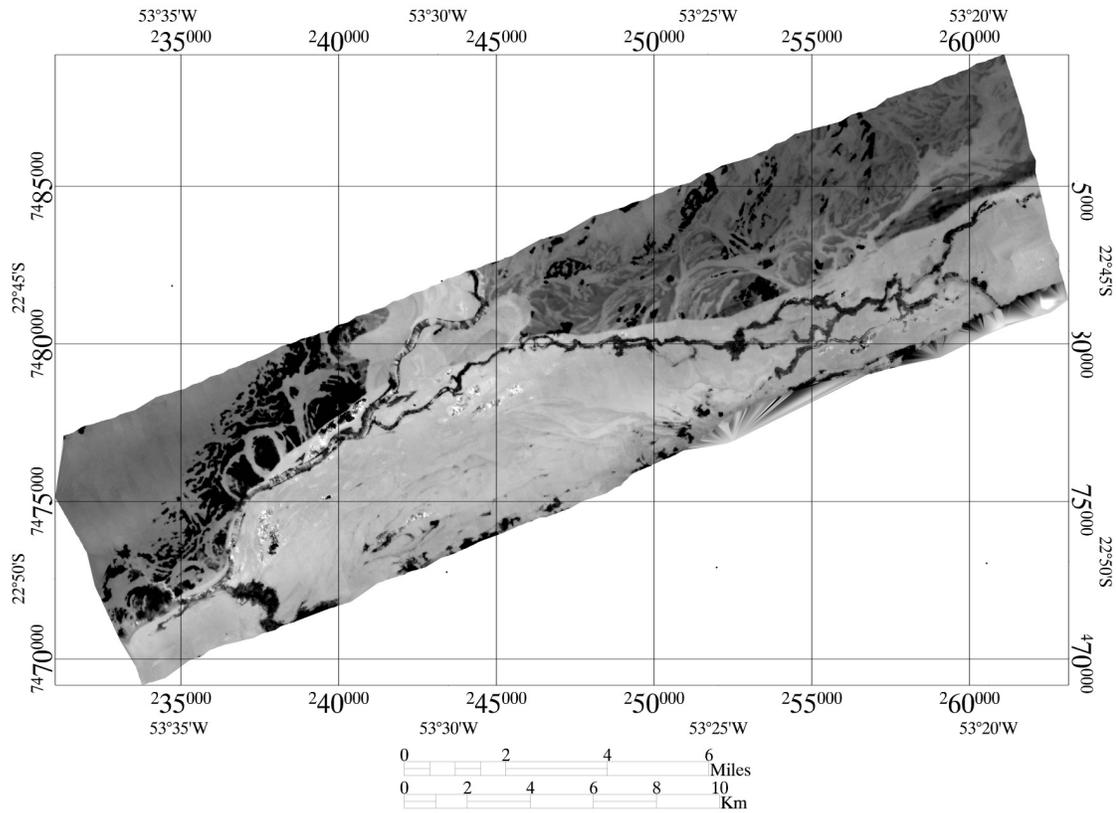


Figura 8 – Modelo digital de elevação gerada a partir das imagens digitais aéreas.

Foi realizada a análise de tendência das médias de t de student para a altimetria. Os valores da estatística t, apresentados na Tabela 3, permitem aceitar a hipótese nula. Portanto, a representação do relevo não apresenta tendência em altimetria.

Tabela 3 – Resumo das estatísticas da análise de tendência do MDE gerado a partir das imagens aéreas em relação aos pontos de controle.

Estatística	Alt (m)
Média	-
	0.3936
Desvio Padrão	2.1941
t (calc)	-

0.9148

ttab(25;0,05)

1.7081

H0

Aceita

Após verificar que o modelo computacional está livre de tendências, o MDE foi utilizado para ortorretificação das imagens aéreas, gerando um mosaico com resolução espacial de 1 m (Figura 9). O mosaico foi gerado através da aplicação de correções de cor e matching do histograma para reduzir as diferenças de brilho das imagens aéreas, disponíveis no módulo de mosaico do Erdas Imagine. O MDE gerado a partir das imagens aéreas foi utilizado na classificação da cobertura vegetal substituindo a representação gerada pelo SRTM.

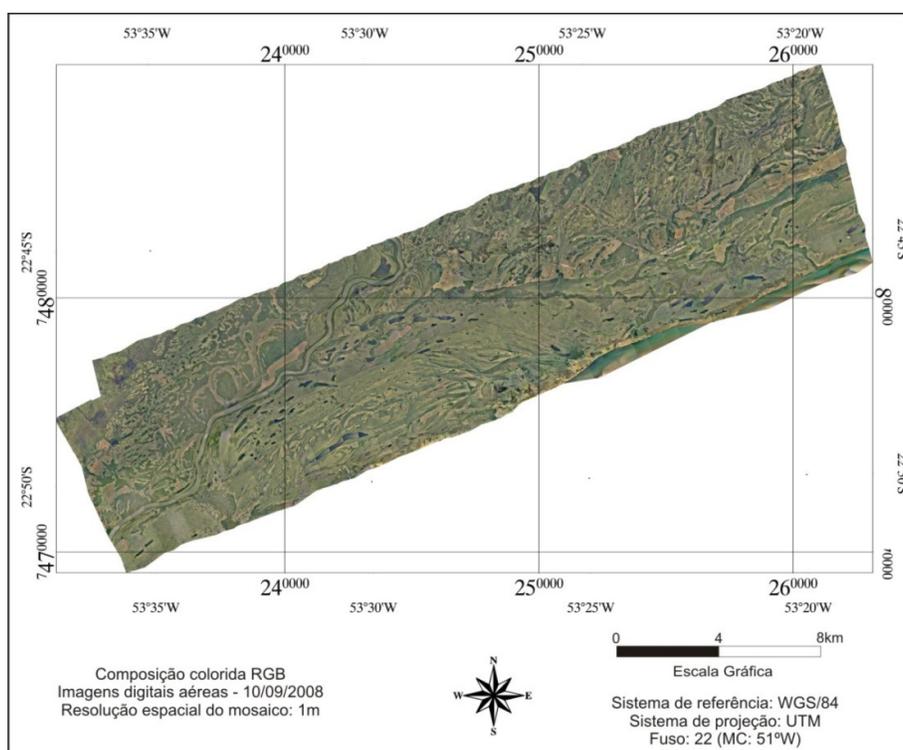


Figura 9 – Mosaico das imagens digitais aéreas na área de estudo.

### 2.3.3. Processos de inundação no alto curso do rio Paraná

A análise dos processos de inundação foi baseada em dados hidrológicos do rio Paraná e Ivinheima, imagens multiespectrais do sensor TM e em modelos digitais de elevação. Os resultados e discussões são apresentados a seguir.

### **Análise dos dados hidrológicos no rio Paraná e Ivinheima**

As análises baseadas na média mensal e no histograma das cotas do nível d'água do rio Paraná demonstram alterações bastante significativas no regime hidrológico do rio Paraná. A média mensal e a frequência das cotas linimétricas do rio Paraná para os intervalos definidos são apresentadas nas Figuras 10 e 11, respectivamente.

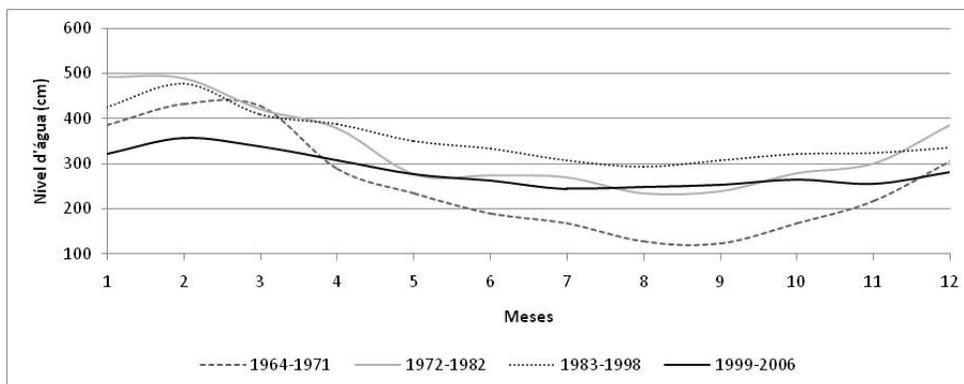


Figura 10 – Médias mensais dos níveis hidrométricos na estação fluviométrica de Porto São José em diferentes períodos históricos de construção de barragens.

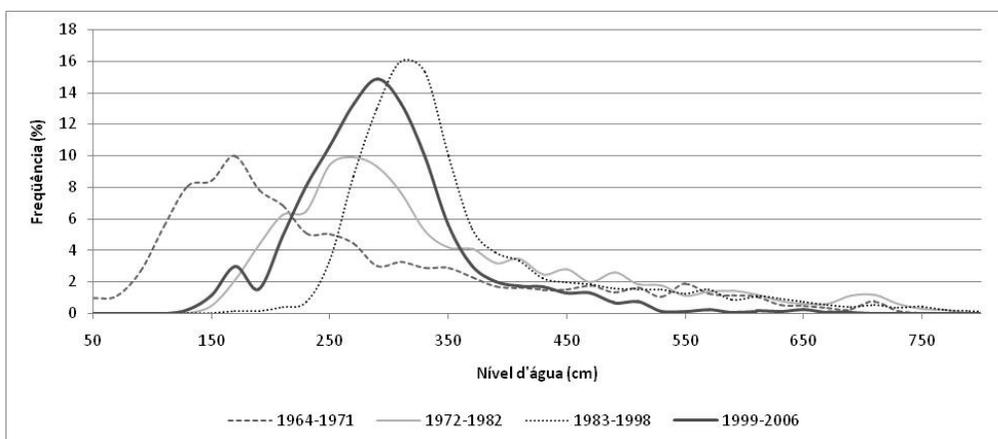


Figura 11 – Distribuição das frequências de ocorrência dos níveis hidrométricos da estação fluviométrica de Porto São José em diferentes períodos históricos de construção de barragens.

No período de fluxo natural (1964-1972), nota-se um comportamento senoidal com os valores médios máximos representando os grandes pulsos de inundação no período chuvoso e os valores médios mínimos representando o baixo nível d'água nos meses secos, chegando a uma cota de 100 cm entre agosto e setembro. Com a

construção das barragens (1972-1982), nota-se uma maior regulação do fluxo, alterando a classe modal (270 cm), mas mantendo a frequência modal (amplitude). Com a finalização da construção das barragens (1983-1998), há um aumento médio nos fluxos mínimos e uma maior regulação do fluxo médio, verificado pela redução da variabilidade em torno da moda. Após a construção da barragem de Porto Primavera, novamente ocorre redução no fluxo médio das águas (290 cm), mas o detalhe que mais chama atenção é o achatamento dos picos máximos. Esse período apresenta a menor série histórica, podendo influenciar nas análises. Nesse período, o baixo nível do rio Paraná devido aos anos secos, pode ter influenciado no deslocamento para a esquerda da moda.

Embora o período relacionado ao início da operação de Porto Primavera seja relativamente curto e não esteja inserido o ano de 2007, ano de cheia, esse padrão hidrológico apresentado já foi cogitado anteriormente por Rocha (2002). O achatamento dos picos reduz os pulsos de inundação em intensidade, frequência e duração, e por consequência, diminui o grau de conectividade dos ambientes terrestres, aquáticos e de transição.

De acordo com Meurer (2004), pela metodologia de Gumbel, o intervalo de recorrência para a cota de 600 e 700 cm é de 2,6 e 5,7 anos, respectivamente. Tais intervalos de recorrência são baseados em toda a série histórica do nível hidrométrico e é necessário que essa análise seja realizada considerando as atuais condições hidrológicas do rio.

Nas Figura 12 e 13, apresentam-se, respectivamente, as médias mensais e as frequências de ocorrência dos níveis fluviométricos da estação de Ivinhema.

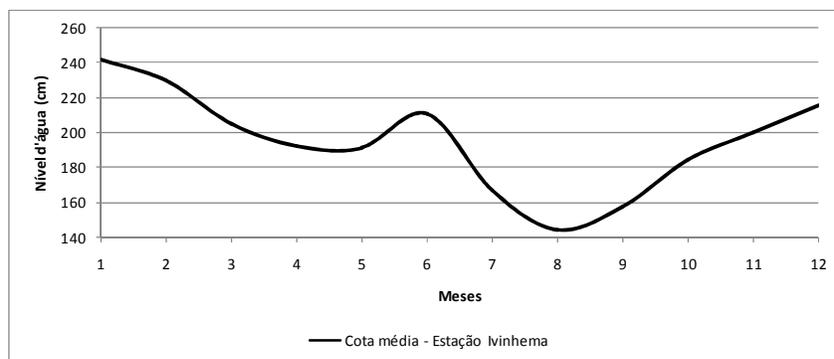


Figura 12 – Médias mensais dos níveis hidrométricos na estação fluviométrica de Ivinhema.

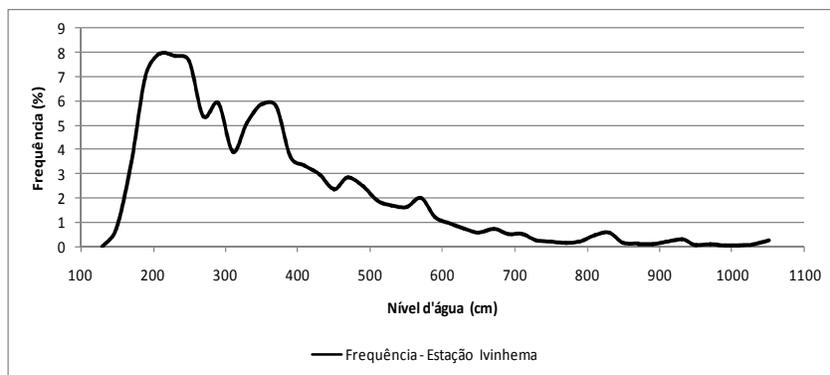


Figura 13 – Distribuição das frequências de ocorrência dos níveis hidrométricos da estação fluviométrica de Ivinhema.

Nota-se que os pulsos no rio Ivinhema ocorrem no período de dezembro a fevereiro e, em menor intensidade, em junho. Por esse motivo, provavelmente o gráfico de frequência relativa apresenta uma configuração bimodal, próxima a 210 e 350 cm. Nota-se que as frequências são mais distribuídas do que a do rio Paraná, configuração encontrada em rios de menores dimensões e livre de barramentos.

A seguir, na Figura 14, apresentam-se gráficos do nível fluviométrico diário durante os quatro anos anteriores aos períodos de aquisição das imagens multiespectrais utilizadas no trabalho. A partir dos gráficos, é possível verificar se a resposta espectral das imagens multiespectrais é influenciada pela variação nos níveis hidrométricos, principalmente em anos de pulsos de inundação.

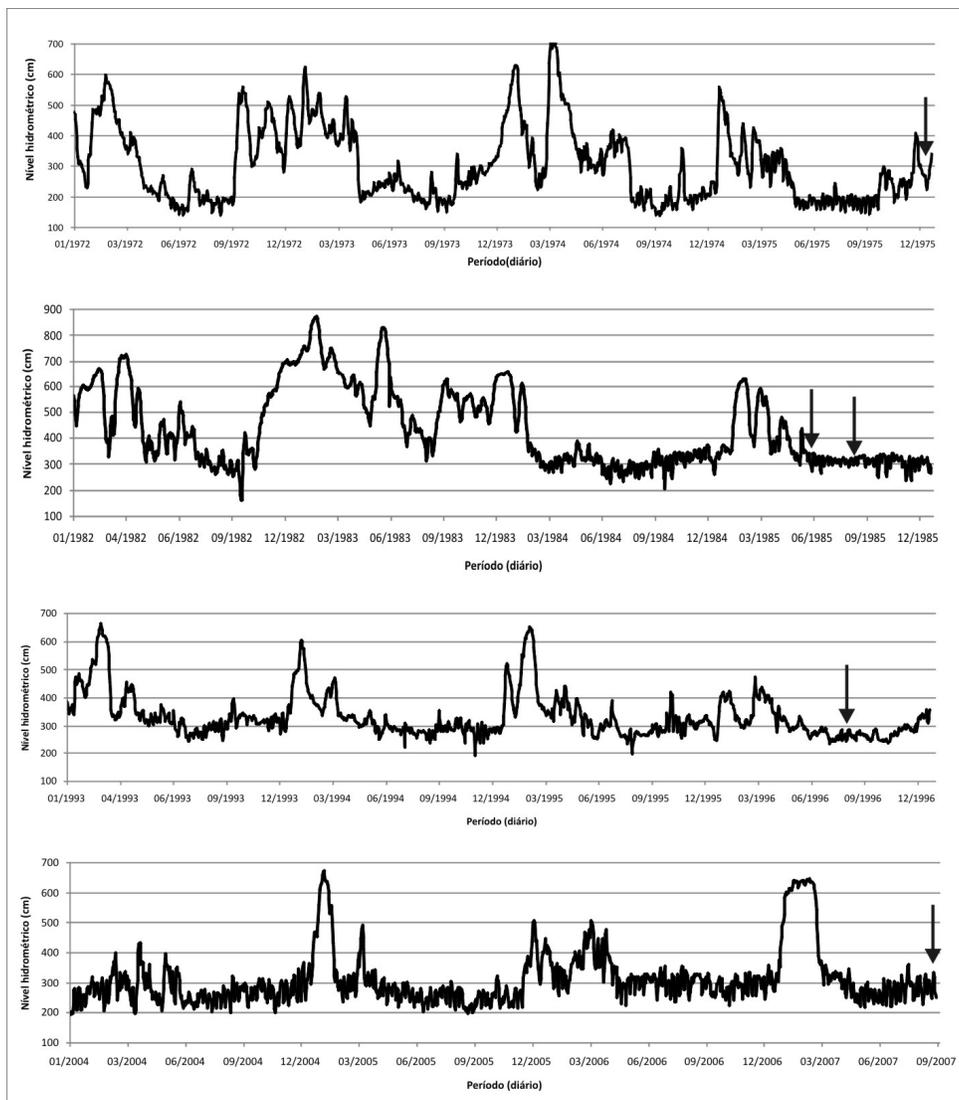


Figura 14 – Gráficos do nível hidrométrico diário para o período de aquisição das imagens MSS e TM. As setas indicam o período de seleção das imagens orbitais.

Nota-se que todos os anos entre 1973 e 1976 apresentam grandes pulsos no período das águas altas e alguns pequenos pulsos em períodos de águas baixas. Em especial, o ano de 1976 apresentou vários pulsos durante todo o ano. Como já discutido por Rocha (2002), os anos de 1982 e 1983 são anos de cheias históricas devido ao fenômeno do El Niño, quando a planície manteve-se inundada em grande parte do ano. Nesse período, o nível d'água do rio atingiu 874 cm em Porto São José, maior magnitude registrada até os dias atuais. Assim, a resposta espectral das imagens de 1985 apresenta influência desse pulso histórico e da inundação sazonal do período de águas altas.

No gráfico de 1993 a 1996, nota-se que os pulsos são mais regulares nos períodos de chuvas. Em 1996, não houveram pulsos de inundação de grande intensidade.

O período de 2004 a 2007 representa um período após o funcionamento do reservatório de Porto Primavera. Nota-se que o nível hidrométrico está mais regulado, com pulsos de baixa intensidade em 2004 e 2006, e maior intensidade em 2005 e 2007. Também é possível verificar uma alta frequência no nível hidrométrico durante o fluxo normal do rio, fato que pode estar associado com a abertura e fechamento das comportas da usina hidroelétrica ao longo do dia.

### ***Análise das inundações baseadas nas imagens multiespectrais TM***

A seguir apresentam-se alguns cenários de início dos processos de inundação no alto curso do rio Paraná, em específico a área do rio Ivinheima-Baía-Paraná, uma vez que nessas regiões os processos são mais intensos.

Nota-se na Figura 15, que a inundação é estritamente do rio Paraná. A cota do rio Paraná é de 504 cm, enquanto que a cota do Ivinheima é de 354. Nesse cenário, o início das inundações ocorrem com a entrada das águas do rio Paraná, pelos rompimentos de diques marginais, refluxo pelos canais de ligação (Ipoitã, Corutuba, foz do Baía), entrada pelas lagoas conectadas, percorrendo os paleocanais até as regiões mais baixas da planície. As setas indicam esse processo e o sentido do fluxo das águas.

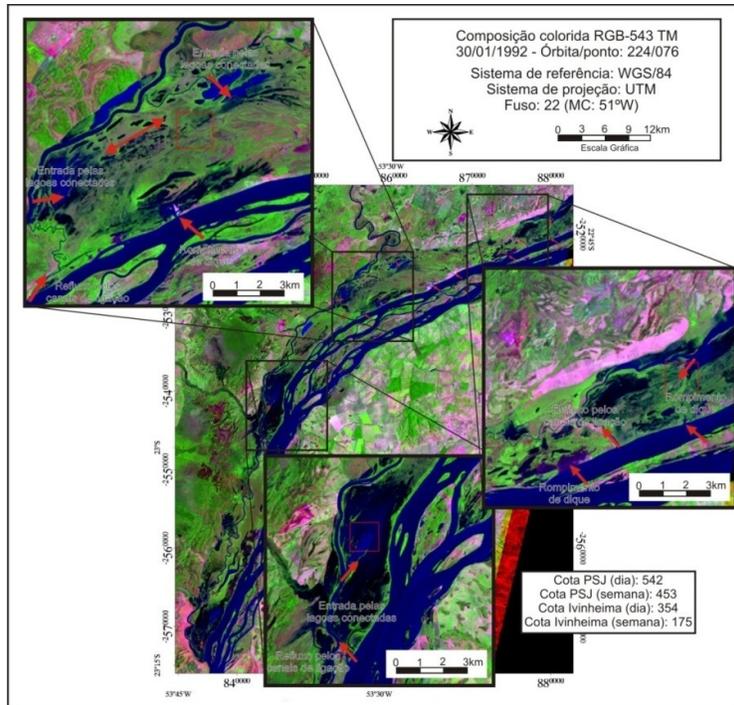


Figura 15 – Processos de inundação pelo rio Paraná.

Na Figura 16, pode-se verificar o início do processo de inundação exclusivamente causada pelo rio Ivinheima, que se apresenta sob cota de 510 cm enquanto que o rio Paraná permanece com cota de 307 cm. Nesse caso, a inundação ocorre, principalmente, através das lagoas que apresentam conexão com os canais, sendo mais comum na região do baixo Ivinheima.

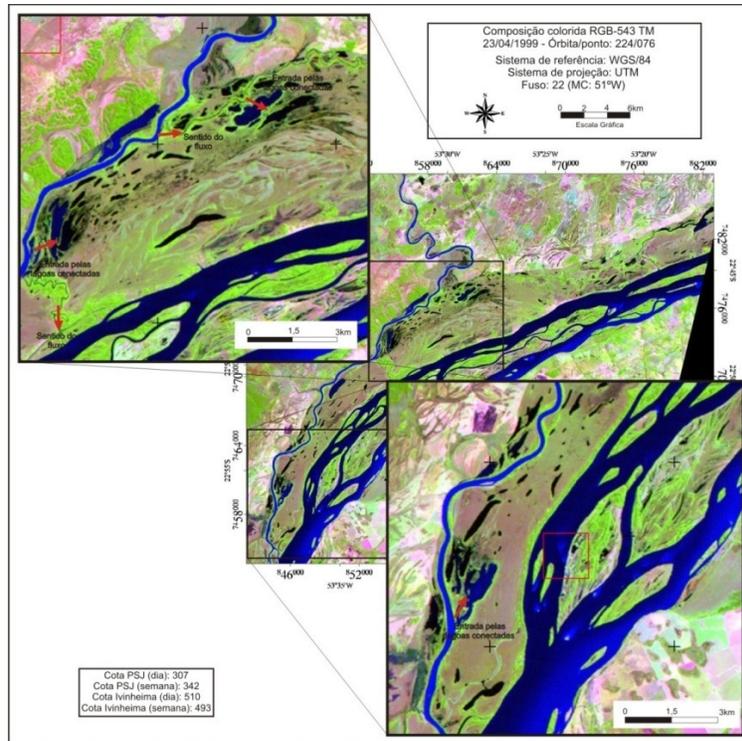


Figura 16 – Processos de inundação pelo rio Ivinheima.

Outro cenário é apresentado na Figura 17, nota-se que se trata de uma inundação combinada do rio Paraná e do rio Ivinheima. A inundação se dá pela entrada das águas pelos rompimentos de diques e pelos canais de conexão das lagoas. Os processos de inundação na área do rio Baía são bastante intensos, onde o sentido do fluxo das águas segue os canais e paleocanais. Também   possível verificar um padrão de um grande paleocanal na área do Ivinheima, que pode estar associado ao antigo leito do rio Paraná.

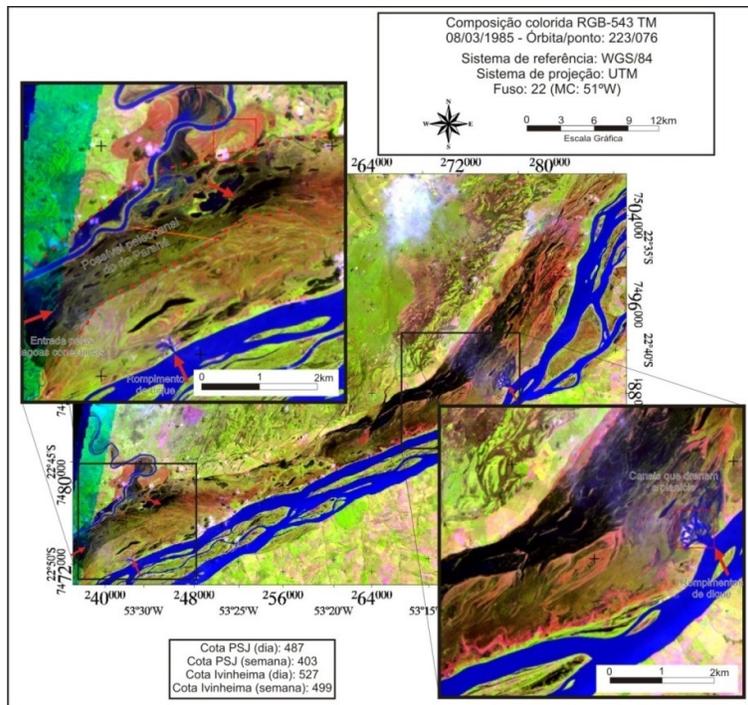


Figura 17 – Processos de inundação pelo rio Ivinheima e rio Paraná.

Também foram avaliados algumas imagens de inundação da planície de inundação. Nas Figuras 17 e 18, é possível verificar uma cena de inundação que compreende a região do Ivinheima-Corutuba-Paraná. A composição colorida RGB-321 realça as características dos componentes opticamente ativos presentes na água. Segundo Ribeiro (2000), as águas do rio Paraná apresentam características de águas mais claras com baixa concentração de materiais inorgânicos e orgânicos, enquanto que o rio Ivinheima apresenta alta carga de sólidos em suspensão. Essas características são bastante visíveis na composição colorida. A região em torno do canal Corutuba apresenta uma coloração mais escura (preta) que pode indicar áreas maior concentração de substratos orgânicos e inorgânicos em suspensão e dissolvidos, que é característico do rio Baía. Além de aparentemente ser uma área que sofre baixa influencia dos fluxos dos rios. Dessa forma, baseado no comportamento espectral da água é possível delimitar zonas de influência (linha pontilhada, na Figura) de cada sistema hídrico sobre a planície de inundação.

Segundo estudos realizados por Ferreira e Rotta (2008), Rotta et al. (2009), Samizava et al. (2008), demonstra-se a viabilidade de utilização de produtos de sensoriamento remoto para monitoramento dos componentes opticamente ativos no sistema do rio Paraná. Esses estudos consideram o período de águas baixas, sendo necessário realizar uma avaliação durante os períodos de inundação.

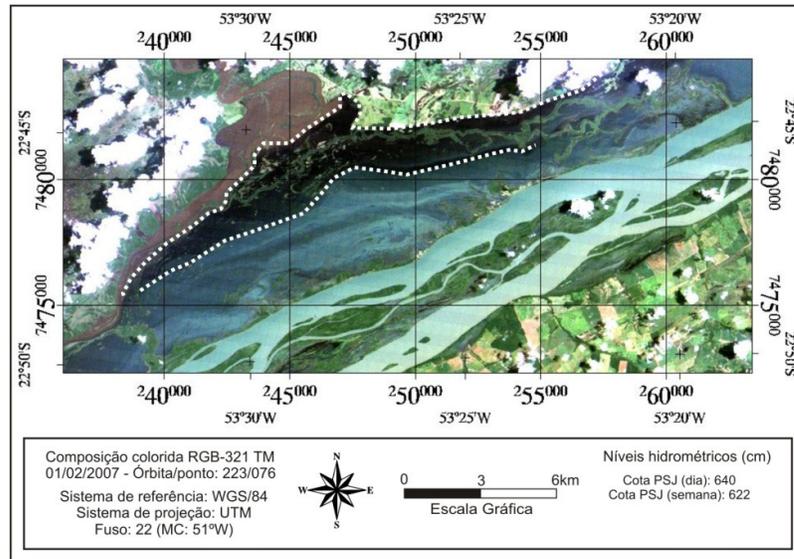


Figura 18 – Sistema inundado sob influência do rio Ivinheima e Paraná e Baía. A linha pontilhada delimita as diferentes respostas espectrais da água.

Outra cena de inundação causada exclusivamente pelo rio Ivinheima é apresentado na Figura 19. A coloração marrom indica a carga suspensa do rio, enquanto que as áreas inundadas em tonalidade de preto são, aparentemente, regiões em que ocorre o revolvimento da matéria orgânica que foi elaborada na planície durante o período de seca.

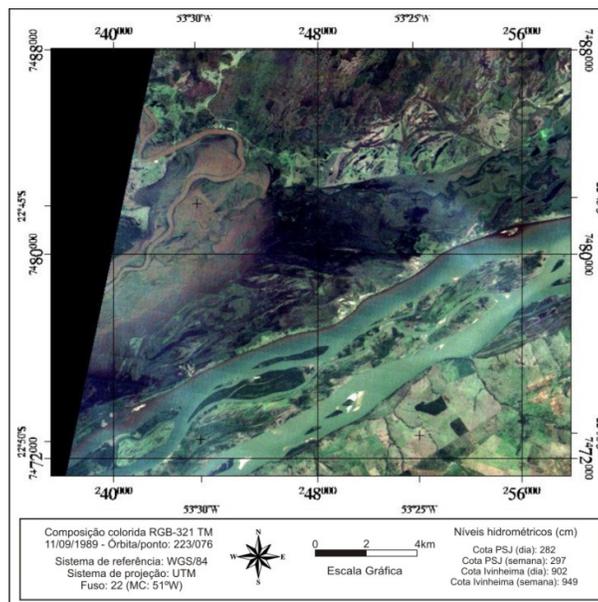


Figura 19 – Inundações causadas exclusivamente pelo sistema do rio Ivinheima.

Foi realizada uma análise estrutural geoestatística sobre a imagem de inundação de fevereiro de 2007 (Figuras 20 e 21) buscando encontrar relacionamentos dos fluxos das águas com a dependência espacial. Dessa forma, sobre a imagem de inundação aplicou-se uma transformação baseada no modelo de mistura linear. Os endmembers foram extraídos da própria imagem, sendo eles: vegetação, solo e água. Para a análise estrutural geoestatística gerou-se uma amostragem aleatória sobre a imagem fração água, num trecho da área inundada na planície. A partir dessa amostra foram gerados os semivariogramas de superfície (Figura 20) e direcionais (Figura 21) buscando encontrar anisotropia e uma direção que apresente maior continuidade espacial, que pode indicar o fluxo preferencial da água em períodos de grandes inundações.

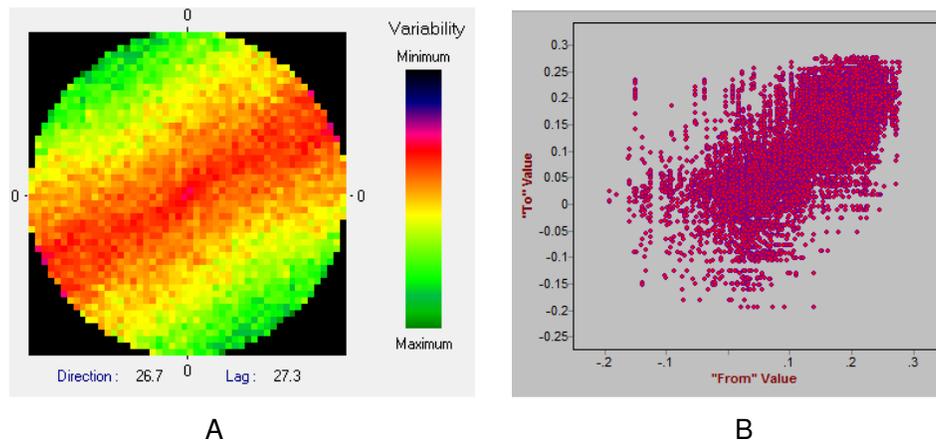


Figura 20 – Semivariograma de superfície (a) e gráfico de dispersão com 5 lags

(b)

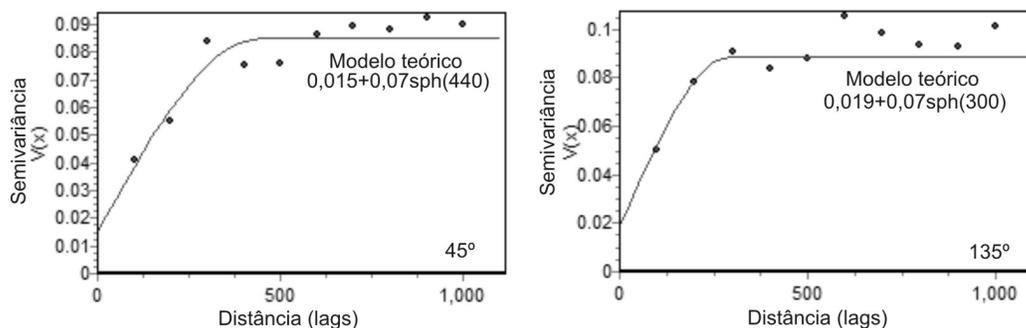


Figura 21 – Semivariogramas direcionais: 45° e 135°.

Nota-se que nos semivariogramas e no gráfico de dispersão existe uma anisotropia associada, com maior continuidade em 45° e menor em 135°. Essa

direção é identificável visualmente na imagem, onde as águas parecem fluir de acordo com os paleocanais na planície de inundação.

### **Simulação das inundações baseada em modelos digitais de elevação**

A superfície topográfica do SRTM, referenciada na altimetria da régua do nível d'água da estação fluviométrica de Porto São José, foi utilizada para análise dos níveis de inundação. A superfície foi fatiada em classes de 1 m (Figura 22). O zero da régua representa a altitude ortométrica de 232 m.

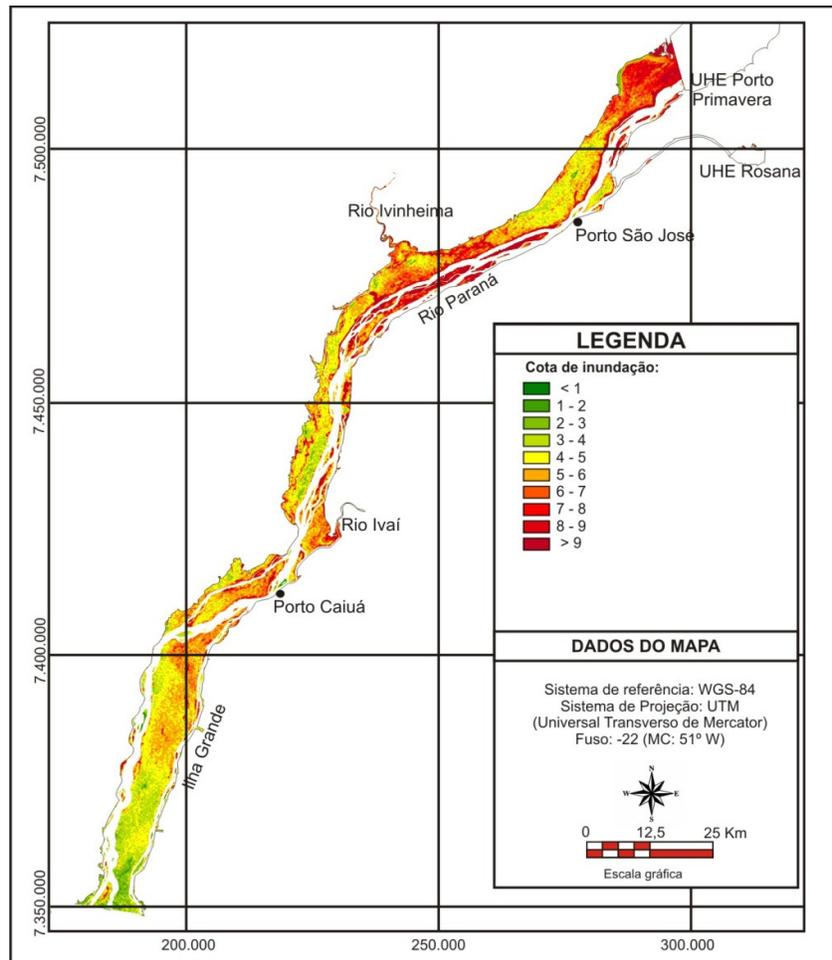


Figura 22 – Níveis de inundação referenciadas às cotas de nível d'água do rio Paraná na estação Porto São José.

De forma geral, verifica-se que a região em que ocorrem as inundações está associada à área a montante da foz do rio Avaí. O compartimento Ilha Grande apresenta ilhas que estão situadas em patamares mais altos topograficamente e dificilmente encontram-se inundados.

Os diques marginais ocorrem ao longo da planície, com cota acima de 5 m. Entretanto, convém mencionar que a informação de altimetria nas áreas dos diques marginais são influenciadas pelas copas das árvores, uma vez que a banda C do radar interferométrico não é capaz de atravessar totalmente o dossel. Esses diques compõem como barreira natural para a entrada das águas do rio para a planície.

Segundo Rocha (2002), quatro níveis d'água assumem importância para os processos de inundação na planície de inundação: 3,5 m, nível de base que através dos processos de lençol freático mantém perene as lagoas fechadas no interior das ilhas do rio Paraná; 4,6 m, considerado como estágio de margens plenas, a partir do qual as barras do rio Paraná são encobertas e inicia-se o processo de entrada da água na planície por alguns canais de ligação até as áreas mais baixas topograficamente; 6 m, cota que a maior parte da planície permanece alagada, com entrada pelos rompimentos de dique marginal; 7 m, estágio de margens plenas naturais, há transbordamento completo na planície e pode ocorrer fluxo sobre ela. Cabe ressaltar que esses níveis estão relacionados com o trecho que compreende o complexo rio Paraná-Ivinheima-Baía.

Observou-se que até a cota de 5 m, as áreas possivelmente inundadas são pouco representativas com apenas 20% da área total da planície. A partir dessa cota, o aumento das áreas inundadas é bastante elevado. Atingindo a cota entre 5 a 6 metros, 43,2% da planície pode estar inundada. Considerando que o período de retorno das cheias vem aumentando, dificilmente a inundação chega à cota de 7 m.

A seguir, na Figura 23, apresentam-se três trechos em detalhe do mapa temático dos níveis de inundação.

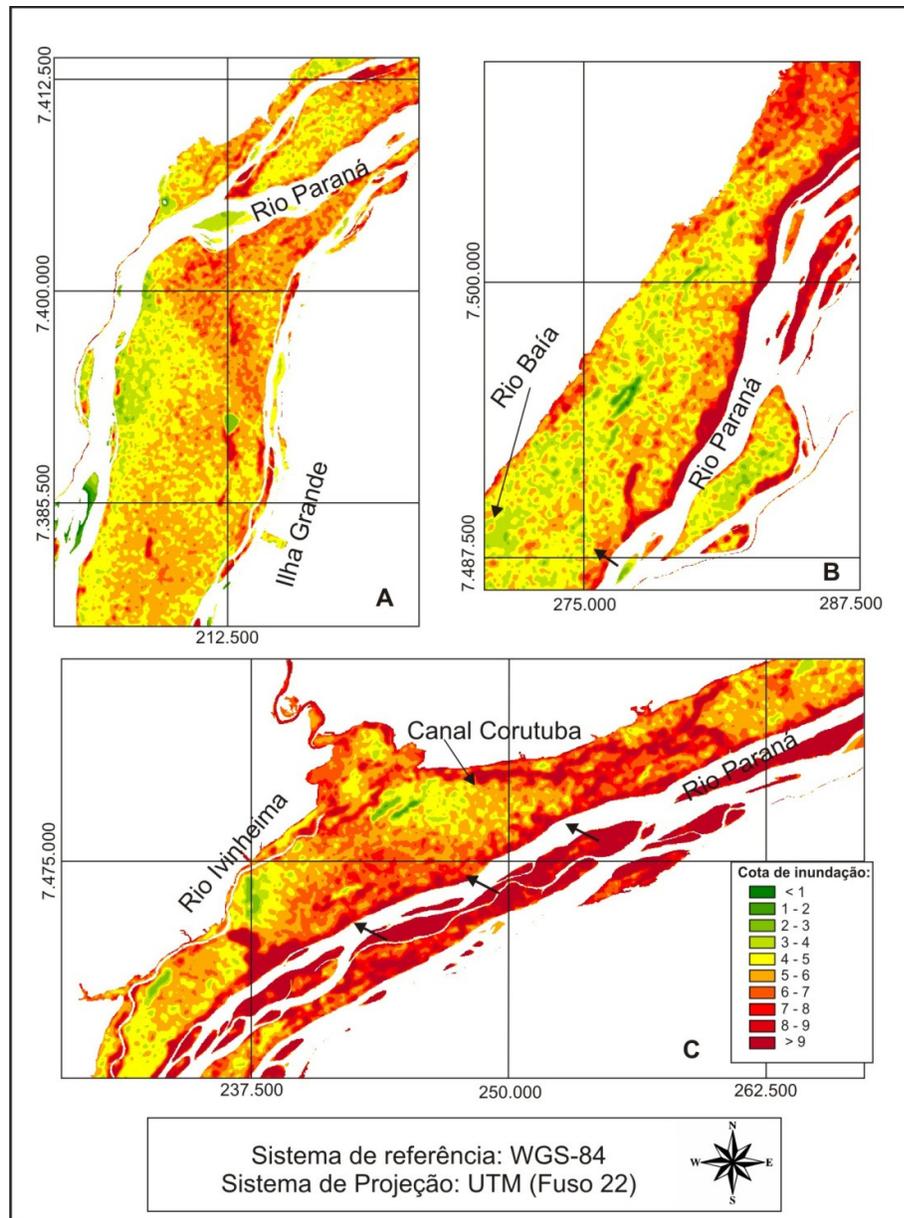


Figura 23 – Níveis de inundação das cotas do nível d'água do rio Paraná de Porto São José. Três trechos em detalhe.

A Figura 23 (A) representa a região situada nas proximidades da foz do rio Paranapanema. Verifica-se que boa parte da planície apresenta-se topograficamente mais baixa. Nota-se que os diques marginais estão presentes em toda área da planície. A área mais rebaixada (indicada pela seta) na margem do rio Paraná representa um rompimento de dique, que serve como entrada das águas do rio Paraná para a planície. Nota-se que o rio Baía pode extravasar suas águas para a planície em períodos de cheia, facilitado pelo fato da quase inexistência de diques marginais.

A área do compartimento Ilha Grande, Figura 23 (B), indica áreas com topografia relativamente alta, com pouca conectividade com o rio principal e cotas acima de 4 m, indicativo de ambientes pouco alagados.

Na Figura 23 (C), complexo rio Paraná-Ivinheima-Baía, nota-se que existem alguns locais de rompimento de dique que permitem a entrada das águas do rio Paraná, representadas pelas setas. Estas crevasses têm cota aproximada de 5 a 6 m. Nota-se que nesse trecho as áreas mais rebaixadas também podem sofrer influência dos pulsos do rio Ivinheima, conforme já relatado por Comunello (2001).

A representação computacional que é resultado do fatiamento do MDE gerado a partir das imagens digitais aéreas é apresentada na Figura 24.

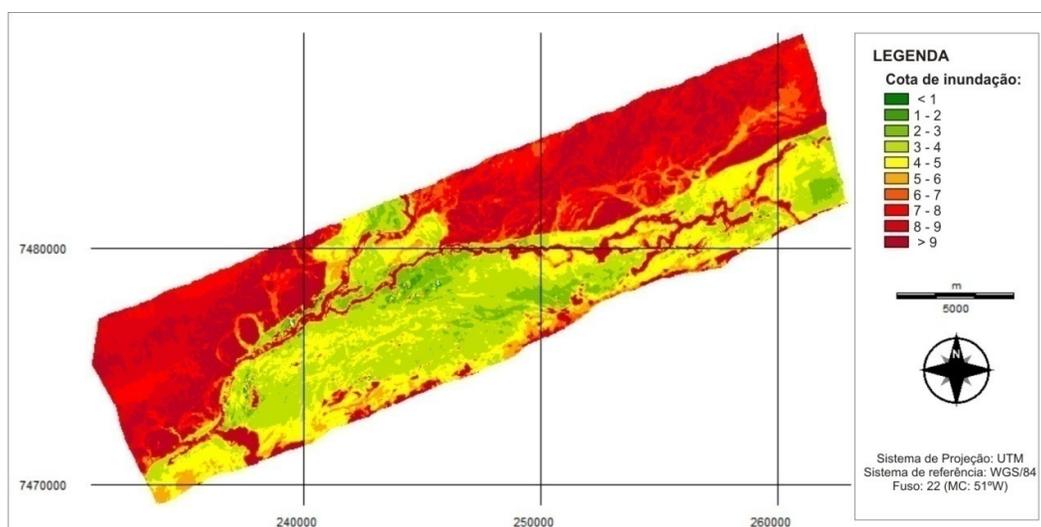


Figura 24 – Níveis de inundação das cotas do nível d'água do rio Paraná de Porto São José a partir do MDE gerado pelas imagens aéreas.

Observa-se que na Figura 42, o MDE fatiado apresenta maiores detalhes. Verifica-se que as áreas mais rebaixadas são regiões de lagoas e paleocanais. O dique marginal apresenta-se bem definido, com vegetação presente ao longo do mesmo. O limite da planície e do terraço é bem definido, sob cota aproximada de 7 a 8 metros. É possível verificar os antigos canais do rio Paraná e os meandros abandonados do sistema do rio Ivinheima.

No entanto, verifica-se em campo que os leques de rompimento de dique apresentam uma cota de aproximadamente 1 a 2 metros (Figura 25) acima do nível normal do rio Paraná, enquanto que nas áreas que apresentam um dique mais bem definido, a cota varia de 3 a 4 metros acima do nível d'água (Figura 25). Esse fato é

devido à banda C do radar interferométrico do SRTM não ser capaz de atravessar o dossel da vegetação, trazendo apenas a informação das copas das árvores.



Figura 25 – Diques marginais do rio Paraná. (A) Área de rompimento de dique marginal (B) Área de dique edificado e bem definido.

Convém destacar que a proporção de área inundada é hipotética nesse simples fatiamento. Trata-se de um modelo computacional estático que não considera a complexidade dinâmica inerente aos processos de inundação. As águas do rio Paraná devem estar sob cota acima dos diques marginais para que as águas extravasem para dentro da planície de inundação. Dessa forma, mesmo que a cota do rio Paraná seja de 4 m, as áreas baixas não estarão necessariamente inundadas, uma vez que a cota de entrada pelos rompimentos dos diques marginais pode não ser atingida.

### ***Avaliação do modelo de simulação***

A seguir foi realizada uma avaliação do modelo computacional gerado a partir do SRTM. Nas Figuras 26 e 27 apresentam-se as áreas inundadas estimadas a partir de imagens TM e pela superfície gerada, considerando-se diferentes cotas fluviométricas da estação de Porto São José.

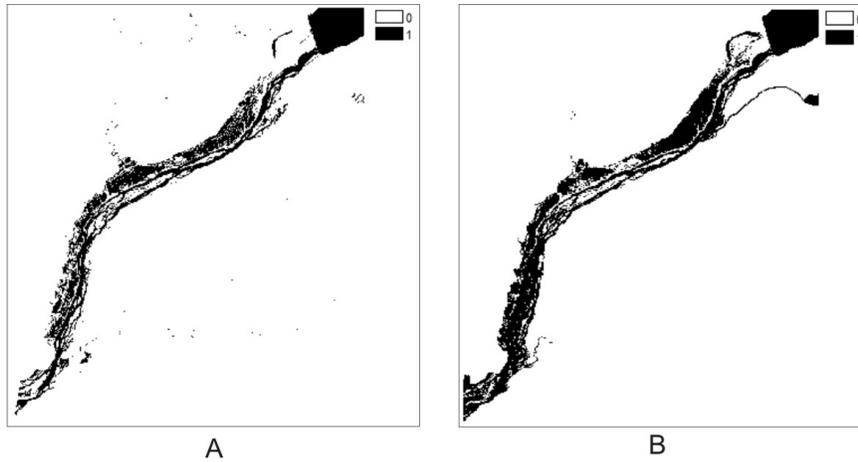


Figura 26 – Comparação entre as áreas inundadas a partir (A) de imagens TM e; (B) pela superfície gerada; sob cota do nível d'água de 6,4 metros na estação fluviométrica de Porto São José. Área 1.

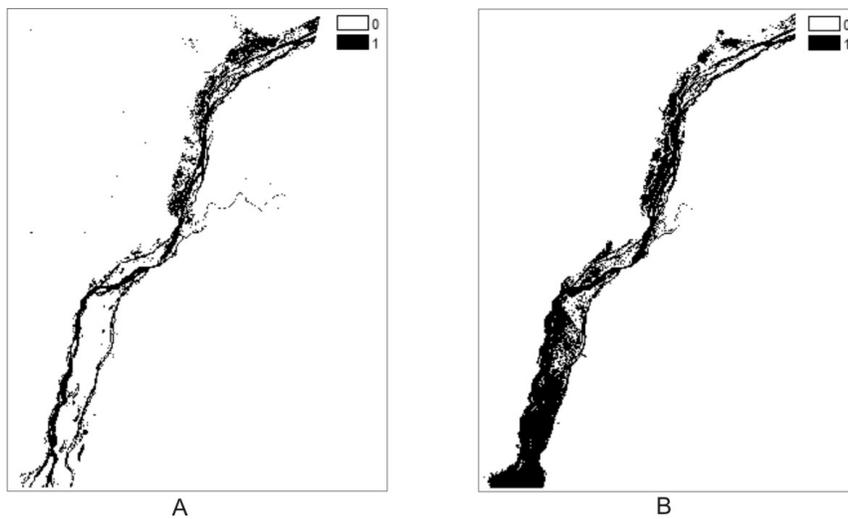


Figura 27 – Comparação entre as áreas inundadas a partir (A) de imagens TM e; (B) pela superfície gerada; sob cota do nível d'água de 5,4 metros na estação fluviométrica de Porto São José. Área 2.

Na figura 27 (A), apresenta-se o resultado do fatiamento da banda 4 da imagem TM tomada em fevereiro de 2007, quando ocorreu uma elevação do nível da água, tendo sido registrado 6,4 m na estação fluviométrica de Porto São José. Representa-se uma simulação das áreas inundadas, realizada com base nos dados SRTM tratados, na Figura 27 (B). Também se apresenta o resultado do fatiamento aplicado na banda 4 da imagem TM tomada em abril de 1991, sob cota do nível d'água de 5,4 m, e sua respectiva simulação com dados SRTM.

De forma geral, visualmente, nota-se que a área 1 apresenta maior coerência em termos de distribuição espacial das áreas inundadas. Na área 2, verifica-se a existência clara de uma superestimação de áreas inundadas, principalmente na região de Ilha Grande. Também foi gerada uma tabulação cruzada entre os mapas temáticos, apresentada nas Tabelas 4 e 5.

Tabela 4 – Tabulação cruzada entre os mapas temáticos de inundação gerada pelas imagens TM e pela superfície do SRTM, de cota 6,4 m. Área 1.

		Imagem TM		
		Seca	Inundada	Total
superfície gerada	Seca	0.2180	0.0310	0.2992
	Inundada	0.2052	0.5456	0.7508
	Total	0.4234	0.5766	1

Tabela 5 – Tabulação cruzada entre os mapas temáticos de inundação gerada pelas imagens TM e pela superfície do SRTM, de cota 5,4 m. Área 2.

		Imagem TM		
		Seca	Inundada	Total
Superfície gerada	Seca	0.2322	0.0676	0.2998
	Inundada	0.3374	0.3628	0.7002
	Total	0.5696	0.4304	1

Nota-se que a superfície gerada superestima as áreas inundadas, portanto os desvios são maiores em relação às áreas secas, que são mapeadas como inundadas. Contudo, para a área 1, foi calculado o valor de 76,36 de exatidão global entre os mapas temáticos. O índice kappa calculado foi de 0,4884, que segundo Landis e Koch (1977 apud MOREIRA, 2001), indica um mapa de boa qualidade.

Em relação à área 2, a superfície gerada também superestima as áreas inundadas. A exatidão global e kappa foram de 59,5% e 0,2327, respectivamente, mostrando uma perda de qualidade da simulação. Landis e Koch (1977 apud MOREIRA, 2001) consideram esse valor de kappa razoável, mas nota-se claramente uma piora na simulação da inundação. Verificou-se anteriormente que a região de Ilha Grande apresenta-se quase totalmente inundada no fatiamento da cota de 5,4 m, enquanto que a imagem mostra-se ao contrário. Dessa forma, pode-se inferir que essa área seja mais alta topograficamente.

Deve-se considerar ainda que a resolução espacial e acurácia vertical do SRTM não permitem uma análise com maior nível de detalhamento. Além disso, a

reconstrução da superfície por geoestatística reduz os picos de mínimos e máximos, suavizando a representação.

Na Figura 28, apresenta-se a comparação entre o fatiamento na cota 540 da superfície gerada a partir das imagens aéreas.

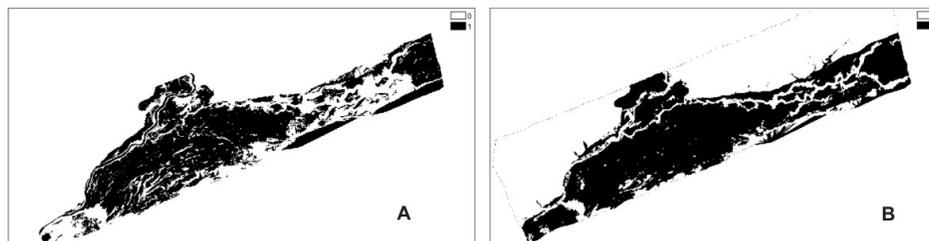


Figura 28 – Comparação entre as áreas inundadas a partir de imagens TM (A) e pela superfície gerada a partir das imagens aéreas (B) sob cota do nível d'água de 5,4 metros na estação fluviométrica de Porto São José.

Para essa superfície a exatidão global atingiu 73,64%, enquanto que o kappa foi de 0,3569. Nota-se que houve uma superestimação das áreas alagadas, sendo mais visíveis na região após o canal Ipoitã e a foz do rio Baía.

Outro fato que merece destaque é o “efeito esponja” da planície, ou capacidade de retenção de água no solo. Esse efeito ainda é pouco estudado (ROCHA, 2002), mas pode influenciar nos processos de inundação. Como as imagens adquiridas são de períodos de cheia, como verificado na cota do mês anterior, a influência do efeito esponja é minimizada.

Também se deve considerar que devido aos alinhamentos estruturais geológicos algumas regiões podem apresentar gradientes da linha d'água diferenciados, como pode ocorrer no compartimento de Ilha Grande. Caso os alinhamentos estruturais provoquem mudanças significativas na linha d'água, uma alternativa para a simulação seria tratar a região em blocos.

### **Referências Bibliográficas**

Canty, M. J.; Nielsen, A. A.; Schmidt, M. Automatic radiometric normalization of multitemporal satellite imagery. *Remote Sensing of Environment*, v. 91(3–4), p. 441–451, 2004.

Canty, M. J.; Nielsen, A. A. Automatic radiometric normalization of multitemporal satellite imagery with the iteratively re-weighted MAD transformation. *Remote Sensing of Environment*, v. 112(3–4), p. 1025-1036, 2008.

Galo, M. L. T. Aplicação de redes neurais artificiais e sensoriamento remoto na caracterização ambiental do parque estadual morro do diabo. 2000. 197f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

Junk, W.J.; Bayley, P.B.; Sparks, R.E. The Flood Pulse Concept in River-Floodplain Systems. In: D.P. Dodge (Ed) Proceedings of the International Large River Symposium. Can. Spec. Public. Fish. Aquat. Sci., 106. p.110-127, 1989.

Mercante, E. Dinâmica espectral da cultura da soja ao longo do ciclo vegetativo e sua relação com a produtividade na região oeste do Paraná. 2007. 221f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

Nielsen, A. A.; Conradsen, K.; Simpson, J. J. Multivariate alteration detection (MAD) and MAF post-processing in multispectral, bitemporal image data: new approaches to change detection studies. Remote Sensing of Environment, v.64, p.1–19, 1998.

Nielsen, A. A. The regularized iteratively reweighted MAD method for change detection in multi- and hyperspectral data. IEEE Transactions on Image Processing, v.16(2), p. 463–478, 2007.

Rocha, P. C. Dinâmica dos Canais no Sistema Rio-Planície Fluvial do Alto Rio Paraná, nas Proximidades de Porto Rico-PR. 2002. Tese (Doutorado em Ecologia de ambientes aquáticos) – Universidade Estadual de Maringá – Maringá.

Souza Filho, E. E. et al. Geologia e geomorfologia. In: AGOSTINHO, A. A. et al. (Coord.). A planície de inundação do alto rio Paraná (Relatório técnico). Universidade Estadual de Maringá, NUPÉLIA, 2007, p. 1-86.

Tanré, D. et al. Description of a computer code to simulate the satellite signal in the solar spectrum: the 5S code. International Journal of Remote Sensing, v.11, p.659-668, 1990.

Valeriano, M. M. Modelo digital de elevação com dados SRTM disponíveis para a América do Sul. (Boletim).São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2004, 72p.

Zullo Junior, J. Correção atmosférica de imagens de satélite e aplicações. 1994. 190f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

## **2.4. sensoriamento remoto na caracterização espacial de sólidos em suspensão**

### Introdução

Apesar de serem dependentes da água para a sobrevivência e para o desenvolvimento econômico, as sociedades humanas poluem e degradam este recurso, tanto as águas superficiais quanto as subterrâneas. A diversificação dos usos múltiplos, o despejo de resíduos líquidos e sólidos em rios, lagos e represas e a destruição das áreas alagadas e das matas galeria têm produzido contínua e sistemática deterioração e perdas extremamente elevadas em quantidade e qualidade da água (TUNDISI, 2003).

Nesse contexto é fundamental conhecer a distribuição espacial da qualidade da água, a qual está correlacionada com o desenvolvimento e manutenção da vida em ambientes aquáticos. O conhecimento da distribuição espacial de concentrações de componentes da água, apesar de fundamental para inferir a respeito dos processos geomorfológicos e ecológicos que ocorrem num sistema hídrico são de difícil obtenção. Assim, o uso de sensoriamento remoto na caracterização espacial de sólidos em suspensão torna-se uma boa alternativa, pois os sólidos em suspensão possuem a propriedade de absorver e refletir radiação incidente em diferentes intervalos do espectro eletromagnético, tornando possível correlacionar e inferir a concentração dessa variável em corpos d'água, com base na resposta espectral em imagens de sensores multiespectrais.

Segundo Pereira Filho (2000) a presença de sedimentos, clorofila, matéria orgânica e outros elementos da natureza imprimem na água uma resposta espectral diferenciada em cada situação. Porém, outros fatores como o vento; o efeito especular da energia refletida; a capacidade de absorção de energia pela água; condições de iluminação, entre outros, fazem com que o uso das técnicas de sensoriamento remoto, em ambientes aquáticos, se torne um grande desafio.

Para Pereira et. al. (2007) alguns fatores naturais alteram a composição físico-química da água e, conseqüentemente, sua resposta espectral. Os principais fatores que afetam a coloração e assim, a detecção dos habitats aquáticos pelos métodos de sensoriamento remoto, são: a presença de plantas aquáticas, sólidos em suspensão, nível de clorofila e a transparência da água.

Os comprimentos de onda entre 580 – 690 nm (visível) fornecem informações referentes ao tipo de sedimentos em suspensão na superfície do corpo d'água e o intervalo entre 715 – 880 nm (infravermelho próximo) pode ser usado para determinar

a quantidade de minerais suspensos na superfície da água. No entanto, essa relação não pode ser universalmente aplicada, pois as concentrações de sedimentos em suspensão se baseiam nas características de absorção e espalhamento da água e dos solos, na região geográfica de interesse (JENSEN, 2000).

Quando, ao estudar duas variáveis, verificar-se que aos valores baixos de uma correspondem os valores baixos de outra, ocorrendo o mesmo para valores elevados e intermediários, pode-se supor que exista certa relação entre as variáveis (ANDRIOTTI, 2003). Para Montgomery e Runger (2003) em muitos problemas, duas ou mais variáveis estão fortemente relacionadas, sendo necessário explorar a natureza dessa relação. Assim, tem-se a Análise de Regressão como uma técnica estatística para modelar e investigar as relações entre duas ou mais variáveis, onde este modelo ajustado de regressão é tipicamente usado na previsão de observações futuras ou para estimar a resposta média em um nível particular.

Um aspecto importante relacionado ao sensoriamento remoto diz respeito às interferências da atmosfera nos dados registrados. Os sensores de um satélite recebem radiação que provém tanto da superfície da terra como da atmosfera. No espectro entre 300 e 4000 nm, a radiação proveniente do Sol é parcialmente absorvida por gases, partículas e nuvens da atmosfera, e pelo solo. A radiação refletida e espalhada pelo solo, nuvens e aerossol é devolvida parcialmente ao espaço, e captada por sensores a bordo de um satélite. Dependendo do comprimento de onda de observação, a radiação recebida é influenciada por diferentes componentes atmosféricos. Já a radiação com comprimentos de onda superiores a 4000 nm têm sua origem na emissão térmica do solo e de gases atmosféricos. Em alguns comprimentos de onda, têm-se “janelas atmosféricas” (existe pouca absorção da radiação pelos gases atmosféricos nesse comprimento de onda), nas quais é recebida a radiação dos objetos observados; em outros, opacidade atmosférica faz com que a radiação recebida pelo satélite seja uma mistura daquela refletida ou emitida pelo solo, parcialmente transmitida por gases e nuvens e parcialmente emitida por estes (CEBALLOS, 2007).

Os principais efeitos observados nas imagens de satélite, devido à presença real da atmosfera entre o satélite e a superfície terrestre, são a diminuição da faixa de valores digitais possíveis registrados pelo sensor, diminuição do contraste entre superfícies adjacentes e alteração do brilho de cada ponto da imagem (ZULLO JR. et al, 1996).

Com isso, faz-se necessária a correção atmosférica de imagens provenientes de sensores remotos. O SCORADIS, “Sistema de Correção Radiométrica de Imagens de Satélite”, é um aplicativo de correção atmosférica adaptado às condições

brasileiras de atmosfera e clima, desenvolvido para a correção atmosférica de imagens multiespectrais (ZULLO JR, 1994). O aplicativo permite a entrada da coluna integrada de vapor d'água e da coluna integrada de ozônio utilizando-se perfis verticais de distribuição extraídos de modelos atmosféricos padrões ou perfis fornecidos pelo usuário. Possui tratamento dos efeitos de adjacência e de espalhamento múltiplo. A quantidade de aerossóis é informada por intermédio da visibilidade ou da profundidade óptica espectral de aerossóis em  $0,55\mu\text{m}$  ( $\tau_a(0,55\mu\text{m})$ ). É baseado no modelo de transferência radiativa 5S (OLIVEIRA, 2008).

O modelo 5S considera que as perturbações causadas pela atmosfera devem-se a atuação dos processos de absorção e espalhamento na trajetória da radiação solar em direção à superfície da Terra e no caminho da radiação refletida para o satélite (ZULLO JR, 1994).

### **Objetivo e área de estudo**

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um modelo de inferência para estimar a concentração de sólidos em suspensão por meio de imagens de satélite TM-Landsat. A área na qual foram realizados os estudos está localizada num trecho do alto rio Paraná, nas divisas entre o estado do Paraná e Mato Grosso do Sul, mais precisamente, abrangendo uma área entre a foz do rio Paranapanema e a foz do rio Ivinheima com um alcance em torno de 50 km ao longo do rio Paraná.

### **Procedimentos metodológicos**

A coleta de dados em campo é uma atividade fundamental deste trabalho, a qual necessita ser executada simultaneamente à tomada da imagem multiespectral com a qual os dados levantados devem ser associados. Neste trabalho, decidiu-se pelo uso de uma imagem TM-Landsat por ser distribuída gratuitamente, bem como pelo fato de que os sensores estão estáveis e permitem análises de correlação. Assim, a coleta de dados em 37 elementos amostrais previamente selecionados (vide Figura 1) foi feita nos dias 19, 20, 21 e 22 de julho de 2008, e a data de passagem do satélite Landsat ocorreu no dia 20 de julho de 2008. Essas datas representam o período de águas baixas, em que a influência dos pulsos de inundação, característicos dessas áreas, é mínima.

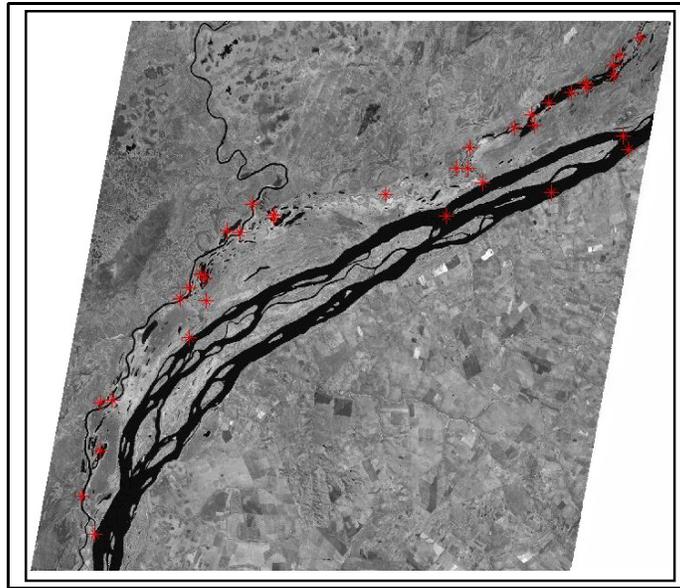


Figura 1 – Distribuição espacial dos elementos amostrais.

A análise dos sólidos em suspensão na água coletada em cada ponto foi realizada de acordo com o procedimento proposto pela Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT/ NBR 10664/Abr1989. Primeiramente, calcinou-se os filtros de fibra de vidro em Mufla a uma temperatura de 550 °C. Após a calcinação pesou-se os filtros em uma balança analítica (Peso Filtro Limpo). Fez-se a filtração em uma bomba à vácuo de cada um dos 37 elementos amostrais. Após a filtração, os filtros de fibra de vidro foram inseridos na estufa de secagem a uma temperatura de 105°C por um período de cerca de 24 horas. Pesaram-se os filtros em uma balança analítica e anotaram-se os resultados (Peso Filtro Sujo 1). Posteriormente os filtros foram inseridos novamente na Mufla a uma temperatura de 550°C, por um período de 1 hora para que os sedimentos suspensos voláteis se volatilizassem. Os filtros de fibra de vidro foram pesados em balança analítica e os resultados anotados (Peso Filtro Sujo 2).

Para obter a concentração do TSS (Total de Sedimentos em Suspensão) calculou-se a diferença entre o peso do filtro limpo (mg) (Peso Filtro Limpo) e o peso do filtro sujo (mg) (Peso Filtro Sujo 1) sendo esse resultado dividido pelo volume do elemento amostral (l). Para obter a concentração de SSF (Sedimentos Suspensos Fixos) calculou-se a diferença entre o peso do filtro limpo (mg) (Peso Filtro Limpo) e o peso do filtro sujo após a calcinação (mg) (Peso Filtro Sujo 2), sendo esse resultado dividido pelo volume do elemento amostral (l). Para obter a concentração de SSV (Sedimentos Suspensos Voláteis) calculou-se a diferença entre o peso do filtro sujo

após a calcinação na mufla (mg) (Peso Filtro Sujo 2) e o peso do filtro sujo (mg) (Peso Filtro Sujo 1), sendo esse resultado dividido pelo volume do elemento amostral (l).

Após o procedimento laboratorial de análise da concentração de sólidos suspensos realizou-se o processamento dos dados de sensoriamento remoto. A imagem TM-Landsat datada de 20/07/08 foi georreferenciada por meio do aplicativo Spring 5.0 adotando como referência a imagem GeoCover 2000 Landsat, devido a ausência de outra fonte de dados georreferenciados.

Para a realização da correção atmosférica da imagem TM-Landsat utilizou-se a imagem do sensor MODIS/Terra para a estimativa de parâmetros atmosféricos. Selecionou-se a opção *Terra MODIS* do grupo *Terra Atmosphere Level 2 Products*, definindo-se os produtos *MOD04\_L2 - Level 2 Aerosol* e o *MOD07\_L2 - Level 2 Joint Atmosphere Product of Profiles, Total Column Ozone, Water Vapor, and Stability Indices*. A data de tomada da cena foi 20 de julho de 2008, pois a imagem MODIS deve ser a mesma data da imagem TM-Landsat.

Os arquivos do MODIS foram importados no aplicativo Heg WIN 2.8 e os dados referentes à espessura óptica, ozônio e vapor d'água foram gravados no formato tif. Posteriormente, esses arquivos foram importados no software ENVI 4.4 para registrar parte da cena MODIS com a cena TM-Landsat. Feito isso, foi realizada uma análise estatística dos pixels dos segmentos das imagens MODIS, os quais foram processados numa planilha de cálculo e obtidos os valores de parâmetros atmosféricos para a correção radiométrica dos dados TM-Landsat. Para realizar a correção de efeitos atmosféricos adotou-se o aplicativo SCORADIS de Zullo Jr. (1994), o qual aplica o modelo de transferência 5S (Simulação do Sinal do Satélite dentro do Espectro Solar) (TANRÉ et al., 1990). A estimativa de parâmetros atmosféricos baseou-se na média dos níveis de cinza dos pixels dos segmentos extraídos da imagem MODIS, multiplicando-se por um fator de escala de 0,001 para espessura óptica e vapor d'água e de 0,1 para ozônio. Além disso, o valor encontrado para o perfil de ozônio foi multiplicado por 0,001 para a conversão de unidades (Dobson para cm/atm).

Para executar a rotina SCORADIS são fornecidos os dados atmosféricos e, assim, calcular a imagem de reflectância real. Como a rotina está previamente configurada com os parâmetros de calibração radiométrica das bandas espectrais do sensor TM-Landsat, a rotina gera uma imagem com correção atmosférica já transformada em reflectância real de superfície.

Utilizou-se o sistema ENVI para sinalizar as posições, na imagem TM-Landsat de fator de reflectância, onde foram coletados elementos amostrais em campo. Nessas posições, registrou-se o fator de reflectância de uma janela de 9 pixels (3x3)

em torno de cada elemento amostral. Calculou-se a média do fator de reflectância desses 9 pixels para cada elemento amostral e, numa planilha de cálculo, foi estimada a correlação destes com as variáveis TSS, SSF e SSV.

Freqüentemente, em estudos da relação entre variáveis espera-se uma relação que possa ser usada para realizar estimativas ou previsões sobre uma variável particular (HOEL, 1968). Para modelar o relacionamento entre essas variáveis tem-se a análise de regressão. Segundo Montgomery e Runger (2003), a Análise de regressão é uma coleção de ferramentas estatísticas para encontrar as estimativas dos parâmetros de um modelo de regressão. Então, esse modelo ajustado de regressão é tipicamente usado na estimativa ou inferência de valores de observações futuras ou para estimar a resposta média em um nível particular.

Após a análise de correlação entre as variáveis de interesse, selecionaram-se as variáveis de maior correlação e modelos de regressão foram gerados. Com isso, foi possível se obter a equação que melhor representasse a distribuição dos dados. A partir deste modelo de regressão e da banda do TM/Landsat de maior correlação com a variável TSS, utilizou-se a ferramenta *Image Calculator* do aplicativo IDRISI para gerar uma imagem da distribuição espacial do Total de Sólidos em Suspensão. A imagem de TSS foi importada no banco de dados do SPRING e em seu gerador de cartas (SCARTA) gerou-se a carta do Total de Sólidos em Suspensão.

### **Resultados e discussão**

Os barcos fretados para o trabalho de campo, bem como a equipe destinada a se fazer a campanha pode ser visualizada na Figura 2 (a). Depois de realizado o planejamento do campo, a equipe foi dividida entre os dois barcos disponíveis e seguiu-se para os pontos amostrais (pré-definidos) com o auxílio do GPS de navegação (Figura 2 (b)).



A



B

Figura 2 – Equipe do trabalho de campo (a) e GPS para localização dos pontos amostrais (b)

Os valores atmosféricos estimados com base nos dados MODIS utilizados no aplicativo SCORADIS como parâmetros de espessura óptica, vapor d'água e ozônio total, podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros e valores necessários na correção atmosférica.

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor de entrada (SCORADIS)</b>
<b>Espessura óptica (550nm)</b>	0,05
<b>Vapor d'água</b>	1,867612
<b>Ozônio Total</b>	0,253767

A imagem de saída do SCORADIS é uma imagem com correção atmosférica já transformada em reflectância real de superfície. Esta imagem pode ser vista na Figura 3.

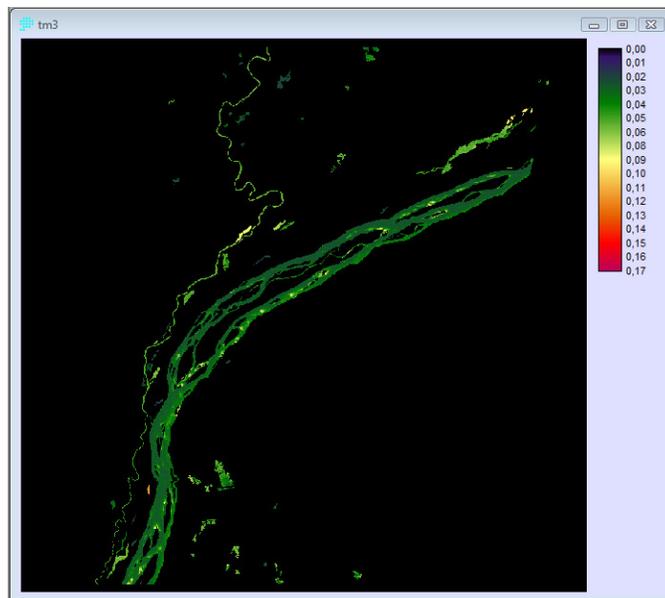


Figura 3 – Reflectância real de superfície da banda TM3-Landsat com correção atmosférica

A tabela 2 mostra os valores de correlação, estimados numa planilha, entre as variáveis limnológicas referentes aos sólidos suspensos e as Bandas 1, 2, 3 e 4 do satélite TM-Landsat 5.

Tabela 2 – Correlação entre as bandas espectrais do TM-Landsat e Sólidos Suspensos

	<b>TSS</b>	<b>SSF</b>	<b>SSV</b>
<b>TM 1</b>	0,401099	0,453735	0,17662
<b>TM 2</b>	0,747169	0,78529	0,548285
<b>TM 3</b>	0,892028	0,895511	0,808359
<b>TM 4</b>	0,913197	0,905506	0,868726

A Tabela 2 mostra que as bandas 3 (TM 3) com intervalo espectral de 0,63 a 0,69  $\mu\text{m}$  e a banda 4 (TM 4) que corresponde ao intervalo espectral de 0,76 a 0,90  $\mu\text{m}$ , possuem maior correlação com sólidos suspensos. Dentre as variáveis de sólidos

suspensos, observou-se que todas as três apresentam uma boa correlação com as bandas 3 e 4 do TM-Landsat.

A análise de variância feita para comparar os modelos gerados sobre os gráficos de dispersão de TSS, em função do fator de reflectância da TM 3 e da TM 4, mostrou que os melhores resultados foram os modelos de regressão linear e polinomial de segundo grau. Essa análise foi feita com base no resultado do  $R^2$  de cada equação por indicar a percentagem da variância que o modelo consegue explicar. A tabela 3 mostra os valores encontrados para as equações linear e polinomial de 2º grau dos gráficos de dispersão do TSS em função dos valores registrados nas bandas espectrais TM 3 e TM 4.

Tabela 3 – Valores de  $R^2$  para ajuste linear e polinomial de TSS em função do TM 3 e TM 4

	<b>TSS x TM 3/Landsat</b>	<b>TSS x TM 4/Landsat</b>
<b>Linear</b>	$R^2 = 0,795$	$R^2 = 0,833$
<b>Polinomial (2º grau)</b>	$R^2 = 0,926$	$R^2 = 0,890$

Assim, de acordo com o  $R^2$ , a equação que melhor infere a concentração do Total de Sólidos em Suspensão é a polinomial de segundo grau utilizando o fator de reflectância da banda TM 3. A figura 1 mostra o gráfico de dispersão da Concentração de TSS em função do fator de reflectância real da Banda TM 3.

## TSS x TM 3 - Polinomial

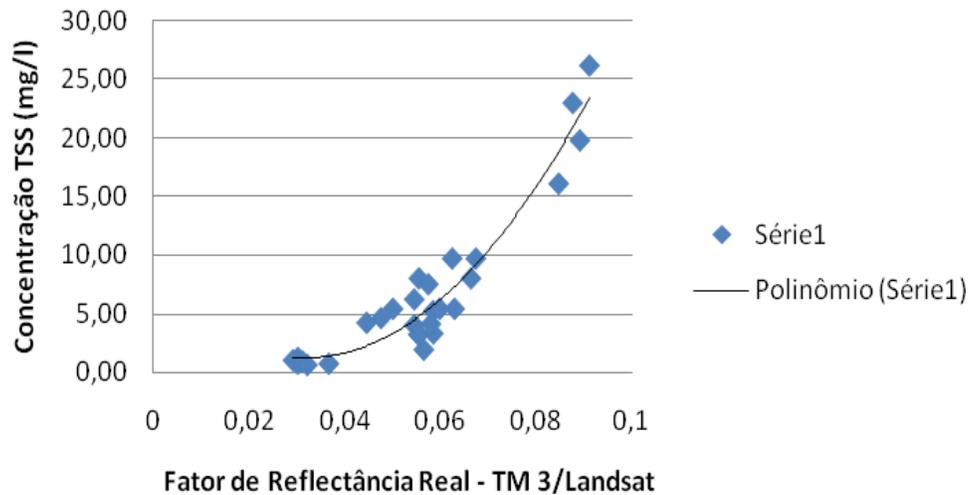


Figura 4 – Gráfico de dispersão do TSS em função do fator de relectância na banda TM 3 e sua equação polinomial

Assim, a equação que melhor infere a concentração do Total de Sólidos em Suspensão, utilizando para isso o fator de reflectância da banda 3 (TM 3) do Landsat, é uma função polinomial de segundo grau, sendo dada por:

$$\text{TSS} = 6366 \cdot (\text{TM } 3)^2 - 407,2 \cdot (\text{TM } 3) + 7,691$$

Por meio deste modelo de regressão e da banda do TM3-Landsat com valores de reflectância real de superfície (Figura 3), utilizou-se o aplicativo IDRISI para gerar uma imagem da distribuição espacial do Total de Sólidos em Suspensão. A Figura 5 mostra a ferramenta utilizada no IDRISI para aplicar o modelo na banda TM3-Landsat e assim gerar uma imagem com a distribuição espacial de TSS.

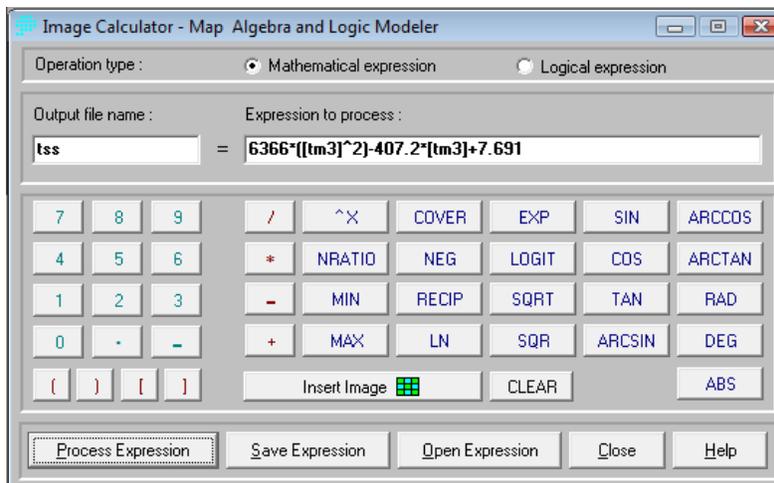


Figura 5 – Ferramenta *Image Calculator* do IDRISI para gerar imagem do TSS da área de estudo

No SCARTA gerou-se a carta do Total de Sólidos em Suspensão do Alto Rio Paraná que pode ser visualizada na Figura 6.

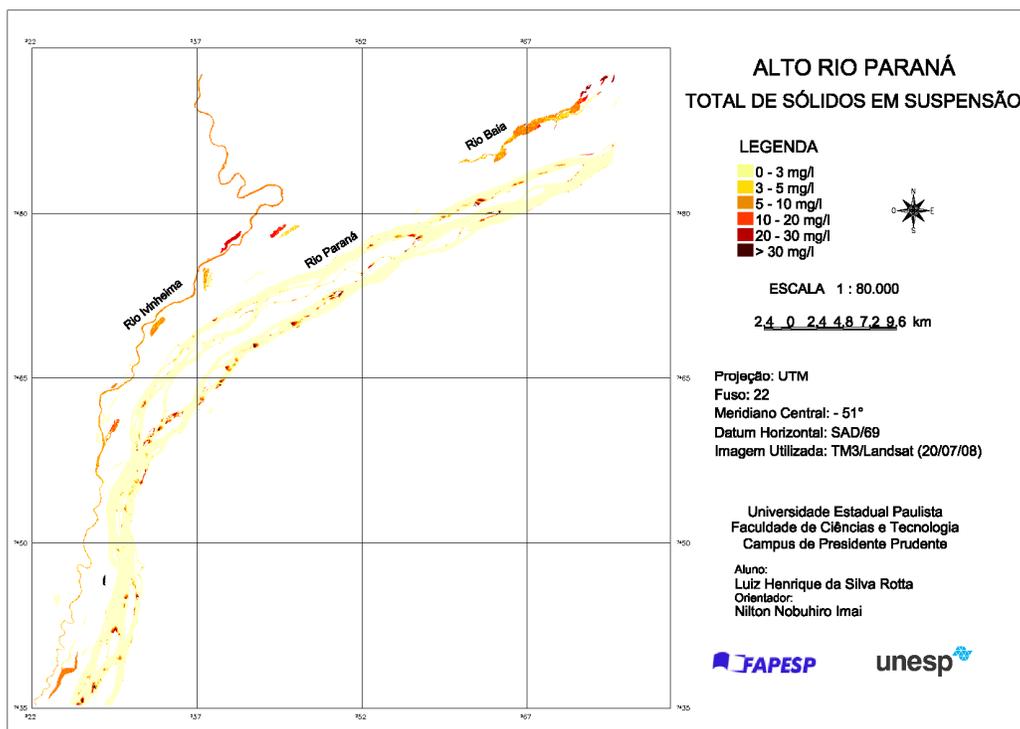


Figura 6 – Carta de TSS do Alto Rio Paraná gerada no aplicativo SCARTA

Nota-se que ao longo do Alto Rio Paraná, numa visão olística, os valores de TSS não ultrapassam os 3 mg/l. Estes valores são devido à alta vazão do rio Paraná e também por influência das Usinas Hidrelétricas à montante deste rio que funcionam como barreiras que fazem com que os sólidos decantem deixando a água à jusante mais transparente. Observa-se também que há pequenos fragmentos indicando a presença de mais de 30 mg/l de sólidos suspensos, porém, esses valores são causados principalmente por influência das margens e pela presença de bancos de areia.

Os Rios Ivinheima e Baía são mais semelhantes entre si, com o TSS variando principalmente entre 3 e 10 mg/l. Ao longo destes rios observam-se lagoas com altas concentrações de sólidos suspensos com valores em torno de 20 - 30 mg/l.

### **Conclusões**

Ante o exposto, conclui-se que a imagem TM/Landsat mostrou-se eficiente na geração de um modelo para inferir a concentração do Total de Sólidos em Suspensão presentes no sistema fluvial do alto rio Paraná. Espera-se que esse modelo possa ser aplicado para inferência de cenários futuros, considerando que os períodos apresentem características hidrológicas e climáticas semelhantes aos da data de amostragem.

A carta de TSS mostra baixas concentrações no rio Paraná e altas concentrações nos rios Ivinheima e Baía. Esta grande diferença de sólidos suspensos pôde ser comprovada visualmente no trabalho de campo por meio da própria transparência dos corpos de água analisados. Notou-se também que se deve ser cauteloso ao analisar esta carta, pois há pequenos fragmentos próximos às ilhas do rio Paraná que indicam uma alta quantidade de sólidos suspensos, mas na verdade estes valores ocorrem devido a influencia das margens e de bancos de areia.

Observou-se que as bandas de maior correlação com a concentração do Total de Sólidos em Suspensão foram a TM 3 (vermelho) e TM 4 (infra-vermelho próximo) do sensor TM-Landsat. Esse fato pode ter ocorrido devido à alta quantidade de sólidos suspensos nos elementos amostrais, principalmente os do Rio Baía e Rio Ivinheima. Essa alta concentração de sólidos faz com que se tenha uma significativa respostra espectral nas bandas do vermelho e do infra-vermelho próximo, já que as bandas do azul e do verde respondem melhor para águas claras.

### **Referências bibliográficas**

Associação Brasileira de Normas Técnicas- ABNT/ NBR 10664. **Águas - Determinação de resíduos (sólidos) - Método gravimétrico**, Abr/1989.

ANDRIOTTI, J. L. S. Fundamentos de Estatística e Geoestatística. São Leopoldo: Editora Unisinos – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 2003.

CEBALLOS, J. C. **Produtos para atmosfera – Modis Atmosphere**, INPE. O sensor Modis e suas aplicações ambientais no Brasil/ Organizadores: RUDORFF, B.F.T.; SHIMABUKURO, Y. E.; CEBALLOS, J.C. São José dos Campos: A. Silva Vieira Ed., 2007.

HOEL, P. G. **Estatística elementar**. São Paulo: Editora Fundo de Cultura, 1968.

JENSEN, J. R. **Remote sensing of the environment: an earth resource perspective**. New Jersey: Prentice Hall. 544p, 2000.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2003.

OLIVEIRA, L. G. L. **Conversão de dados radiométricos orbitais por diferentes metodologias de caracterização atmosférica**. 2008. 128 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.

PEREIRA FILHO, W. **Influência dos diferentes tipos de uso da terra em bacias hidrográficas sobre sistemas aquáticos da margem esquerda do reservatório de Tucuruí – Pará**. 2000. 136p. Tese (Doutorado em Geografia Humana) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

PEREIRA, R.; SCHÄFER, A. E.; WÜRDIG, N. L. Aplicabilidade de métodos de sensoriamento remoto na avaliação e monitoramento do estado trófico de lagoas costeiras do Rio Grande do Sul (RS). In: **XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, 2007, p. 3513-3520.

TANRÉ, D.; DEROO, C.; DUHAUT, P.; HERMAN, M.; MORCLETTE, J.J. **Description of a computer code to simulate the satellite signal in the solar spectrum: the 5S code**. International Journal of Remote Sensing. v. 11, n. 4, p. 659- 668, 1990.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos: RIMA, 1996. 248p.

ZULLO JUNIOR., J.; BEZERRA, P. C.; GUYOT, G.; GU, X. Importância Prática da Correção Atmosférica. In: **VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Salvador, 1996, p. 977-978.

ZULLO JUNIOR, J. **Correção atmosférica de imagens de satélite e aplicações.**  
1994. 190p. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) - Universidade Estadual de  
Campinas, Campinas.

## **2.5. Distribuição espacial de pigmentos totais na planície de inundação do Alto Rio Paraná a partir de imagens multiespectrais**

O termo fitoplâncton designa um grupo heterogêneo de organismos aquáticos, composto principalmente por algas fotossintetizantes, que se distribui por grande parte dos ambientes marinhos e aquáticos continentais do mundo. Nesses ambientes, constitui-se o principal responsável pela captação da energia eletromagnética e sua transformação em energia química, através do processo de fotossíntese, desempenhando importante função no sistema.

As moléculas que captam e transformam a energia são chamadas de pigmentos fotossintetizantes (ARRAUT et al., 2005). A clorofila é um dos principais pigmentos fotossintetizantes de organismos vivos, juntamente com os carotenóides e ficobilinas. Especificamente, a clorofila a tem sido o foco de vários estudos de Sensoriamento Remoto aplicado à qualidade da água (DEKKER, 1993; BARBOSA, 2005; entre outros), porém, devido exatamente à alta sensibilidade à luz desse pigmento fotossintetizante, pode ocorrer o processo de feofitinação (transformação da clorofila a em feofitina a) no processo de estimativa da concentração de clorofila.

A feofitina a é um produto da degradação da clorofila a, que pode interferir grandemente nas medidas desse pigmento, por absorver luz na mesma região do espectro que a clorofila a (CETESB, 2008). Desse modo, a soma dos teores de clorofila a e feofitina a, denominado pigmentos totais, constitui-se de uma medida indireta da concentração de clorofila a e conseqüentemente de biomassa fitoplanctônica.

Nesse contexto, visando disseminar a adoção da variável pigmentos totais como um indicador do estado trófico da água e contribuir com o conhecimento do comportamento espectral dessa variável usando Sensoriamento Remoto, este trabalho tem o objetivo de apresentar a caracterização espacial da concentração de pigmentos totais na área de estudos, por meio de inferências realizadas com o uso de imagens multiespectrais TM/Landsat e CCD/Cbers 2B, como um modo de avaliar o potencial dos sistemas sensores na identificação desse componente opticamente ativo.

### **Estimativa da concentração de pigmentos totais**

Para a obtenção da concentração de pigmentos totais foi empregada a metodologia proposta por Golterman (1978), a qual consiste na extração de pigmentos totais com acetona 90%, o que foi feito para cada elemento amostral. A Figura 1 apresenta a sistematização da metodologia utilizada.



Figura 1 - Procedimento para obtenção da concentração de pigmentos totais, segundo Golterman (1978).

Nesse sentido, a concentração de pigmentos totais (PT) é expressa pela razão entre a diferença nas absorptâncias em 663 e 750nm (U'), considerando o volume centrifugado (Va), e o produto do coeficiente de absorção da feofitina pelo volume filtrado.

### Tratamento das imagens multiespectrais TM/Landsat e CCD/Cbers 2B

As imagens TM/Landsat e CCD/Cbers 2B da área de estudos foram tomadas em 20/07/2008 e 15/07/2008, respectivamente, e ambas foram obtidas gratuitamente do website do INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. A cena TM foi submetida à calibração radiométrica e correção atmosférica, utilizando o aplicativo SCORADIS (Zullo Jr., 1994), o qual necessita da entrada de parâmetros da cena e do sistema sensor, bem como de parâmetros atmosféricos do local, que foram extraídos de produtos MODIS/Terra, especificamente MOD\_04 (espessura óptica da atmosfera) e MOD\_07 (vapor d'água e perfil de ozônio).

O georreferenciamento da imagem TM/Landsat foi feito no software Spring 5.0, utilizando uma imagem Landsat GeoCover como referência e usando 20 pontos de controle. O resíduo obtido, inferior a 0.8 pixel, foi considerado adequado, de modo que as coordenadas dos pontos de coleta puderam ser definidas na imagem e, com isso, realizada a leitura da reflectância de superfície nas bandas espectrais 1, 2, 3 e 4 do sensor TM. Esse último processamento foi efetuado no software ENVI e, para estimar um fator de reflectância representativo para cada elemento amostral, adotou-se a média dos valores lidos em uma janela de 3x3 pixels, centrada na coordenada do ponto. Pelo fato de não se dispor de parâmetros para a calibração radiométrica da imagem CCD/Cbers 2B, foi feito apenas o seu georreferenciamento no Spring 5.0, utilizando também a cena GeoCover Landsat como referência. Com a utilização de 15 pontos de controle obteve-se um resíduo de 0.49 pixels. Após o georreferenciamento as imagens foram importadas no ENVI e realizada a leitura do nível de cinza registrado na posição de cada elemento amostral, nesse caso considerando a média

dos níveis de cinza de uma janela de 3x3 pixels, atribuída ao elemento central, para cada uma das 4 bandas espectrais CCD/Cbers 2B. 2.5. Geração, validação e aplicação do modelo de regressão. Um pressuposto básico para a análise de regressão é a normalidade do conjunto de dados referentes à variável resposta ( $y$ ). Assim, aplicou-se o teste de normalidade Anderson-Darling para a variável pigmentos totais e os dados que não apresentaram comportamento de uma distribuição normal (o  $p$  valor  $< 0.05$ , implicando na rejeição da hipótese  $H_0$  de normalidade da amostra) foram submetidos a uma análise para remoção de outliers, buscando atingir a normalidade.

Em seguida foi feita uma análise de correlação para identificar a banda espectral com a qual a variável pigmentos totais apresentou-se mais fortemente relacionada. As variáveis que apresentaram o maior coeficiente de correlação foram submetidas a uma análise de regressão, na qual a banda espectral foi considerada a variável independente e a variável limnológica foi considerada variável resposta. Obteve-se, assim, uma função matemática representando o comportamento destes dados, assim como um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) que expressa o quanto o modelo consegue ajustar os dados. Finalmente, foram realizados testes estatísticos nos resíduos do modelo gerado e uma análise de variância, com o intuito de verificar a consistência do modelo.

Para validar a função de regressão foram excluídos aleatoriamente pontos utilizados na estimativa e gerados modelos parciais denominados “modelos de validação”. Aplicou-se a equação dos modelos de validação aos pontos excluídos na geração dos mesmos, verificando-se a compatibilidade entre o valor calculado pelo modelo e o valor real, obtido na análise laboratorial da água e se esse último encontrava-se no intervalo de predição do modelo. A geração dos modelos de validação foi repetida até que cada um dos elementos amostrais utilizados na geração do modelo com a amostra completa fossem excluídos e estimados pelos modelos de validação parciais. Dessa forma, foi avaliada a adequação de cada um dos modelos de validação.

Visando constatar que a adequação dos modelos de validação poderia ser estendida para o modelo original foram apuradas as semelhanças entre este e os modelos utilizados para sua validação, analisando se os valores dos coeficientes  $\beta_0$  e  $\beta_1$  de cada modelo utilizado para validação foram contemplados no intervalo de confiança dos coeficientes  $\beta_0$  e  $\beta_1$  do modelo original. Estes procedimentos foram realizados para as cenas TM/Landsat e CCD/Cbers 2B separadamente, utilizando o software Minitab.

Após a verificação da validade dos modelos gerados, estes foram aplicados à banda espectral 3 dos sistemas sensores TM e CCD, a qual foi considerada a variável preditora em ambos os modelos. A partir da aplicação dos respectivos modelos foram geradas, então, as imagens indicando a concentração de pigmentos totais na área de estudos. Foi realizado um fatiamento na imagem, o que possibilitou a elaboração das cartas temáticas representando intervalos de concentração de pigmentos totais na planície de inundação do Alto Rio Paraná.

### Resultados e discussões

Para a análise de regressão entre pigmentos totais (“y”) e valores registrados nas bandas de cada um dos sistemas sensores (“x”), após a remoção de *outliers*, foi verificada a normalidade dos dados “y” e identificadas as correlações significativas com as bandas espectrais do TM/Landsat (valores de reflectância de superfície) e CCD/Cbers 2B (valores de brilho digitais), utilizando 17 e 15 elementos amostrais, respectivamente. Os valores obtidos nas análises de correlação são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1 - Correlação entre pigmentos totais e as bandas do TM/Landsat e CCD/Cbers 2B.

	Landsat 5 – reflectância de superfície (n=17)				Cbers 2B - valores de brilho digitais (n=15)			
	TM1	TM2	TM3	TM4	CCD1	CCD2	CCD3	CCD4
<b>Pigmentos totais</b>	-0.265	0.707	0.832	0.795	-0.173	0.206	0.825	-0.139

Pode-se perceber que, para os dois sensores, a maior correlação foi verificada entre a banda espectral referente ao comprimento de onda da luz vermelha (TM-3 e CCD-3). Desse modo, esses conjuntos de dados foram submetidos a uma análise de regressão, cujas equações resultantes, parâmetros e estatísticas associadas estão indicados na Tabela 2.

Tabela 2 - Análise de regressão TM3 x Pigmentos totais e CCD3 x Pigmentos totais.

Sensor	TM/Landsat 5	CCD/Cbers 2B
Equação	<b><math>PT = -4.067 + 139.35 \cdot TM3</math></b>	<b><math>PT = -12.634 + 0.5446 \cdot CCD3</math></b>
P valor ( $\beta_0$ )	0.0016	0.002
P valor ( $\beta_1$ )	0.000	0.000
R <sup>2</sup>	69.3%	68.1%
F	33.85	27.2
DW	1.82444	1.61472

A Tabela 2 mostra que os coeficientes  $\beta_0$  e  $\beta_1$  definiram um bom ajuste para os modelos, uma vez que os *p valores* foram inferiores a 0.05, ou seja, em 95% dos casos eles serão bons estimadores. Os coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) foram altos,

indicando que os modelos de regressão explicam 69.3% e 68.1% dos dados para o TM/Landsat e CCD/Cbers 2B, respectivamente. Quanto à análise de variância, os valores encontrados para F foram maiores que os respectivos valores tabelados Ft ( $F_{0.05,1,15}=4.54$  e  $F_{0.05,1,13}=4.67$ ).

Na análise de resíduos, os valores do teste de Durbin Watson (DW) obtidos para os dois modelos foram maiores que o *du* tabelado para cada caso, o qual indica que os resíduos não são autocorrelacionados, possibilitando a aprovação do modelo em relação a esse teste. Conforme exposto anteriormente, a primeira etapa na validação dos modelos considerou a geração dos “modelos de validação” parciais com a exclusão aleatória de alguns elementos amostrais. No caso da validação do modelo usando a banda espectral TM-3 do satélite Landsat foram utilizados 17 elementos amostrais, o que possibilitou a geração de 6 modelos de validação, excluindo 3 elementos amostrais por vez, enquanto que para o modelo gerado a partir da banda CCD-3, foram realizadas 5 simulações excluindo-se 3 elementos cada vez.

Os valores medidos (reais) de pigmentos totais para todos os elementos amostrais estão incluídos nos intervalos de predição dos modelos gerados (Tabela 3) e, essa constatação, aliada aos bons resultados obtidos nas análises de variância e de resíduos dos 6 modelos de validação do TM/Landsat e os 5 modelos de validação gerados para o CCD/Cbers 2B, levaram à aceitação dos modelos produzidos com as amostras completas.

**Tabela 3 - Coeficientes dos modelos de validação parciais e intervalos de confiança modelo original relacionando banda 3 x Pigmentos Totais.**

		Limite inferior do $IC_{original}$	Limite superior do $IC_{original}$	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5	Modelo 6
Landsat 5	$\beta_0$	-7.27629	-0.85771	-3.441	-4.635	-4.759	-3.341	-4.249	-3.838
	$\beta_1$	88.31255	190.3875	122.77	145.86	155.4	133.24	141.77	133.44
CBERS 2B	$\beta_0$	-19.6065	-5.66152	-10.918	-14.583	-13.104	-11.640	-12.833	---
	$\beta_1$	0.321256	0.767944	0.4802	0.6103	0.5634	0.5166	0.54929	---

Como se verifica na Tabela 3, os coeficientes  $\beta_0$  e  $\beta_1$  dos modelos utilizados para validação pertencem ao intervalo de confiança dos coeficientes estimados para os modelos originais, de modo que os modelos de regressão utilizando a banda 3 do sensores TM/Landsat e CCD/Cbers 2B foram considerados validados como preditores da variável pigmentos totais na planície de inundação do Alto Rio Paraná. A aplicação dos modelos de regressão anteriores às imagens das bandas 3 correspondentes possibilitou representar a distribuição espacial da concentração de pigmentos totais e a elaboração dos mapas temáticos mostrados nas Figuras 2 e 3. A Figura 2 é o

resultado da aplicação do modelo de regressão gerado a partir de dados pontuais de fator de reflectância de superfície obtidos na banda 3 do TM/Landsat e a Figura 3 resulta a aplicação do modelo em que se empregou os níveis de cinza registrados na banda 3 do CCD.

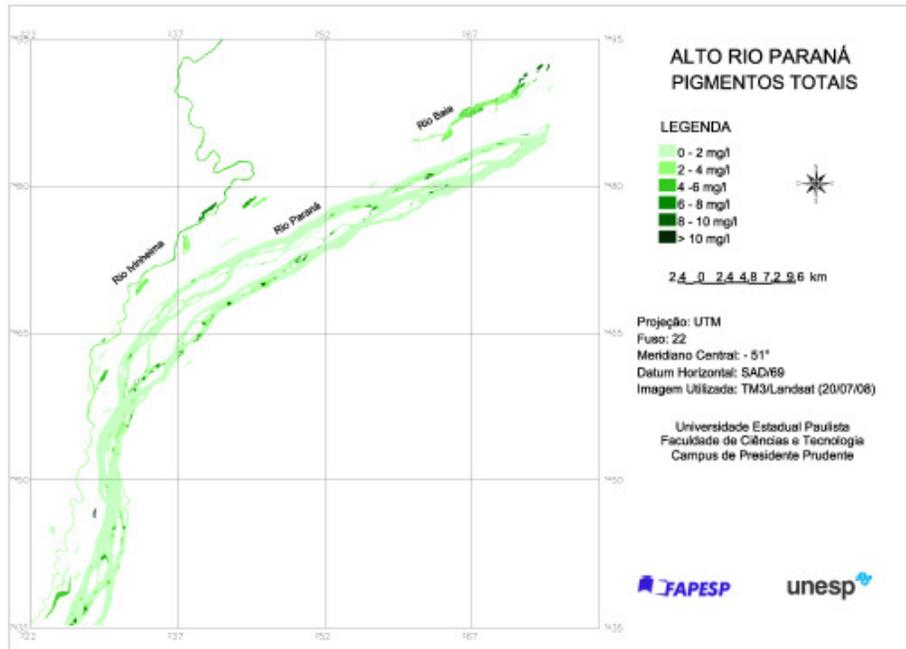


Figura 2 - Distribuição espacial de pigmentos totais inferida a partir de imagem TM/Landsat.

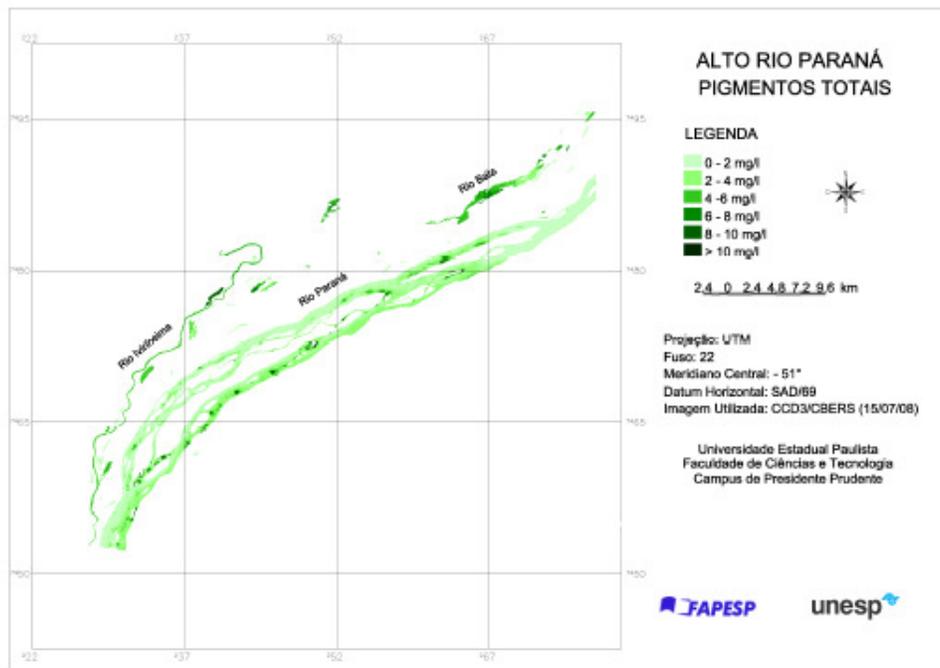


Figura 3 - Distribuição espacial de pigmentos totais inferida a partir de imagem CCD/CBERS 2B.

Percebe-se nas duas representações que as menores concentrações e variabilidade de pigmentos totais (medida indireta de clorofila *a*) ocorreram ao longo do rio Paraná, algo que também foi constatado por Rocha e Thomaz (2004), os quais registraram valores homogêneos e menores de clorofila *a* no rio Paraná. De modo geral, as maiores concentrações de pigmentos totais estão nos rios Ivinheima e Baía e nas lagoas conectadas a esses ambientes. Nas representações geradas para os dois tipos de imagem o ambiente com valor máximo na concentração de pigmentos totais foi a lagoa Finado Raimundo, conectada ao rio Ivinheima.

Apesar de haver certa coerência entre as representações geradas pelos dois sistemas sensores, verifica-se que com a utilização da imagem CCD/Cbers 2B os ambientes foram enquadrados em classes temáticas de concentração de pigmentos totais superiores às classes encontradas para a imagem TM/Landsat. Como exemplo cita-se o rio Paraná que para imagem CCD/Cbers 2B apresentou concentrações de “0 a 2 mg/l” e “2 a 4 mg/l”, enquanto que na cena TM/Landsat foi enquadrado quase totalmente no intervalo “0 a 2 mg/l”. Várias causas podem estar associadas à essa discrepância: a defasagem temporal entre a coleta da água para análise laboratorial (19 a 22/07/2008) e a data de tomada das imagens e entre as próprias imagens TM/Landsat (20/07/2008) e CCD/Cbers (15/07/2008); o fato dos dados TM terem sido submetidos à correção atmosférica e calibração radiométrica, o que não foi possível para as imagens CCD; entre outros.

Deve-se ressaltar, porém, que o fato de se ter trabalhado com os números digitais brutos extraídos da cena CCD/Cbers, não comprometeu a alta correlação obtidas na banda 3, mesmo que tenha sido baixa para as demais bandas (Tabela 1).

### **Considerações finais**

Embora necessária, a correção radiométrica da cena, envolvendo tanto parâmetros de calibração do sensor como a correção atmosférica, não foi possível de ser aplicada à imagem CCD/Cbers 2B, devido principalmente à ausência de um algoritmo de correção atmosférica específico e de parâmetros de calibração do sensor. Sabe-se, a princípio que esse procedimento é imprescindível para a adequada utilização dos dados para geração de modelos empíricos, porém, mesmo a utilização dos valores de brilho brutos extraídos da cena CCD/Cbers 2B forneceu bons resultados na inferência, comprovados pelos testes estatísticos na geração do modelo de regressão e na similaridade, em termos de variações observadas, entre os mapas temáticos gerados a partir de dados dos dois sistemas sensores.

O método empregado para o ajuste e validação dos modelos mostrou-se eficiente na inferência da variável limnológica na área de estudo em questão. Como sugestão para estudos posteriores, recomenda-se a aplicação dos modelos gerados em outras datas confrontando os valores gerados pelo modelo e valores adquiridos em campo, desde que esta verificação seja feita no período de águas baixas, para o qual os modelos do presente estudo foram desenvolvidos. Recomenda-se também que, além de conhecer a distribuição espacial de pigmentos totais, sejam realizados estudos no sentido de conhecer ou inferir a distribuição sazonal de tais componentes.

Enfim, verificou-se a possibilidade de desenvolver um modelo de inferência para estimar a concentração de pigmentos totais por meio de dados de Sensoriamento Remoto de média resolução espectral, neste caso tomados por dois sensores diferentes: TM/Landsat e CCD/Cbers 2B.

### **Referências bibliográficas**

ARRAUT, E. M. et al. Estudo do comportamento espectral da clorofila e dos sólidos em suspensão nas águas do lago grande de Curuai (Pará), na época da seca, através de técnicas de espectroscopia de campo. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12, 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005.

Artigos, p. 2447-2456. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00018-8. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.18.18.48/doc/2447.pdf>>. Acesso em: 28 mai. 2008.

BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento remoto da dinâmica da circulação da água do sistema planície de Curuai/rio Amazonas**. 2005. 258p. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2005.

CESTARI, A. C.; KRUG, T.; NOVO, E. M. L. M. Modelo empírico para a estimativa de concentração da clorofila na zona eufótica em função da concentração de clorofila na superfície. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 8, 1996, Salvador. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1996. Artigos, p. 93- 98. CD-ROM, Online. ISBN 85-17-00014-5. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/1999/01.28.09.11/doc/T75.pdf>>. Acesso em: 20 mai. 2008.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Água: Rios e Reservatórios, variáveis de qualidade da água**. Disponível em <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp>>. Acesso em 07 de outubro de 2008.

COMUNELLO, E. et al. Dinâmica de inundação de áreas sazonalmente alagáveis na planície aluvial do alto rio Paraná: estudo preliminar. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 11, 2003, Belo Horizonte. **Anais...**São José dos Campos: INPE, 2003. Artigos, p. 2459 – 2466. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00017-X. Disponível em: [http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.14.17.20/doc/18\\_208.pdf](http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.14.17.20/doc/18_208.pdf) >. Acesso em: 01 jun. 2008.

DEKKER, A. G. **Detection of optical water quality parameters for eutrophic waters by high resolution remote sensing**. 1993. PhD theses, Free University, Amsterdam. 1993.

GOLTERMAN, H. L. et al. **Methods for Physical and Chemical Analysis of Fresh Waters**. Oxford: Blackwell Scientific, 1978.

ROCHA, R.R. de A. **Limnologia comparativa e preditiva de rios e lagoas da planície de inundação do alto rio Paraná (PR/MS – Brasil)**. 2003. 86 p. Tese (Doutorado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá. 2003.

ROCHA, R. R. A.; THOMAZ, S. M. Variação temporal de fatores limnológicos em ambientes da planície de inundação do alto rio Paraná (PR/MS – Brasil). **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá, v 26, n 3, p. 261-271, 2004.

SAMIZAVA, T. M. et al. Proposta de delineamento amostral para levantamento de medidas de variáveis limnológicas e de dados espectrorradiométricos em planície de inundação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO, II, 2008, Recife. **Anais...**

ZULLO JR., J. **Correção atmosférica de imagens de satélite e aplicações**. 1994. 204p. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 1994.

### **3. Processos Sedimentológicos no Sistema Fluvial**

#### **3.1. Dinâmica sedimentológica nos canais da planície fluvial do alto rio Paraná**

##### **Introdução**

As bacias hidrográficas vem sofrendo constantes agressões e como conseqüência, os desequilíbrios em suas encostas trazem graves conseqüências aos canais fluviais. De acordo com Christofolletti (1980), todos os acontecimentos que ocorrem na bacia de drenagem repercutem, direta ou indiretamente, nos rios. As condições climáticas, a cobertura vegetal e a litologia são fatores que controlam a morfogênese das vertentes e, por sua vez, o tipo de carga detrítica a ser fornecida aos rios. Sabe-se que os processos de erosão e sedimentação numa bacia hidrográfica podem trazer muitos problemas, na área agrícola a erosão remove a camada superficial do solo, reduzindo a produtividade, o sedimento é transportado para os corpos d'água, prejudicando a qualidade das águas superficiais, além de servir como veículos de outros poluentes, que são absorvidos a estes materiais. Assim, quando a capacidade de transporte dos corpos receptores torna-se insuficiente, tais sedimentos são depositados em canais de irrigação, rios, estuários, reservatórios, portos, reduzindo a capacidade das estruturas hidráulicas. Diante do exposto, as análises sedimentológicas se mostram como um importante instrumento para tecer a tendência e a evolução do transporte de sedimentos presentes no leito dos rios.

De acordo com Suguio (1973), utiliza-se o termo granulometria como referência a mediada de diâmetro dos grãos, e as finalidades das análises granulométricas variam de acordo com o campo da atividade no qual elas estão empregadas.

A análise granulométrica de partículas sólidas compreende a determinação do tamanho das mesmas, bem como da freqüência com que ocorrem em uma determinada classe ou faixa de tamanho. A presença de sedimentos nos cursos d'água é conseqüência dos processos erosivos ocorridos nas suas bacias de drenagem, processos estes intensificados pela expansão de atividades agrícolas. A elevada concentração de sedimentos nos rios pode comprometer ou restringir o uso da água. Projetos de barragens, captações e estações de tratamento de água, por exemplo, são diretamente influenciados pela presença de sedimentos na fonte hídrica, bem como os organismos aquáticos e aqueles que consomem a água em seu estado bruto, diretamente do rio.

O transporte de sedimentos pela água é regido pela relação entre a capacidade de carregamento do escoamento e a força necessária para deslocar as partículas sólidas disponíveis em seu curso. As partículas mais finas e leves, como as argilas e siltes, precisam de menos energia que as partículas de areia para serem carregadas. Escoamentos muito velozes e turbulentos possuem grande capacidade de carregamento de sedimentos, sendo pouco seletivos, ou seja, deslocam sedimentos finos e grossos. À medida que a velocidade do escoamento diminui, o transporte de sedimentos se torna mais seletivo; assim, os processos de erosão, transporte e deposição de sedimentos são dependentes da granulometria do material particulado presente na bacia.

### **Objetivo**

Este trabalho tem como objetivos gerais a caracterização espacial e sazonal da concentração de sedimentos em suspensão e da distribuição granulométrica no leito em dez seções transversais distribuídas nos canais da Planície Fluvial do Alto Rio Paraná, através de quatro amostragens com periodicidade sazonal. Especificamente, Caracterizar o padrão de distribuição granulométrica dos materiais do leito; Avaliar a concentração de sedimentos em suspensão; Obter as medidas de largura e profundidade das seções transversais em análise; Medir as velocidades de fluxo e vazão nos pontos de amostragem sedimentológica; Correlacionar os dados sedimentológicos com as medidas de velocidade de fluxo, vazão, chuvas e ventos.

### **Área de estudo**

A área de estudos está localizada num trecho do alto rio Paraná, nas divisas entre o estado do Paraná e Mato Grosso do Sul, mais precisamente, abrangendo uma área entre a foz do rio Paranapanema e a foz do rio Ivinheima. Nesta área está inserido o Parque Estadual das Várzeas do Rio Ivinheima, do governo de Mato Grosso do Sul e constitui ainda uma Área de Proteção Ambiental (APA). Esta área constitui-se num extenso sistema inundável, considerando a presença do rio Paraná, da planície fluvial, e cortando a mesma os rios Baía, baixo Ivinheima e canal Corutuba/Araçatuba, além de inúmeras lagoas perenes e temporárias.

Segundo Christofolletti (1981), planície de inundação é uma faixa do vale fluvial composta por sedimentos aluviais, bordejando o curso d'água e periodicamente inunda por águas transbordadas, provenientes do rio. Possui configuração topográfica específica, com formas de relevo e depósito sedimentar relacionados com as águas fluviais, na fase fluvial e na fase de transbordamento.

A Planície do Rio Paraná, nesta região, está inserida em um trecho do Alto rio Paraná, na região Sudeste do Mato Grosso do Sul, divisa com o Paraná, nas proximidades de Porto Rico-PR, cuja drenagem envolve também o rio Baía, o canal Corutuba e o baixo curso do rio Ivinheima.

O substrato regional é composto por arenitos da Formação Caiuá (K) e por sedimentos Cenozóicos associados ao rio Paraná e afluentes. O relevo regional é caracterizado por uma paisagem ondulada e alta, típicas do “Planalto Central da Bacia do Paraná”, e por áreas planas da “Planície do rio Paraná” (IBGE (1990)). A margem direita do sistema constitui-se de uma extensa planície aluvial, que varia de 4 a 10 km de largura na região.

A montante de Guaíra-PR, os afluentes da margem direita possuem suas nascentes nas serras de Maracajú e Araras. Na margem esquerda, os principais afluentes têm suas nascentes nas serras do Mar e da Mantiqueira. Até a área de estudos, o rio Paraná drena pouco mais de 670.000 km<sup>2</sup>.

A descarga média na estação fluviométrica de Porto São José (DNAEE), estação que fica dentro da área de estudos, foi de 8.908 m<sup>3</sup>/s entre o período de 1964 e 1994 (Rocha & Souza Filho, 1996). Seu período de maior descarga se estende de janeiro a março, coincidindo com a estação chuvosa na sua bacia Superior. A cheia de maior magnitude teve a vazão de 33.740 m<sup>3</sup>/s em fevereiro de 1983.

A descarga sólida é de 30 x 10<sup>6</sup> ton/ano para a carga total, sendo 27 x 10<sup>6</sup> ton/ano para a carga suspensa e 3 x 10<sup>6</sup> ton/ano para a carga de fundo (ITAIPU BINACIONAL, 1990). A montante de Guaíra-PR, o rio Paraná é constituído por inúmeros barramentos artificiais, sendo que até 1994, se encontravam em funcionamento 26 grandes barragens com represamento superior a 500 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> de água acumulada cada uma (Rocha et al, 1994).

Na estação fluviométrica de Ivinheima-MS, no rio Ivinheima, principal afluente da margem direita do rio Paraná nesse trecho, os dados hidrológicos revelaram uma vazão média de 287 m<sup>3</sup>/s entre 1992 e 1994 (Rocha & Souza Filho, 1996), sendo que a maior descarga ocorreu na cheia de 1993, atingindo 795 m<sup>3</sup>/s, conforme dados da estação fluviométrica de Ivinheima.

O clima na região é Tropical sub-quente, com um a dois meses secos, com temperatura média anual de 20<sup>0</sup> C, e precipitações maiores que 1.500 mm/ano (IBGE, 1990).

A região caracteriza-se por apresentar um grande número de lagoas que durante as cheias se interconectam com os canais ativos da planície ( canal Curutuba e os rios Baía e Ivinheima), deixando assim de ser ambientes lênticos e tornando-se semi-lênticos, processo que apresenta considerável importância no que diz respeito ao

processo reprodutivo dos seres aquáticos, uma vez que esta é uma área de reprodução.

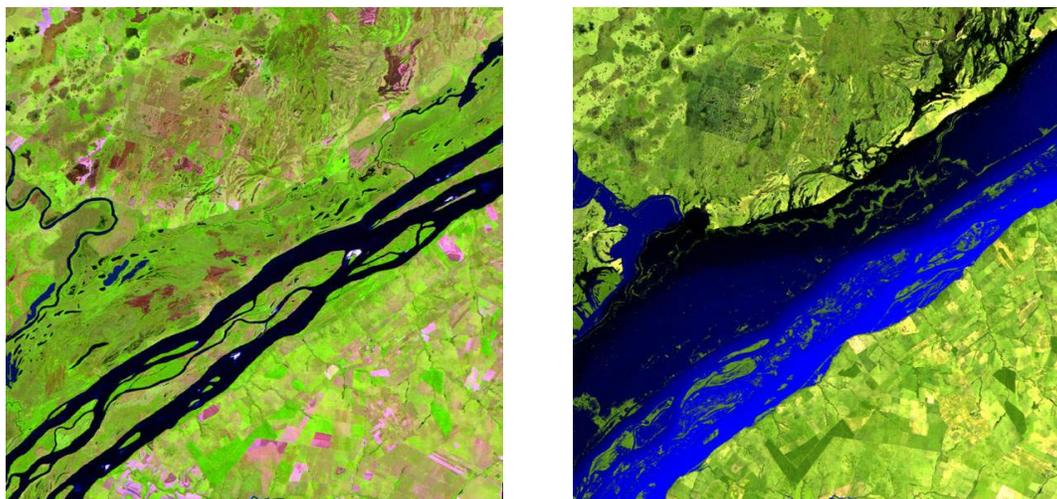


Figura 1. **A:** período de vazante; **B:** evento de chia com transbordamento – recorrência Fonte: Rocha (2002).

### **Metodologia**

Conforme recomendação de Suguio (1973) utilizou-se para as amostragens de campo, a coleta de sedimento de fundo através de um amostrador de mandíbula do tipo Van-Veenn, com auxílio de um barco, as amostras do material de fundo passaram pelo processo de secagem, durante alguns dias até que não houvesse nenhum tipo de umidade no material. Após esta etapa as amostras foram divididas em quatro partes, através do processo de quarteamento. Tal método é simples para obtenção de amostras pequenas, representativa da amostra toda, consiste basicamente em dividi-la e amostrar em quatro partes com a mão. Tal processo é utilizado pois geralmente as amostras coletadas em campo possuem mais materiais do que o necessário para as análises de laboratório normais. Sedimentos inconsolidados podem ser selecionados durante o transporte ou durante a transferência para outro recipiente, dessa maneira, os minerais pesados e os fragmentados maiores das amostras podem ficar concentrados na parte inferior do recipiente, então, quando parte dessa amostra é retirada, ela não está representativa da amostra (SUGUIO, 1973).

O material coletado passou por uma análise granulométrica por peneiramento a seco, com auxílio de um jogo de peneiras na escala wenthworth e agitador, utilizou-se a quantia de 150 gramas da amostra a seco, com exceção da amostragem feita em setembro de 2007, na seção 3 que devido a baixa quantidade de material encontrada na seção utilizou-se 32 g. Tais matérias foram peneirados por 10 minutos.

Em seguida, os dados granulométricos passaram por uma pesagem em uma balança semi-analítica, e por avaliações estáticas através dos softwares Excel. As amostras dos sedimentos de fundo foram classificadas observando os seguintes critérios:

Tabela 1– granulometria média

Peneira (mm)	Material reconhecido
2.000	Grânulos
1.000	Areia muito grossa
0.500	Areias grossa
0.250	Areia média
0.125	Areia fina
0.062	Areia muito fina
<0.062	Silte + argila

Conforme metodologia aplicada por Rocha (2002) as amostras de água para a avaliação dos sedimentos em suspensão foram coletadas com uma garrafa do tipo Van-Dorn e com auxílio de um barco. Após a coleta o material passou pelo processo de filtragem com bomba a vácuo, onde foram utilizados filtros de fibra de vidro acoplados a um suporte para alíquotas de 250 ml de amostras de água, posteriormente as concentrações de materiais em suspensão foram obtidas por diferença entre os pesos dos filtros, antes e após a filtragem, dividido pelo volume analisado (250ml), após a obtenção dos valores da concentração, a carga suspensa foi tratada estatisticamente através do software Excel.

Foram realizadas 4 amostragens de campo, sendo elas: setembro de 2007, novembro de 2007, janeiro de 2008, e maio de 2008. Em cada uma dessas amostras eram feitas análises em dez seções, distribuídas entre os canais secundários da planície (figura 2). Deve-se ressaltar que todas as seções estão em ambientes que apresenta certo grau de encaixamento e fazem parte de um sistema estável.

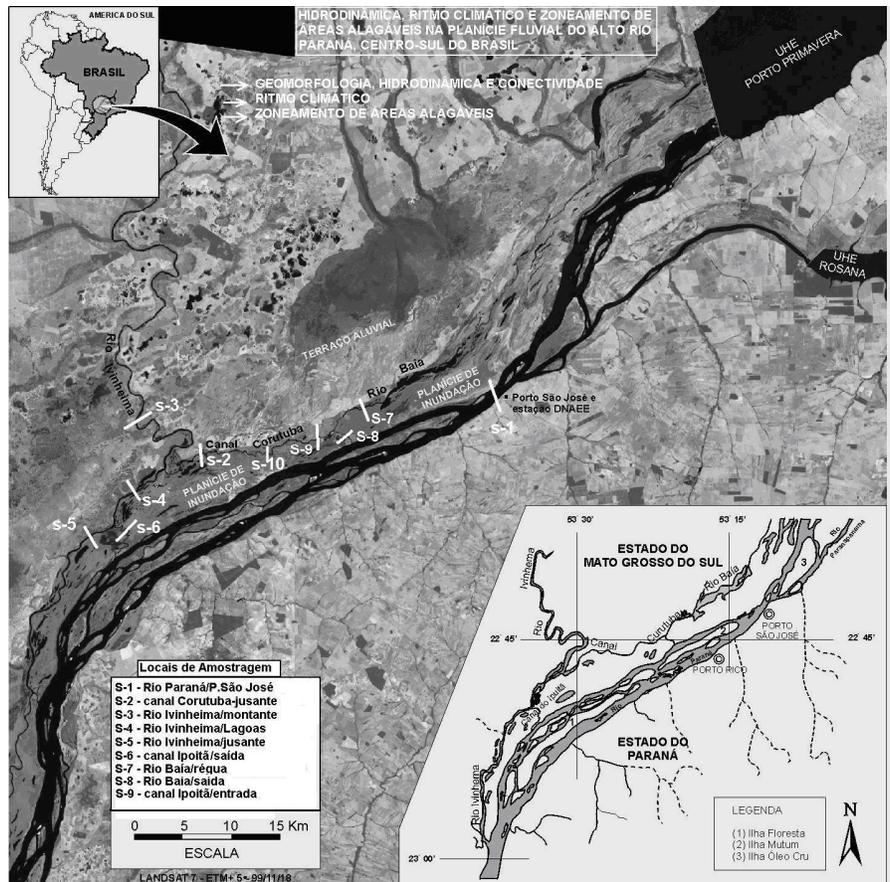


Figura 2. Localização das seções de amostragem na planície fluvial do alto rio Paraná

As velocidades de fluxo foram obtidas a partir de medidas diretas nas seções de estudo no canal, com auxílio do aparelho “fluviometro”, as amostras foram realizadas nos meses de setembro, novembro e janeiro, contudo os dados do último trabalho de campo ainda não foram processados completamente. Os dados hidrológicos de nível de água foram obtidos através das estações fluviométricas de Porto São José-PR e Ivinheima-MS, localizadas nos Rios Paraná e Ivinheima. As medidas de vazão foram obtidas pela equação  $Q=A \times V$ , onde  $Q$  é a vazão,  $A$  a área da seção e  $V$  a velocidade média do fluxo. As profundidades foram tomadas ao longo da seção, com auxílio de régua rígida metálica graduada.

### Resultados e discussão

Analisando os resultados obtidos, pode-se observar na figura 3, que a granulometria média dos materiais de fundo é de areia fina e média. Pode-se observar ainda que nas seções 2, 3, 4, 5, 9 e 10 o diâmetro médio do material em transporte no canal, sofre pouca variação, oscilando entre areia fina e areia média, situação que não

se verifica nas seções 1 e 6, está situação que ocorre na seção 1 pode ser é decorrente pois nesse local os sedimentos de fundo não estão em movimento, pois há predominância de grânulos, ou seja, com diâmetro de 2 mm, somente na amostragem de setembro de 2007 verificou-se a presença de areia média.

A situação da seção 2 pode-se verificar 3 períodos distintos, um com maior eficiência de fluxo e outros 2 com maior distribuição das partículas, na seção 3, 4 e 5 verifica-se 2 padrões de fluxo, o que é provocado de variação do fluxo, na seção 6 há uma distribuição uniforme das partículas, é importante ressaltar que nas seções 7 e 8, não houve amostragens em nenhum dos meses analisados, é importante observar que nas referidas seções há presença de mexilhões dourados, tal situação se explica pois o material de fundo é constituído basicamente por cascalhos e seixos, fato que favorece a proliferação de mexilhões dourados, visto que estes precisam de um substrato para fixarem-se. Na seção 9 foi obtidas amostra dos materiais apenas em 2 dos 4 meses analisados. Na seção 10 verifica-se um uniformidade da distribuição, graças ao um fluxo padrão.

Os valores de sedimentos em suspensão (SST) vêm ilustrados no tabela 2, onde apresentam variação de 3,5 a 49,8 mg/L, é importante ressaltar que houveram várias seções com alta concentração de SST, sendo elas, 2,3,4,5 e 7, as demais seções apresentaram concentração inferiores a 20 mg/L, sendo que a concentração média do material em suspensão e todas as seções analisadas é de 21,6 mg/L. Para efeito comparativo a média do mesmo material obtida por Rocha (2002) foi de 12,5 mg/L; tal variação possivelmente esta relacionada com alterações no fluxo do rio Paraná, promovido pelo controle de débitos efetuados por barramentos a montante. É importante salientar que a média no rio Paraná foi a menor entre as seções avaliadas, com 5,64 mg/L. Por outro lado, as seções do rio Ivinheima foram as que apresentaram maiores concentrações, na casa dos 30 mg/L.

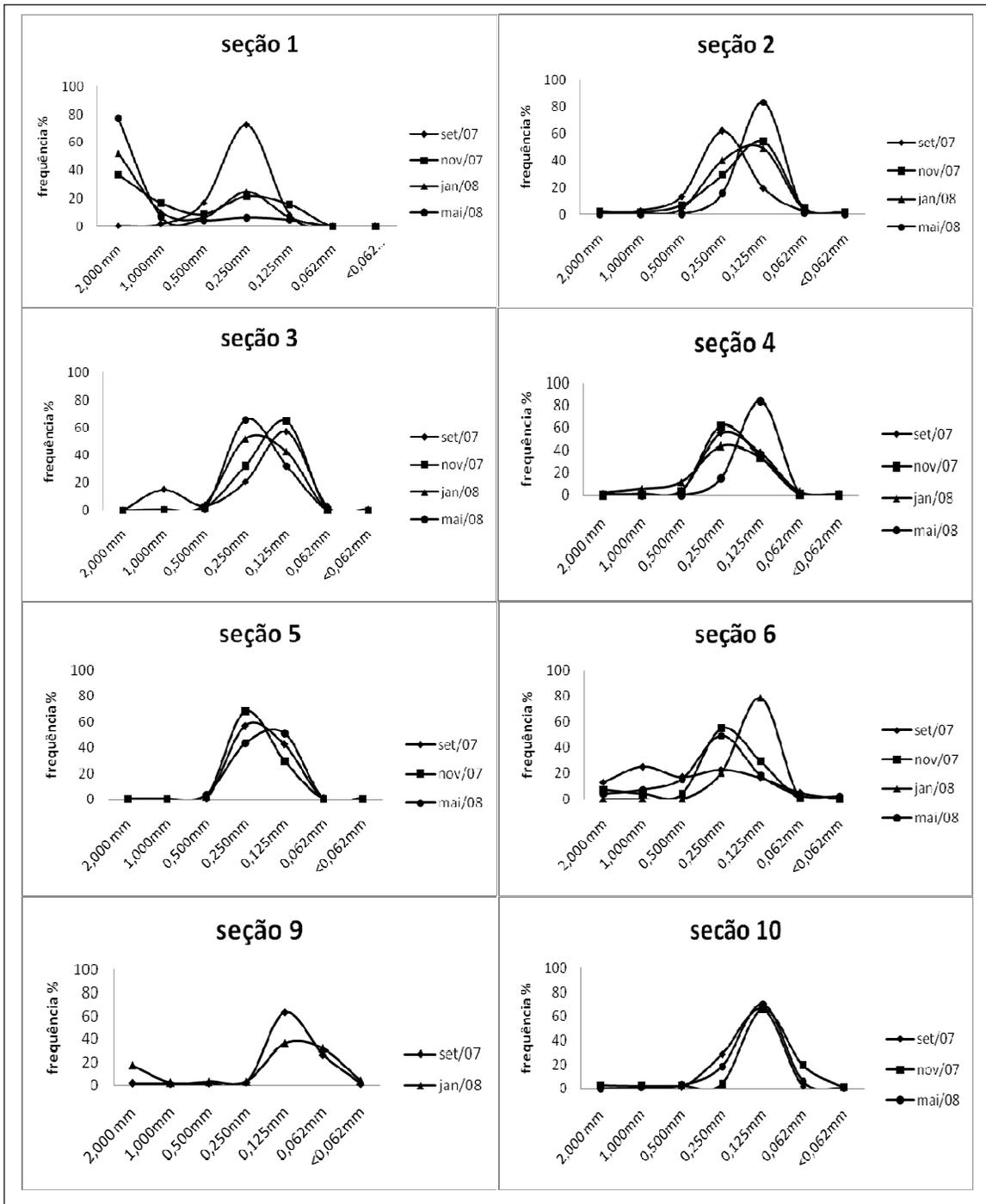


Figura 3. Curvas de frequência de carga sedimentar do leito

Tabela 2 – concentração dos sedimentos em suspensão (SST) em (mg/L)

	S 1	S 2	S 3	S 4	S 5	S 6	S 7	S 8	S 9	S 10
set/07	10,3	9,5	12,0	13,8	8,6	9,0	4,0	5,5	9,0	7,6
nov/07	5,5	35,3	37,8	33,3	54,0	10,5	33,3	15,8	12,3	10,5
jan/08	3,25	48,25	52,5	38,0	38,0	9,25	42,5	6,75	42,75	15,0
mai/08	3,5	12,5	34,3	49,8	34,5	24,3	13,8	10,8	20,8	25,0
Média	5,64	25,64	33,65	33,73	33,78	13,26	23,40	9,71	21,21	14,53

Os baixos valores de sedimentos em suspensão evidenciam que o rio Paraná deve estar sofrendo diminuição de sua carga devido aos represamentos a montante (Porto Primavera e Rosana). Assim, durante um transbordamento para a várzea, há pouca contribuição sedimentar. Já o rio Ivinheima mantém a contribuição para a planície, em processos de inundação por suas águas.

Observando a figura acima, figura 4, nota-se que na seção 1 a quantidade de SST tem relação direta com a velocidade de fluxos, na referida seção foi encontrado as maiores velocidade de fluxo e as menores concentrações de SST. Na seção 2 ocorre comportamento inverso, ou seja, quanto maior a velocidade de fluxo, menor a concentração de SST,

Nas seções 3,4,6,7,8,9 e 10 não é possível estabelecer relações entre a velocidade de fluxo e os sólidos suspensos totais, visto que ora as relações são direta ora são inversa, a provável causa dessas variações pode ser a influência das chuvas, e dos ambientes ao redor dos canais. Assim como a seção 2, a seção 5 apresenta relação inversa entre as duas variáveis, é importante destacar o fato que a seção 8 no mês de novembro apresentou velocidade de fluxo igual a zero, contudo nesse mesmo mês verificou-se a maior concentração de sedimentos em suspensão da seção, a provável explicação para esse fato é a elevação do nível do rio Paraná com isso houve um “afogamento”, com isso as águas se movimentam apenas verticalmente, provocando a suspensão das partículas do fundo.

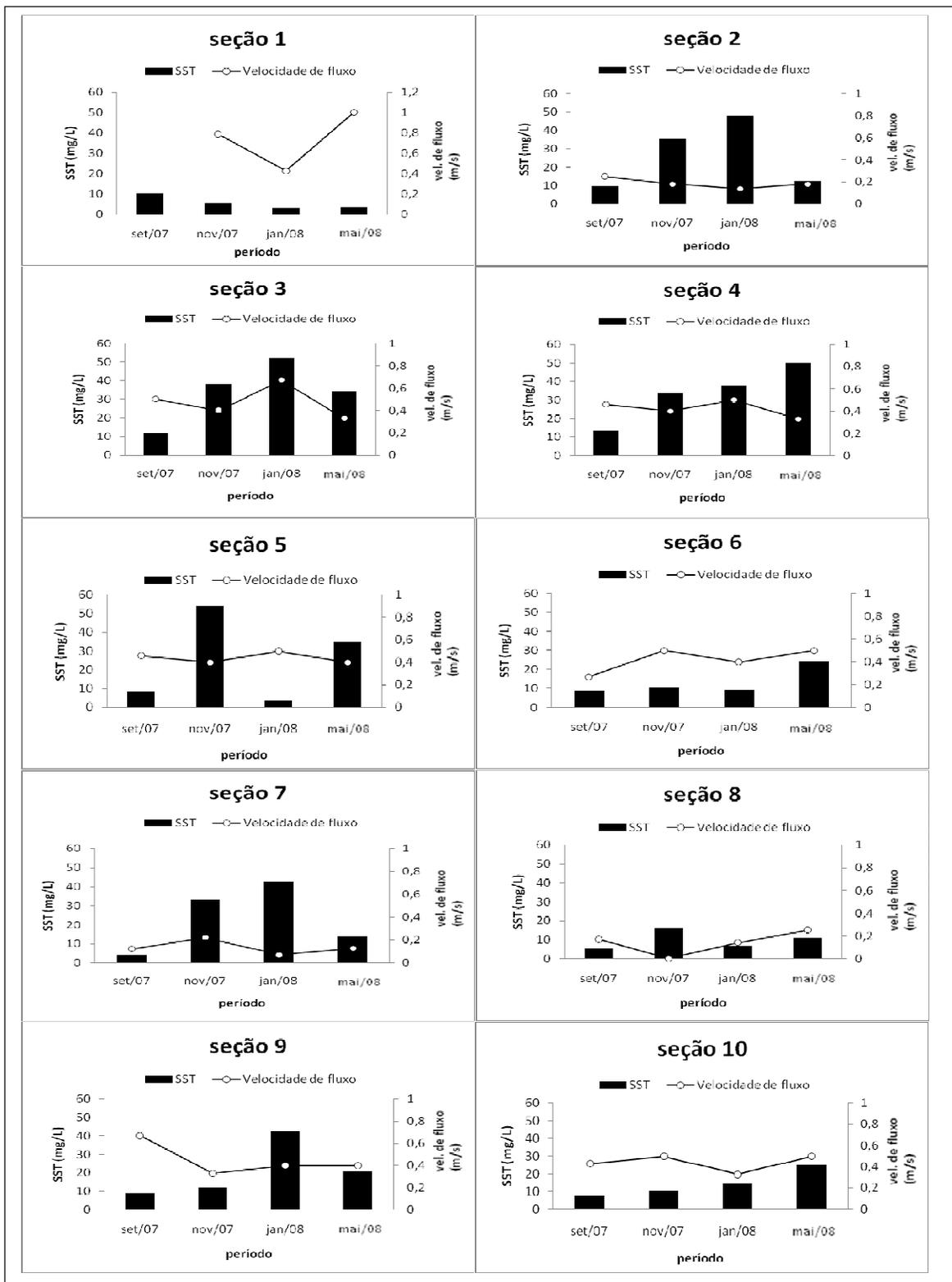


Figura 4 – Sólidos Suspensos Totais (SST) e Velocidade de Fluxo

As vazões médias vêm discriminadas na tabela abaixo tabela 3, sabe-se que a vazão é determinada pela equação  $Q: L.P.V$ , onde  $Q$ : vazão;  $L$ : largura do canal;  $P$ : profundidade do canal;  $V$ : velocidade de fluxo. Quanto aos resultados há um fato que deve ser analisado com atenção especial, na seção 8 no mês de novembro de 2007 a vazão foi 0 (zero), isso se deve ao fato da velocidade de fluxo nesse local ser 0 (zero). Em determinadas situações nos canais secundários a velocidade de fluxo pode ser negativa, ou seja, quando há inversão no sentido da corrente, tal situação é regida pela variação do nível do canal principal.

Tabela 3 – vazão média nas seções analisadas (m<sup>3</sup>/s)

	S 1	S 2	S 3	S 4	S 5	S 6	S 7	S 8	S 9	S 10
set/07		24,98	270,9	399,1	398,27	21,53	15,12	32,15	32,57	39,03
nov/07		16,75	208,1	290,88	307,44	39,63	23,1	0	28	33,6
jan/08	3271	17,64	492,1	450	453,6	33,8	8,23	24,08	22,36	26,83
mai/08	2772	19,764	243,5	259,98	326,88	48,13	16,75	52,5	36,75	44,1

As profundidades das seções vêm descritas na tabela abaixo tabela 4. Sabe-se que a profundidade no canal principal (seção 1, rio Paraná) é sempre maior, sendo que profundidade média do talvegue chega a 13 m, e a correnteza dificulta a tomada de dados de profundidade em detalhe; contudo há pontos com profundidades menores. Nos canais secundários os valores são mais baixos. No sistema anastomosado situado na planície fluvial (rio Baía, canal Corutuba, baixo rio Ivinheima e canal Ipoitã), a profundidade dos canais varia de 2 a 6 metros.

Tabela 4 – profundidade das seções analisadas (m)

	S 1	S 2	S 3	S 4	S 5	S 6	S 7	S 8	S 9	S 10
set/07		3,33	3,01	4,82	4,81	3,19	2,52	3,79	2,54	3,03
nov/07		3,11	2,89	4,04	4,27	3,17	2,1	2,85	2,48	2,24
jan/08		4,2	4,08	5	5,04	3,38	2,35	3,44	2,7	2,71
mai/08		3,66	4,1	4,36	4,54	3,85	2,68	4,2	2,99	2,94

As velocidades de fluxo das seções estão contidas na tabela 5, é possível perceber de maneira geral que a seção 1 (rio Paraná) apresentou as maiores velocidades. Segundo Rocha (2002) no sistema anastomosado situado na planície, a velocidade de fluxo pode atingir até 0,9 m/s. Entretanto esta variável depende da relação entre o nível da água do rio Paraná e o nível da água nesses canais, e dependendo da circunstância a velocidade de fluxo pode ser igual a zero, ou mesmo pode haver inversão no sentido da corrente

Tabela 5 – velocidade de fluxo nas seções analisadas (m/s)

	S 1	S 2	S 3	S 4	S 5	S 6	S 7	S 8	S 9	S 10
set/07		0,25	0,5	0,46	0,46	0,27	0,12	0,17	0,67	0,43
nov/07	0,79	0,18	0,4	0,4	0,4	0,5	0,22	0	0,33	0,5
jan/08	0,43	0,14	0,67	0,5	0,5	0,4	0,07	0,14	0,4	0,33
mai/08	1	0,18	0,33	0,33	0,4	0,5	0,125	0,25	0,4	0,5
Média	0,74	0,17	0,47	0,41	0,43	0,47	0,14	0,13	0,38	0,44

Os agrupamentos podem mostrar variações nas variáveis por características espaciais ou sazonais (figura 5). O agrupamento da esquerda mostra comportamento sazonal, pois a maioria das seções incluídas correspondem às amostragens de janeiro/2008. Além disso, mostra também influências espaciais, e podem ser identificados predominantemente as seções no setor rio Ivinheima. O agrupamento central apresenta apenas 3 seções, referentes à amostragem de maio/2008, evidenciando características temporais. O Agrupamento da direita apresenta seções dos diferentes ambientes que compõem a área de estudos e também mostra diferentes períodos amostrais. Há neste agrupamento uma maior heterogeneidade espaço-temporal.

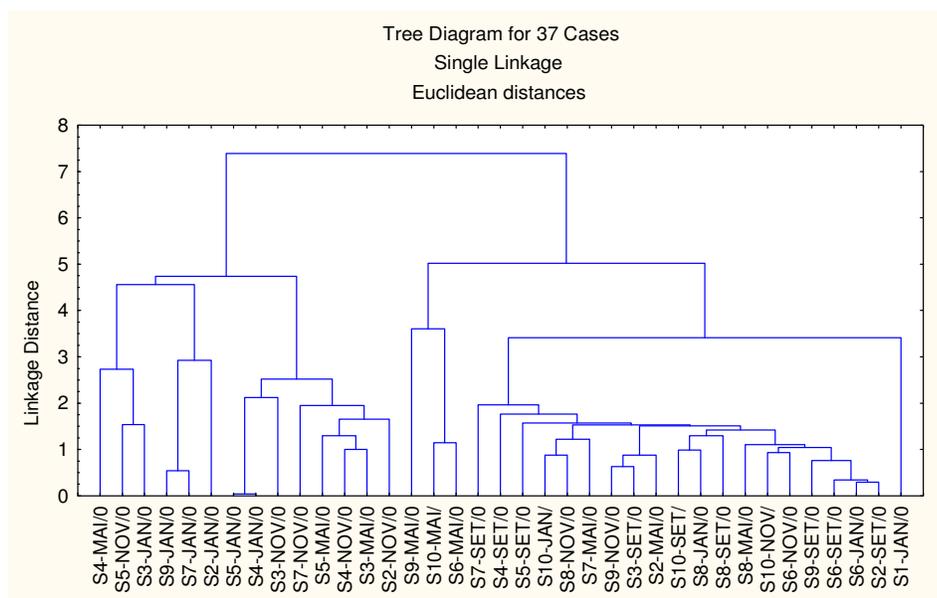


figura 5. Análise de agrupamento entre as seções de estudos, baseada nas variáveis sedimentos em suspensão, velocidades de fluxo e profundidade.

Com relação á influência das variáveis sobre os agrupamentos definidos, o gráfico da figura 6 mostra que a variável que responde pelos diferentes agrupamentos

são os sedimentos em suspensão, evidenciando que não houve interferência das demais variáveis na definição dos agrupamentos.

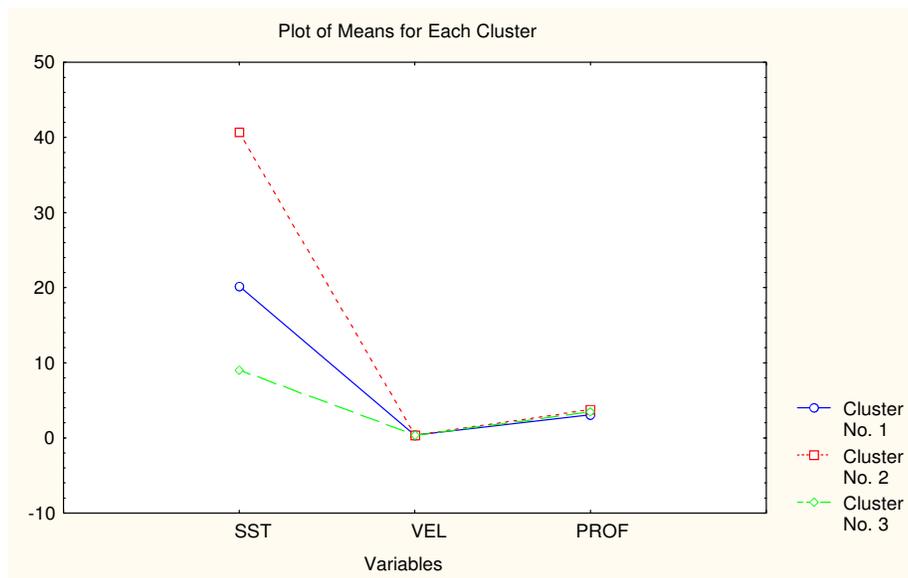


Figura 6. Comportamento das variáveis condicionantes dos agrupamentos maiores.

### Considerações finais

Sabe-se que atualmente existem diversas pesquisas sendo desenvolvida nessa área, as quais têm proporcionado um avanço no entendimento físico e biótico do ecossistema local, contudo muitas dúvidas ainda permanecem acerca dos processos de desencadeamento pela ação do fluxo no canal. O entendimento das relações entre os materiais em transporte pode auxiliar na determinação de áreas e processos de deposição, servindo também como indicadores de transformação no sistema fluvial, atuando como importante parâmetro para avaliação de mudanças ocorridas no uso e ocupação do solo nas áreas de montante.

A quantidade de materiais em suspensão teve como média 21,6 mg/L. Contudo há de se destacar os baixos valores para o rio Paraná, devido provavelmente ao efeito de decantação dos reservatórios. Tal fato pode ser importante na avaliação da contribuição para os processos morfogenéticos no trecho a jusante do canal principal e do ponto de vista do ecossistema aquático, em relação aos estágios sucessionais dos corpos hídricos dentro da planície fluvial.

A granulometria média dos materiais de fundo foi de areia fina a média. Tais calibres predominam no sistema do rio Paraná também, e tratam-se de sedimentos remobilizados presentes no leito dos rios, predominantemente.

### Referências

- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo-SP, ed. EdgardBlücher. 1981
- QUEIROZ, F. L. L. et al. **Caracterização dos materiais de fundo no Baixo Rio Ivinheima/Planície Fluvial do Alto Rio Paraná**. In: V SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA E I ENCONTRO SUL-AMERICANO DE GEOMORFOLOGIA 2004, Santa Maria-RS, anais... Santa Maria-RS: 2004. CD-ROM
- ROCHA, P.C. & SOUZA FILHO, E.E., 1996. **Erosão Marginal em Canais Associados ao Rio Paraná, na Região de Porto Rico-PR**. Boletim Paranaense de Geociências, n. 44. ed. UFPR. Curitiba-PR.
- ROCHA, P.C. 2002. **Dinâmica dos canais no sistema rio-planície fluvial do alto rio Paraná, nas proximidades de Porto Rico-PR**. Tese de Doutorado – UEM/PEA. Maringá-PR.
- ROCHA, P.C. & SOUZA FILHO, E.E., 2005. **Interações dinâmicas entre os materiais do leito de um canal secundário com o canal principal no trecho multicanal do alto rio Paraná, Brasil**. Revista Brasileira de Geomorfologia, ano 6 n. 1. 19-32 pp.
- SUGUIO, K. **Introdução à sedimentologia**. São Paulo-SP: Edgard Blücher. 1973

#### **4. Análise do ritmo climático durante os períodos de amostragem de campo de dados sedimentológicos e limnológicos**

##### **Introdução**

A Planície Fluvial ou Unidade Rio Paraná constitui uma superfície plana, onde a cobertura vegetal é a principal forma de realce das formas de relevo, uma vez que as áreas altas possuem vegetação arbórea, as médias são cobertas por arbustos, as baixas por campos, e os baixios por formas higrófilas. As partes mais rebaixadas constituem corpos d'água, na forma de canais ativos e lagoas. A superfície da planície fluvial é o resultado da evolução de um sistema anastomosado que esteve ativo antes da implantação do atual padrão de canal. As feições nela existentes são resultantes daquele sistema, embora haja relíquias de outro padrão anterior, além das formas associadas aos canais atuais (Souza Filho, 1993).

As formas originadas pelos canais anastomosados pretéritos são os diques marginais, os canais, os leques de rompimento de diques, e as partes baixas e baixios da bacia de inundação. As feições reliquias de um padrão de canal anterior ao anastomosado são áreas fusiformes, que ocorrem em conjuntos com forma idêntica, em posição paralela ao rio Paraná. As feições associadas ao atual padrão de drenagem são os diversos tipos de barras e as áreas de acumulação associadas aos baixios e lagoas, e a canais abandonados recentemente (Souza Filho & Stevaux, 1997).

A área específica de estudos desta pesquisa corresponde à região Xa (vale dos rios Ivinheima e Pardo até o rio Paraná) de Zavatini (1992). Os totais pluviométricos anuais giram em torno de 1.300 a 1.500 mm, com fortes variações de um ano para outro. Vale destacar que nesta porção as chuvas de primavera são superiores às de verão e que no período outono-inverno os valores ficam ao redor de 400/500 mm. Segundo este autor esta região está sob o controle das correntes extratropicais, com passagens do eixo principal chegando a 50 vezes e domínio de tempo entre 70 e 90 dias. Assim, pressupõe-se que as condições de tempo ocasionadas pelas massas polares influenciam sobremaneira as características ambientais do ecossistema rio-planície fluvial no alto Paraná.

O presente trabalho tem como objetivo, estudar a influência das variações nas condições atmosféricas que antecederam amostragens de campo de variáveis limnológicas em ambientes aquáticos da planície fluvial do Alto Rio Paraná (figura 1), utilizando para os dados climáticos o suporte do conceito de ritmo climático (Monteiro, 1971), assim como o relacionamento entre as variáveis limnológicas, a variabilidade termo-pluviométrica, os sistemas produtores de tempo na escala local e regional e a

influência nos padrões de conectividade entre os ambientes aquáticos do sistema em estudo.

### Análise do ritmo climático e sistemas atmosféricos

Na climatologia atual, existem três conceitos importantes a respeito de processos e dinâmicas complexas: mudança, que envolve a dinâmica planetária e escala de tempo geológica; variabilidade, que envolve variações de elementos climáticos ao longo de uma série temporal histórica (por exemplo 30 anos); e ritmo, em que a análise se dá na ordem das variações diárias dos elementos (Sant'Anna Neto, 2003).

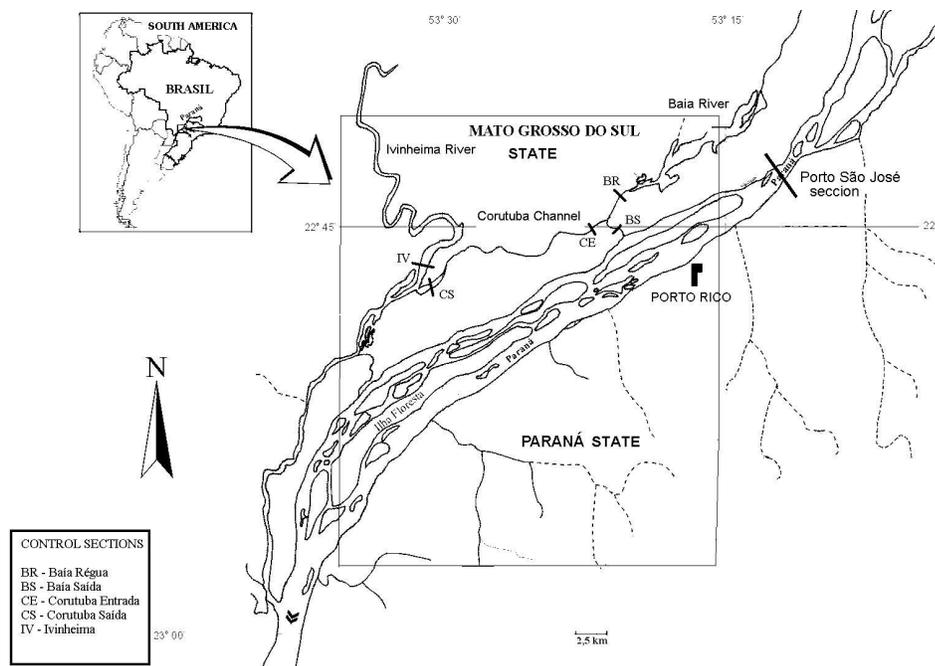


Figura 1. Localização da região de estudo: trecho de montante da planície fluvial do alto rio Paraná. Em detalhe a localização da estação fluviométrica de Porto São José (ANA/BRASIL) e das seções de estudo.

Nesse sentido, pode-se inferir que para as escalas espacial regional e temporal do ciclo hidrológico (variações diárias), os conceitos que podem melhor auxiliar no entendimento funcional da ação do tempo (atmosférico) e dos processos hidrodinâmicos e ecológicos nos sistemas rio-planície de inundação ao longo de um ciclo hidrológico é o da climatologia dinâmica e o de ritmo climático de Monteiro (1971).

Esse procedimento buscou analisar a influência climática sobre uma área de recorte que engloba os estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul e Paraná, no qual se encontra o curso do Alto Rio Paraná, que a partir da cidade de Três Lagoas (MS), apresenta uma ampla superfície alagável que pode chegar a 20km, estendendo-se por cerca de 480 km. Este trecho é importante para este estudo, pois representa o único sobejo livre de barragem de todo o rio Paraná em território brasileiro, excluindo-se a jusante o reservatório de Itaipu, que já está comprometido com o projeto argentino-paraguaio da hidrelétrica de Corpus. Cerca de metade dele, entretanto, está sendo subtraída pelo reservatório da usina hidrelétrica de Porto Primavera.

Caracterizando esta área, segundo o IBGE (1990), o Alto Paraná, tem direção geral norte-sul/sudoeste e corre por regiões de clima tropical-subtropical, com temperaturas médias mensais superiores a 15°C e precipitações superiores a 1.500 mm/ano.

Com estas informações, optou-se por recolher as medições feitas pelas Estações Meteorológicas Automáticas que estão localizadas ao longo do curso do Alto Rio Paraná, destacando-se neste projeto, as medições da Estação de Porto Rico (elevação de 260 m, com latitude de 22° 45' 54" S e longitude de 53° 15' 25" W); da Estação do Rio Baía (com latitude de 22° 30' 00" S e longitude de 53° 06' 00" W); e da Estação do Rio Ivinhema (com latitude de 22° 45' 54" S e longitude de 53° 15' 25" W), mantidas pela Universidade Estadual de Maringá, disponibilizadas no site [www.uem.br/nupelia](http://www.uem.br/nupelia).

Com base nestes dados, o intuito deste estudo se concretizou em uma tentativa de caracterizar a influência da passagem de sistemas atmosféricos, sobre esta área que é um local freqüente de troca e atuação de massas de ar. Sendo assim, baseado nos dados das três Estações Automáticas citadas anteriormente, procurou-se a criação de Gráficos de Análise Rítmica, com o intuito de associar os dados limnológicos recolhidos em campo com os dados climáticos obtidos.

### **Resultados e Discussão**

Para a criação destes Gráficos de Análise Rítmica e procurando ser mais específico ao estudo limnológico, adotou-se a metodologia de analisar os onze dias anteriores a coleta de dados em campo, e quatro dias posteriores a esta ida ao campo. Para destrinchar os melhores horários de coleta, destacou-se os três horários que para a análise limnológica são mais significativos, neste caso às nove horas da manhã, e doze e treze horas da tarde. Para se ter uma noção maior do que se sucedeu nestes horários destacou-se também a média relacionada a eles.

Com os dados recolhidos nas Estações Automáticas pode-se fazer três Gráficos Climáticos de cada campo, sendo estes, dos cinco trabalhos de campos que foram realizados nos seguintes dias: 1º Campo (12/09/2007); 2º Campo (27/11/2007); 3º Campo (29/01/2008); 4º Campo (27/05/2008); 5º Campo (10/09/2008).

Este Gráfico de Análise Rítmica além de englobar as dados comuns de pressão atmosférica (mb), pluviosidade (mm), temperatura (°C), umidade relativa (%), engloba também a radiação solar ( $W/m^2$ ), devido a influência que esta medida tem sobre os dados limnológicos.

Outro recurso que se utilizou para ajudar na caracterização das massas e frentes atuantes neste local, foi às cartas sinóticas recolhidas no site da marinha e imagens do satélite GOES e os boletins do Climanálise recolhidos no site do CPTEC/INPE.

A partir destas ponderações, segue a baixo as reflexões suscitadas com os dados recolhidos e a colaboração eles tiveram para que se concretizasse a feitoria dos Gráficos de Análise Rítmica.

#### **- 1º Campo: 12 de setembro de 2007**

Os Gráficos de Análise Rítmica deste primeiro campo, remetem desde o dia 02 ao dia 16 de setembro de 2007, dando destaque ao dia 12 que foi o dia em que ocorreu a ida e coleta dos dados em campo.

Levando-se em conta as reflexões feitas pelo Boletim Climanálise deste mês, setembro de 2007, destaca-se:

“O início da primavera foi marcado pela entrada de uma intensa massa de ar frio que causou declínio de temperatura na maior parte do Brasil. Por outro lado, durante quase todo o mês de setembro, em particular na primeira quinzena, predominou uma intensa circulação anticlônica na baixa troposfera que contribuiu para a escassez de chuva na maior parte do Brasil, com baixos índices de umidade relativa do ar ocorrendo principalmente na Região Centro-Oeste. Os sistemas frontais que avançaram pelo território brasileiro durante a segunda quinzena não foram suficientes para amenizar o déficit de chuvas.”

Outro fato que deve ser salientado do Boletim Climanálise é que os campos oceânicos e atmosféricos de escala global também estavam sendo influenciados pelo fenômeno La Niña instaurado principalmente sobre o Pacífico Equatorial.

Para este projeto em questão, resolveu-se destacar os acontecimentos climáticos que o Boletim Climanálise faz menção com relação às regiões Sudeste, Centro-Oeste e Sul, pois, estas abrigam em grande parte a nossa área de estudo.

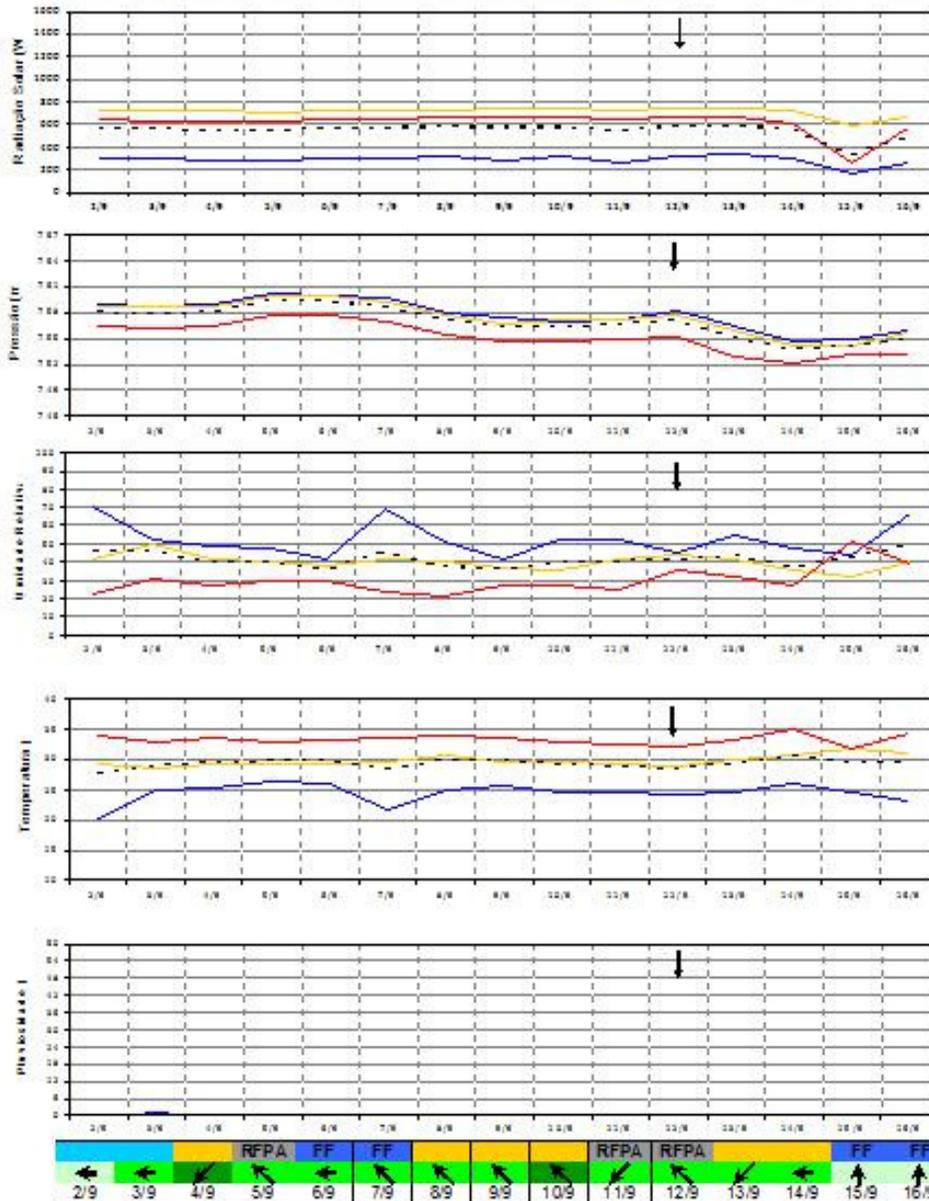
Sendo assim, o Boletim destaca que na região Sudeste ao longo do mês de setembro, houve escassez de chuva e predominância de valores abaixo da média histórica em praticamente toda a região, somente durante a segunda quinzena é que três sistemas frontais conseguiram avançar pelo litoral e apenas a sexta frente fria conseguiu atuar no litoral e interior desta Região.

Para a Região Centro-Oeste o Boletim destaca que uma massa de ar seco associada à circulação anticiclônica sobre a América do Sul continuou afetando os totais pluviométricos mensais e predominaram baixos valores de umidade relativa do ar na região.

Já para a Região Sul, destacou que sete sistemas frontais atuaram durante o mês de setembro, e somente o quarto sistema frontal ocasionou chuva intensa em algumas localidades.

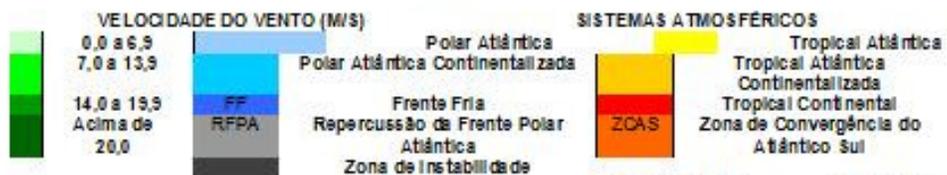
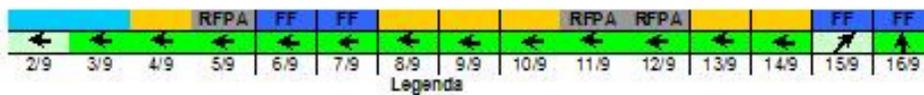
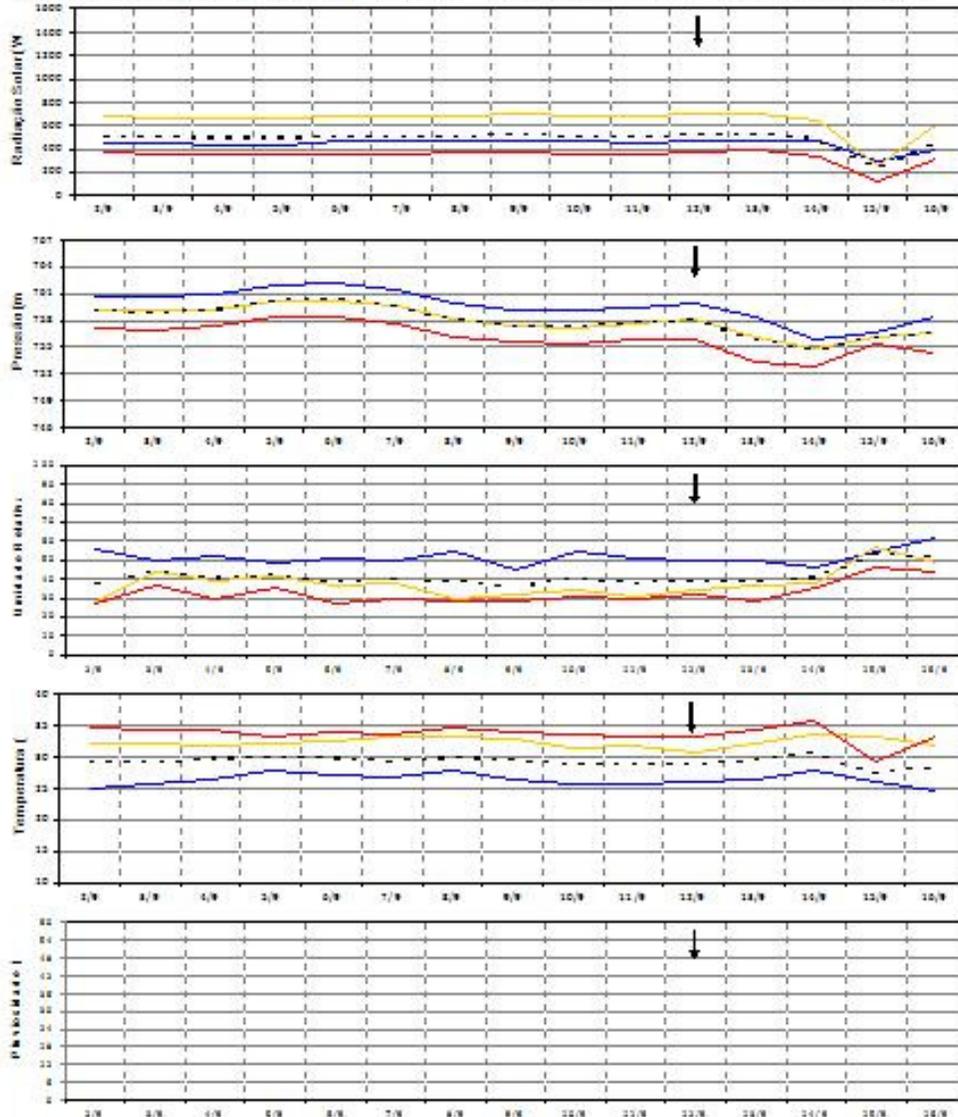
Tendo como base estas informações, segue abaixo os Gráficos de Análise Rítmica da Estação de Porto Rico, do Rio Baía e do Rio Ivinhema:

## Gráfico de Análise Rítmica (1º Campo – Estação Automática de Porto Rico)





## Gráfico de Análise Rítmica (1º Campo – E estação Automática do Rio Ivinhema)



Gabriele Regina Poletti  
 Paulo César Rocha  
 Fonte: Nupella - Peid  
 GAIA - Grupo de Pesquisa Interação na superfície, água e atmosfera

### LEGENDA DOS GRÁFICOS



↓  
 Dia do Campo

### DIREÇÃO DO VENTO



Com base nestes Gráficos e tentando relacionar os dados do Boletim Climanálise com os dados recolhidos pelas Estações, percebe-se que somente no dia 3 de setembro, na Estação de Porto Rico, choveu 0,8mm, o que para a climatologia não é considerado um dia com chuva, pois não choveu igual ou superior ao mínimo de chuva que é 1mm. Esta precipitação deve ter sido ocasionada pela massa Polar Atlântica Continentalizada, que ao deixar o continente, ocasionou esta precipitação rápida.

Destaca-se também, duas entradas de Frente Fria - que podem ser conferidas nas cartas sinótica do Anexo I -, que ao entrarem entre os dias 6 e 7, e os dias 15 e 16 de setembro, trouxeram para a Estação de Porto Rico queda de temperatura abaixo de 25°C, aumentando a pressão atmosférica e a umidade relativa, não influenciando tanto os dados das outras duas Estações. Mesmo com esta passagem, não houve a ocorrência de chuva, o que fez com que a área de estudo ainda sofresse com déficit de chuvas.

Outra massa de ar que atuou nesta quinzena foi a Tropical Atlântica Continentalizada que trouxe consigo um aumento relativo de temperatura entre os dias 8 e 10 e também entre 13 e 14 de setembro, após a atuação das Frentes Frias e de suas repercussões na região.

Com relação a direção do vento, na Estação de Porto Rico foi predominantemente de sudeste, enquanto em Rio Baía e Rio Ivinhema foi de leste. Destaca-se que as maiores velocidades de vento se deu em Rio Baía que velocidade acima de 20 m/s, sendo que em Porto Rico teve velocidades entre 14,0 e 19,9 m/s.

Outro dado que o Boletim analisa e é ponderante para este estudo é os dados hidrológicos das bacias do Brasil, aqui neste caso, remete-se a bacia do Paraná, que neste mês devido as chuvas escassas, todas as estações tiveram suas vazões diminuídas em comparação com agosto passado, somente nas estações de Emborcação, Itumbiara e São Simão (MG), no norte desta bacia, os desvios foram positivos se comparados à MLT (Médias de Longo Termo).

#### **- 2º Campo: 27 de novembro de 2007**

Os Gráficos de Análise Rítmica deste segundo campo, remetem desde o dia 17 de novembro ao dia 01 de dezembro de 2007, sendo a ida ao campo para a coleta de dados realizada no dia 27 de novembro.

Levando-se em conta o Boletim Climanálise deste mês (novembro de 2007), destaca-se as seguintes atuações atmosféricas:

“Durante o mês de novembro, a atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e a incursão de sistemas frontais proporcionaram aumento das chuvas nas Regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil. Destacaram-se as chuvas acima da média principalmente no oeste de Santa Catarina e Paraná, no Mato Grosso do Sul e no oeste do Mato Grosso [...] As massas de ar frio que atuaram na retaguarda dos sistemas frontais causaram queda acentuada de temperatura e ocorrência de episódios de geada na Região Sul.”

Com relação aos campos oceânicos e atmosféricos de escala global, eles ainda evidenciavam a intensificação do fenômeno La Niña sobre o Pacífico Equatorial.

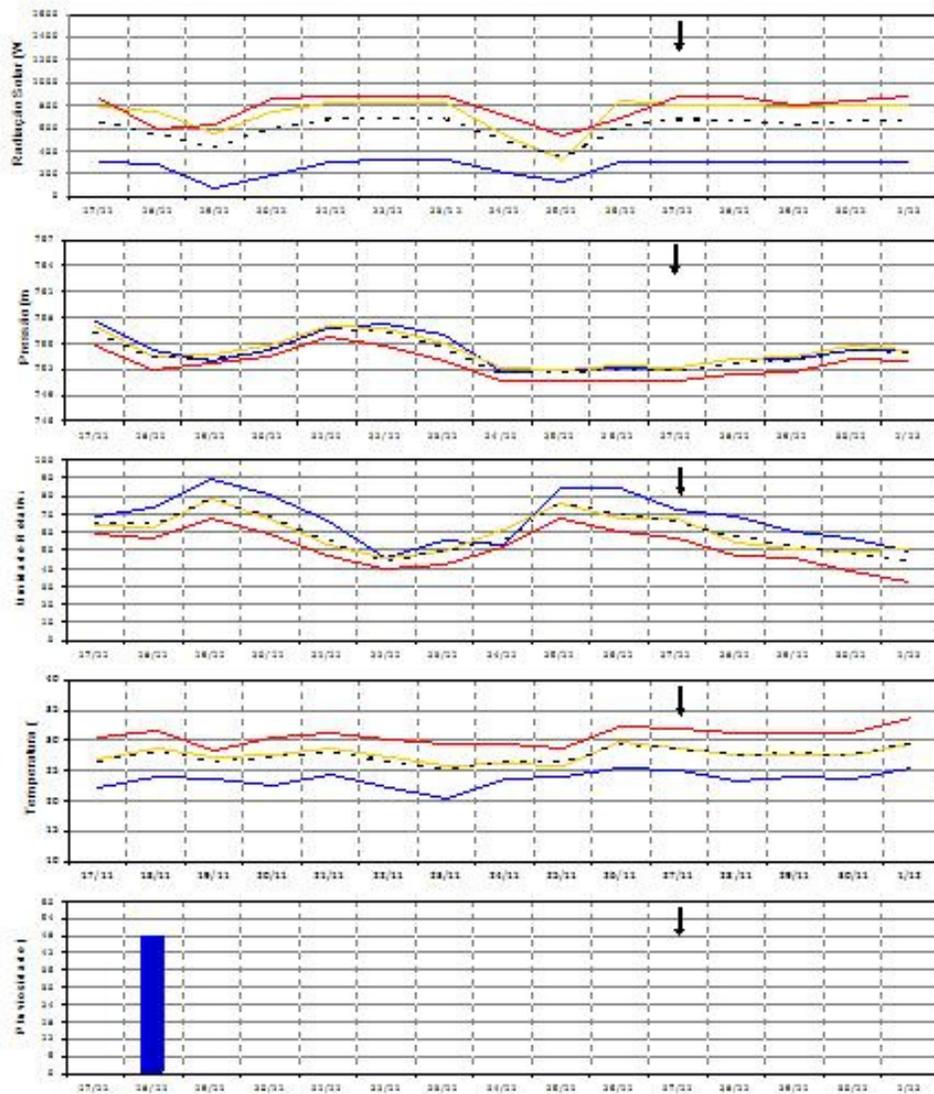
Remetendo-se as regiões que envolvem a nossa área de estudo, o Boletim Climanálise aborda que na Região Sudeste, este mês de novembro, sofreu a atuação de sistemas frontais que avançaram e atuaram principalmente sobre o Estado de São Paulo, onde predominou totais mensais de precipitação acima da média devido a atuação das ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul).

Na Região Centro-Oeste os episódios de ZCAS também foram responsáveis pela ocorrência de chuvas acima da média no Mato Grosso e no Mato Grosso do Sul. Sendo que entre os dias 11 e 12, a atuação da Alta da Bolívia também contribuiu para a formação de áreas de instabilidade, no qual os exemplos em destaque no Boletim é a ocorrência de 139,2 mm de chuva em Diamantino-MT, aproximadamente 70% da climatologia mensal.

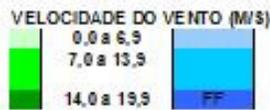
Na Região Sul, o Boletim destaca o dia 09, devido a formação de uma ciclogênese que causou ventos fortes e chuvas intensas no Paraná. Durante o mês todo, houve a atuação de nove sistemas frontais que proporcionaram chuvas que excederam a climatologia mensal no Rio Grande do Sul e na maior parte de Santa Catarina e do Paraná.

Tendo como base estas informações novamente, segue abaixo os Gráficos de Análise Rítmica feitos com base nos dados da Estação de Porto Rico, do Rio Baía e do Rio Ivinhema:

## Gráfico de Análise Rítmica (2º Campo – Estação Automática de Porto Rico)



### Legenda



Polar Atlântica  
 Polar Atlântica Continentalizada  
 Frente Fria

### SISTEMAS ATMOSFÉRICOS

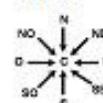
Tropical Atlântica  
 Tropical Atlântica Continentalizada  
 Tropical Continental

### LEGENDA DOS GRÁFICOS

— 9:00  
 — 12:00  
 — 15:00  
 ..... Média

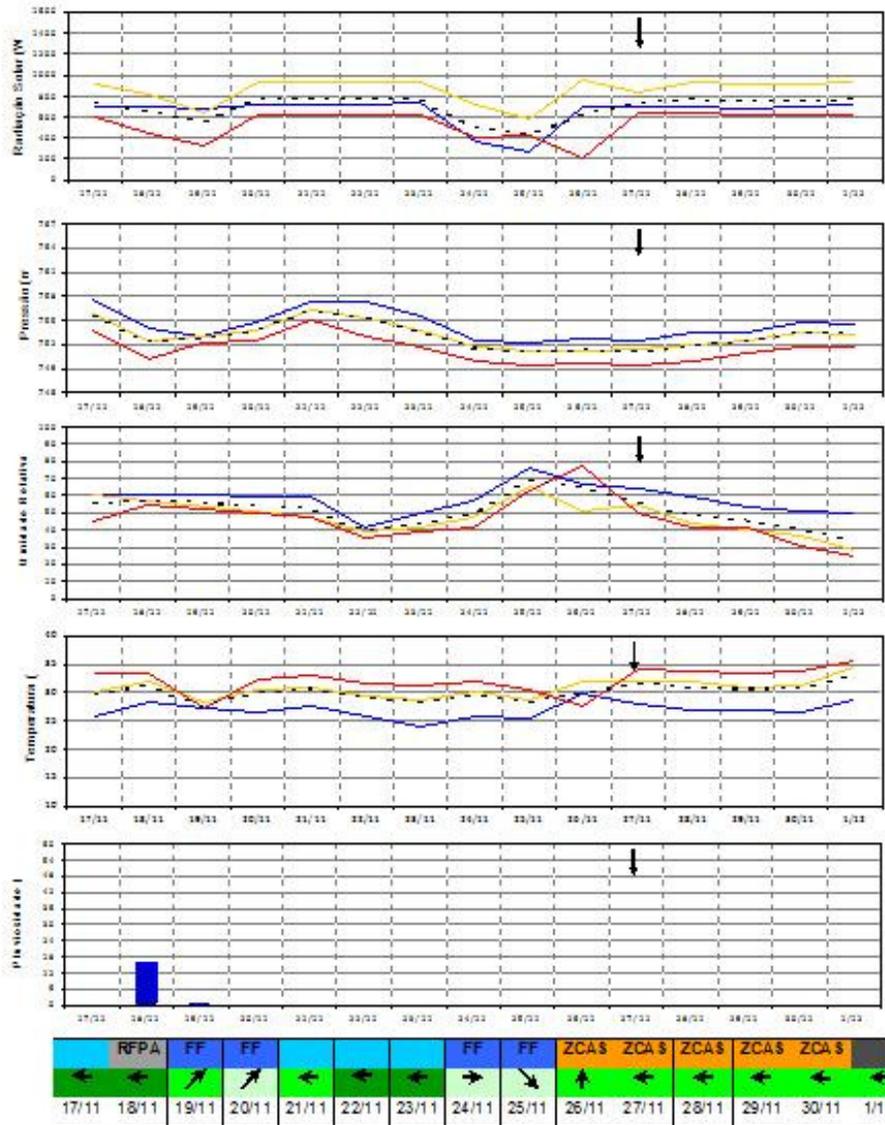
Dia do Campo ↓

### DIREÇÃO DO VENTO



Gabriele Regina Poletti  
 Paulo César Rocha  
 Fonte: Nupélia - Peld  
 GAIA - Grupo de Pesquisa Interação na superfície, água e atmosfera

## Gráfico de Análise Rítmica (2º Campo – Estação Automática do Rio Baía)

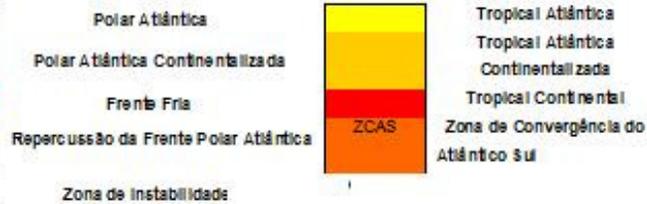


### Legenda

#### VELOCIDADE DO VENTO (M/S)

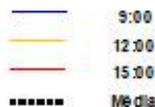


#### SISTEMAS ATMOSFÉRICOS



#### LEGENDA DOS GRÁFICOS

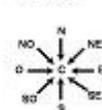
Gabriele Regina Poletti  
Paulo César Rocha  
Fonte: Nupélia – Peid



Dia do Campo

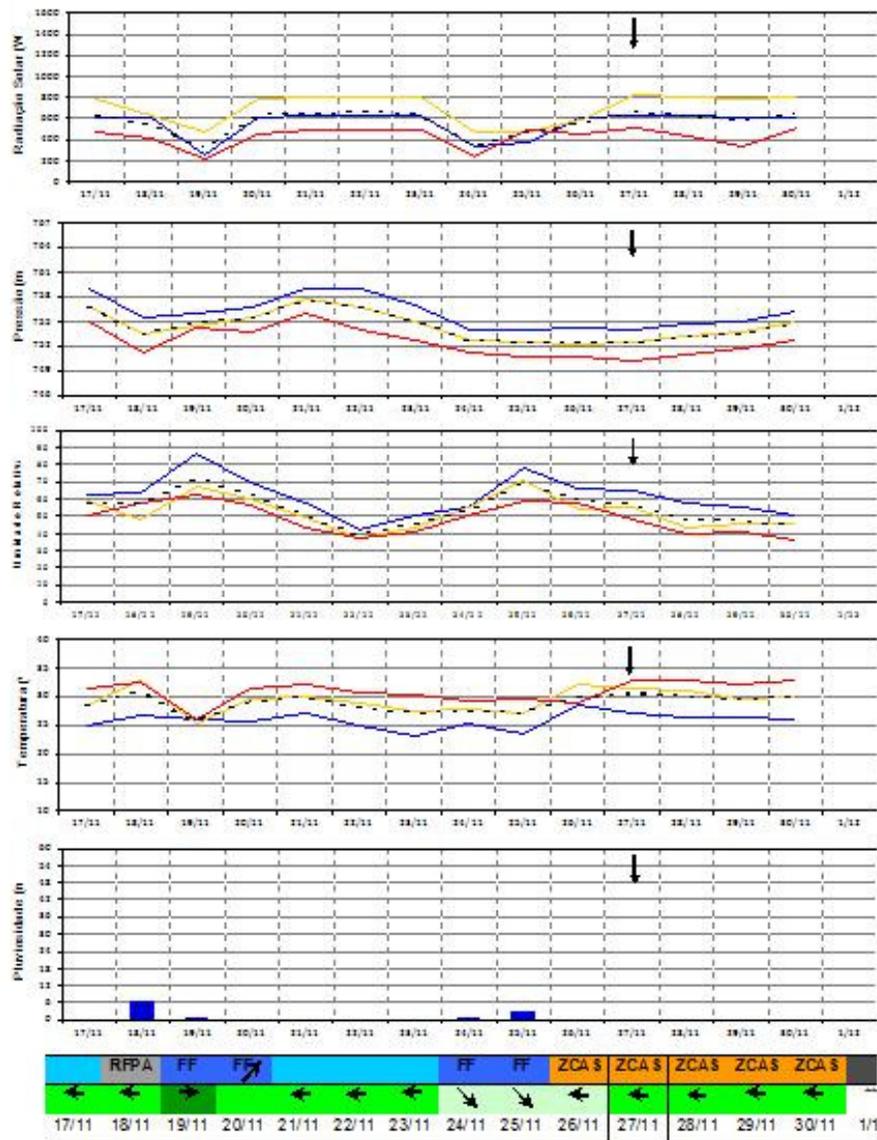


#### DIREÇÃO DO VENTO



GAIA – Grupo de Pesquisa Interação na superfície, água e atmosfera

Gráfico de Análise Rítmica (2º Campo – Estação Automática Rio Ivinhema).



**Legenda**

**VELOCIDADE DO VENTO (M/S)**

0,0 a 6,9	
7,0 a 13,9	
14,0 a 19,9	
Acima de 20,0	

**SISTEMAS ATMOSFÉRICOS**

Polar Atlântica	Tropical Atlântica
Polar Atlântica Continentalizada	Tropical Atlântica Continentalizada
Frente Fria	Tropical Continental
Repercussão da Frente Polar Atlântica	ZCAS
Zona de Instabilidade	Zona de Convergência do Atlântico Sul

**LEGENDA DOS GRÁFICOS**

---	Sem dados
—	9:00
—	12:00
—	15:00
.....	Média

**DIREÇÃO DO VENTO**

Gabriele Regina Polett  
 Paulo César Rocha  
 Fonte: Nupélia - Peid  
 GAIA - Grupo de Pesquisa Interação na superfície, água e atmosfera

Dia do Campo ↓

Ao relacionar os dados do Boletim com os das Estações Automáticas, e levando-se em conta estes gráficos, percebe-se que no dia 18 de novembro houve precipitação nas três estações, ocasionadas provavelmente pela Repercussão da Frente Polar Atlântica e pela Frente Fria que estava chegando na região (Anexo II). Das três estações, a de Porto Rico se resalta por ter tido um total de pluviosidade de 47,7mm, enquanto que Rio Baía e Ivinhema tiveram 15,6mm e 6,0mm respectivamente. Mesmo com a ocorrência de ZCAS na região entre o início e o final do mês de novembro, as chuvas não atingiram com tanto impacto a nossa área de estudo.

Além destes sistemas atmosféricos, também se destaca nesta quinzena a atuação da massa Polar Atlântica Continentalizada, entre os dias 21 e 23 de novembro (Anexo II) que trás consigo queda na umidade relativa nas três estações analisadas e um leve aumento na temperatura.

Deve-se destacar também, as duas entradas de Frente Fria durante a última quinzena de novembro, que podem ser conferidas nas cartas sinóticas do Anexo II. Ao entrarem entre os dias 19 e 20, e os dias 24 e 25, trouxeram para a Estação de Porto Rico queda de temperatura abaixo de 25°C, aumentando a pressão atmosférica e diminuindo a umidade relativa, influenciando um pouco os dados das outras duas Estações, que tiveram uma queda leve na temperatura, com aumento da pressão atmosférica.

Com relação à direção do vento, na Estação de Porto Rico foi predominante a direção nordeste, enquanto em Rio Baía e Ivinhema foi leste. Destaca-se também, que as maiores velocidades de vento se deu na Estação do Rio Baía que a velocidade chegou entre 14 a 19,9 m/s.

No que respeito aos dados do Boletim sobre as vazões das bacias brasileiras, durante o mês de novembro as chuvas foram mais acentuadas na bacia do Amazonas e do Paraná, que apresentaram vazão maior do que a do mês passado. Com relação a esta última, apenas as estações G. B. Munhoz-PR e Salto Santiago-PR apresentaram vazões que excederam a MLT.

Uma pequena observação deve ser incluída na análise deste segundo campo, no qual o dia 01 de dezembro no Gráfico de Análise Rítmica da Estação do Rio Ivinhema, não teve os dados disponíveis no site do Nupélia - Peld, sendo assim, por estética, optou-se por colocá-lo, mesmo que não tenha os dados referidos.

### **- 3º Campo: 29 de janeiro de 2008**

Os Gráficos de Análise Rítmica deste terceiro campo, remetem desde o dia 19 de janeiro ao dia 02 de fevereiro de 2008, destacando-se o dia 29 de janeiro que foi o dia do campo.

Levando-se em conta o Boletim Climanálise deste mês (janeiro de 2008), destaca-se as seguintes ocorrências climáticas:

“Durante o mês de janeiro, houve a formação de intensas áreas de instabilidade, associadas principalmente ao escoamento da Alta da Bolívia e à configuração de três episódios da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). De modo geral, destacaram-se as chuvas acima da média em grande parte da Região Norte, em áreas isoladas do Mato Grosso e no setor leste dos Estados do Paraná, Santa Catarina e São Paulo. No final do mês, uma mudança no padrão atmosférico favoreceu a atuação de um sistema frontal em latitudes mais ao norte. A ocorrência do segundo e terceiro episódios de ZCAS e o deslocamento dos Vórtices Ciclônicos em Altos Níveis (VCAN) causaram aumento das chuvas sobre parte da Região Nordeste.”

Outro fato que deve ser salientado do Boletim Climanálise é que os campos oceânicos e atmosféricos de escala global ainda estavam tendo intensa influência do fenômeno La Niña instaurado sobre o oeste do Pacífico Equatorial, aumentando anomalias negativas de Pressão ao Nível do Mar (PNM).

Remetendo-se as regiões que apontam o que acontece a nossa área de estudo, o Boletim destaca para a Região Sudeste chuvas que estiveram abaixo da média histórica em grande parte dos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo, apesar da ocorrência de três episódios de ZCAS, que ocorreram no início de janeiro, com a formação de áreas de instabilidade e proporcionaram chuvas fortes, sendo que o segundo e o terceiro episódio, se deram na metade e no final mês, resultando em alagamentos, ocorrências de granizo, e quedas de árvores.

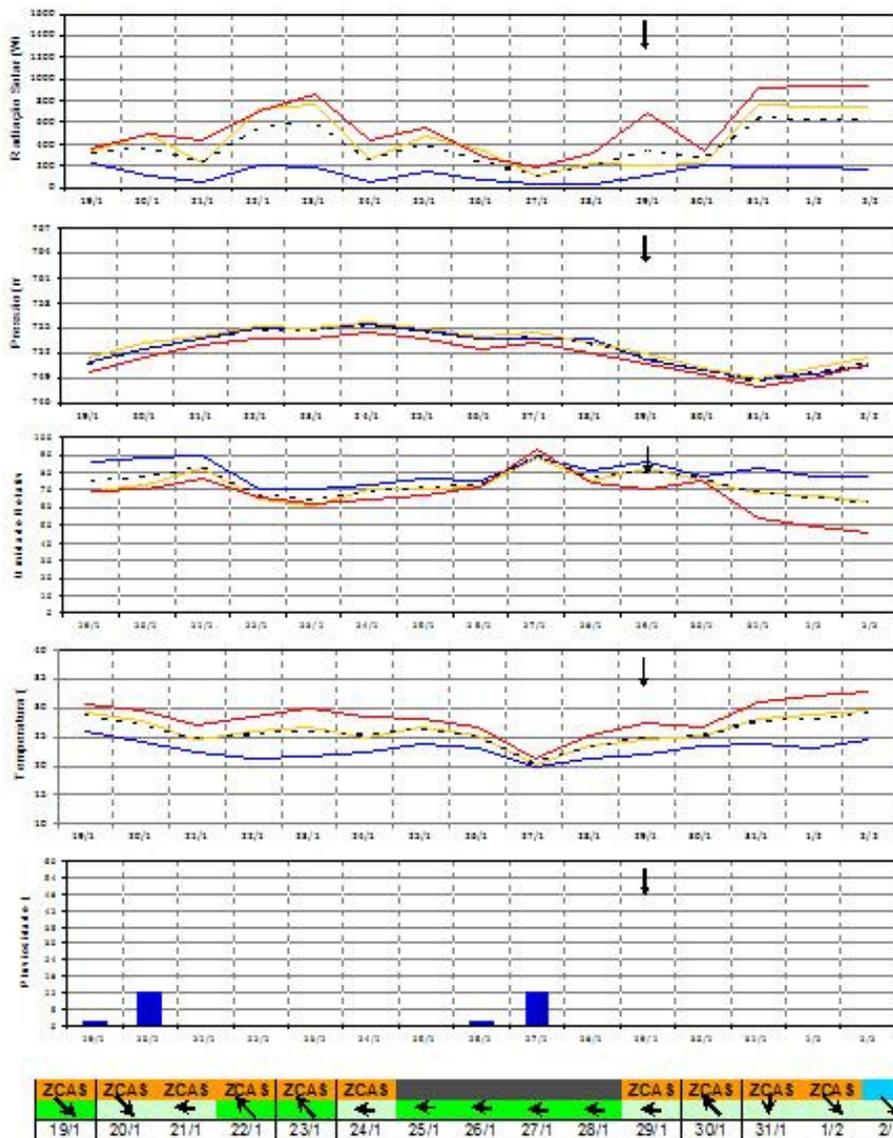
Na Região Centro-Oeste, os episódios de ZCAS e a atuação da Alta da Bolívia contribuíram para as chuvas observadas principalmente no Mato Grosso, com valores

mensais superiores a 400 mm. O Boletim exemplifica que no dia 26, 87,8mm de chuva foram registrados em Vera Gleba Celeste-MT devido atuação da Alta da Bolívia, que também contribuiu para a formação de intensas áreas de instabilidade em grande parte da Região Centro-Oeste, além das ZCAS.

Na Região Sul, as chuvas ocorreram abaixo da média, somente em algumas áreas do Paraná e de Santa Catarina, no mais, a passagem de sistemas frontais proporcionaram chuvas acumuladas que excederam a climatologia mensal prevista para a região.

Tendo como base estas informações, segue abaixo os Gráficos de Análise Rítmica da Estação de Porto Rico, do Rio Baía e do Rio Ivinhema, para detalharmos melhor o que ocorreu na área de estudo:

### Gráfico de Análise Rítmica (3º Campo – Estação Automática de Porto Rico)

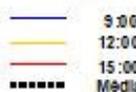


#### Legenda

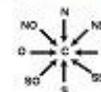


#### Zona de Instabilidade

#### LEGENDA DOS GRÁFICOS



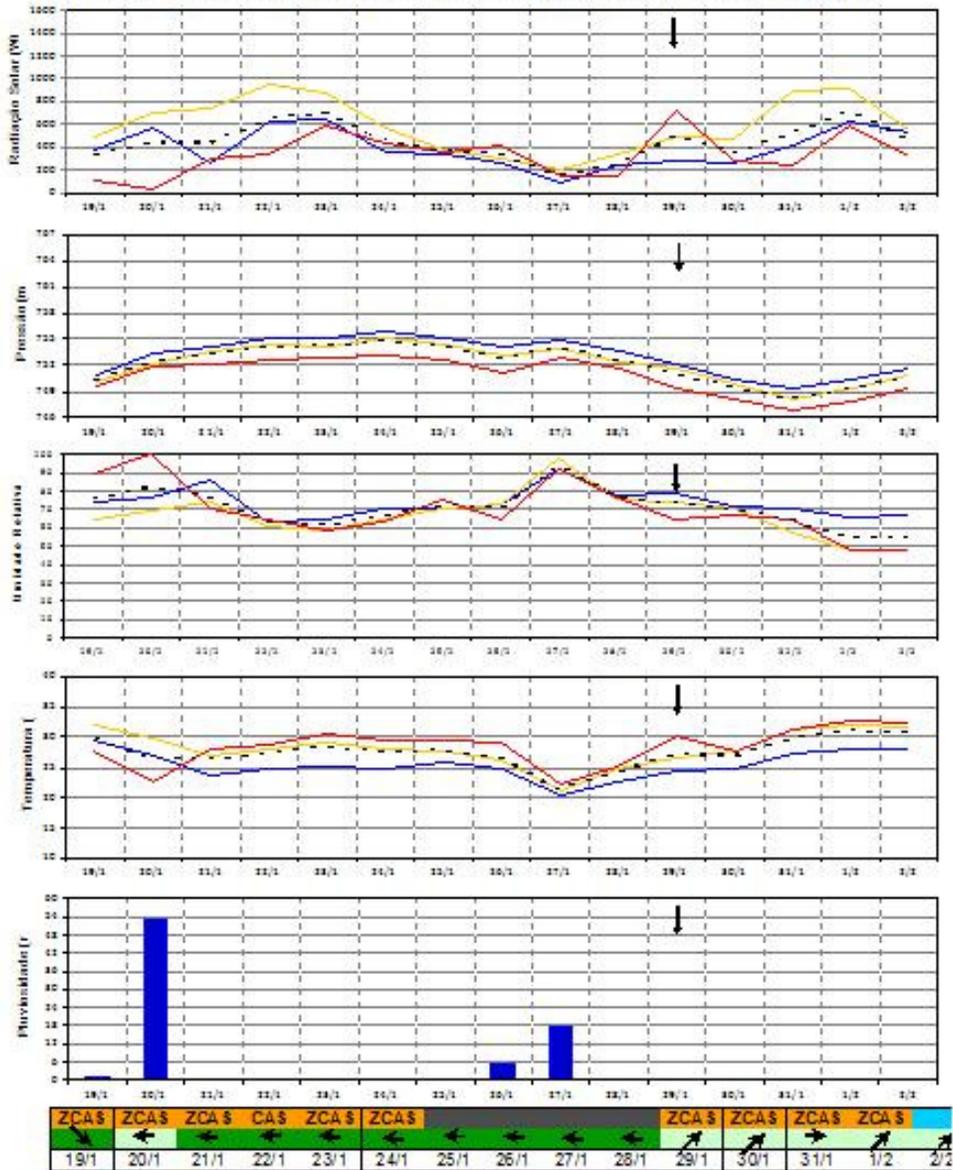
#### DIREÇÃO DO VENTO



Gabriele Regina Poletti  
 Paulo César Rocha  
 Fonte: Nupella - Peid  
 GAIA - Grupo de Pesquisa Interação na superfície, água e atmosfera

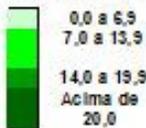
↓  
Dia do Campo

### Gráfico de Análise Rítmica (3º Campo – Estação Automática do Rio Baía)



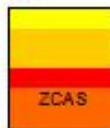
#### Legenda

##### VELOCIDADE DO VENTO (M/S)



Polar Atlântica  
Polar Atlântica Continentalizada  
FF Frente Fria  
RFPA Repercussão da Frente Polar Atlântica  
Zona de Instabilidade

##### SISTEMAS ATMOSFÉRICOS



Tropical Atlântica  
Tropical Atlântica Continentalizada  
Tropical Continental  
Zona de Convergência do Atlântico Sul  
ZCAS

##### LEGENDA DOS GRÁFICOS



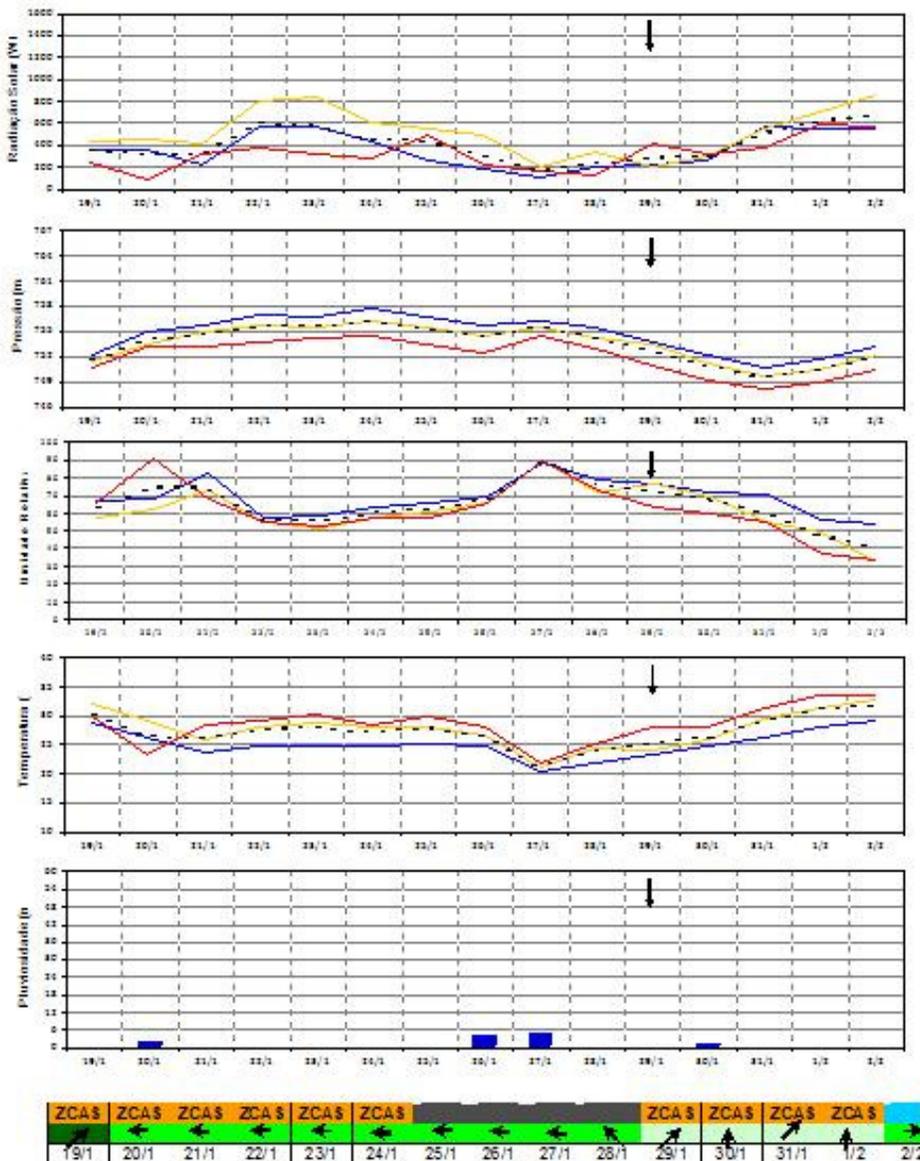
##### DIREÇÃO DO VENTO



Gabriele Regina Poletti  
Paulo César Rocha  
Fonte: Nupélia - Peid  
GAIA - Grupo de Pesquisa Interação na superfície, água e atmosfera

↓  
Dia do Campo

Gráfico de Análise Rítmica (3º Campo – Estação Automática do Rio Ivinhema).



**Legenda**

**VELOCIDADE DO VENTO (M/S)**

0,0 a 6,9	Polar Atlântica	Tropical Atlântica
7,0 a 13,9	Polar Atlântica Continentalizada	Tropical Atlântica Continentalizada
14,0 a 19,9	FF Frente Fria	Tropical Continental
Acima de 20,0	RFPA Repercussão da Frente Polar Atlântica	ZCAS Zona de Convergência do Atlântico Sul

**SISTEMAS ATMOSFÉRICOS**

**LEGENDA DOS GRÁFICOS**

- 9:00
- 12:00
- 15:00
- ..... Média

**DIREÇÃO DO VENTO**

Diário do Campo

Gabriele Regina Poletti  
Paulo César Rocha  
Fonte: Nupélia – Peld  
GAIA – Grupo de Pesquisa Interação na superfície, água e atmosfera

Ao relacionar os dados das Estações Automáticas com os do Boletim, incluindo os gráficos citados anteriormente, percebe-se que este campo teve maior índice de precipitação se comparado aos Gráficos de Análise Rítmica construídos nos campos anteriores. Este fato pode se dar pela maior precipitação que ocorre na região durante o período de janeiro, e principalmente pela constante atuação de ZCAS e Zonas de Instabilidade durante todo o mês de janeiro, o que se comprova com as análises das cartas sinóticas do Anexo III. Por isso, percebe-se que nas três estações houve precipitação considerável, destacando-se desta vez a Estação do Rio Baía com 53,2mm acumulada em 24 horas, o que excede a um total normal de precipitação em um único dia.

Numa análise geral destes quinze dias do Gráfico de Análise Rítmica do 3º campo, percebe-se que as massas atuantes e as zonas de instabilidade trouxeram uma variação maior se comparada aos dados dos campos anteriores, houve maior oscilação nos dados de temperatura dos 3 horários, e maior oscilação na pressão atmosférica e na umidade relativa.

No que remete a direção do vento, a direção predominante das três estações foi leste, sendo que as maiores velocidades de vento se deram na Estação do Rio Baía e Rio Ivinhema, no qual a velocidade chegou entre 14 a 19,9 m/s.

Com relação as análises do Boletim sobre as vazões das bacias brasileiras, como em janeiro ocorreram precipitações acima da média, na maioria das estações da bacia do Paraná as vazões aumentaram em comparação com o mês anterior, porém ocorreram abaixo da MLT. Somente ao sul da bacia do Paraná algumas exceções ocorreram, onde as vazões estiveram acima da MLT.

#### **- 4º Campo: 27 de maio de 2008**

Os Gráficos de Análise Rítmica deste quarto campo, remetem desde o dia 17 ao dia 31 de maio de 2008, destacando-se o dia 27 de maio que foi o dia da coleta de dados em campo.

Descrevendo-se as análises do Boletim Climanalise para este mês de maio, destaca-se as seguintes atuações climáticas:

“Em maio, as chuvas foram mais acentuadas no norte da Região Norte, associadas à atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e à formação de Linhas de Instabilidade (LI's), e no leste do Nordeste, principalmente entre o litoral de Pernambuco e Sergipe, onde ocorreram alguns episódios de Distúrbios

Ondulatórios de Leste (DOL). Os sistemas frontais causaram queda acentuada de temperatura, além de vento e chuva fortes em várias localidades das Regiões Sul e Sudeste. No sul da Região Norte e no oeste da Região Centro-Oeste, destacaram-se os episódios de friagem no início e final de maio.”

No que se refere aos campos oceânicos e atmosféricos de escala global ainda apresentavam características do fenômeno La Niña instaurado sobre os setores oeste e central do Pacífico Equatorial. Destaca-se também, a intensa atividade convectiva da ZCIT, principalmente na região equatorial do Atlântico.

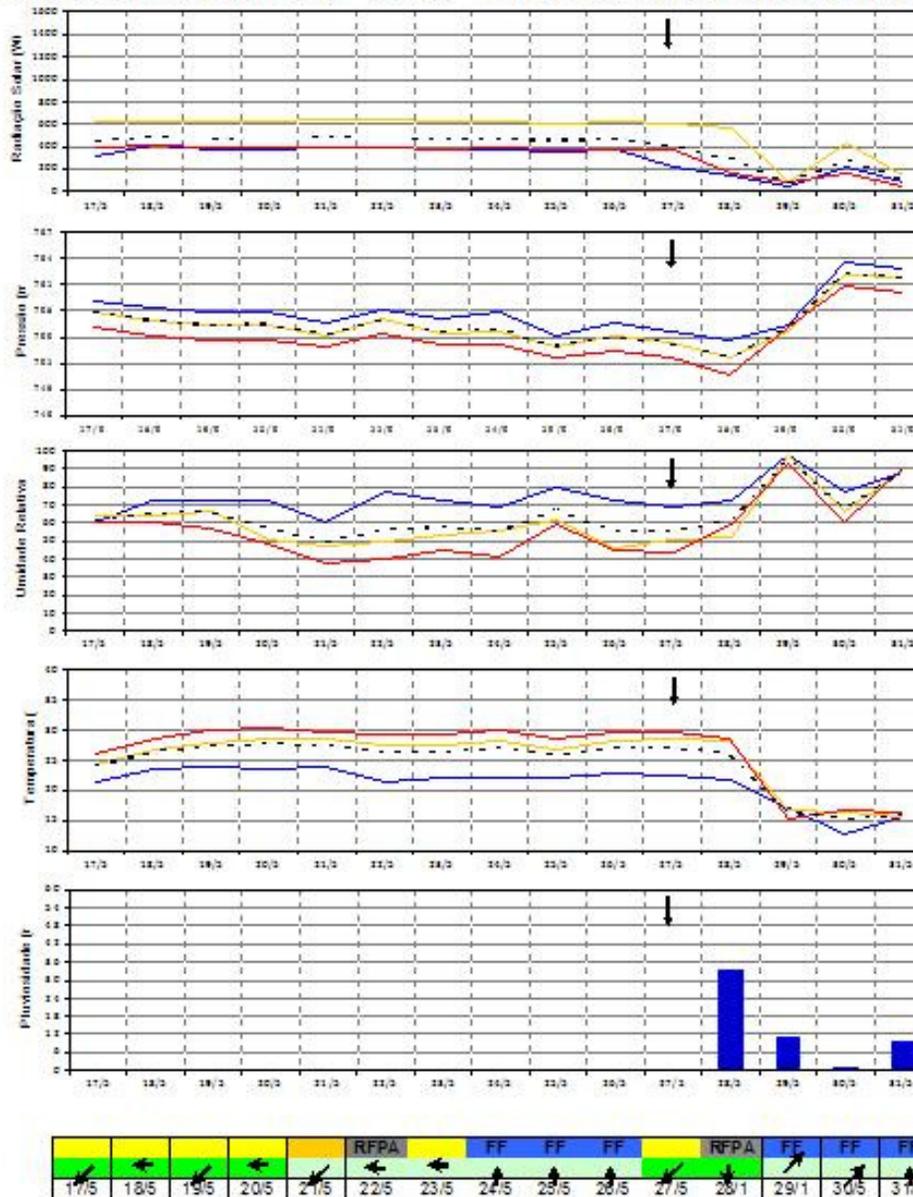
Com relação às regiões que influenciam a área de estudo, na Região Sudeste, o Boletim destaca que os totais mensais ocorreram abaixo da média histórica, no qual os quatro sistemas frontais que atuaram na região ocasionaram chuvas esparsas em grande parte de Minas Gerais e do Espírito Santo, sendo que nos Estados de São Paulo e Rio de Janeiro, a chuva acumulada no mês variou entre 25 mm e 100 mm.

Na região Centro-Oeste as chuvas ocorreram abaixo da média, sendo que somente os totais mensais de precipitação no Mato Grosso do Sul foram mais elevados, onde variaram entre 25 mm e 150 mm. Já nas demais áreas os totais mensais foram inferiores a 50 mm. O Boletim ressalta que neste período do ano começa o início do período de estiagem na maior parte do interior do Brasil, e por isso, há a redução das chuvas.

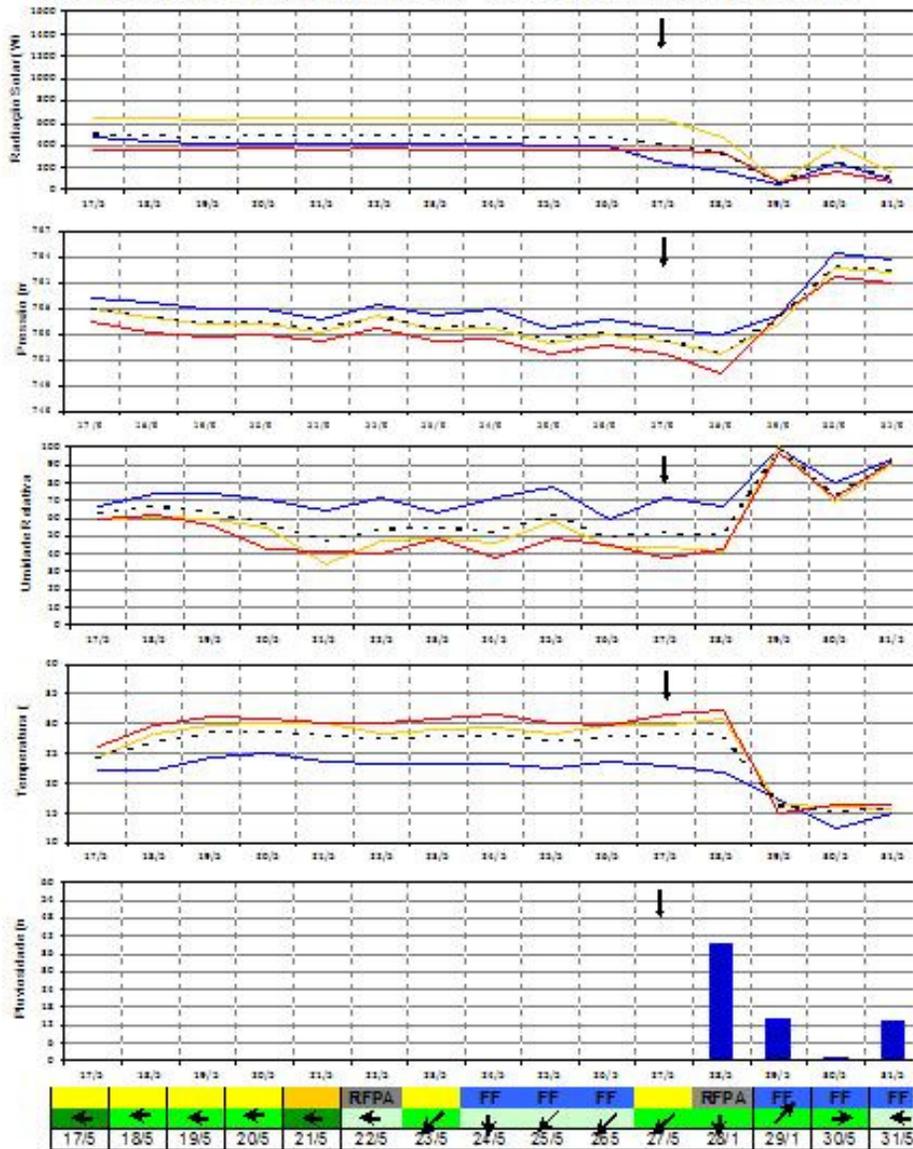
Na Região Sul, destaca-se que nos estados de Santa Catarina e Paraná, os totais mensais ocorreram abaixo da média histórica.

Tendo como base estas informações, segue abaixo os Gráficos de Análise Rítmica da Estação de Porto Rico, do Rio Baía e do Rio Ivinhema, para detalharmos melhor o que ocorreu na área de estudo:

Gráfico de Análise Rítmica (4º Campo – Estação Automática de Porto Rico).

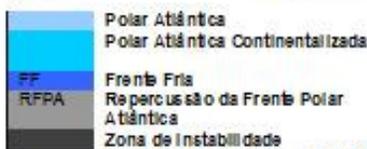
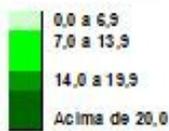


**Gráfico de Análise Rítmica (4º Campo – Estação Automática do Rio Baía)**

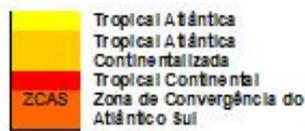


**Legenda**

**VELOCIDADE DO VENTO (M/S)**



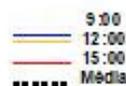
**SISTEMAS ATMOSFÉRICOS**



Gabriele Regina Poletti  
Paulo César Rocha

Fonte: Nupélia - Peld  
GAIA - Grupo de Pesquisa Interação na superfície, água e atmosfera

**LEGENDA DOS GRÁFICOS**

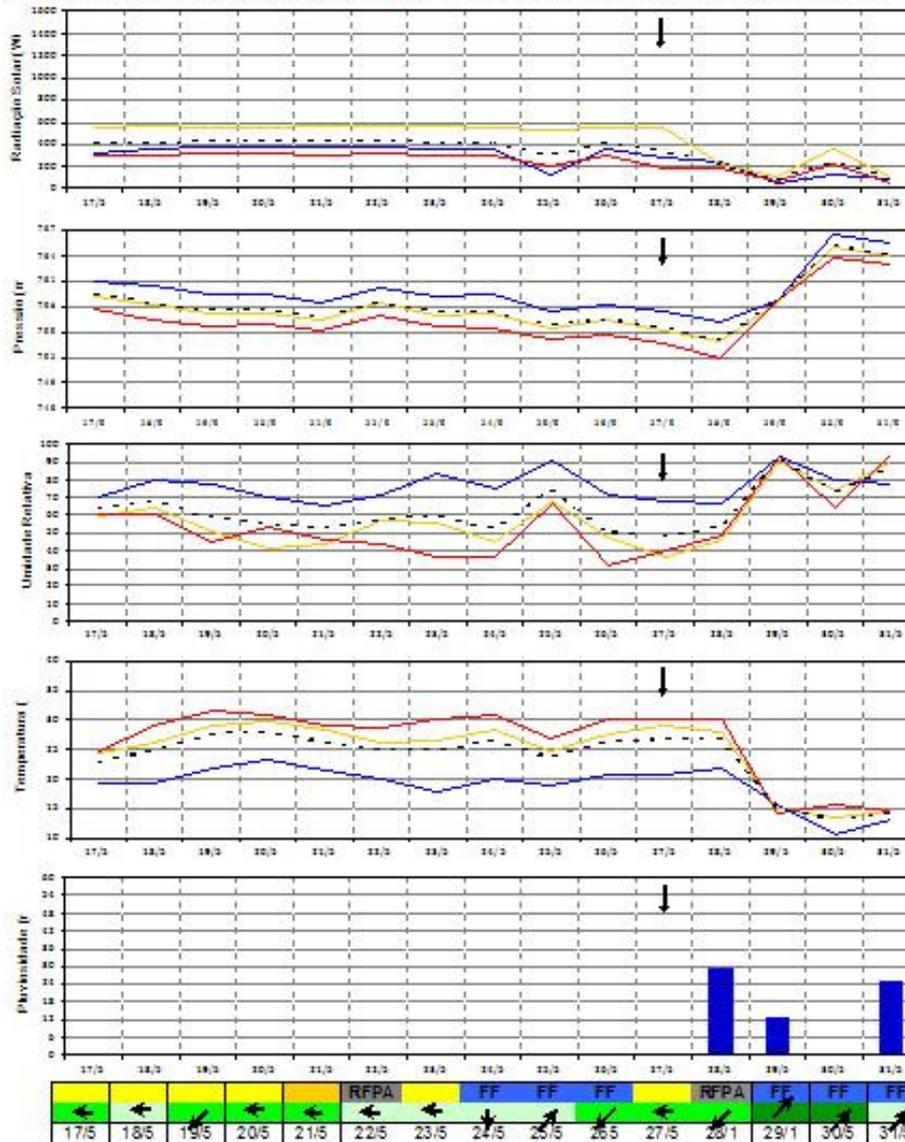


↓  
Dia do Campo

**DIREÇÃO DO VENTO**

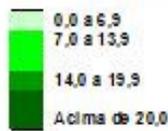


### Gráfico de Análise Rítmica (4º Campo – Estação Automática do Rio Ivinhema)



#### Legenda

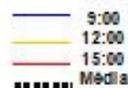
#### VELOCIDADE DO VENTO (M/S)



#### SISTEMAS ATMOSFÉRICOS



#### LEGENDA DOS GRÁFICOS



#### DIREÇÃO DO VENTO



Gabriele Regina Poletti  
 Paulo César Rocha  
 Fonte: Nupella – Peid  
 GAIA – Grupo de Pesquisa Interação na superfície,  
 água e atmosfera

Dia do Campo ↓

Ao relacionar os dados do Boletim com os das Estações Automáticas, e os Gráficos de Análise Rítmica confeccionados, percebe-se que no decorrer dos quinze dias analisados houve a ocorrência de precipitação em vários dias, destacando-se principalmente entre os dias 28 e 31, nos quais houve as maiores precipitações nas três estações analisadas. As maiores precipitações acumuladas em 24 horas, ocorreram no dia 28, sendo que o total na Estação Porto Rico foi de 32,8mm, na Estação do Rio Baía foi de 39,0mm, e na Estação do Rio Ivinhema foi 29,4mm.

Deve-se destacar também, que por detrás destes dias em que ocorreram as maiores precipitações, houve a entrada de uma Frente Fria, que trouxe consigo queda brusca na temperatura, e um aumento brusco na umidade relativa e na pressão atmosférica. As massas de ar atuantes nesta quinzena foram a Tropical Atlântica e a Tropical Continental, que contribuíram para o aumento relativo da temperatura.

Com relação à direção do vento, nas três estações percebe-se que ocorreram variações de direção entre leste, sudoeste e nordeste. As Estações do Rio Baía e do Rio Ivinhema chegaram a ter velocidades de vento entre 14 a 19,9 m/s, sendo que as de Porto Rico foram predominantes entre 0,0 e 6,9m/s.

Com relação aos dados das vazões das bacias brasileiras, o Boletim alega que como em maio geralmente as chuvas são escassas, dá-se destaque a vazão no norte da bacia do Paraná, que diminuíram em comparação com o mês anterior, mas mesmo assim, ficaram acima da MLT. As exceções foram ocorrer nas estações de Sobradinho-BA e Emborcação-MG, que apresentaram valores de vazão abaixo da MLT. No sul da bacia do Paraná, as vazões aumentaram nas estações de Xavantes-SP, G. B. Munhoz-PR e Salto Santiago-PR, em comparação com o mês anterior.

#### **- 5º Campo: 10 de setembro de 2008**

Os Gráficos de Análise Rítmica deste quinto campo, remetem desde o dia 31 de agosto ao dia 14 de setembro de 2008, destacando-se o dia 10 de setembro que foi o dia da coleta dos dados em campo.

Levando-se em conta o Boletim Climanálise, destacou-se no mês de setembro os seguintes sistemas atmosféricos atuantes:

“Setembro caracterizou-se pela ocorrência de temperaturas elevadas e ausência de precipitação sobre grande parte das Regiões Centro-Oeste e Nordeste do Brasil. Por outro lado, a atuação dos sistemas frontais e o deslocamento de cavados na média e alta troposfera

favoreceram a ocorrência de chuvas intensas e queda de granizo no leste da Região Sudeste, particularmente em cidades no leste de Minas Gerais. Nesta área, em grande parte da Região Norte e no leste da Região Sul, choveu acima da média histórica. Destacou-se, também, a incursão de uma intensa massa de ar frio no centro-sul do País, o que resultou em temperaturas mínimas abaixo da climatologia na maior parte das Regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul.”

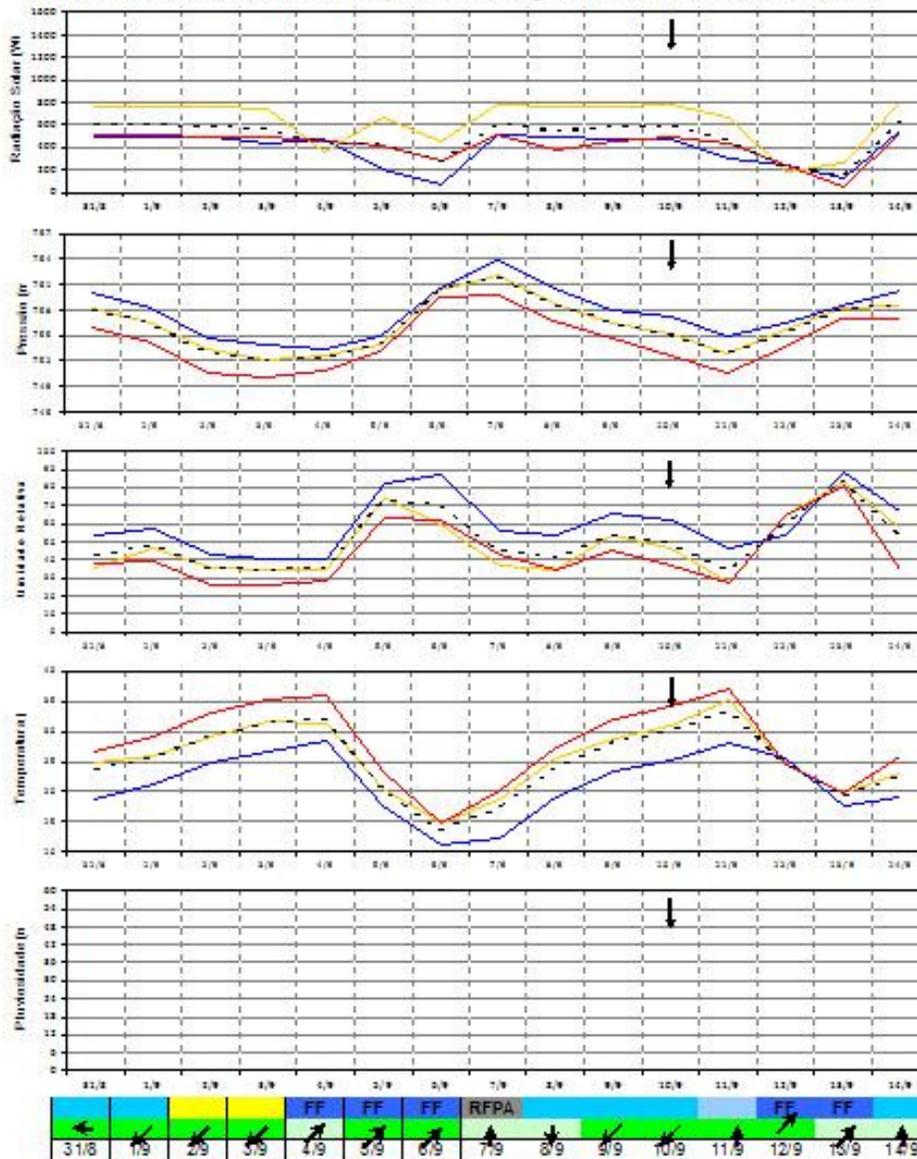
Remetendo-se as regiões que apontam o que acontece a nossa área de estudo, o Boletim destaca para a Região Sudeste alguns sistemas frontais no decorrer de todo o mês, sendo que os temporais mais intensos ocorreram entre os dias 14 e 16, associados à atuação do terceiro sistema frontal que entrou. Entre os dias 23 a 26, houve a ocorrência de granizo e ventos fortes que causaram destruição em várias cidades.

Segundo o Boletim, na Região Centro-Oeste, os totais pluviométricos ocorreram abaixo da média climatológica, destacando-se no dia 10, um temporal no norte do Mato Grosso que causou vento forte, e no dia 12, a formação de um sistema convectivo que associado a um sistema frontal que causou chuva forte no sul do Mato Grosso, com rajada de vento.

Na Região Sul, o Boletim Climanálise enfatiza que choveu acima da média na primeira quinzena do mês, principalmente no Estado do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Destaca-se temporais, queda de granizo e chuvas intensas e isoladas, que ocorreram em quase todo o Rio Grande do Sul e no oeste e sudoeste do Paraná.

Tendo como base estas informações, segue abaixo os Gráficos de Análise Rítmica da Estação de Porto Rico, do Rio Baía e do Rio Ivinhema, para detalharmos melhor o que ocorreu na área de estudo:

### Gráfico de Análise Rítmica (5º Campo – Estação Automática de Porto Rico)



**Legenda**

**VELOCIDADE DO VENTO (M/S)**

- 0,0 a 6,9
- 7,0 a 13,9
- 14,0 a 19,9
- Acima de 20,0

**SISTEMAS ATMOSFÉRICOS**

- Polar Atlântica
- Polar Atlântica Continentalizada
- FF Frente Fria
- RPPA Repercussão da Frente Polar Atlântica
- Zona de Instabilidade
- Tropical Atlântica
- Tropical Atlântica Continentalizada
- Tropical Continental
- ZCAS Zona de Convergência do Atlântico Sul

**LEGENDA DOS GRÁFICOS**

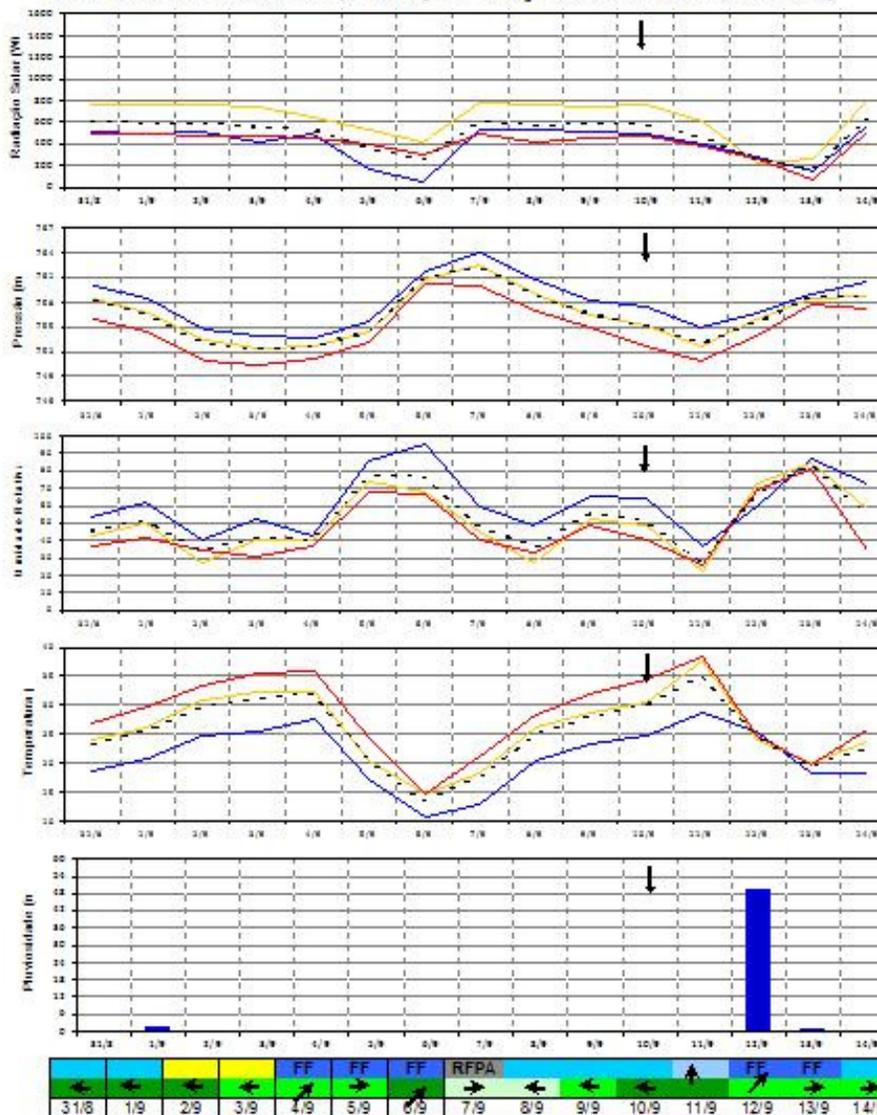
- 9:00
- 12:00
- 15:00
- ..... Média

**DIREÇÃO DO VENTO**

Dia do Campo ↓

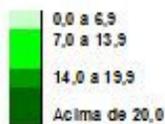
Gabriele Regina Poletti  
 Paulo César Rocha  
 Fonte: Nupélia - Peid  
 GAIA - Grupo de Pesquisa Interação na superfície, água e atmosfera

### Gráfico de Análise Rítmica (5º Campo – E estação Automática do Rio Baía)

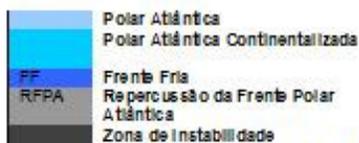


#### Legenda

#### VELOCIDADE DO VENTO (M/S)



#### SISTEMAS ATMOSFÉRICOS



#### LEGENDA DOS GRÁFICOS



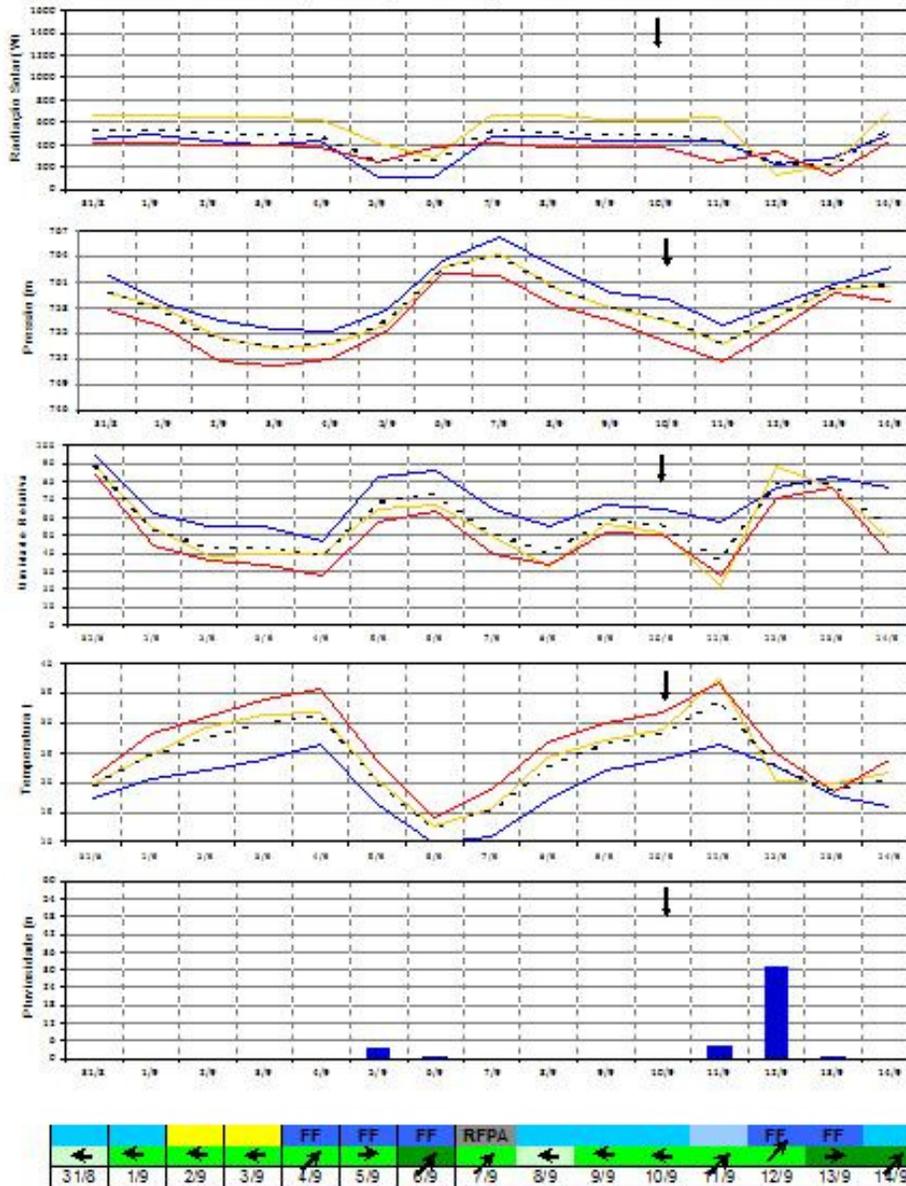
#### DIREÇÃO DO VENTO



Gabriele Regi na Poletti  
 Paulo César Rocha  
 Fonte: Nupélia - Peid  
 GAIA - Grupo de Pesquisa Interação na superfície,  
 água e atmosfera

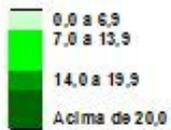
Dia do Campo ↓

### Gráfico de Análise Rítmica (5º Campo – E estação Automática do Rio Ivinhema)

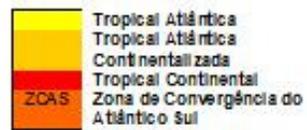
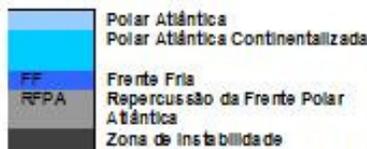


**Legenda**

**VELOCIDADE DO VENTO (M/S)**



**SISTEMAS ATMOSFÉRICOS**



**LEGENDA DOS GRÁFICOS**



**DIREÇÃO DO VENTO**



Gabriele Regina Poletti  
 Paulo César Rocha  
 Fonte: Nupélia – Peid  
 GAIA – Grupo de Pesquisa Interação na superfície,  
 água e atmosfera

Ao relacionar os dados das Estações Automáticas com os do Boletim, e os gráficos confeccionados, percebe-se que no decorrer dos quinze dias analisados houve a ocorrência de precipitação somente em alguns dias, ressaltando-se que nas Estações do Rio Baía e Rio Ivinhema os maiores totais pluviométricos em 24 horas ocorrem no dia 12 de setembro, sendo respectivamente 49,2mm e 31,2mm. Já na Estação de Porto Rico as precipitações ocorridas não chegaram a 1mm durante a quinzena representada no gráfico.

Estas precipitações ocorreram devido à entrada da Polar Atlântica (Anexo V) no dia 11 que colaborou na formação de uma Frente Fria entre os dias 12 e 13 de setembro, estes sistemas atmosféricos, trouxeram a queda de temperatura, aumento da pressão e da umidade relativa. Deve-se destacar também, outra Frente Fria (Anexo V) que passou pela região entre os dias 4 e 6, deixando sua repercussão no dia 7, esta frente trouxe uma chuva rápida, mas fez com que a temperatura caísse bruscamente, e consecutivamente aumentasse bruscamente a pressão atmosférica e a umidade relativa.

Outros sistemas também atuaram nesta quinzena, tais como a Tropical Atlântica e a Polar Atlântica Continentalizada (Anexo V), ambas trazendo um aumento significativo na temperatura.

Com relação à direção do vento, nas três estações percebe-se que ocorreram variações de direção a sudoeste e leste. Ressaltam-se as Estações do Rio Baía e do Rio Ivinhema que chegaram a ter velocidades de vento entre 14 a 19,9 m/s, sendo que as de Porto Rico foram predominantes entre 7,0 e 13,9m/s.

Com relação aos dados das vazões das bacias brasileiras, o boletim afirma que setembro foi um mês de chuvas escassas na maioria das bacias brasileiras, sendo que no sul da bacia do Paraná, houve diminuição das vazões e predominância de desvios negativos, quando comparadas aos correspondentes valores da MLT. Apenas a estação Furnas-PR que apresentou um ligeiro aumento da vazão em comparação com agosto passado, mas, de modo geral, predominaram desvios positivos no norte desta bacia e negativos na parte sul.

### **Conclusão**

Com base nos dados recolhidos das três Estações Automáticas, do Boletim Climanalise, das cartas sinóticas da Marinha e na confecção dos Gráficos de Análise Rítmica, pode-se ter uma noção dos sistemas atmosféricos que atuam constantemente no Alto Rio Paraná.

Os sistemas atmosféricos que atuam com mais intensidade são as Frentes Frias, as ZCAS e as massas de ar Polar Atlântica, Polar Atlântica Continentalizada,

Tropical Atlântica e a Tropical Atlântica Continentalizada. São estes sistemas que trazem para a nossa área de estudo variações pluviométricas, de temperatura, pressão atmosférica e umidade relativa.

Como cada sistema atmosférico tem sua especificidade conforme a sua formação, pode-se ter a ocorrência de chuvas devido à atuação de ZCAS, de Frentes Frias e devido a Polar Atlântica, que tem em sua formação uma porcentagem de umidade relativa alta, podendo gerar precipitações ou não, dependendo de sua intensidade de atuação.

Já sistemas atmosféricos como a Polar Atlântica Continentalizada, Tropical Atlântica e a Tropical Atlântica Continentalizada se caracterizam por serem massas quentes e perdem sua intensidade ao avançar pelo continente, por isso, geralmente ocasionam um aumento de temperatura nas regiões onde atuam.

Por fim, observou-se ampla variabilidade, que caracteriza o Alto Rio Paraná, pois esta área está localizada em um ponto de transição contínua de sistemas atmosféricos, ou seja, há a passagem freqüente de massas, o que gera uma dificuldade maior para se caracterizar um padrão climático mais preponderante.

Por isso, há a necessidade de um estudo mais aprofundado, que inclua a análise de outras estações que recolhem dados meteorológicos da região, em busca de uma caracterização específica para a região que engloba o Alto Rio Paraná. Com isso, o que se pode afirmar é que os estados de tempo desta área variam conforme o tipo de sistema atuante e as condições pré-existentes.

### **Referências**

BALDO, M.C., Variabilidade pluviométrica e a dinâmica climática na bacia hidrográfica do rio Ivaí-PR. Tese de Doutorado. FCT/UNESP. Presidente Prudente-SP.152 p. inédito. 2006.

INPE/Climanálise, Boletim Climatológico. [www.inpe.br/climanálise](http://www.inpe.br/climanálise). 2009.

LEWIS, W.M.Jr., HAMILTON, S.K., LASI, M.A., RODRIGUES, M. & SAUNDERS III, J.F., Ecological Determinism on the Orinoco Floodplain. *BioScience*, vol. 50, n. 8., pp 681-692. 2000.

MONTEIRO, C.A. de F., Análise rítmica em climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. USP/IG. São Paulo. 1971.

ROCHA, P.C. Dinâmica dos canais no sistema rio-planície fluvial do alto rio Paraná, nas proximidades de Porto Rico-PR. Tese de Doutorado – UEM/PEA. Maringá-PR, 2002.

SANT`ANNA NETO, J.L. Da complexidade física do universo ao cotidiano da sociedade: mudança, variabilidade e ritmo climático. Terra Livre – AGB, São Paulo. Ano 19, v. 1, n. 20. 51-63 p. 2003.

TUNDISI, J.G., MATSUMURA-TUNDISI, T., ARANTES JUNIOR, J.D., TUNDISI, J.E.M., MANZINI, N.F. & DUCROT, R. The response of Carlos Botelho (Lobo, Broa) reservoir to the passage of cold fronts as reflected by physical, chemical and biological variables. Braz. J. Biol. 64. 177-186 pp., 2004.

ZAVATINI, J.A., Dinâmica climática no Mato Grosso do Sul. Geografia. Vol. 17, n. 2. Rio Claro-SP.65-90 pp. 1992.

## **5. Regime Hidrológico Do Baixo Curso Do Rio Ivinheima/ Centro Sul Do Brasil**

### **Introdução**

O estudo do ciclo hidrológico de uma região adota a bacia hidrográfica como unidade fundamental, já que esta é considerada a unidade ideal para gerenciamento de recursos naturais. Para se conhecer o comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica sob sua condição original (vegetação nativa) ou após intervenção antrópica, deve ser realizada uma análise da vazão local. Tal análise é feita pelo estabelecimento de relações quantitativas nos processos do ciclo hidrológico. O Regime Hidrológico ou Ciclo Hidrológico de uma área caracteriza-se por ser um fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera. Na fase terrestre, as regiões hidrológicas de maior importância são as Bacias Hidrográficas, drenadas por um curso ou sistemas d'água tal que toda vazão efluente seja descarregada através de uma simples saída (Tucci, 2000). O conhecimento da dinâmica de funcionamento do ciclo hidrológico, em especial de dados como vazão, permite avaliar o potencial hídrico de uma região.

A área de estudo em questão corresponde a planície do baixo curso da bacia hidrográfica do rio Ivinheima, sub-bacia do rio Paraná. Nesta região há predominância de solos arenosos, suscetíveis à erosão. A cobertura vegetal natural é a floresta estacional semidecidual e a geologia é constituída basicamente por arenitos cretáceos da Formação Caiuá.

A planície fluvial apresenta elevada diversidade biológica e importância fundamental na manutenção de populações de espécies já eliminadas dos trechos superiores da bacia. O baixo curso do rio Ivinheima, centro sul do Brasil é caracterizado por possuir o período de cheia entre os meses de dezembro e março, e de vazante entre os meses de abril e novembro (Rocha, 2002). Em seu baixo curso, este rio apresenta passagem de um sistema meandrante para um sistema anastomosado quando atinge a planície fluvial do rio Paraná.

Variadas condições de inundação podem se apresentar durante um ciclo hidrodinâmico (vazante-cheia-vazante). Considerando o pulso de cheia dos rios Paraná e Ivinheima, os reflexos de suas intensidades são apresentados pela área inundada na planície fluvial. A região de contato entre o canal Corutuba e o rio Ivinheima é uma região crítica, do ponto de vista de ocorrência de inundações, pois tanto sofre os efeitos do rio Ivinheima, quanto do rio Paraná (Comunello,2001).

## **Objetivo**

O objetivo deste estudo é avaliar o regime hidrológico do rio Ivinheima e suas interações com o regime do rio Paraná na planície fluvial do Alto Rio Paraná (região de sua foz) durante o ciclo hidrológico, considerando que alterações no regime hidrológico podem indicar impactos ambientais existentes na bacia e que o entendimento dos processos de inundação na sua foz subsidiará os estudos ecológicos na planície de inundação.

## **Metodologia**

Para a avaliação do regime hidrológico do rio, estão sendo utilizados os dados fluviométricos anuais da série histórica da estação fluviométrica de Ivinheima (64617000), cujos dados foram fornecidos pela Itaipu-Binacional e disponibilizados no site da Agência Nacional de Águas (ANA). Para a avaliação dos processos de inundação na planície fluvial, estão sendo realizadas visitas bimensais ao local de estudo para verificação da variabilidade hidrológica no Baixo Curso do Rio Ivinheima. Foi feita também a análise dos dados das estações fluviométricas de Ivinheima, do rio Paraná em Porto São José (64575003) para o período de janeiro de 1985 a dezembro de 2001, além das medidas dos níveis de água nos canais, obtidas a partir de medidas de réguas linimétricas instaladas na área..O tratamento dos dados do período de janeiro de 1972 a março de 2008 foi efetuado através da aplicação de testes estatísticos, como média, desvio padrão e correlação linear. Para tanto, foi utilizado o softwares “Excel”.

## **Resultados**

Os dados da *série histórica* para o rio Ivinheima (1972-2008) não revelam alterações no seu regime, considerando a análise das magnitudes médias anuais. O gráfico confeccionado com as informações obtidas pela ANA e Itaipu pôde servir de base a constatação de que os dados passam por ciclos bem definidos e praticamente constantes num período de tempo. Durante o período analisado é possível observar a existência de dois ciclos bem definidos. O primeiro se dá entre ao período de julho de 72 a março de 83. Neste primeiro período, o maior valor registrado para a vazão foi de 1033 m<sup>3</sup>/s em março de 1983; a menor vazão foi de 151 m<sup>3</sup>/s no mês de outubro de 1978. o mesmo período caracterizou-se por possuir uma média de aproximadamente 370 m<sup>3</sup>/s (figura 1).

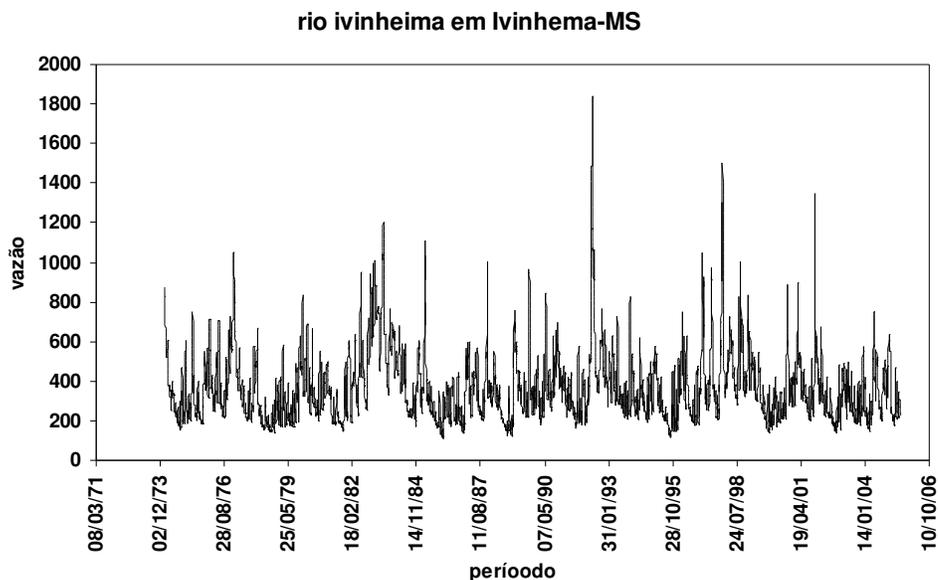


Figura 1. Variação de débitos diários no baixo rio Ivinheima-MS.

Já o segundo período analisado obteve máximas de  $1085 \text{ m}^3/\text{s}$  e mínimas de  $135 \text{ m}^3/\text{s}$ . A média registrada foi de  $361 \text{ m}^3/\text{s}$  e o período se configura de abril de 1983 a dezembro de 1997.

De uma maneira geral, a vazão média anual desses 36 anos analisados foi de  $363 \text{ m}^3/\text{s}$ . Houve alta variabilidade do fluxo, o que fica explicitado pelos valores de desvio padrão das vazões médias ( $115 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

Considerando os dados da estação fluviométrica do período analisado, os valores não ultrapassaram a cota de 250cm, conferindo a área um valor suficiente para a manutenção dos corpos aquáticos perenes e transicionais. O regime do rio neste período foi pouco intenso, demonstrando assim relativa periodicidade nas máximas e mínimas.

Na estação de Porto São José, os níveis do período em questão não se apresentam com muita homogeneidade como na estação Ivinheima. Os valores possuem um desvio padrão de  $1548 \text{ m}^3/\text{s}$ . A máxima do período se configurou com o valor de  $19652 \text{ m}^3/\text{s}$  para o mês de janeiro de 1990 e mínima de  $4772 \text{ m}^3/\text{s}$  no mês de agosto. É importante mencionar a diminuição expressiva dos valores de vazão desde março de 2001. A média da vazão para a estação é de  $8803 \text{ m}^3/\text{s}$ . Os níveis de cotas configuram-se na sua maioria (73% dos valores) abaixo dos valores de 350 cm, o que poderia levar ao ressecamento de grande parte dos corpos aquáticos do sistema sob influência do Rio Paraná. Somente 19 % das cotas alcançaram valores que contribuem para a manutenção dos corpos aquáticos perenes fechados no interior das

ilhas do Rio Paraná. É importante mencionar que em quatro datas distintas, as cotas alcançaram valores maiores que 600 cm, nível a partir do qual toda a planície fica encharcada/alagada, com algumas entradas por diques rompidos.

O que diferencia o regime dos dois rios neste período foram o regime de pulsos, que são mais intensos, demoram mais e ocorrem menos no rio Ivinheima do que no rio Paraná. As medidas de nível bimensais nos canais do sistema acompanharam as variações do rio Paraná.

### **Considerações finais**

O baixo curso do rio Ivinheima não apresentou alterações drásticas no seu regime hidrológico. Quanto aos efeitos sazonais dos níveis sobre a planície fluvial, pode-se observar que o rio Ivinheima desenvolve pulsos de inundação durante o verão. Contudo, durante as outras estações, os pulsos do rio Ivinheima tem sido mais intensos do que os do rio Paraná, além de serem também mais lentos e com maior duração e ocorrerem em menor quantidade de vezes. Tais pulsos não chegaram a atingir níveis que causam inundação. Nos canais do sistema anastomosado da planície fluvial, os níveis tenderam a oscilar predominantemente em função das variações do rio Paraná, porém é sabido que as seções próximas à foz do rio Ivinheima são também influenciadas por este rio. Assim, permite-se dizer que a periodicidade e intensidade dos pulsos dos rios Ivinheima e Paraná tem grande influencia nos níveis de água nestes canais. Tal estudo se mostra de enorme importância pois conhecendo-se a atividade e as interações de cada componente do ecossistema, órgãos gestores de recursos hídricos e de prevenção de desastres naturais poderão tomar as decisões mais adequadas para explorar os recursos naturais de forma racional, preservando o meio ambiente e a existência do próprio ser humano.

### **Referências**

- CHRISTOFOLETTI, Antonio. *Geomorfologia fluvial*. São Paulo:Edgard Blücher,1981.v.1.
- COMUNELLO, E.*Dinâmica de inundação de áreas sazonalmente alagáveis na planície aluvial do alto rio Paraná*. Dissertação de mestrado-UEM/PEA. Maringá-PR 2001.
- ROCHA, P. C. *Dinâmica dos canais no sistema rio-planície fluvial do Alto Rio Paraná, nas proximidades de Porto Rico –PR*. Tese de Doutorado – UEM/PEA. Maringá – PR, 2002.
- TUCCI, Carlos E.M. *Hidrologia: ciência e aplicação*. 2.ed.Porto Alegre: Universidade/UFRGS:ABRH,2000.

## **6. Níveis Hidrométricos Fluviais e Subterrâneos na Planície Fluvial do Alto Rio Paraná, Centro-Sul do Brasil: Hidrometria e Variáveis Físico-Químicas**

### **Introdução**

Atualmente existem duas hipóteses primárias de como sistemas lóticos funcionam (Johnson et al., 1995): o conceito da continuidade dos rios, e o conceito do pulso de inundação (Junk et al., 1989 apud Rocha & Rocha 2007). O primeiro se refere principalmente às interações longitudinais nos canais; o segundo enfoca principalmente as interações laterais nos sistemas rio-planície de inundação.

Além destas duas dimensões, outras duas são importantes no entendimento funcional dos sistemas fluviais: as interações verticais, associadas aos fluxos subterrâneos e corredores hiporrêicos, e a dimensão temporal, associada às variações nos processos conduzidos pelas variações hidrodinâmicas ao longo do tempo, sejam sazonais ou de maiores espaços de tempo.

O conceito de que a integridade nos grandes sistemas rio-planície de inundação é mantida pela dinâmica hidrológica (inclusive a inundação) e conectividade entre o rio e sua planície de inundação está num contexto de idéias relativamente recentes (Sparks, 1995 apud Rocha & Rocha, 2007), e a conectividade está na dependência das vias de interação (longitudinal, lateral, vertical e temporal) entre o rio e a planície de inundação.

De qualquer modo, apesar de que sistemas fluviais de baixa ordem (cabeceiras de drenagem) podem apresentar planícies de inundação, estas são senão muito estreitas pouco expressivas do ponto de vista das interações hidrodinâmicas e ecológicas com o canal fluvial, quando comparadas com as porções de média e alta ordem ao longo do perfil longitudinal, cujas feições geomórficas correspondem comumente aos sistemas entrelaçado, meandrante e anastomosado respectivamente. Nestas, uma vasta rede de interações longitudinais, laterais (principalmente), superficiais e hiporrêicas podem estar em ação, ao longo do tempo.

Assim, neste artigo serão abordados os principais conceitos a respeito das interações geomorfológicas, hidrodinâmicas e sua aplicação no entendimento dos processos de conectividade em grandes sistemas rio-planície de inundação.

### **Area de estudo**

A bacia hidrográfica do Alto Paraná ocupa uma área no território brasileiro de aproximadamente 802.150 Km<sup>2</sup>, tendo o rio Paraná como principal e todos os afluentes são rios conseqüentes ou resseqüentes, pois correm no sentido do mergulho

das camadas litológicas. Todos os afluentes da margem direita (rio Samambaia, ribeirão Esperança e o córrego Baile) deságuam em um conjunto de canais secundários formados pelo rio Baía, canal Curutuba e baixo curso do rio Ivinheima (Agostinho et al., 1997).

A Planície do Rio Paraná, nesta região, está inserida na região Sudeste do Mato Grosso do Sul, divisa com o Paraná, tendo como principais localidades a cidade de Porto Rico e a vila de São José, município de São Pedro, ambas do Estado do Paraná, de acordo com a figura 1.

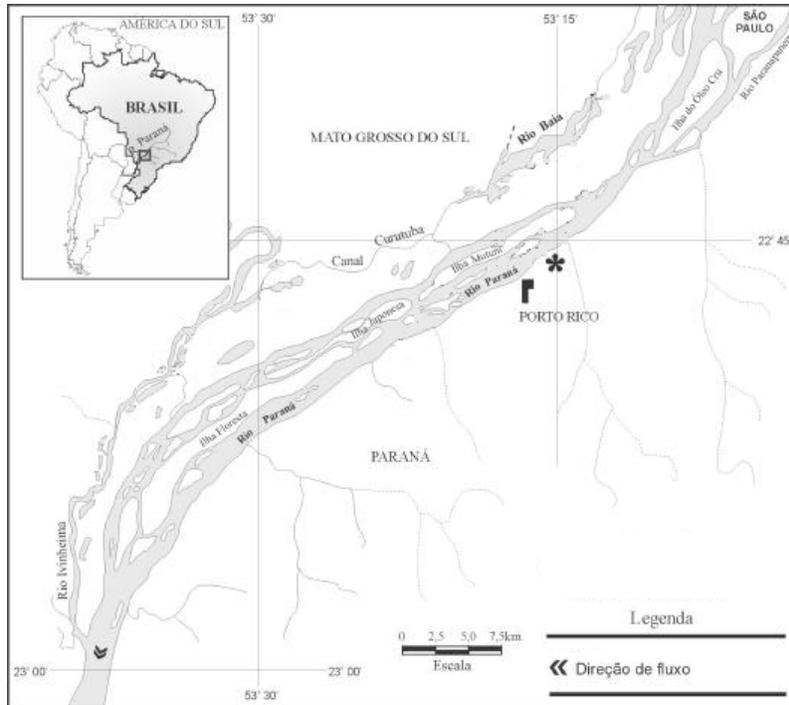


Figura 1: Localização da área de estudos. Fonte: Agostinho et al., 1997

O relevo é caracterizado por uma paisagem ondulada e alta, típicas do “Planalto Central da Bacia do Paraná”, e por áreas planas da “Planície do rio Paraná” (IBGE, 1990). A margem direita do sistema constitui-se de uma extensa planície aluvial, que varia de 4 a 10 km de largura na região de Porto Rico, e as altitudes diminuem suavemente conforme se aproxima do canal principal, o rio Paraná (Souza Filho, 1993).

Tendo sua origem nas mudanças climáticas ocorridas no período Quaternário, a formação da planície aluvial do Alto Rio Paraná se deve, em grande parte, à modificação do padrão de drenagem, que passou de anastomosado para um padrão de canal similar ao entrelaçado (Souza Filho, 1993). Neste processo, houve a migração do canal principal para o lado esquerdo, que se aprofundou, expondo parte

do antigo leito na margem direita (planície de inundação atual). À medida que o canal principal foi migrando, canais e ilhas foram sendo abandonados, havendo a deposição de material sedimentar sobre e entre estas formas (Souza Filho, 1993).

O resultado de todo este processo pode ser evidenciado hoje pela superfície descontínua apresentada pela planície, lhe conferindo uma elevada complexidade paisagística, expressa por uma grande diversidade de ecossistemas (canais, lagoas, baixios, etc.) que podem ser agrupados em três grandes sistemas hidrológicos, controlados pelos rios Baía, Ivinheima e Paraná (Rocha, 2002).

A Planície do Rio Paraná é uma ampla área de acumulação que ocupa toda calha do rio no segmento compreendido entre Três Lagoas e Guaíra. Segundo Souza Filho & Stevaux (1997) essa designação abrange uma área que apresenta duas feições distintas: o Terraço Baixo e a Planície Fluvial (Unidade Fazenda Boa Vista e Unidade Rio Paraná de Stevaux et al., 1994, respectivamente).

A Planície Fluvial ou Unidade Rio Paraná, objeto deste estudo, encontra-se presente ao longo de toda a planície do Rio Paraná, constituída relativamente por superfície plana, onde a cobertura vegetal é a principal forma de realce das formas de relevo, uma vez que as áreas altas (diques marginais, leques de “crevasse”, e formas de paleobarras) possuem vegetação arbórea, as médias (bacia de inundação) são cobertas por arbustos, as baixas (áreas inundadas e as barras de canal) por campos, e os baixios por formas higrófilas (Souza Filho, 1993).

Apesar das significativas diferenças entre estes sistemas (ou subsistemas), no que diz respeito aos seus constituintes físico-químicos e bióticos, mecanismos de interação são observados dentre três processos principais: seja pela unificação do sistema em grandes cheias; seja pela comunicação através de uma rede de canais secundários; ou pela conectividade subterrânea entre os sub-sistemas (zonas de transição ou zonas hiporreicas). Fenômenos usuais como a inversão de fluxo são resultado desta interação, tendo como causa as variações de nível entre os distintos rios componentes.

Constata-se também uma grande variabilidade temporal decorrente de modificações sazonais, especialmente no que se refere às variações nos níveis fluviométricos. Na fase de crescente (incremento destes níveis), diferentes biótipos expandem sua superfície e profundidade, originando ligações com outros ambientes. Este mecanismo de conexão é o meio mais usual para que diversas comunidades possam acessar ambientes localizados na planície, desenvolvendo ali processos de alimentação e reprodução (Lowe-mcconnell 1999 apud Agostinho et al., 1997). Estas conexões podem implicar também em diferenças na qualidade da água, principalmente nas águas subterrâneas.

Contudo, a alta variabilidade intrínseca não reflete, necessariamente, instabilidade. E vários estudos têm demonstrado a influência das alterações hidrológicas nas flutuações populacionais de comunidades biológicas e fazem supor que a variabilidade é imprescindível ao processo sucessional e garantia de perpetuação da biota (Lowe-mcconnell 1999 apud Agostinho et al., 1997).

Os processos de inundação destes ambientes não são excludentes do nível fluviométrico do rio principal (rio Paraná), pois depende do compartimento da planície analisado e do nível fluviométrico dos outros sub-sistemas hidrológicos, podendo em muitas vezes o rio Paraná ter suas influências reduzidas por inundações localizadas exclusiva de outros sub-sistemas, como observado nas imediações do Baixo Rio Ivinheima.

O clima na região é Tropical sub-quente, com um a dois meses secos, com temperatura média anual de 20°C, e precipitações maiores que 1.500 mm/ano (IBGE, 1990).

A vegetação da área de objeto de pesquisa está inserida na região da floresta estacional semidecidual, cujo conceito ecológico está condicionado pela dupla estacionalidade climática, uma tropical, com épocas de intensas chuvas de verão, seguidas por estiagem acentuada, e outra subtropical, sem período seco, mas com seca fisiológica provocada pelo intenso frio de inverno (Campos & Souza, 1997 apud Agostinho et al., 1997).

O ambiente em estudo tem sido degradado pela ação de diversas fontes de impacto, originadas pela exploração indiscriminada dos recursos naturais. Dentre estas fontes, os barramentos (usinas hidroelétricas) são considerados como a principal causa de impactos sobre a planície aluvial, por modificarem as características naturais do regime hidrológico, tais como época e magnitude (Agostinho & Zalewski, 1996; Rocha et al., 1998), a pecuária e agricultura, cujos impactos se materializam também na forma de drenos para ocupação nas áreas de várzea.

Além disto, os sucessivos barramentos levaram a uma supressão de área da planície, de forma que esta se estende hoje por 230 km frente aos 480 km originais (Souza Filho & Stevaux, 1997). O trecho remanescente se localiza entre a Usina Hidroelétrica (UHE) Engenheiro Sérgio Motta (Porto Primavera, SP) e o remanso do reservatório da UHE de Itaipu (Guaíra, PR).

## **Objetivo**

Este trabalho tem como objetivo estudar o relacionamento entre as características Hidrométricas, pH e Condutividade da Água Subterrânea com as Águas

Superficiais dos canais que drenam a planície fluvial do alto rio Paraná em 3 diferentes segmentos, a saber, do rio Baía, do canal Curutuba e do rio Ivinheima.

### **Metodologia**

Foram efetuados 3 (três) furos de amostragem da água subterrânea, os quais estão localizados em três diferentes sub-sistemas da planície fluvial do alto rio Paraná: na região do baixo rio Baía de coordenadas geográficas na projeção UTM (Universal Transversa de Mercator) – Latitude: 22° 44' 15,2" e Longitude: 53° 20' 19,1"; no trecho médio do canal Curutuba de coordenadas geográficas UTM – Latitude: 22° 45' 23,8" e Longitude: 53° 23' 12,5"; e por fim, no baixo curso do rio Ivinheima, região das lagos, de coordenadas geográficas UTM – Latitude: 22° 49' 20,2" e Longitude: 53° 33' 49,1", medidos com um GPS de navegação. A escolha dos pontos foi baseada na identificação de zonas de influência sugeridas por Rocha (2002) e Comunello (2001). Para a execução do procedimento, foi utilizado um trado manual, com perfuração de aproximadamente 2 metros, posteriormente camuflados com material vegetal.

Foram efetuados perfis topográficos ao longo de cada ponto amostral, para posteriormente inferir na variação entre os níveis de águas superficiais e subterrâneas e representação do relevo. Para isto utilizou-se o processo de nivelamento geométrico, através do instrumento nível (teodolito). As diferenças de níveis altimétricos parciais, desenvolvidas das sucessões de posicionamento do teodolito no campo, entre o nível hidrométrico do canal superficial ao "furo", ou seja, ao ponto de amostragem de águas subterrâneas, foram digitalizadas em tabelas junto com as respectivas posições horizontais do instrumento em cada sucessão, afim de gerar um gráfico do perfil topográfico pertinente a cada ponto amostral. Os níveis topográficos foram amarrados aos níveis de água no momento do levantamento topográfico, que por sua vez, estavam amarrados à profundidade do canal e régua linimétrica do segmento. Cabe lembrar que o leito dos canais não apresenta sedimentos em transporte em quantidade que possa mudar as formas topográficas do leito, se constituindo principalmente de conglomerados (rochas).

Os valores de nível da água superficial e subterrâneo foram interpolados nos gráficos confeccionados de perfil topográfico para cada ponto.

As medidas de pH, condutividade elétrica e temperatura entre as águas subterrâneas e superficiais de cada ambiente foram obtidas com o auxílio dos instrumentos peagâmetro digital de campo, condutímetro digital de campo e termômetro de campo, posteriormente, os resultados foram digitalizados em planilhas do Microsoft Excel.

Os dados de precipitação foram obtidos das estações meteorológicas automáticas instaladas na planície, uma na região do rio Baía (Latitude: 22°30'00" S - Longitude: 53°06'00"W), outra nas proximidades da cidade de Porto Rico (Elevação: 260m - Latitude: 22°45'54" S - Longitude: 53°15'25"W), e a outra na foz do rio Ivinheima (Latitude: 22°45'54" S - Longitude: 53°15'25"W), todas de propriedade da Universidade Estadual de Maringá-PR. Após a obtenção foram digitalizados em planilhas do Microsoft Excel.

As séries diárias de dados fluviométricos dos rios Paraná e Ivinheima foram digitalizados em planilhas, na qual são obtidos nas estações fluviométricas de Porto São José (rio Paraná) e Ivinheima (rio Ivinheima), de comando da Usina Hidroelétrica de Itaipu Binacional. Assim como, os dados fluviométricos do rio Paraná em Porto Caiuá, a fim de verificar o comportamento das "ondas de cheias", desde as estações de Porto São José até Porto Caiuá.

Os resultados do relacionamento hidrológico e limnológico entre os níveis hidrométricos dos canais com os níveis subterrâneos, assim como os dados de precipitação foram utilizados para produção de tabelas, gráficos e figuras.

Para a obtenção das amostras de sedimentos do substrato de cada ambiente, foi novamente perfurado o subsolo utilizando um trado manual a uma distância de 1 (um) metro do "furo" de amostragem de águas subterrânea.

## **Resultados e discussões**

Primeiramente, para avaliar a conectividade das águas subterrâneas e superficiais de cada sub-sistema é imprescindível avaliar dois fenômenos: os níveis fluviométricos sazonais dos principais sistemas hidrológicos (rio Paraná e rio Ivinheima) que alimentam ou influenciam hidrológicamente os sub-sistemas da planície fluvial; e os fatores climáticos de cada sub-sistema.

A pluviometria esta diretamente associada com a elevação dos níveis das águas superficiais, principalmente dos níveis fluviométricos do rio Paraná e Ivinheima, na qual suas ações combinadas de eventos hidrológicos (nível da água) são responsáveis pelos principais processos geomorfológicos e ecológicos ocorrentes tanto nos canais de todo o sistema, quanto nos demais ambientes da planície fluvial, quer sejam aquáticos, transicionais ou terrestres; e também com a elevação dos níveis das águas subterrâneas, pelo processo de infiltração no solo, na qual depende das característica geológica (porosidade e permeabilidade) do substrato. Os valores pluviométricos mensais para cada sub-sistema (rio Paraná e rio Ivinheima), foram obtidos durante o período de Agosto/2007 à Maio/2009.

Em termos de precipitação, os sub-sistemas do rio Paraná, Baía e Ivinheima apresentaram comportamentos relativamente semelhantes, apresentando maiores valores entre os meses de Novembro à Março, independente dos anos, e com um alto índice no mês de Agosto/2008, conforme figura 2 e 3.

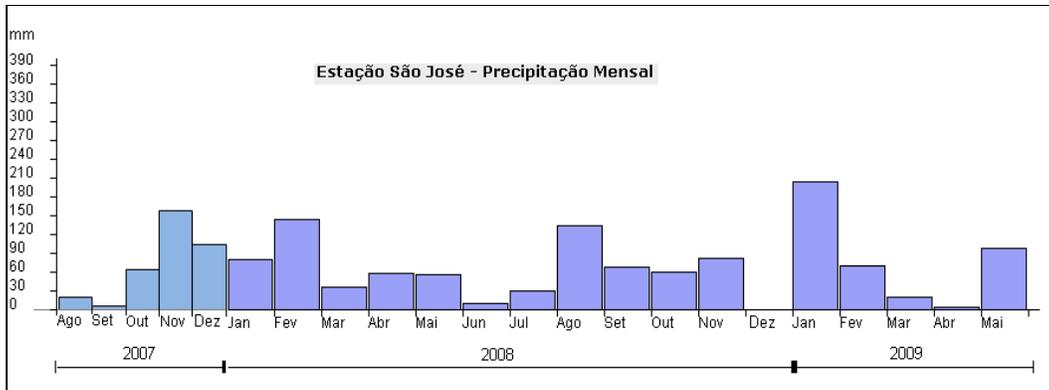


Figura 2: Precipitação mensal da Estação de Porto São José (rio Paraná), no período de Agosto/07 à Maio/09.

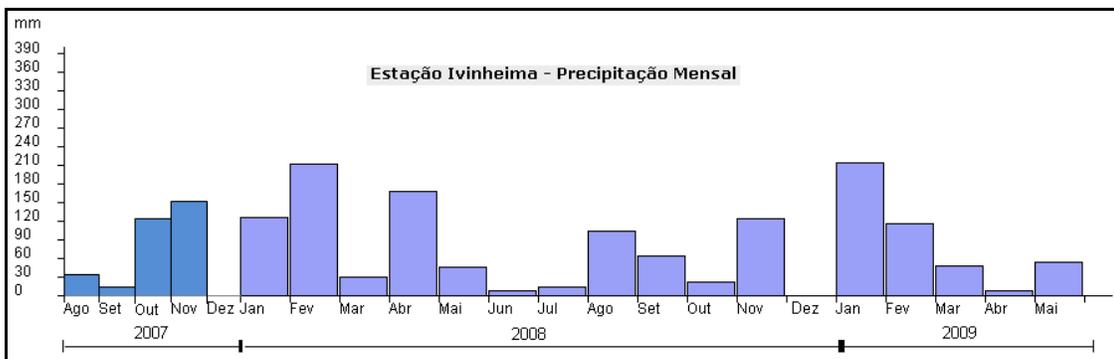


Figura 3: Precipitação mensal da Estação Ivinheima (rio Ivinheima), no período de Agosto/07 à Maio/09.

Conseqüentemente, estes elevados índices de precipitação em diversos períodos sazonais reflete parcialmente no comportamento hidrológico dos níveis dos rios Ivinheima, porém o mesmo não ocorre para o rio Paraná, cujas precipitações na sua bacia se combinam sazonalmente num regime de fluxo com períodos de maiores níveis nos meses de verão, influenciados pelo controle efetuado pelos barramentos a montante. Contudo, as chuvas registradas em Porto São José podem ter maior importância no regime hidrológico do rio Baía, que é abastecido parcialmente por canais que nascem nesta mesma região. Por outro lado, as chuvas locais podem interferir sobre as características físico-químicas dos depósitos da planície fluvial e da água que percola pelos mesmos.

Desse modo, considerando a flutuação dos níveis dos rios Ivinheima e Paraná, as inundações na planície fluvial podem apresentar diferentes magnitudes, dependendo da intensidade das elevações de cada rio. Por outro lado, quando os eventos hidrológicos de cheias não ocorrem conjuntamente, pode-se avaliar a magnitude de inundação e a área inundada relativa a cada rio avaliado. Segundo Comunello (2001) a região de contato entre o canal Curutuba e o rio Ivinheima é uma região crítica, do ponto de vista da ocorrência de inundações, pois tanto sofre os efeitos do rio Ivinheima, quanto do rio Paraná.

Tal área é representada por inúmeras lagoas e baixios (paleocanais), havendo inúmeras interações superficiais e subterrâneas entre os ambientes lóticos e lênticos, em diferentes estágios de sucessão hídrica. Esta é a área primeiramente inundada, tanto em cheias coincidentes entre os rios Paraná e Ivinheima, quanto em eventos isolados do rio Paraná ou do rio Ivinheima, ou ainda em chuvas intensas locais. Os níveis fluviométricos tanto do rio Paraná como do rio Ivinheima podem ser visualizados através da figura 4 e 5, respectivamente, referente ao período de 2007/2009. A tabela 1 representa o níveis fluviométricos dos rios Paraná e Ivinheima nos dias de amostragem de campo.

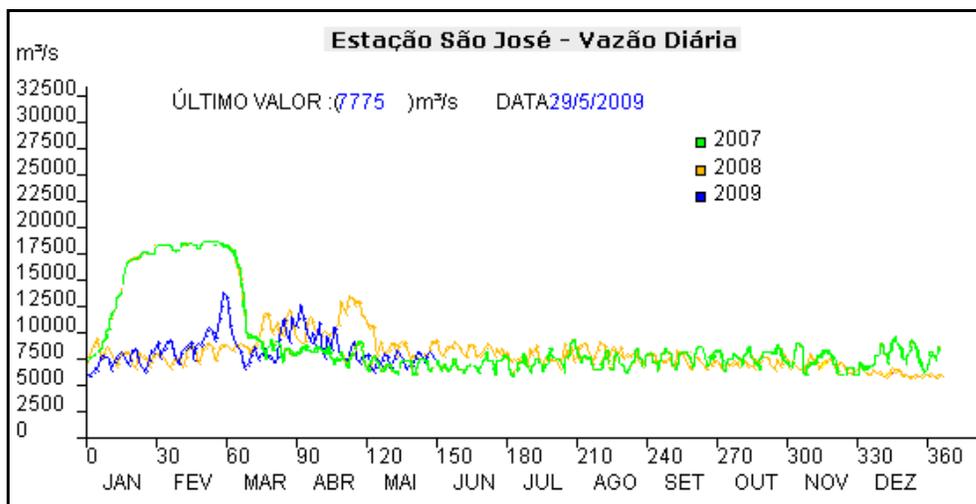


Figura 4: Nível Fluviométrico (vazão) do rio Paraná ao longo do tempo.

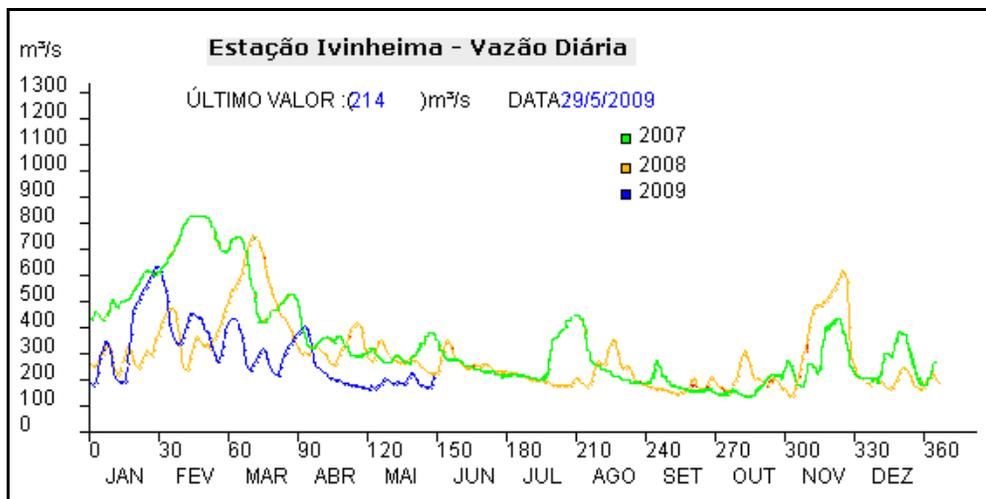


Figura 5: Nível Fluviométrico (vazão) do rio Ivinheima ao longo do tempo.

Tabela 1: Níveis fluviométricos (vazão) nos dias de amostragem de campo.

	Rio Paraná		Rio Ivinheima
	Vazão (m³/s)	Nível d'água(cm)	Vazão (m³/s)
12/09/2007	6980	258	173
27/11/2007	6406	234	225
29/01/2008	7907	297	364
27/05/2008	9290	353	228
10/09/2008	8159	308	153
26/11/2008	6050	220	275
17/02/2009	9042	344	440
28/05/2009	8075	305	187

Segundo Rocha (2004), níveis inferiores a 460 cm, apenas os ambientes associados às barras de canal e paleocanais sofrem o controle do rio Paraná. As áreas alagáveis a partir de níveis superiores a 460 cm aproximadamente, barras e ressacos, e na várzea, à região das lagoas, nas proximidades da conexão com os rios Ivinheima e canal Curutuba. Em níveis superiores a 600 cm aproximadamente, há inundação generalizada na planície fluvial, desde a região do rio Baía até a região do rio Ivinheima. Quando os níveis ultrapassam os 700 cm, há transbordamento do rio Paraná e se inicia o fluxo sobre toda área inundada. Já para o sub-sistema do rio Ivinheima (baixo rio Ivinheima) observa-se uma área mais restrita, na região das lagoas e baixios, onde as inundações se iniciam em níveis fluviométricos superiores a

250 cm, aproximadamente. Quando os níveis atingem valores superiores a 400 cm, todas as áreas baixas são alagadas, sobrando somente os diques marginais.

Conforme se observa, existe uma variabilidade na periodicidade de ocorrência tanto dos eventos de cheia como os de vazante (águas baixas). Também a intensidade das variações no fluxo respondem da mesma forma para os dois sistemas. Nesta região, o período de ocorrência das cheias do rio Paraná ocorrem geralmente junto ou muito próximo da cheia do rio Ivinheima (dezembro à Março). Entretanto, o rio Ivinheima pode apresentar um regime hidrológico bimodal, com um segundo evento de cheia, como ocorreu no mês de novembro/08, apresentando a mesma magnitude do período principal (janeiro à março/08).

As águas dos diferentes canais do sistema podem se misturar com diferentes intensidades com águas provenientes do aumento do nível ou transbordamento dos rios Paraná e Ivinheima, tal fato acaba provocando diferentes intensidades no processo de homogeneização das características físicas e químicas das águas superficiais.

Em vista desta dinâmica hidrológica dos níveis fluviométricos dos rio Paraná e Ivinheima torna-se de grande importância entender o movimento subterrâneo lateral da água, tanto no sentido rio-planície fluvial quanto no sentido planície fluvial-rio. Visto que, varios ambientes na planície fluvial passam longos períodos somente mantidos por este tipo de interação. Para averiguar esta interação lateral entre ambientes, águas superficiais e subterrâneas foram estudados 3(três) sub-sistemas na planície: rio Baía, Canal Curutuba e o rio Ivinheima, ao longo de um período sazonal.

Os perfis topográficos do terreno de cada sub-sistema foi desenvolvido para ter como referência as variações dos níveis superficiais e subterrâneo ao longo do tempo. Em base de cada perfil topográfico, e principalmente das amostragem de campo tanto dos níveis superficiais (canal) e dos níveis subterrâneos ("furo"), que se desenvolveram no período de 12/Setembro/07 à 28/05/09, pode observar as variações entre os níveis subterrâneos e superficiais de cada sub-sistema, conforme a figura 6.

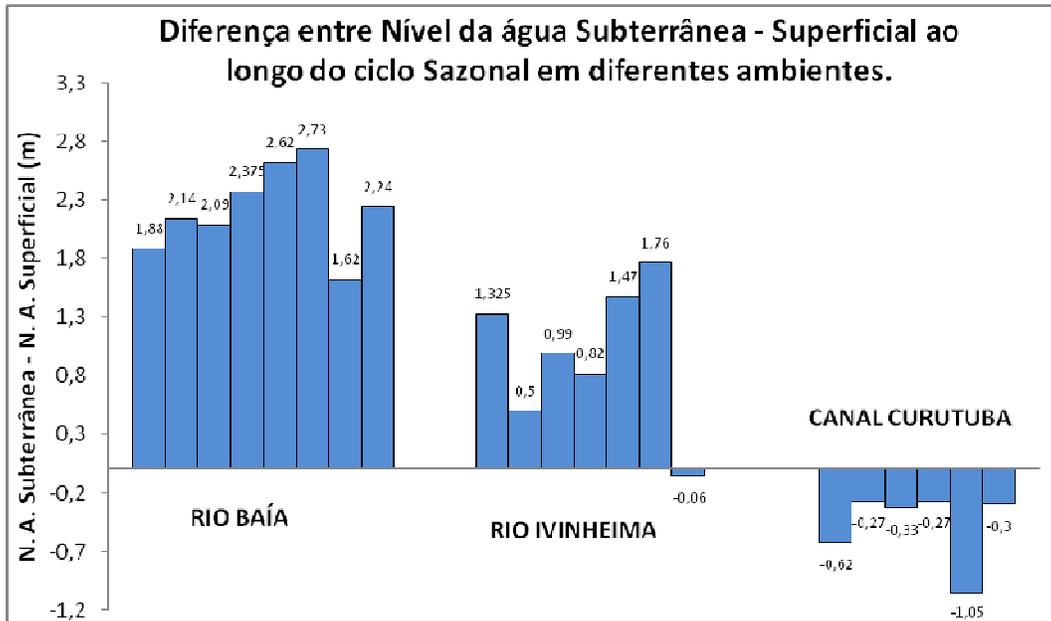


Figura 6: Diferença entre o nível da água subterrânea e o nível da água superficial ao longo de um ciclo sazonal, em diferentes ambientes da planície fluvial.

Como a figura 6, representa a diferença entre o nível da águas subterrânea pelo nível da água superficial, valores positivos significa que o nível da água subterrânea é maior que o nível da água superficial (canal), ou seja, o aquífero está recarregando o canal (rio efluente), o contrário, significa que para os valores negativos, o nível das águas superficiais é maior que o nível da água subterrânea, há a recarrega do aquífero pelas águas do canal (rio influente). Consequentemente, quanto mais próximo do 0 (zero), quer dizer que os ambientes (subterrâneo e superficial) tendem a um “equilíbrio”, ou seja, tendem a um mesmo nível hidrométrico; isto se verifica principalmente nos períodos de cheias dos sub-sistemas, no qual os níveis estão elevados nos dois ambientes.

O sub-sistema do rio Baía possui uma peculiaridade e complexidade em sua área, por apresentarem uma diversidade de ambientes aquáticos e de transição, que refletem diretamente nos níveis hidrométrico, principalmente nos níveis subterrâneo pelo alto grau de conectividade entre estes ambientes em diferentes períodos sazonais. Assim, pode-se observar que a variação entre os níveis das águas subterrânea e a superficial apresenta uma diferença considerável. Outro fenômeno relevante, é a influência do elevado nível fluviométrico do rio Paraná, por apresentar conexão direta com o rio Baía, desenvolve-se um contra-fluxo bloqueando o fluxo natural na foz do rio Baía, ocasionando aumento dos níveis superficiais à montante, e

consequentemente grande contribuição (alimentação) para o subsolo, aumentando os níveis das águas subterrâneas.

O sub-sistema do rio Ivinheima apresenta comportamentos distintos em relação à variação entre os níveis das águas subterrâneas e superficiais ao longo do ciclo sazonal, podendo em determinado período a inverter o sentido do fluxo das águas subterrânea-superficial para superficial-subterrânea. Este fenômeno de inversão de fluxo (contribuição) pode estar relacionado ao aumento acelerado dos níveis das águas superficiais pela influência da precipitação local ou pelo alto nível do rio Paraná, o que se torna mais provável analisando as variáveis que interferem no fenômeno.

Para o sub-sistema do canal Curutuba, o comportamento das variações entre os níveis das águas subterrâneas e superficiais apresentaram-se diferentes dos demais sub-sistemas, pelo fato dos níveis hidrométricos das águas superficiais serem maiores que os níveis das águas subterrâneas. Há hipótese vinculada a este comportamento reflete na presença de drenos (ações antrópicas), próxima à área de amostragem, que influenciam no nível das águas subterrâneas, e também pelo posicionamento do ponto amostral se localizar próxima ao canal (45 metros). Como mencionado, este sub-sistema está fortemente relacionado ao comportamento hidrológico dos rios Ivinheima e Paraná, este último principalmente, na qual influência diretamente no aumento do nível das águas do canal, como pode-se observar em determinados períodos, com maiores valores entre os níveis subterrâneo e superficial (maiores valores negativos).

Com base na frequência espaço-temporal dos processos hidrológicos de conexão entre ambientes do sistema rio-planície de inundação aqui mencionados, pode-se avaliar tais frequências com a ocorrência de possíveis processos ecológicos. Para entender esta dinâmica, foram avaliadas algumas características físicas (temperatura) e químicas (pH e condutividade elétrica), tanto da água superficial (canal) como da água subterrânea, dos respectivos pontos de amostragem do estudo (rio Baía, canal Curutuba e rio Ivinheima), para averiguar tais interações bióticas e abióticas entre os ambientes (figura 7)

A partir da correlação dos valores de pH, condutividade elétrica e temperatura entre as águas subterrâneas e superficiais, obtidas por regressão linear, observou-se pouca relação entre os valores de pH das águas superficiais ligados às águas subterrâneas ( $r : 0,0197$ ), ao longo do período de amostragem. Para a condutividade elétrica houve também baixa correlação entre as águas superficiais e subterrâneas ( $r : 0,137$ ), e para a temperatura, novamente baixa correlação ( $r : 0,0041$ ). Contudo, as maiores correlações foram observadas no canal curutuba, tanto em relação ao pH quanto à condutividade elétrica.

Contudo, a interpretação sazonal dos dados mostra certos relacionamentos episódicos.

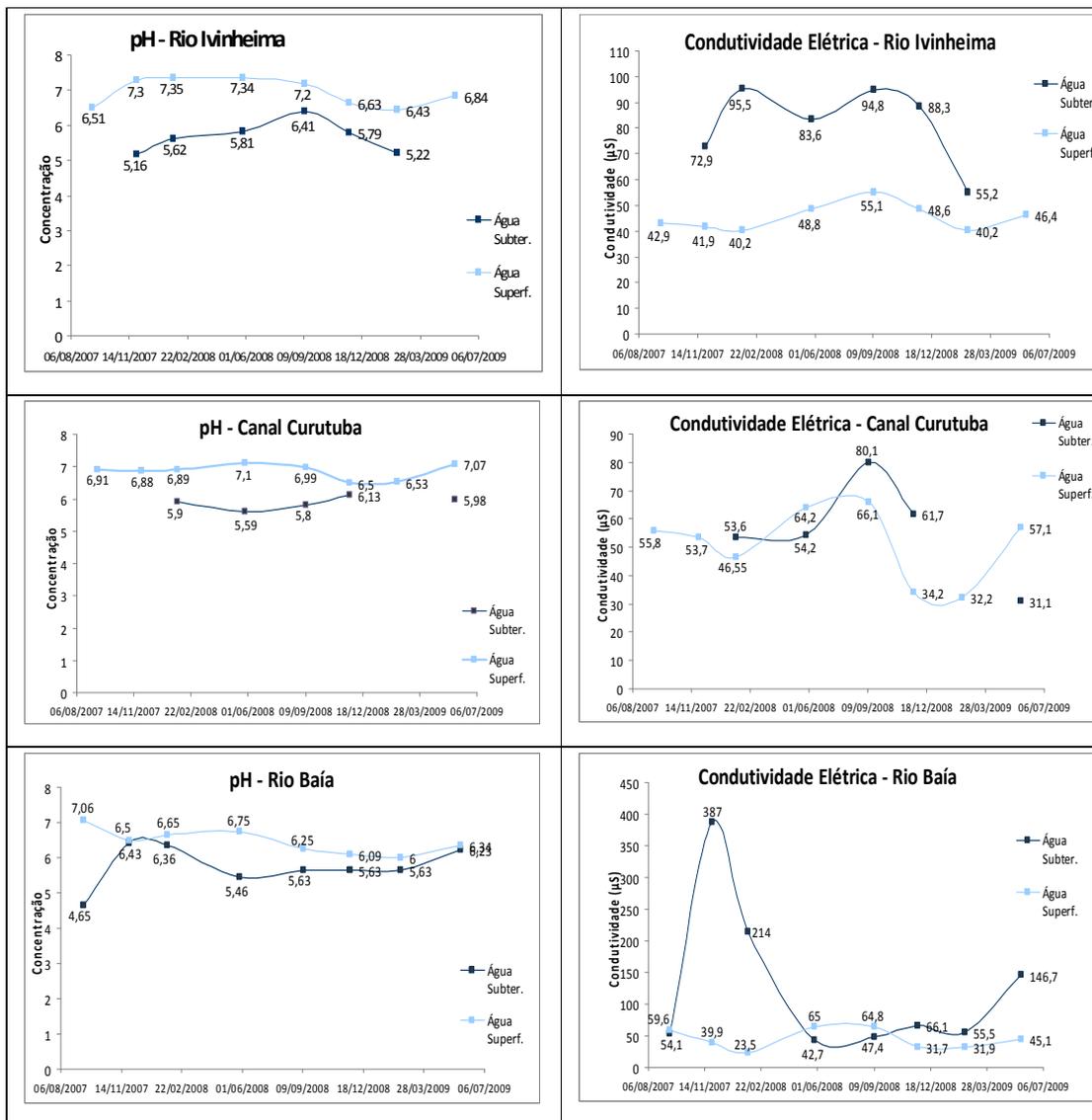


Figura 7. Resultados das medidas de pH e Condutividade nos ambientes superficiais (canais) e subterrâneos adjacentes.

### Conclusões

Os ambientes amostrados evidenciam situações distintas em relação à interações hidrométricas. Os furos relativos aos ambientes dos rios Ivinheima e Baía apresentam níveis subterrâneos comumente mais elevados que os níveis fluviais. Já o furo do canal Corutuba, apresenta nível de água subterrânea comumente mais baixo que o nível do canal. Quanto à sazonalidade, as diferenças tendem a aumentar conforme os níveis hidrométricos aumentam nos rios. Isso se deve ao fato de que nos

ambientes abertos as respostas hidrológicas são mais rápidas, como era de se esperar.

As variáveis Temperatura da Água, pH e Condutividade variam conforme as condições observadas nos ambientes fluviais. De qualquer modo a água subterrânea apresenta um pH levemente mais ácido que nos canais adjacentes. Já a condutividade elétrica mostrou comportamento mais variado. As maiores diferenças foram observadas no rio Ivinheima e as maiores variações na água subterrânea do rio Baía. Contudo, em alguns momentos os relacionamentos se mostram inversos, em outros, diretos. Tais fatos ainda devem ser melhor avaliados com novos dados em maior grau de detalhe.

### **Bibliografia**

AGOSTINHO, A.A.; HAHN, N.S.; VAZZOLER, A.M. (org). A Planície de inundação do alto rio Paraná. Maringá-PR: EDUEM: Nupélia, 1997. 460 p. : il.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. Geomorfologia fluvial. Vol. I. São Paulo: Edgard Blücher, 1981.

EMBRAPA Solos e classificação, 2007. São Paulo: Oliveira (1999). Disponível em: <http://www.embrapa.gov.br>>. Acesso em Março de 2008.

ITAIPU BINACIONAL. A maior hidroelétrica em energia do mundo. Energia/hidrologia/ Estações Hidrometeorológica. [http://www.itaipu.gov.br/=hidrologia\\_dados\\_hidro.jpg](http://www.itaipu.gov.br/=hidrologia_dados_hidro.jpg). Acesso em Maio de 2009.

MOTA, Suetônio. Preservação e Conservação de Recursos Hídricos. 2. Ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995.

Núcleo de Pesquisas em Limnologia Ictiologia e Aqüicultura/ NUPELIA – Universidade Estadual de Maringá/ UEM. – PELD/ Pesquisa Ecológica de Longa Duração. <http://www.peld.uem.br/>. Acesso em Maio de 2009.

PAIVA, J.B.D., PAIVA, E.M.C.D. (org). Hidrologia Aplicada à Gestão de Pequenas Bacias Hidrográficas. Porto Alegre: ABRH, 2001.

ROCHA, P. C. 2002. Dinâmica dos Canais no Sistema Rio-Planície Fluvial do Alto Rio Paraná, nas Proximidades de Porto Rico-PR. Tese de Doutorado. UEM/PEA.

ROCHA, R.R.A.; ROCHA, P. C. Sistema Rio-Planície de Inundação: Geomorfologia e Conectividade Hidrodinâmica. TÓPOS. Presidente Prudente, SP: UNESP/FCT, 2007. V.1, n.2 dez, p. 81-112.

ROCHA, R.R.A.; ROCHA, P.C. A variabilidade Hidrológica dos rios Aguapeí e Peixe, Bacia do Alto Paraná – Brasil. Periódico Eletrônico. Fórum Ambiental da Alta Paulista. 3v. 2007.

SCHWARZBOLD, A. O que é um rio?. Porto Alegre, RS: Ciência & Ambiente, 2000.n. 21.p. 57-68.

SOUZA FILHO, E.E., 1993. Aspectos da Geologia e Estratigrafia dos Depósitos Sedimentares do Rio Paraná entre Porto Primavera (MS) e Guaíra (PR). Tese de Doutorado. Instituto de Geociências/USP. São Paulo-SP. Inédito.

TEIXEIRA, W. et al. (org). Decifrando a Terra. São Paulo: Oficina de Textos, 2000. 2ª Reimpressão, 2003.

TUCCI, C. E. M. Hidrologia: ciência e aplicações. 2.ed.; 2.reimp. – Porto Alegre: Ed. Universidade/ UFRGS: ABRH: 2001.

# **DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL DE VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS EM CANAIS DA PLANÍCIE FLUVIAL DO ALTO RIO PARANÁ.**

## **Introdução**

A importância da água em todos os aspectos das atividades humanas é bem conhecida; a disponibilidade hídrica é condição básica para a sobrevivência dos homens, dos animais e das plantas. A água, combinada com a terra, produz plantas e florestas, as quais, por seu turno, são indispensáveis à manutenção da vida humana e animal. É também importante elemento para a estabilidade social e o desenvolvimento econômico. Qualquer comunidade, país ou civilização depende de sua disponibilidade.

Segundo Granziera (2001), o panorama de equilíbrio denota a importância da água, assim como a necessidade de estabelecer regras para sua utilização, com a finalidade de garantir a manutenção do equilíbrio. Daí a existência de normas do direito internacional, sobre os recursos hídricos ou as bacias hidrográficas compartilhadas e também dos direitos internos.

O intenso uso da água e a poluição gerada contribuem para a sua escassez e resulta na necessidade crescente do acompanhamento das alterações da qualidade desta. Faz parte do gerenciamento dos recursos hídricos o controle ambiental, de forma a impedir que problemas decorrentes da poluição da água venham a comprometer seu aproveitamento múltiplo e integrado, e de forma a colaborar para a minimização dos impactos negativos ao meio ambiente (Rebouças et al., 1999).

Acrescente-se a esses problemas a expansão urbana sem controle sobre as áreas de mananciais, que pode inviabilizar o corpo hídrico para o uso doméstico, o desmatamento e a ocupação irregular de áreas de preservação permanente, o lançamento de resíduos sólidos e líquidos nos cursos d'água, a impermeabilização do solo impedindo a infiltração, acelerando processos erosivos e assoreando o curso d'água.

No caso do presente trabalho, a área a ser trabalhada tratar-se-á de uma zona úmida continental, onde o terreno é alagado periodicamente por inúmeros corixos e vazantes entremeados de lagoas e leques aluviais – a planície alagável do Alto rio Paraná.

Uma planície alagável é considerada uma região influenciada pelo regime de cheias do rio, provocado pelas chuvas que aumentam o nível da água, e pelos limites impostos pelo período de seca. São áreas geralmente ocupadas por gramíneas e pequenos arbustos, determinados pela invasão das águas sobre as margens.

Segundo Esteves (1998), a Limnologia é uma ciência que está diretamente envolvida com a utilização racional e com a conservação dos recursos hídricos e tem

papel central no mundo contemporâneo; sendo importante a sua aplicabilidade neste trabalho. Um dos campos de atuação mais antigos da Limnologia e dos mais importantes nos tempos atuais, refere-se às pesquisas sobre o metabolismo dos ecossistemas aquáticos continentais. Estas pesquisas possibilitam o conhecimento da estrutura e do funcionamento destes ecossistemas, viabilizando portanto o seu manejo e a maximização da produtividade.

Os fatores limnológicos abióticos, por sua vez, são importantes fontes de informação no que concernem os processos de produção primária e decomposição, afetando também, a distribuição de várias espécies que utilizam o ambiente aquático (Esteves, 1998).

Desta forma, pode-se dizer que a identificação da variabilidade das características limnológicas e hidrológicas dos rios principais e dos os canais de uma planície fluvial, representa um importante estudo para o entendimento do funcionamento dos sistemas rio-planícies de inundação, permitindo a caracterização da dinâmica das águas numa determinada área. Neste contexto, para o entendimento do comportamento das águas na Planície Fluvial do Alto rio Paraná, objetiva-se avaliar a espacialização e a sazonalidade das características limnológicas nos canais secundários da planície, entre a UHE Porto Primavera e a região da foz do rio Ivinheima.

## **Objetivos**

### **Objetivos Gerais**

O objetivo geral é promover a identificação dos processos de conectividade hidrodinâmica entre os ambientes fluviais, ao longo dos períodos hidrológicos avaliados (cheia, vazante, águas baixas, enchente), e de processos de homogeneização dos ambientes, associados às perturbações climáticas e hidrométricas locais.

### **Objetivos Específicos**

Para se alcançar o objetivo geral do trabalho, contemplam-se os seguintes objetivos específicos:

- Identificação e quantificação os padrões de variabilidade da turbidez, pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido e transparência da coluna d'água;
- Avaliação dos padrões de variação dos níveis hidrométricos ao longo do ciclo hidrodinâmico no sistema rio-planície fluvial;

- Análise dos padrões de conectividade entre os ambientes amostrados;
- Identificação dos períodos de homogeneização e diferenciação durante as amostragens.

### Área de estudos

A seguir, são apresentadas uma breve caracterização da área de estudos, os materiais utilizados, bem como a metodologia detalhada.

#### 4.1) Área de Estudo

A área de estudo está localizada num trecho do alto rio Paraná, na divisa entre o estado do Mato Grosso do Sul e o estado do Paraná (Figura 1).

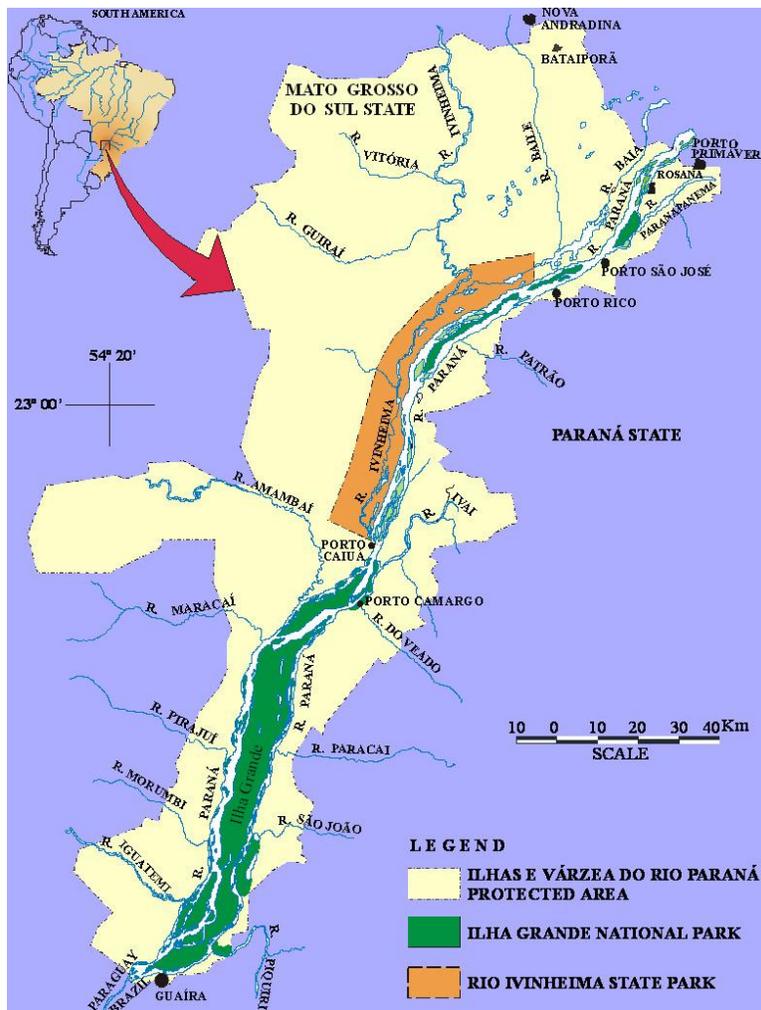


Figura 1. Localização do Rio Paraná, na divisa dos estados de Mato Grosso do Sul e Paraná. Destaque para o Parque Estadual das Várzeas do Rio Ivinheima.

Seguindo o curso do Rio Paraná, encontram-se, do lado paranaense, as cidades de Porto Rico e Porto São José. Nessa região encontra-se também uma ampla área utilizada por fazendeiros e ribeirinhos, mas que constitui uma Área de Preservação Ambiental (APA), onde existem divergências pelo domínio da terra e conservação da biodiversidade.

A área específica de estudo está inserida no Parque Estadual das Várzeas do Rio Ivinheima, do governo do Mato Grosso do Sul. É caracterizada por ser um extenso sistema inundável, constituído de ambientes lóticos (rio Paraná e o rio Ivinheima, canais principais), semi-lóticos (baixo rio Baía, canal Ipoitã e canal Corutuba) e lênticos (algumas lagoas), relictos de um padrão de canal anastomosado parcialmente reativado pela drenagem atual do rio Paraná e do rio Ivinheima (Figura 2).

O substrato regional é composto por arenitos da Formação Caiuá (K) e por sedimentos Cenozóicos associados ao rio Paraná e afluentes. O relevo regional é caracterizado por uma paisagem ondulada e alta, típicas do “Planalto Central da Bacia do Paraná”, e por áreas planas

da “Planície do rio Paraná” (IBGE, 1990).



Figura 2. Área de estudo. Imagem CCD/CBERS-2 de 3 de julho de 2007. Composição Colorida RGB-342.

Segundo Christofolletti (1981), por definição, a planície de inundação é a faixa do vale fluvial composta por sedimentos aluviais, bordejando o curso de água e periodicamente inundada pelas águas de transbordamento provenientes do rio. Apresenta configuração topográfica específica, com formas de relevo e depósitos sedimentares relacionados com as águas fluviais, na fase do canal, e na fase do transbordamento.

A Planície Fluvial ou Unidade Rio Paraná constitui uma superfície plana, onde a cobertura vegetal é a principal forma de realce das formas de relevo, uma vez

que as áreas altas possuem vegetação arbórea, as médias são cobertas por arbustos, as baixas por campos, e os baixios por formas higrófilas. As partes mais rebaixadas constituem corpos d'água, na forma de canais ativos e lagos. A superfície da planície fluvial é o resultado da evolução de um sistema anastomosado que esteve ativo antes da implantação do atual padrão de canal. As feições nela existentes são resultantes daquele sistema, embora haja relíquias de outro padrão anterior, além das formas associadas aos canais atuais (Souza Filho, 1993).

### **A Planície Fluvial do Alto Rio Paraná**

Segundo Leeder (1982), as principais feições encontradas em ambientes aluviais são os canais e as planícies de inundação, juntamente com uma zona transicional de pequenos diques e canais de toras de inundação (crevasses). Os segmentos de canais podem ser múltiplos (anastomosados, entrelaçados) ou únicos (meandantes, retilíneos) e em síntese, carregam materiais grosseiros associados a formas de leito confinadas dentro das margens do canal. Por outro lado, a bacia de inundação recebe as águas carregadas de materiais finos (silte, argila) durante os estágios superiores ao de margens plenas.

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 processa-se no interior do canal e origina diversas formas topográficas. Devido a variações do nível da água do rio, uma considerável complexidade ecológica é encontrada nas grandes planícies de inundação, graças à grande diversidade de ambientes posteriormente à inundação formados.

A planície do Alto rio Paraná, dessa forma, apresenta uma grande diversidade de ambientes, o que caracteriza uma considerável variabilidade quanto às características limnológicas, que está associada ao grau de conexão (ou isolamento) com os rios, à área ("fetch"), profundidade, e, primariamente, ao regime hidrológico do rio Paraná (Thomaz et al, 1992a; b, 1997; Pagioro et al., 1997). Segundo estes autores, durante as águas altas, os aportes de material em decomposição da planície provocam acentuados decréscimos das concentrações de oxigênio dissolvido (que podem atingir a anoxia) e aumento das concentrações de nutrientes nas lagoas. Por outro lado, no final dos períodos de águas baixas, os habitats lênticos desenvolvem elevadas biomassas fitoplanctônicas, elevadas concentrações de oxigênio dissolvido e pH alcalino. Durante este período, fatores localizados fazem com que os habitats da planície alcancem a máxima diferenciação quanto aos fatores limnológicos (Thomaz et al., 1997).

As maiores rotas físicas nos sistemas rio-planície de inundação parecem ser a dinâmica fluvial e as temperaturas. Esses dois parâmetros prevêm as condições ecológicas necessárias para assegurar uma rica biodiversidade e bioprodução, através de processos que configuram os habitats e criam a complexidade. O regime de fluxo apresenta padrão espacial regional que é determinado pelo tamanho do rio e variações geográficas do clima, geologia, topografia e cobertura vegetal (Tockner et al, 2000). Assim, as hidrógrafas de rios e de diferentes regiões geográficas podem apresentar diferenças na magnitude, frequência, periodicidade e perdibilidade (Poff & Ward, 1998).

Contudo, há uma grande necessidade de se interpretar as séries de dados físicos e bióticos quanto à sua representatividade no tempo e no espaço. Série de dados têm sido obtidas a partir de amostragens mensais e até mesmo sazonais, e isso dificulta a análise das interações com as condições de fluxo e outras variáveis obtidas diariamente (ex: climáticas). Tais fatores podem levar ao pesquisador o descuidado ao negligenciar a atuação de certas variáveis e supervalorizar a atuação de outras na interpretação dos dados. (Rocha,2006).

A combinação destas constantes perturbações naturais causadas pela variação do nível da água do rio, a variabilidade espacial da vegetação, e uma superfície com gradiente longitudinal, projetam uma intratável multidimensionalidade (Lewis et al, 2000).

Segundo Rocha (2004), o papel dos níveis fluviométricos é extremamente importante para o desencadeamento dos processos sedimentológicos e para a alteração de características físicas e químicas de canais e lagoas do sistema rio-planície de inundação, com diferentes graus de conectividade.

## **Fundamentação teórica**

### **Características do Meio Aquático**

Segundo Esteves (2008), o ambiente aquático apresenta certas características que lhe conferem peculiaridades tais como:

a) Alta capacidade para solubilização de compostos orgânicos e inorgânicos, possibilitando que os organismos, especialmente os autotróficos, possam absorver nutrientes por toda superfície do corpo.

b) Gradientes verticais e, em certos casos, gradientes horizontais, que se tornam evidentes através da distribuição desigual da luz, nutrientes, temperatura e gases (oxigênio dissolvido e gás carbônico). A distribuição desigual destas variáveis no ambiente aquático tem grandes conseqüências na distribuição dos organismos.

c) O baixo teor de sais dissolvidos típico de ambientes de água doce, faz com que a maioria dos organismos que habitam estes ambientes seja hipertônica em relação ao meio, sendo necessárias, portanto adaptações no sentido de manter o equilíbrio osmótico entre os líquidos internos e o meio.

d) Alta densidade e viscosidade da água têm grande significado para a locomoção dos organismos no meio aquático, uma vez que a água é 775 vezes mais densa do que o ar. Para reduzir o efeito da resistência do meio à locomoção, os organismos aquáticos apresentam profundas adaptações morfológicas e fisiológicas.

### **Conceito de Conectividade no Ambiente Fluvial**

Sistemas rio-planície de inundação são sistemas dinâmicos. Esta dinâmica está condicionada às interações entre os seus subsistemas. Os ecossistemas da planície de inundação são também dependentes de perturbações naturais, confiando à energia cinética da inundação (dinâmica fluvial) a manutenção da conectividade. As condições hidrológicas e geomórficas interagem para determinar padrões e processos em variadas escalas (Ward & Stanford, 1995-b).

Segundo Rocha & Rocha (2007), o reconhecimento de diferentes tipos de canais e rios tem maior relevância quanto aos aspectos de forma e função do canal. Essas duas categorias são a base para a classificação de sistemas lóticos. Os geomorfologistas têm mostrado que os sistemas fluviais (água corrente) apresentam padrões, ou ajustamentos, no relacionamento de certas características físicas (largura do canal, profundidades, velocidades, carga do leito, etc.) ao longo de seu curso e, as características bióticas em cada zona do rio, refletem a influência dos aspectos físicos. Para tanto, será sumarizado inicialmente o contexto geomorfológico do ambiente rio-planície de inundação, onde o relacionamento do fluxo e os sedimentos carregados serão enfatizados, pois, na visão dos autores, têm maiores influências nos aspectos de conectividade.

### **O Ritmo Climático**

Na climatologia atual, existem três conceitos importantes a respeito de processos e dinâmicas complexas: **mudança**, que envolve a dinâmica planetária e escala de tempo geológica; **variabilidade**, que envolve variações de elementos climáticos ao longo de uma série temporal histórica (por exemplo 30 anos); e **ritmo**, em que a análise se dá na ordem das variações diárias dos elementos (Sant'Anna Neto, 2003).

Nesse sentido, pode-se inferir que para as escalas espacial, *regional* e temporal do *ciclo hidrológico* (variações diárias), os conceitos que podem melhor

auxiliar no entendimento funcional da ação do tempo (atmosférico) e dos processos hidrodinâmicos e ecológicos nos sistemas rio-planície de inundação ao longo de um ciclo hidrológico é o da climatologia dinâmica e o de *ritmo* climático de Monteiro (1971). Seguem-se na seqüência a análise dos dois períodos enfocados neste trabalho.

### **Parâmetros de Análise**

Além das características geomorfológicas, as variações sazonais, causadas, principalmente, por flutuações na precipitação pluviométrica, também afetam a estrutura de comunidades de peixes na região de planície inundável (LOWE-MCCONNELL, 1999). Essas variações alteram as características físicas e químicas da água, como pH, condutividade, oxigênio dissolvido, condições de fluxo e temperatura, o que é determinante na estruturação da ictiofauna (TEJERINA-GARRO et al. 1998). Além disso, elas expandem e contraem sazonalmente os ambientes, regulando as comunidades aquáticas (JUNK et al. 1989) e tornando estes ambientes muito dinâmicos e diversos em espécies. Dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio (O<sub>2</sub>), é um dos mais importantes na dinâmica e na caracterização de ecossistemas aquáticos.

### **Análises dos dados**

Os dados foram tabulados em planilha dos softwares Excel e Statistica. Foram efetuadas análises por correlação múltipla, com intuito de identificar os relacionamentos entre as variáveis em estudo. Foram também efetuadas análises de agrupamento entre as variáveis e entre as seções de amostragem, para se entender os relacionamentos em grupos, ou seja os agrupamentos e suas causas, espaciais ou sazonais. Por fim, foram elaborados os gráficos a partir de análise de componentes principais para se ter uma idéia sobre a distribuição dos dados no espaço e no tempo.

### **Materiais utilizados**

Os materiais utilizados nessa pesquisa são apresentados a seguir:

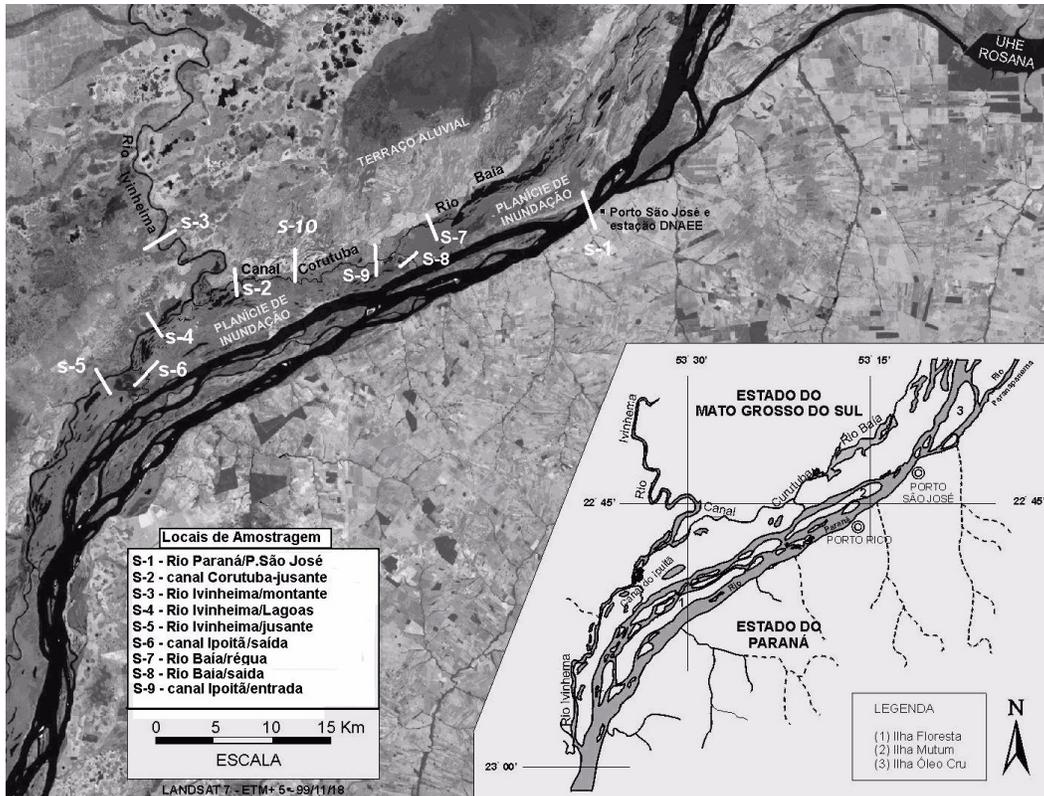
- Oxímetro digital da marca
- Cabo acoplável ligável ao oxímetro para medir temperatura
- Turbidímetro de campo da marca
- pHmetro digital da marca
- Condutivímetro digital da marca
- Disco de Secchi

- Dados meteorológicos das estações hidroclimáticas de Ivinheima e Baía
- Imagens do Google Earth
- 

### **Metodologia**

Respeitando-se a movimentação dos fluxos de água nos canais, foram determinadas dez seções de amostragem, para análise (Figura 3):

- S-1: Seção Rio Paraná / Porto São José-PR;
- S-2: Seção Canal Corutuba / Jusante;
- S-3: Seção rio Ivinheima / Montante;
- S-4: Seção rio Ivinheima / Lagoas;
- S-5: Seção rio Ivinheima / Jusante;
- S-6: Seção canal Ipoitã / Saída
- S-7: Seção rio Baía / Régua;
- S-8: Seção rio Baía / Saída;
- S-9: Seção canal Corutuba / Entrada;
- S-10: Seção Médio Corutuba.



**Figura 1:** Área de estudo com as seções de amostragem demarcadas.

As visitas a campo foram realizadas bimensalmente, durante o período de setembro de 2007 a novembro de 2008, respeitando-se o ciclo hidrodinâmico. As variáveis limnológicas (pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, transparência da coluna d'água e turbidez) foram obtidas através de medidas diretas em campo, utilizando-se dos aparelhos digitais específicos: pHmetro, condutímetro, oxímetro, disco de secchi e turbidímetro. Já as temperaturas da água e do ar foram obtidas através de cabos acoplados ao oxímetro digital e, os níveis hidrométricos foram obtidos por leituras de réguas limimétricas dos canais em estudo associados aos dados das estações fluviométricas de Porto São José (localizada no Rio Paraná) e Ivinheima (Rio Ivinheima). Posteriormente os valores obtidos em campo foram tabulados e trabalhados nos softwares Microsoft Excel 2007 e Statistica 5.5, para as análises estatísticas de correlação múltipla e agrupamento por cluster.

## Resultados

Para a visualização do comportamento das variáveis analisadas, temos primeiramente a realização do correlacionamento entre as mesmas. O resultado da correlação múltipla obtida é apresentado na tabela 02.

Tabela 02. Matriz de correlação das variáveis.

	T_AR	T_ÁG	PROF	PH	TURB	OD	CE	VEL	SECCHI	VEL_VENT	PRECIP	RADSOL
T_AR	1,0	0,0	0,0	-0,5	-0,2	-0,1	-0,1	-0,1	0,2	-0,2		0,2
T_ÁG	0,0	1,0	0,0	-0,1	0,1	-0,3	0,0	-0,2	0,0	0,0		0,1
PROF	0,0	0,0	1,0	0,3	0,0	-0,2	0,0	0,3	0,5	-0,3		-0,4
PH	-0,5	-0,1	0,3	1,0	-0,1	0,3	0,2	0,3	0,1	0,0		-0,3
TURB	-0,2	0,1	0,0	-0,1	1,0	-0,1	-0,5	-0,1	-0,8	-0,1		0,2
OD	-0,1	-0,3	-0,2	0,3	-0,1	1,0	0,0	0,1	0,2	0,3		-0,2
CE	-0,1	0,0	0,0	0,2	-0,5	0,0	1,0	0,1	0,4	0,0		-0,2
VEL	-0,1	-0,2	0,3	0,3	-0,1	0,1	0,1	1,0	0,3	-0,2		-0,4
SECCHI	0,2	0,0	0,5	0,1	-0,8	0,2	0,4	0,3	1,0	-0,1		-0,5
VEL_VENT	-0,2	0,0	-0,3	0,0	-0,1	0,3	0,0	-0,2	-0,1	1,0		0,4
PRECIP											1,0	
RADSOL	0,2	0,1	-0,4	-0,3	0,2	-0,2	-0,2	-0,4	-0,5	0,4		1,0

O intervalo que compreende os valores de correlação múltipla é representado de 0-1, onde a maior correlação é indicada pelo valor 1, representado sempre pela correlação de uma variável com ela mesma, identificada como uma diagonal na matriz. Na análise foram marcadas as correlações que apresentam valores iguais ou superiores a 0,5 em função da complexidade das relações no ambiente aquático em estudo.

Nota-se, através da visualização da tabela acima apresentada, que a correlação de maior significância que pode ser encontrada é entre a da profundidade visível de coluna d'água (representada pela variável SECCHI) e a turbidez da água (representada pela variável TURB). A correlação é apresentada como negativa, pelo fato de que, quanto maior é a capacidade de visualização da profundidade do rio, maior é a transparência e permissividade de entrada de luz na coluna d'água e, portanto, menor é a turbidez da mesma. Assim, o comportamento das variáveis é entendido como inversamente correlacionados.

Outras variáveis que apresentaram boa relação foram o pH e a temperatura do ar, considerada também uma correlação negativa. Pois, quanto maior é o envolvimento do ar com a água, uma maior quantidade de íons é transportada para a água, modificando assim o potencial hidrogeniônico da mesma.

A profundidade visível de coluna d'água e a profundidade do rio também apresentam significativa correlação uma vez que a variável profundidade visível (SECCHI) é dependente da variável profundidade (PROF) de forma que, dependendo da turbidez da água, a profundidade da penetração da luz aumenta com o aumento da profundidade, ou seja pode-se em alguns casos encher o fundo do canal.

Para um melhor entendimento do comportamento das variáveis limnológicas no ambiente de estudo, realizou-se também a análise de agrupamento, cujos resultados

são apresentados no gráfico da Figura 3, a seguir. Os agrupamentos identificados corroboram os resultados da análise de correlação múltipla.

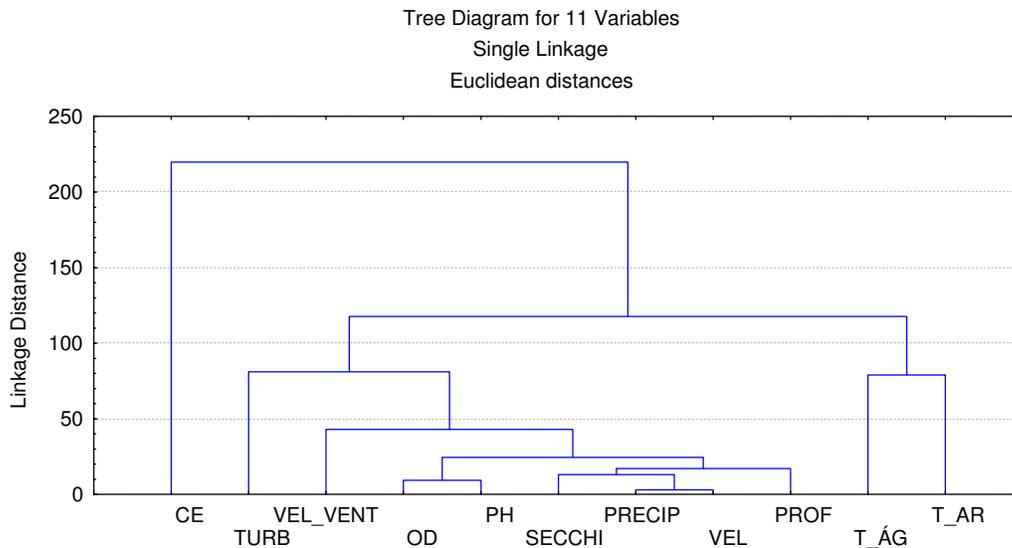


Figura 3 – Gráfico de Agrupamento por Cluster Considerando 10 variáveis. A variável Radiação Solar foi excluída do gráfico para melhor visualização das distâncias das outras variáveis.

A mesma análise de agrupamento por cluster foi aplicada às diferentes seções de amostragem durante o período de estudo. Os resultados são então apresentados na Figura 4. Nela pode-se perceber que alguns agrupamentos se formam com predominância de pontos mais próximos entre si, como nos sistemas a montante (seções 1, 7, 8, 9 e 10) e a jusante (seções 2, 3, 4, 5 e 6) indicando certa similaridade no comportamento limnológico para alguns episódios sazonais (mês da amostragem), como identificado nas setas na figura 4. Algumas seções sempre mantêm comportamento distinto, se apresentando em diferentes agrupamentos dos dois sistemas, o que pode indicar que sempre são influenciadas por um ou outro ambiente, como a seção 2, que fica na ligação entre o sistema Baía-Corutuba e o sistema Ivinheima (figura 1).

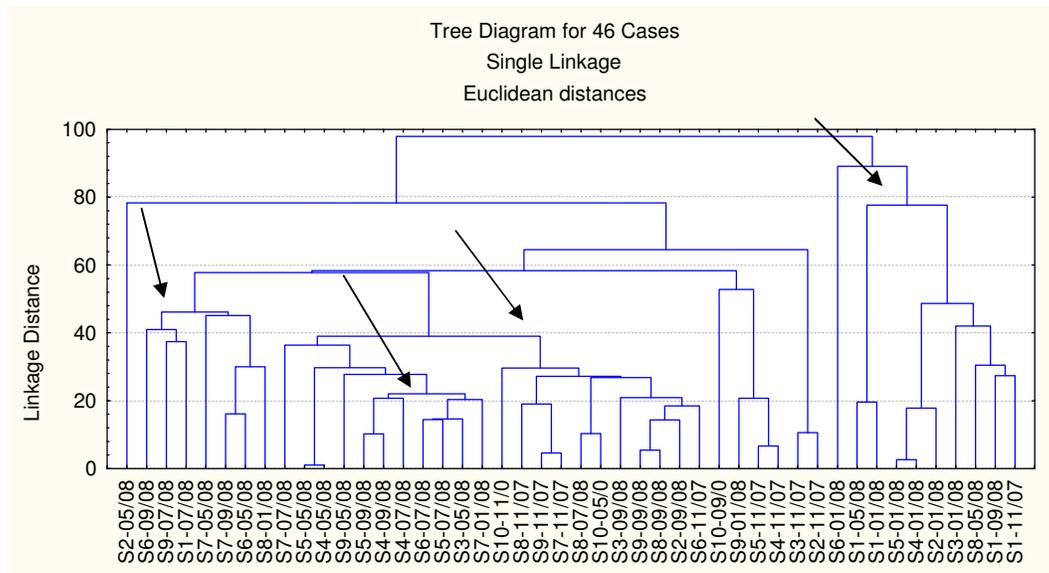


Figura 4 – Análise de Cluster para as sessões de amostragem segundo o período de coleta de setembro de 2007 a novembro de 2008.

### Análise de componentes principais

A análise de componentes principais auxiliou no entendimento dos processos de homogeneização ou espacialização dos ambientes.

A figura 5 apresenta os valores das variáveis para os eixos da ACP no entendimento das similaridades espaciais. Nele pode-se observar que as seções de amostragem que se apresentam no quadrante do fator 1 positivo apresentam similaridade nos valores de profundidade do disco de secchi, pH, condutividade elétrica e Oxigênio dissolvido. As seções que se apresentam no quadrante negativo do eixo 1 apresentam similaridade nos valores das variáveis turbidez, temperatura da água e radiação solar.

No eixo dois, as variáveis que se apresentam no quadrante positivo, apresentam similaridade nos valores de temperatura do ar e profundidade do disco de secchi. No quadrante negativo, nos valores de turbidez e profundidade da coluna d'água.

De acordo com o que apresenta a figura 6, pode-se inferir que há uma leve similaridade entre as seções do sistema jusante, que se acumulam no quadrante negativo do eixo 2, e as seções do sistema montante no quadrante positivo do eixo 2, cujas variáveis foram citadas acima. As variáveis do eixo 1 então, devem influenciar sobre as seções apenas em alguns momentos, ou seja, sazonalmente.

Variable	Factor 1	Factor 2
T_AR	-0,470493	0,608795
T_ÁG	-0,550370	0,471367
PROF	0,330811	-0,553230
PH	0,698154	-0,366801
TURB	-0,607811	-0,721488
OD	0,564709	-0,031205
CE	0,584857	0,311338
VEL	0,432595	-0,242974
SECCHI	0,729456	0,589869
VEL_VENT	0,152694	-0,155473
RADSOL	-0,532599	-0,151200
Expl.Var	3,177735	2,105890
Prp.Totl	0,288885	0,191445

Figura 5. Dados dos valores das variáveis para dois eixos da análise de componentes principais.

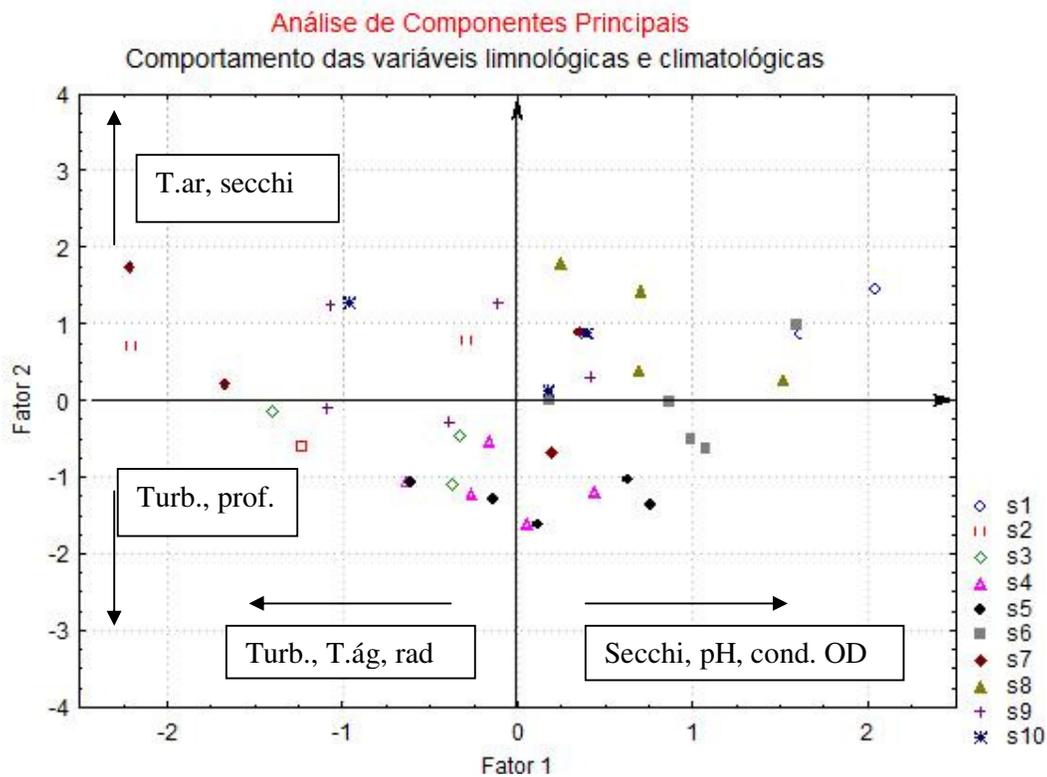
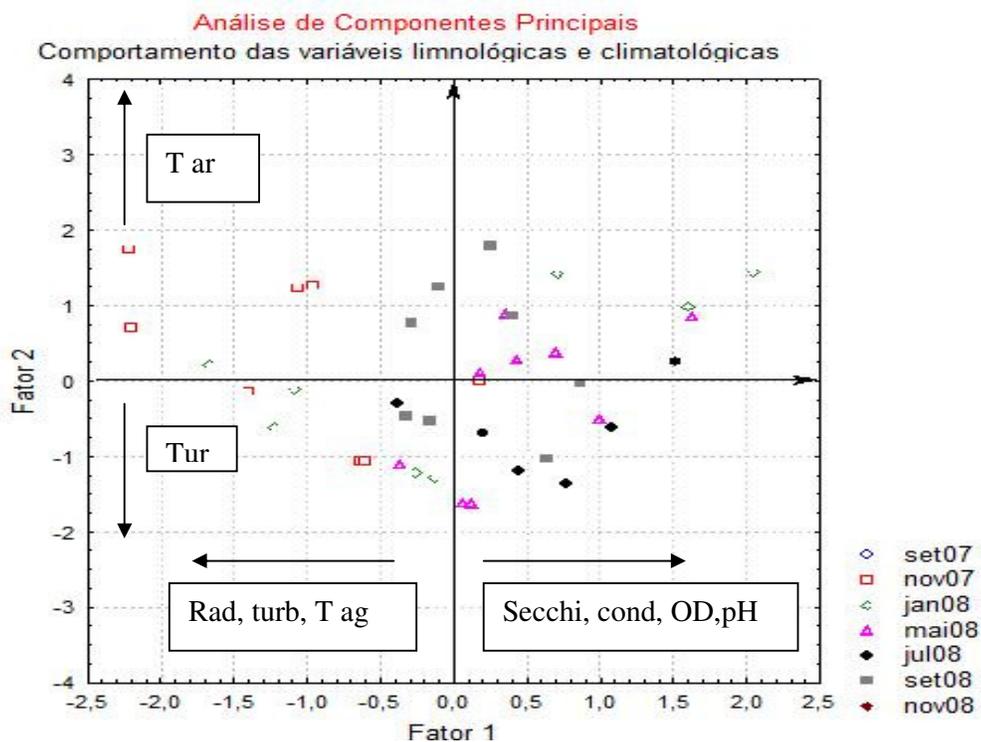


Figura 6. análise de componentes principais para as seções de estudo.

Por outro lado, os episódios que geram similaridade entre os pontos foram avaliados pela ACP da figura 7. Nele, observa leve homogeneidade no período de mai/08 e jul/08. Nestes períodos pode-se considerar que houve certa homogeneidade entre os ambientes, pela proximidade dos pontos (seções), sendo que nestes períodos, a ação das frentes polares e da massa polar atlântica foram observados nos

dias que antecederam e/ou durante as amostragens, mesmo que as temperaturas não estivessem tão baixas. Isso corrobora a possibilidade aventada por Rocha & Sant'Anna Neto (2007), que durante os episódios de passagem de sistemas frontais e posterior atuação da massa de ar polar atlântica, os ambientes aquáticos dos canais da planície fluvial apresentam homogeneidade, provavelmente pelas mudanças provocadas pelo vento, radiação solar e temperaturas, que devem afetar mais os corpos aquáticos. Contudo, o que apresenta a análise de componentes principais sugere que as variáveis que podem causar tal similaridade nestes episódios são a profundidade do disco de sechi, a condutividade elétrica, o oxigênio dissolvido e o pH.



### Conclusões

Foi possível iniciar uma discussão de dois conjunto de informações que fazem parte da essência desta proposta: A dinâmica fluvial em seu aspecto espacial e temporal e das condicionantes climáticas sob a ótica do ritmo climático.

Quando se avalia uma quantidade grande de variáveis relacionadas à dinâmica fluvial nos canais que cortam a planície do rio Paraná nesta região, pode-se perceber que existem variações espaciais das condições gerais da água, que se alteram ao longo do tempo, podendo, em determinadas épocas, serem mais homogêneas, diminuindo as diferenças espaciais.

Os principais fatores responsáveis pelas variações espaciais e sazonais, se relacionam com as condições de fluxo do sistema (níveis fluviométricos, velocidades

de fluxo, sentido do fluxo), mais especificamente nos eventos de alagamento da várzea pode ocorrer homogeneização dos ambientes, contudo, também os aspectos climáticos (chuvas e frentes). Assim, os elementos climáticos, como as temperaturas, radiação solar, ventos, parecem ter grande influência na interação entre as demais variáveis limnológicas. Já é de conhecimento comum que as temperaturas influenciam nas taxas de Oxigênio no ar e na água, contudo há um certo dinamismo em cada ecossistema e que pode ser particularmente avaliado, em conjunto com outros elementos climáticos, cujo estudo e aplicação metodológica foi o objeto deste trabalho.

Assim, foi possível observar que, de modo geral, quando sob condições de atividade dos sistemas polares (frente polar e massa polar atlântica), há modificação nas variáveis limnológicas que conduzem a homogeneização dos ambientes que foram observadas, quando comparado com outros sistemas atmosféricos atuantes, e repercutiram na análise de componentes principais (PCA) de forma a sugerir assim, que há homogeneização dos ambientes durante tais episódios.

#### **Referências bibliográficas**

- LEEDER M.R., 1982. **River Plains**. In: **Sedimentology, Products and Process**. Cap. 15. John Wiley & Sons.
- LEWIS, W. M. Jr., HAMILTON, S. K., LASI, M. A., RODRIGUES, M & SAUNDERS III, J. F., 2000. **Ecological Determinism on the Orinoco Floodplain**. BioScience, Vol. 50, n. 8, pp 681-692.
- PAGIORO, T. A., ROBERTO, M. C., LANSAC-TÔHA, F. A. **Comparative limnological analyses of two lagoons on the floodplain of the Upper Paraná River, Brazil**. - Internat. J. Ecol. Environ. Sci. 23: 229-239, 1997.
- ROCHA, P. C. **Conectividade hidrológica e aspectos físico-químicos no sistema Rio Baía/Canal Corutuba/Rio Ivinheima**, região SE de Mato Grosso do Sul – Brasil. Revista Eletrônica da Associação de geógrafos brasileiros – Seção Três Lagoas – Três Lagoas, v.1 – nº 1 – ano 1, 2004.
- ROCHA, P.C., & SANT'ANNA NETO, J.L. 2007. **Comportamento hidrodinâmico e influência climática na planície fluvial do alto rio paraná, centro-sul do brasil**. Xii simp. Bras. De geogr. Física aplicada, natal-rn.
- ROCHA, R. R. de A. & ROCHA, P. C. **Sistemas Rio-planície de inundação: geomorfologia e conectividade hidrodinâmica**. Revista Tópos, v.1, p. 81-112, 2007.
- THOMAZ, S. M., ROBERTO, M. C. & BINI, L. M. 1997: **Caracterização limnológica dos ambientes aquáticos e influência dos níveis fluviométricos**. - In: VAZZOLER, A. E. A. M.,

AGOSTINHO, A. A. & HAHN, N. S. (eds.): ***A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, químicos, biológicos e sócio-econômicos.*** - Eduem, Maringá, pp.73-102.

THOMAZ, S.M.; LANSAC-TÔHA, F.A.; ROBERTO, M.C.; ESTEVES, F.A. AND LIMA, A.F. ***Seasonal variation of some limnological factors of lagoa do Guaraná, a várzea lake of the high rio Paraná, State of Mato Grosso do Sul, Brazil.*** *Revue D'Hydrobiologie Tropicale* 25: 269-276, 1992a.

THOMAZ, S.M.; ROBERTO, M.C.; LANSAC-TÔHA, F.A.; LIMA, A.F. AND ESTEVES, F.A. ***Características limnológicas de uma estação de amostragem do alto rio Paraná e outra do baixo rio Ivinheima (PR, MS-Brasil).*** *Acta Limnologica Brasiliensia* 4: 32-51 1992b.

TOCKNER, K., MALARD, F. & WARD, J.V., 2000. ***An extension of the flood pulse concept.*** *Hydrological Processes*, 14, J.W. & Sons. 2861-2883 p.

## **Considerações finais**

Os relacionamentos entre os diferentes eixos temáticos avaliados no projeto permitiram algumas considerações, extraídas das interpretações específicas de cada capítulo. 1) Apesar de que as amostragens de campo não apresentaram diferenças significativas entre os períodos analisados, foi possível afirmar a hipótese de que algumas variáveis limnológicas nos sistemas aquáticos da planície fluvial do alto rio Paraná apresentam relacionamento com o ritmo climático, relacionadas por sua vez com os sistemas produtores dos tipos de tempo atuantes em pequena escala de tempo. 2) A combinação entre os eventos climáticos e hidrológicos não necessariamente ocorrem simultaneamente e isso gera certa complexidade nos relacionamentos de causa e efeito quanto às características limnológicas. Conclui-se que tais eventos determinam padrões de conectividade nos subsistemas e isso causa episódios de homogeneidade ou heterogeneidade nas características dos ambientes aquáticos no sistema, para uma ou mais variáveis limnológicas. Além disso, as condições de fluxo e regime hidrológico nos principais rios (Paraná e Ivinheima) controlam também esse processo. 3) Foi observada também boa eficiência das ferramentas de geoprocessamento no entendimento dos processos de alagamentos na várzea, a partir do mapeamento hipsométrico e uso de softwares específicos de modelagem numérica do terreno, assim como o uso de imagens orbitais de boa resolução a baixo custo, quando complementadas com o conhecimento do regime hidrométrico dos rios Paraná e Ivinheima.

## **SÚMULA CURRICULAR**

**PAULO CESAR ROCHA –**

**Produção em C, T& A associadas ao projeto de pesquisa e/ou aos temas abordados**

### **Produção bibliográfica Artigos completos publicados em periódicos**

1. ROCHA, P. C., ROCHA, Renata Ribeiro de Araújo  
A variabilidade hidrológica dos rios Aguapeí e Peixe, bacia do alto Paraná-Brasil. forum ambiental da alta paulista. , v.III, p.2064 - 2087, 2007.
2. ROCHA, Renata Ribeiro de Araújo, ROCHA, P. C.  
Sistemas rio-planície de inundação: Geomorfologia e Conectividade Hidrodinamica. Revista Tópos. , v.1, p.81 - 112, 2007.

### **Capítulos de livros publicados**

1. ROCHA, P. C., SOUZA FILHO, E. E.  
EROSÃO MARGINAL E EVOLUÇÃO HIDRODINÂMICA NO SISTEMA RIO-PLANÍCIE FLUVIAL DO ALTO PARANÁ-CENTRO SUL DO BRASIL In: GEOMORFOLOGIA:Metodologias e Aplicações.1 ed.São Paulo : Expressão Popular, 2008, v.1, p. 127-149.

### **Livros organizados**

1. NUNES, João Osvaldo R, ROCHA, Paulo Cesar.  
Geomorfologia: Metodologias e Aplicações. São Paulo : Expressão Popular, 2008, v.1500. p.184.

### **Trabalhos publicados em anais de eventos (completo)**

1. IMAI, Nilton, Tiago M. Samizava, WATANABE, Fernanda S, ROCHA, P. C.  
Análise da dinâmica da cobertura vegetal da planície de inundação do alto curso rio paraná baseada em dados multifonte In: II Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 2008, Recife-PE.  
. **Anais do II Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação.** Recife-PE: , 2008.
2. Araújo, Alex Paulo, ROCHA, P. C.  
Análise do córrego do Cedro em Presidente Prudente/SP a partir do seu perfil longitudinal In: XV Encontro Nacional de Geógrafos, 2008, São Paulo.  
**anais.** São Paulo: , 2008.
3. IMAI, Nilton, Tiago M. Samizava, ROCHA, P. C., WATANABE, Fernanda S  
Análise multitemporal da cobertura vegetal da planície de inundação do Alto curso Rio Paraná Centro Sul Brasil In: Simposio Internacional en Percepción Remota y Sistemas

de Información Espacial, 2008, Havana, Cuba.

**Memórias del Simposio Internacional en Percepción Remota y Sistemas de Información Espacial.** Havana, Cuba: , 2008.

4. Rotta, Luis Henrique, IMAI, Nilton, Ferreira, Monique S., ROCHA, P. C., Tiago M. Samizava

Delineamento amostral para estimativa da distribuição espacial de sedimentos em suspensão baseada em imagens CCD/CBERS In: Simpósio Brasileiro de Engenharia Ambiental, 2008, Serra Negra-SP.

**anais.** Serra Negra-SP: , 2008.

5. ROCHA, P. C., Bombonato, Andréa Campaz, Silva, Lênin de Matos, Brandão, Fernando, ANDRADE, Ismar Renan Alves de

Geomorfologia e reativação de paleocanais em uma área de influência do reservatório da UHE Porto Primavera, Planície do rio Paraná, Centro-Sul do Brasil In: VII Sinageo / II Encontro Latino-Americano de Geomorfologia, 2008, Belo Horizonte-MG.

**anais do VII Sinageo.** , 2008.

6. Araújo, Alex Paulo, ROCHA, P. C.

Magnitudes e identificação de processos de erosão de margens no córrego do cedro em Presidente Prudente-SP In: VII Sinageo / II Encontro Latino-Americano de Geomorfologia, 2008, Belo Horizonte.

**anais do Sinageo-2008.** , 2008.

7. Rotta, Luis Henrique, IMAI, Nilton, ROCHA, P. C., Tiago M. Samizava

Sensoriamento Remoto na Caracterização Espacial de Sólidos em Suspensão - Estudo de Caso: Alto Rio Paraná In: XX Congresso de Iniciação Científica da Unesp, 2008, São José dos Campos-SP.

**XX CIC 2008.** Sao José dos Campos-SP: , 2008.

8. ROCHA, P. C., ROCHA, Renata Ribeiro de Araújo

A VARIABILIDADE HIDROLÓGICA DOS RIOS AGUAPEÍ E PEIXE, BACIA DO ALTO PARANÁ - BRASIL In: III Forum Ambiental da Alta Paulista, 2007, Tupa-SP.

**Anais do III Forum Ambiental da Alta Paulista.** Tupa: , 2007.

9. ROCHA, P. C., SANT'ANNA NETO, João Lima

COMPORTAMENTO HIDRODINÂMICO E INFLUÊNCIA CLIMÁTICA NA PLANÍCIE FLUVIAL DO ALTO RIO PARANÁ, CENTRO-SUL DO BRASI In: XII Simpósio brasileiro de Geografia física aplicada, 2007, Natal-RN.

**Anais do XII SBGFA.** , 2007.

10. ALMEIDA, Bruna Tiago, NUNES, João Osvaldo R, ROCHA, P. C.

CONCENTRAÇÃO, VARIAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE MATERIAIS EM In: XII SBGFA, 2007, Natal-RN.

**Anais do XII SBGFA.** , 2007.

## **Eventos**

### **Participação em eventos**

1. Apresentação Oral no(a) **VII Sinageo / II Encontro Latino-Americano de Geomorfologia**, 2008. (Simpósio)

Geomorfologia e reativação de paleocanais em uma área de influência da UHE Porto Primavera, planície do rio Paraná, Centro-Sul do Brasil.

2. Conferencista no(a) **Seminário sobre Ecologia, Conservação e Manejo in-situ e ex-situ do Cervo-do-Pantanal**, 2008. (Seminário)  
sistemas rio-planície de inundação: processos e formas.
3. **VIII Semana da Geografia da FCT/UNESP**, 2008. (Encontro)  
.
4. **IV Forum Ambiental da Alta Paulista**, 2008. (Seminário)  
.
5. Apresentação Oral no(a) **III Forum Ambiental da Alta Paulista**, 2007. (Outra)  
A VARIABILIDADE HIDROLÓGICA DOS RIOS AGUAPEÍ E PEIXE, BACIA DO ALTO PARANÁ - BRASIL.
6. Apresentação Oral no(a) **XII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**, 2007. (Simpósio)  
COMPORTAMENTO HIDRODINÂMICO E INFLUÊNCIA CLIMÁTICA NA PLANÍCIE FLUVIAL DO ALTO RIO PARANÁ, CENTRO-SUL DO BRASIL.
7. Apresentação (Outras Formas) no(a) **Seminários de geoprocessamento e sensoriamento remoto em qualidade da água**, 2007. (Seminário)  
SIG e sensoriamento remoto aplicado ao estudo da dinâmica de inundação de uma área da planície fluvial do alto rio Paraná - centro-sul do Brasil.
8. **I Simplad - Simpósio sobre Planos Diretores**, 2007. (Simpósio)  
.

#### **Bancas**

##### **Participação em banca de trabalhos de conclusão**

#### **Mestrado**

1. SOUZA FILHO, E. E., SANTOS, Manoel Luis dos, ROCHA, P. C.  
Participação em banca de Ismar Renan Alves de Andrade. **O uso de técnicas de sensoriamento remoto na identificação de formas na região de Porto Rico, planície de inundação do alto rio Paraná, MS/PR**, 2008  
(Geografia) Universidade Estadual de Maringá
2. SANTOS, Manoel Luis dos, ROCHA, P. C., Ferreira, M.E.M.C.  
Participação em banca de Adilson Rodrigues Coelho. **Dinâmica e qualidade da água da bacia de drenagem do ribeirão Maringá: contribuição para o planejamento e gestão ambiental**, 2007  
(Geografia) Universidade Estadual de Maringá

#### **Doutorado**

1. SOUZA FILHO, Edvard Elias de, NEIFF, J.J., ROCHA, P. C., STEVAUX, José Cândido, GOMES, Luiz Carlos  
Participação em banca de José Antonio Arenas-Ibarra. **Aplicações fluviológicas na planície do alto rio Paraná (PR-MS)**, 2008  
(Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais) Universidade Estadual de Maringá

## **súmula complementar**

### **Trabalhos em Preparação:**

#### **- Capítulo de livro**

- *Influências do meio físico e antrópico sobre a conectividade no sistema rio - planície fluvial do alto paraná: conhecimento atual e perspectivas.* Paulo César Rocha, Renata R.A.Rocha e João Henrique Dias (em preparação). In O Cervo do Pantanal. Embrapa / CESP. 2008

### **Trabalhos submetidos**

#### **- Capítulo de livro**

- Geomorfologia regime hidrológico e áreas inundáveis na planície fluvial do alto rio paraná. Paulo Cesar Rocha & Eder Comunello. Livro em preparação sobre a produo acadmica nos 50 anos da FCT UNESP. Presidente Prudente.

#### **-Artigos em periódicos:**

- Regimes de fluxo e ritmo climático na planície fluvial do alto rio paraná, centro-sul do brasil (submetido). Paulo Cesar Rocha & João Lima Sant'Anna Neto. Revista Geografia – Rio Claro-SP

- Os processos geomórficos e o estado de equilíbrio fluvial no alto rio paraná, centro sul do brasil (submetido). Paulo Cesar Rocha. Revista Geosul. Florianópolis-SC