

# NÍVEIS HIDROMÉTRICOS FLUVIAIS E SUBTERRÂNEOS NUM TRECHO DA PLANÍCIE FLUVIAL DO ALTO RIO PARANÁ, CENTRO-SUL DO BRASIL: Hidrometria e Variáveis Físico-Químicas

*Guilherme Bonfatti Bota<sup>1</sup>; Paulo Cesar Rocha<sup>2</sup> & Alex Paulo de Araujo<sup>3</sup>*

**RESUMO** ... Este trabalho tem como objetivo a avaliação dos níveis hidrométricos da água subterrânea assim como de suas características de acidez e condutividade elétrica na planície fluvial do alto rio Paraná, em trecho a jusante da UHE Porto Primavera. Para tanto, serão avaliados os níveis em 3(três) diferentes locais na planície fluvial do alto rio Paraná, entre o rio Baía e a foz do rio Ivinheima, ao longo de um ciclo hidrológico (2008-2009), com amostragens bimensais. Concomitantemente serão medidos os níveis dos canais secundários correlativos às respectivas posições geográficas das sondagens hidrométricas e os valores de precipitação pluviométrica na região. Os dados quantitativos das medidas hidrométricas da água subterrânea, dos níveis da água dos canais que drenam a respectiva área e de pluviometria serão correlacionados através de testes estatísticos. As influências dos depósitos aluviais sobre as características hidrométricas, pH e a condutividade elétrica da água subterrânea amostrada serão avaliadas qualitativamente. Espera-se com os resultados, o entendimento em primeira aproximação da conectividade vertical e lateral entre as diferentes fases hidrológicas no sistema subterrâneo – superficial – atmosférico na planície fluvial do alto rio Paraná.

**ABSTRACT** ... This research has as an issue to evaluate the hydrometric levels of groundwater, as if you're acid and conductivity characteristics in the fluvial plain of high Paraná River at HPP Porto Primavera downstream. So that can happen, 3 (three) different locals in the fluvial plain of high Parana river will be evaluated, between Baía river and Ivinheima river mouth, throughout an hydrological cycle (2008-2009), with seasonal samples. Concomitantly, the levels of secondary channels correlative to the respective geographic positions of hydrometrics sounding and the pluviometric precipitation values in region will be measured. The quantitative datas of groundwater hydrometrics measurement, water levels on channel which dram the respective area and pluviometry will be correlated through statistic test. The influences of alluvial deposits upon the hydrometric characteristics, pH and electric conductivity of groundwater sample will be qualitatively estimated. It is expected with the results, the understanding of the lateral and vertical connectivity approximation among different hydrological fases on the underground – surface-atmospherical system in the fluvial plain on high Paraná River.

**Palavras Chave:** Alto rio Paraná, planície fluvial, conectividade vertical e lateral.

---

<sup>1</sup> Graduando 5ºano Eng. Ambiental - FCT/UNESP. Rua Roberto Simonsen, 305, 19060-900 Presidente Prudente-SP. Email: guibbt@hotmail.com.

<sup>2</sup> Professor FCT/UNESP/Dep. Geografia – pcrocha@fct.unesp.br

<sup>3</sup> Geógrafo e mestrando em Geografia pela FCT/UNESP campus Presidente Prudente - debate\_geo@yahoo.com.br

## 1. INTRODUÇÃO

As principais feições de ambientes aluviais são os canais e as planícies de inundação, juntamente com uma zona transicional de pequenos diques e canais de rotas de inundação (crevasses). Os segmentos de canais podem ser múltiplos (anastomosados, entrelaçados) ou únicos (meandranes, 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 carregando materiais finos (silte, argila) durante os estágios superiores ao de margens plenas (Leeder, 1982 apud Teixeira *et al.*, 2003).

Do ponto de vista dos processos fluviais, a planície de inundação é tomada como uma feição deposicional do vale do rio, associada com um clima particular ou com o 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 à de saída. Uma alteração nas condições de equilíbrio, devido a mudanças tectônicas ou no regime hidrológico (clima), incluindo mudanças no aporte de sedimentos e água, pode resultar na alteração da planície de inundação e levar à degradação e formação de um terraço, ou por outro lado levar a agradação do sistema (Leopold *et al.*, 1964 apud Christofolletti, 1981).

Desse modo, uma diversidade de estágios geomórficos pode ser observada nos sistemas rio-planície de inundação, quer seja nas altas latitudes ou nos trópicos, ou considerando um determinado trecho no perfil longitudinal dos rios, os quais admitem relações particulares entre o canal fluvial e sua planície de inundação, e que estão também associados com a evolução do sistema ao longo do tempo.

Entender a funcionalidade dos grandes sistemas fluviais tropicais tem ganhado interesse desde o final do último século. Até então, a maioria dos conceitos acerca dos sistemas fluviais no âmbito da geomorfologia, sedimentologia e hidrologia, esteve voltada para rios da região temperada, semi-árida e periglacial, gerando assim dois problemas: primeiro seria a questão climática na evolução do sistema, generalizadas para outras regiões climáticas; e a segunda seriam nas regiões temperadas, no qual os sistemas fluviais que serviram como modelos não têm as dimensões daqueles sob clima tropical, que está por sua vez também relacionado à região climática (Rocha, 2002).

Associando as questões climáticas com a dinâmica hidrológica dos grandes rios e suas planícies de inundação podem-se destacar os grandes fenômenos de enchentes que assombram o mundo e o Brasil atualmente. Várias questões foram feitas a respeito da efetividade e custos das atuais políticas de manejo das planícies de inundações e das cheias, e sobre o potencial para se reduzir futuras catástrofes provocadas por inundações, através da preservação e restauração de

grandes ecossistemas rio-planície de inundação, suas bacias tributárias e áreas alagáveis (Sparks, 1995 apud Rocha & Rocha, 2007).

Na busca do entendimento da dinâmica hidrológica, dos processos climáticos e assim, o processo de modelagem, ainda que empírico, é fundamental. Estabelecendo-se correlações entre os níveis fluviométricos e áreas inundadas ou em diferentes níveis e períodos do ano, é possível gerar vários mapas temáticos, possibilitando inclusive o resgate histórico das condições a que o sistema fluvial se submeteu ao longo da série histórica do registro de níveis fluviométricos. Este resgate histórico poderia elucidar o funcionamento da dinâmica da inundação de maneira suficientemente clara para permitir a simulação, ou seja, a possibilidade de inferir sobre cenários futuros (Souza Filho, 1993).

A compreensão sistêmica dos rios, funcionalidade, organização interna, modificações provocadas pela ação humana, pressupõe o conhecimento de variáveis que atuam em sistemas fluviais. Dentre elas, se destacam aquelas que são determinantes (de força) sobre a biota aquática, e também as variáveis físicas como declividades, débitos, erosão-transporte-deposição e a geomorfologia. Tais variáveis são fundamentais para a explicação dos eventos que se registram nos rios. As abordagens sistêmicas acerca dos rios devem ainda se apoiar no auxílio dos principais conceitos sobre a estrutura e o funcionamento dos rios, em acordo com as noções de corpo hídrico e bacia hidrográfica (Schwarzbold, 2000).

As influências climáticas sobre os ecossistemas fluviais fazem parte dos conceitos acerca do ecossistema fluvial, contudo, são vistas, por um lado, na escala da bacia de drenagem (definição do tipo de clima, regime pluviométrico, etc.) e geralmente normalizadas (médias), e por outro lado, através de medidas locais pontuais no tempo, associadas ao período de amostragens. Fica mais evidente isto, quando se trata de grandes sistemas fluviais (Rocha, 2002).

A precipitação é entendida em hidrologia como toda água proveniente do meio atmosférico que atinge a superfície terrestre. Neblina, chuva, granizo, saraiva, orvalho, geada e neve são formas diferentes de precipitação, entretanto o que diferencia uma da outra é o estado em que a água se encontra (Tucci, 2001).

Segundo Tucci (2001), a disponibilidade de precipitação numa bacia durante o ano é o fator determinante para quantificar, entre outros, o quanto ela influencia nos níveis fluviométricos dos corpos d'água de uma determinada bacia hidrográfica, seja pelo modo mais rápido (superfície) ou pelo modo mais lento (substrato).

As características principais da precipitação é a sua totalidade, duração e distribuição temporal e espacial. O total precipitado não tem significado se não estiver ligado à duração (Tucci, 2001).

A partir disso, as influências da precipitação nos rios e nos canais se revelam expressivas nas porções de médias e altas ordens, simplesmente pelo fato da ocorrência de feições geomórficas corresponderem comumente aos sistemas entrelaçados, meandrante e anastomosado, respectivamente (Rocha, 2002).

Durante estes eventos de contribuição há os relacionamentos nos padrões de conectividade dos processos de homogeneização entre os ambientes aquáticos, aquáticos - terrestres e terrestres, que interagem de acordo com a magnitude do fenômeno, seja ele alta precipitação e conseqüentemente aumento nos níveis fluviométricos dos canais.

Segundo Ward & Stanford (1995- B) apud Rocha & Rocha (2007) descreveram o grau de conectividade de diversos corpos aquáticos no ambiente de planície de inundação, com o canal do rio, baseados nos seus atributos estruturais e funcionais, que geomorficamente são desenvolvidos ao longo do tempo e da história geológica, hidrodinâmica e geomorfológica do sistema, sendo também um bom exemplo de diversidade de habitats no sistema. Planície de inundação aluvial contém uma variedade de biótipos lóticos e lênticos, incluindo o rio e seus canais laterais, olhos d'água emergentes (springbrooks), canais tributários e segmentos de canais abandonados.

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 hiporréicas 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.

### 1.1. Área 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.

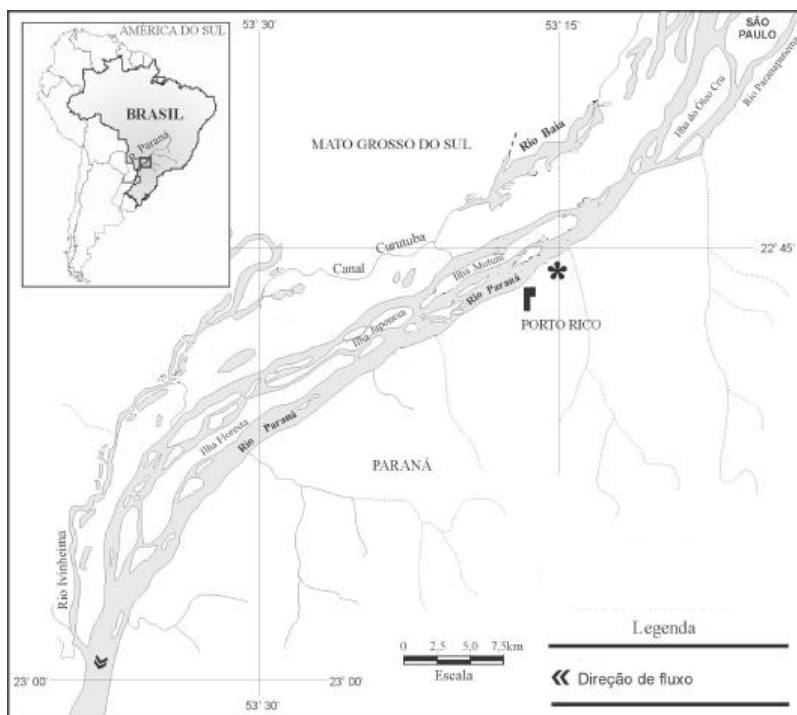


Figura 1: Área de Estudo. Org: Souza Filho & Stevaux, 2003. Fonte: Agostinho *et al.*, 1997

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).

## **2.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.

## **3.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, condutivímetro 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.

#### **4.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 hidrologicamente os sub-sistemas da planície fluvial; e os faores 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.

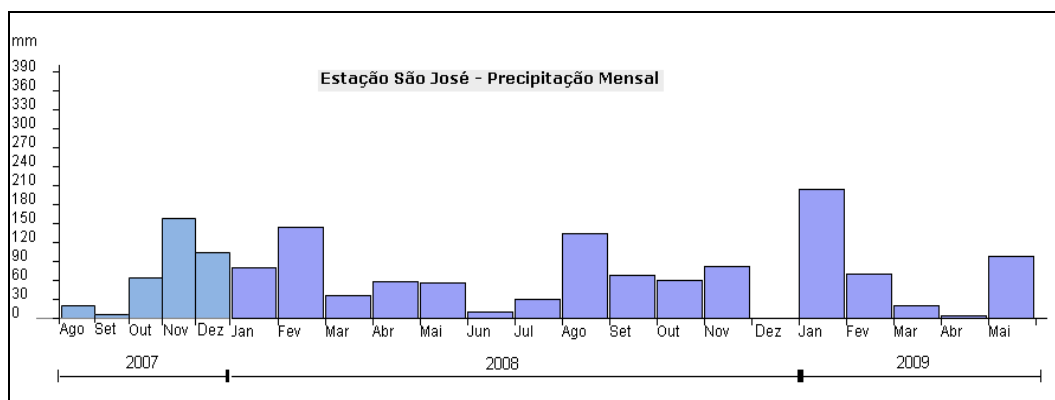


Figura 2: Precipitação mensal da Estação de Porto São José (rio Paraná), no período de Agosto/07 à Maio/09.

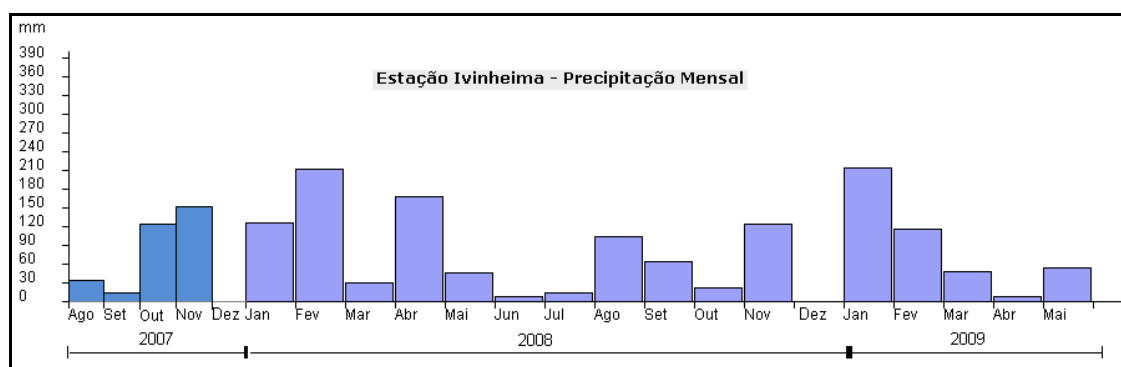


Figura 3: Precipitação mensal da Estação Ivinheima (rio Ivinheima), no período de Agosto/07 à Maio/09.

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.

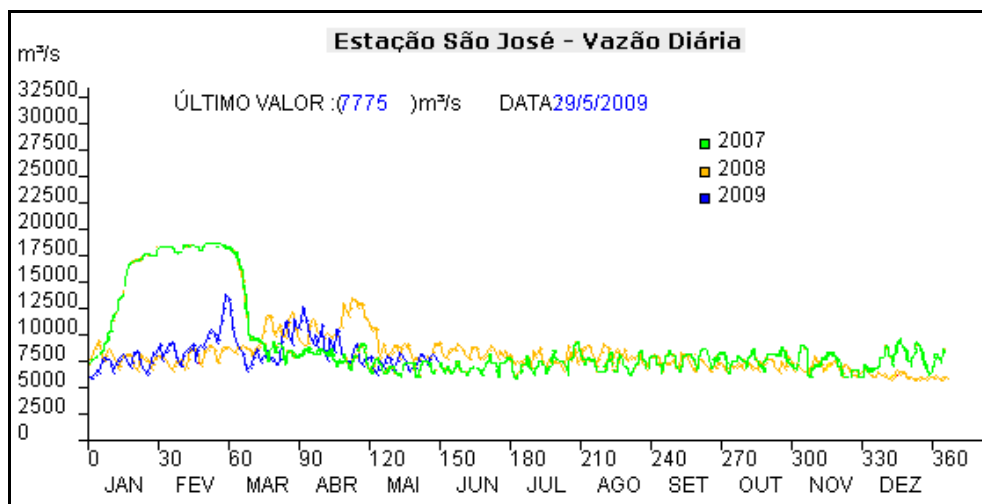


Figura 4: Nível Fluviométrico (vazão) do rio Paraná ao longo do tempo.

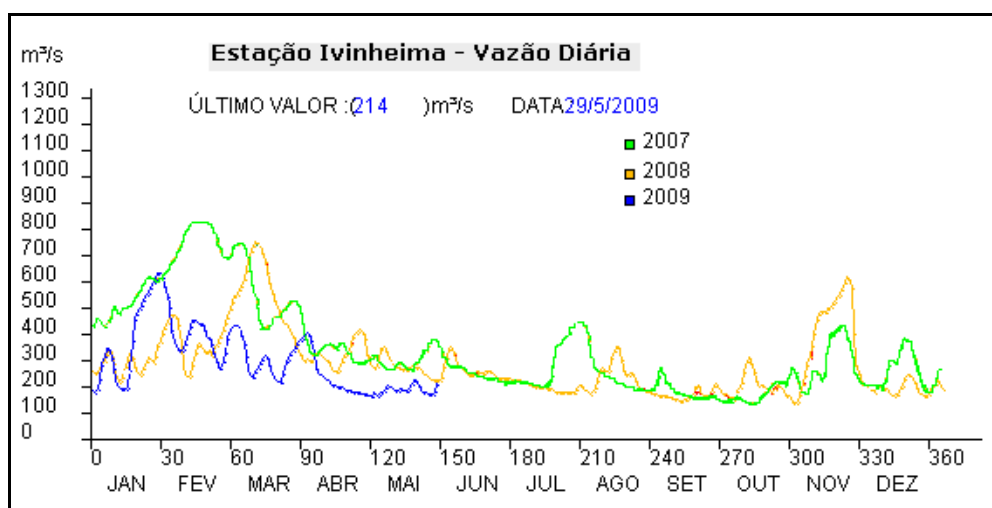


Figura 5: Nível Fluviométrico (vazão) do rio Ivinheima ao longo do tempo.

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, afetam barras, 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.

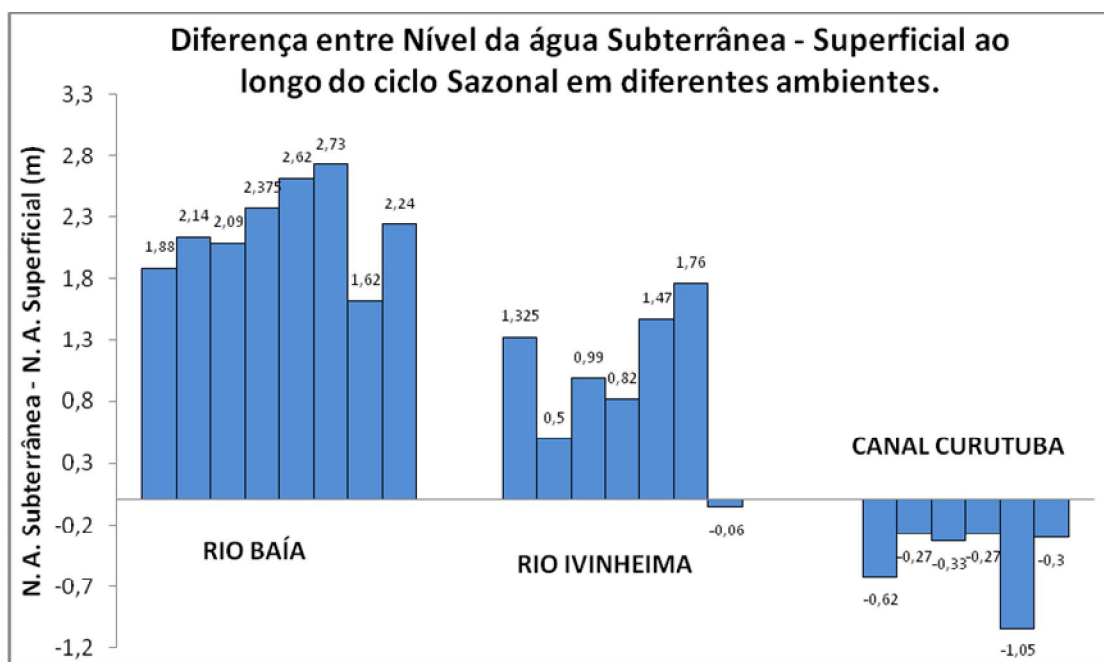


Figura 6: Diferença entre o nível da água subterrânea e o nível da água superficial ao longo de um ciclo sazonal, em diferentes ambientes da planície fluvial.

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). Conseqüentemente, 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.xxxxxxxx

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 conseqüentemente 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.

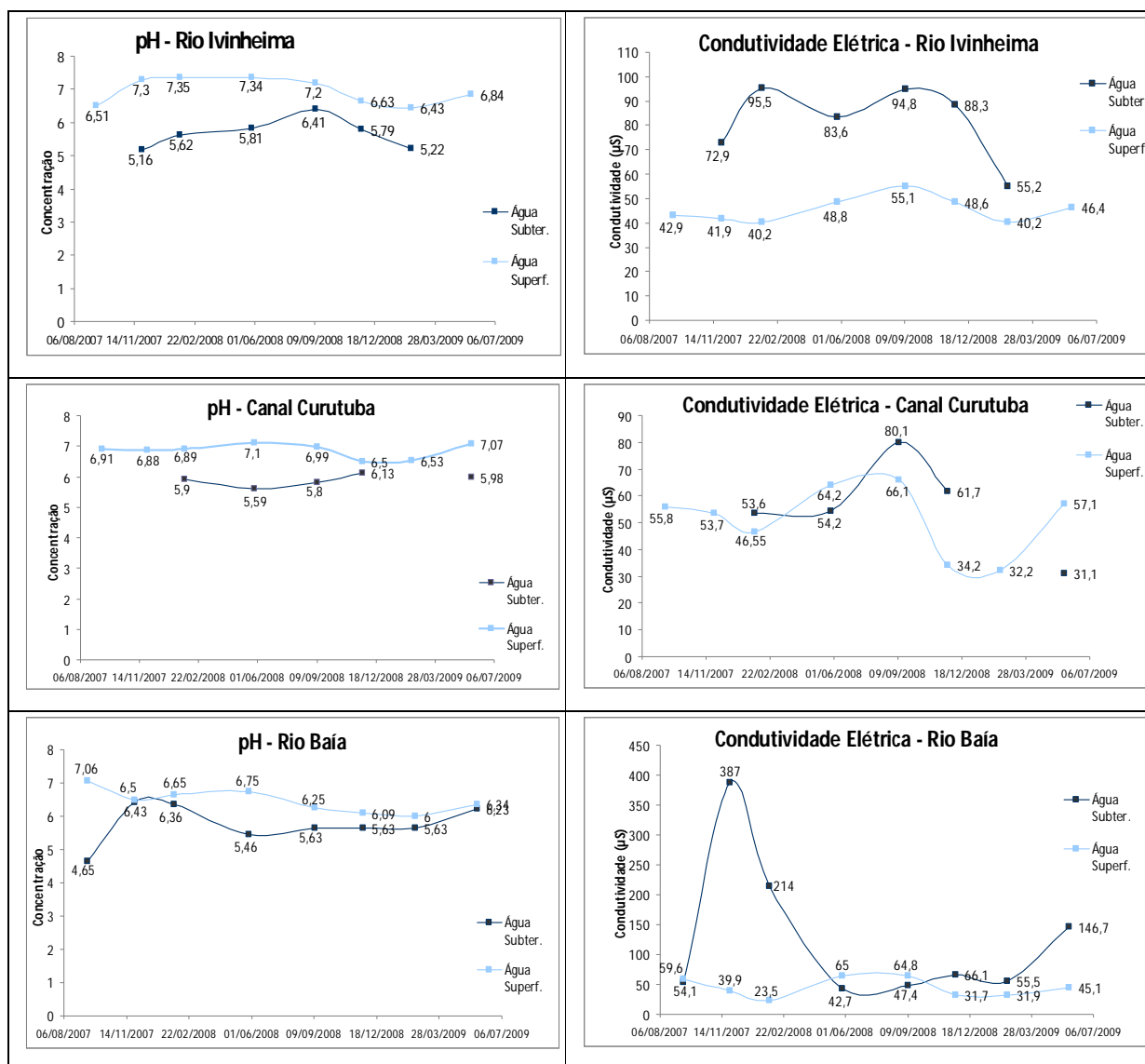
Para o sub-sistema do canal Curutuba, o comportamento das variações entre os níveis das águas subterrâneas e superficiais apresentaram-se diferentes dos demais sub-sistemas, pelo fato dos níveis hidrométricos das águas superficiais serem maiores que os níveis das águas subterrâneas. Há hipótese vinculada a este comportamento refletida 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 próximo 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 influencia 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.

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 ligadas 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, de acordo com a tabela 2.

Tabela 2: Variação sazonal de pH e condutividade dos sub-sistemas entre as águas subterrâneas e superficiais.



As variações sazonais de pH, no sub-sistema do rio Ivinheima, entre a água subterrânea e superficial apresentam certa “sincronia”, representando possível interação direta entre os ambientes. Para o canal curutuba e para o rio Baía, as variações sazonais de pH apresentam comportamentos semelhantes ou diretos, já em determinado período este comportamento inverte, tal fenômeno pode ser melhor evidenciado no rio Baía. Contudo, a variação sazonal de pH entre as águas subterrâneas e superficiais, somente para o sub-sistema do canal Curutuba apresentou média correlação ( $r : 0,57$ )

Já as variações sazonais de condutividade elétrica, nos sub-sistemas, apresentam comportamentos distintos e inversões constantes nas interações entre as águas subterrâneas e superficiais. Porém, a variação sazonal de condutividade entre as águas subterrâneas e superficiais do rio Ivinheima apresentou uma correlação considerável ( $r : 0,3$ ).



## 5. CONCLUSÕES

Os ambientes amostrados evidenciam situações distintas em relação às 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 Curutuba, 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, evidenciados pelos períodos de cheias. Isso se deve ao fato de que nos ambientes abertos as respostas hidrológicas são mais rápidas.

As variáveis Temperatura da Água, pH e Condutividade variam conforme as variações observadas nos ambientes fluviais. Contudo, em alguns momentos os relacionamentos se mostram inversos, em outros, diretos. Tais fatos ainda devem ser melhores avaliados com novos dados.

## 6. 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/index.php?q=node/383&foto=hidrologia\\_dados\\_hidro.jpg](http://www.itaipu.gov.br/index.php?q=node/383&foto=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.