

# RELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS E HIDROLÓGICAS DE UMA PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO SITUADA NA MICRO BACIA DO RIO JACUPIRANGUINHA, AFLUENTE DO BAIXO RIBEIRA DO IGUAPE, SP.

*Paulino de Almeida Neto<sup>1</sup> & Eduardo Mario Mendiondo<sup>2</sup>*

**RESUMO** --- As variações do nível da água e do período de inundação provocam uma série de transformações nas características limnológicas dos corpos d'água causadas por interações entre os ambientes terrestre e aquático. Promovem por exemplo, o aumento ou diminuição das seguintes variáveis estudadas neste artigo: condutividade elétrica, biomassa, gases dissolvidos, (oxigênio), nutrientes (nitrogênio e fósforo) e materiais suspensos. O objetivo deste trabalho é criar quadros sínteses conceituais integrando relações entre variáveis limnológicas e hidrológicas de uma planície de inundação, a fim de propor diretrizes para gestão de cenários de ecologia fluvial e hidrogramas ecológica. Para realização da pesquisa foi escolhida a microbacia do Rio Jacupiranguinha localizado no Baixo Ribeira do Iguape, SP. Foram criadas estações linimétricas e calculado as variáveis hidrológicas (vazão e área inundada) e limnológicas do local. Concluiu-se então que os pulsos de inundação ou hidrosedimentação, verificados através dos níveis hidrométricos, mantêm a conectividade do rio Jacupiranguinha com o sistema de áreas alagáveis estudados e determinam a dinâmica dos fatores abióticos e bióticos fundamentais para que esse sistema possa funcionar como armazenador e ou depurador de cargas poluidoras advindas deste rio.

**ABSTRACT** --- The variations of the level of the water and of the flood period provoke a series of transformations in the limnological characteristics of the body's of water caused by interactions among the terrestrial and aquatic environments. They promote for instance, the increase or decrease of the following variables studied in this article: electric conductivity, biomass, dissolved gases, (oxygen), nutritious (nitrogen and match) and materials suspended. The objective of this work is to create syntheses squares integrating relationships between hydrological and limnological variables of a flood plain, to propose guidelines for administration of ecology fluvial sceneries and hydrographs ecological. For accomplishment of the research it was chosen the micro basin of Jacupiranguinha river in the Baixa Ribeira do Iguape Valley, SP. Hydrometrics stations were created and hydrological (flow and flooded area) and limnological variables were calculated. Concluded that the flood pulses or hydrosedimentation, verified through the hidrometics levels, maintain the connectivity of the river Jacupiranguinha and the system of flooded areas studied, and determine the dynamics of the abiotics and biotic factors, fundamental to the system works as storager and or purifying of pollutant loads arrival from this river.

**Palavras-chave:** planície de inundação, rio Jacupiranguinha, variáveis limnológicas e hidrológicas

1) Núcleo Integrado de Bacias Hidrográficas - Depto de Hidráulica e Saneamento – Escola de Engenharia de São Carlos/USP  
Caixa Postal 359 – CEP 13566-590 São Carlos. paulino.an@terra.com.br

2) Núcleo Integrado de Bacias Hidrográficas - Depto de Hidráulica e Saneamento – Escola de Engenharia de São Carlos/USP  
Caixa Postal 359 – CEP 13566-590 São Carlos, SP. emm@sc.usp.br

# 1 - INTRODUÇÃO

Cowardin et al. (1979), caracterizam as áreas alagáveis como sistemas de transição, entre sistemas aquáticos e terrestres, onde o nível das águas subterrâneas pode ser superficial, próximo da superfície do solo ou coberta por rasa camada de água, sendo o substrato composto por sedimentos pouco consolidados, hidromórficos e pobremente drenados. Tais condições permitem que, no mínimo sazonalmente, estas áreas sejam o habitat de plantas aquáticas.

Segundo Neiff (2001), um dos principais tipos de áreas alagáveis são os rios de planície de inundação, e essas planícies são reconhecidas como mosaicos de ecossistemas altamente dinâmicos, onde a estabilidade e a diversidade estão primariamente condicionadas pela hidrologia e fluxos de materiais. De acordo com Welcomme (1985), as planícies de inundação constituem um tipo de área alagável que toma a forma de uma faixa de terra sujeita a inundação, situada em torno do canal do rio.

O funcionamento e estrutura de rios de planície de inundação estão condicionados pelas inundações periódicos ou pulsos de inundação (JUNK et al., 1989). O conceito de “pulsos de inundação” foi reformulado por Neiff (1990) onde se trata de “pulsos de energia e matéria” ou pulso hidrosedimentalógico. Neiff (1990; 1996; 1999) salienta que ambas as fases do pulso têm igual importância, por exemplo, em rios como o Paraguai e Paraná, as crescentes e as vazantes formam duas fases complementares do pulso, que tem muita influência na estabilidade dos ecossistemas fluviais.

As variações do nível da água e do período de inundação provocam uma série de transformações nas características limnológicas dos corpos d’água causadas por interações entre os ambientes terrestre e aquático. Promovem por exemplo, o aumento ou diminuição das seguintes variáveis estudadas neste trabalho: condutividade elétrica, biomassa, gases dissolvidos, (oxigênio), nutrientes (nitrogênio e fósforo) e materiais suspensos.

Podem provocar, portanto, alterações na quantidade e qualidade das águas das planícies de inundação que foram sujeitas ao alagamento; e estas alterações influenciam a comunidade vegetal, pois alteram a profundidade e hidrodinâmica das lagoas e modificam a qualidade da água, alterando as características físicas e químicas.

## 2 – OBJETIVO DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho é criar quadros sínteses conceituais integrando relações entre variáveis limnológicas e hidrológicas de uma planície de inundação, a fim de propor diretrizes para gestão de cenários de ecologia fluvial e hidrogramas ecológica. Para realização da pesquisa foi escolhida a microbacia do Rio Jacupiranguinha localizado no Baixo Ribeira do Iguape, SP.

## 3 – MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.1 –Área de Estudo

A cidade de Cajati tem uma população aproximada de 32.052 habitantes, sendo que principal atividade econômica do município, além da agricultura (dominada por bananicultura), é um complexo químico industrial, que produz principalmente fertilizantes, concentrados fosfatados e ácidos fosfóricos (BENASSI, 2006).

A figura 1 apresenta a localização da cidade de Cajati dentro do estado de São Paulo e também da Bacia do Ribeira do Iguape.

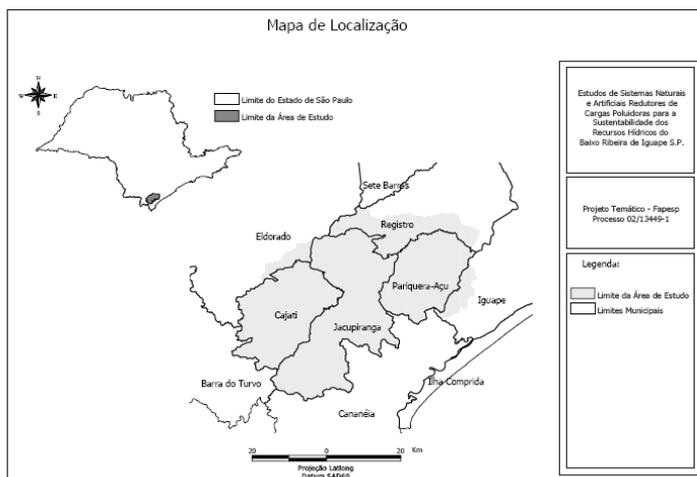


Figura 1 – Localização da cidade de Cajati dentro do estado de São Paulo. (Fonte: CALIJURI 2005).

Dentro da bacia do Ribeira do Iguape foi escolhida, para a realização deste estudo, a microbacia do rio Jacupiranguinha, no município de Cajati – SP. Essa seleção foi devido à presença de áreas alagáveis e ao sistema de tratamento de esgotos sanitários utilizado pelo município (sistema de lagoas de estabilização) (BENASSI 2006).

Por uma série de razões, as planícies de inundação são os ambientes que mais merecem cuidados especiais nas decisões de planejamento e gestão ambiental, o que, muitas vezes, não é levado em conta nas decisões de uso e ocupação do solo, resultando em uma série de problemas ambientais (MOCELLIN 2005). A planície de inundação estudada possui uma área de 125.505 m<sup>2</sup> e perímetro de 1550 m.

### 3.2 – Monitoramento

As coletas de dados hidrométricos são feitas através da construção de estações linimétricas compostas de régua e/ou linígrafos automáticos, permitindo o registro manual diário ou automático

do nível da água do rio e das lagoas da planície de inundação ao longo do tempo. A figura 2 é uma vista aérea de toda a planície de inundação do rio Jacupiranguinha. As estações limimétricas instaladas estão representadas na mesma gravura, juntamente com seus respectivos números de identificação que estão entre parênteses.

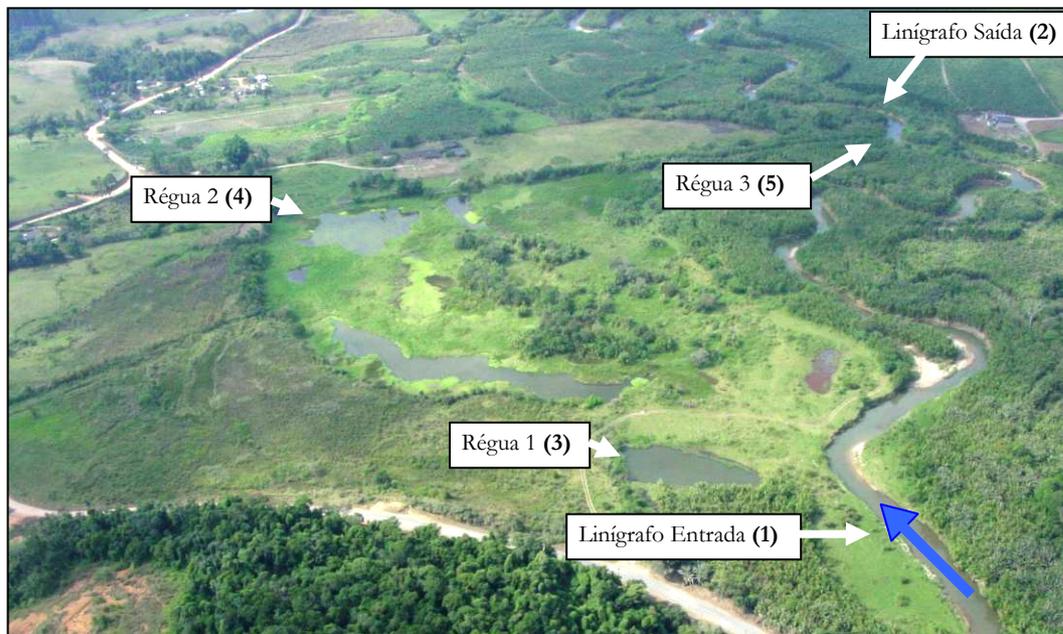


Figura 2 - Ilustração da planície de inundação e as cinco estações fluviométricas instaladas e a seta azul representa o sentido do fluxo do rio Jacupiranguinha (BENASSI, 2006).

### 3.3 – Variáveis Limnológicas

#### 3.3.1 Local de coleta das variáveis físicas e químicas da água e da biomassa.

As macrófitas aquáticas exercem importante papel na filtração e sedimentação do material particulado em suspensão, e também contribuem para a remoção e a transformação dos nutrientes (NICHOLS, 1983; HAMMER e BASTIAM, 1989 e GOPAL, 1999); além de fornecerem substrato para o desenvolvimento de microorganismos que atuam na mineralização da matéria orgânica e na absorção de nutrientes (BRIX, 1997).

Segundo Hammer (1989), através de absorção e assimilação, as plantas das áreas alagadas removem nutrientes e produzem biomassa. Além desses vegetais, através de seu sistema radicular, aumentam as concentrações de oxigênio dissolvido na água e também no sedimento. Dessa forma, aumentam a zona aeróbia que permitem a decomposição dos poluentes pelos microorganismos.

A estação (4), que está dentro da lagoa 2 do sistema de áreas alagadas (figura 2), foi o local escolhido como referência para melhor explicar a relação entre as variáveis hidrológicas e limnológicas. Essa escolha deve-se ao fato de que foram feitas várias coletas de variáveis físicas e

químicas da água e de macrófitas aquáticas por Benassi (2006) e pelo fato de se encontrar no local, uma estação limimétrica manual operando desde outubro de 2004.

### 3.3.2 Períodos de Coletas das Variáveis Limnológicas.

As coletas dos dados limnológicos foram feitas durante os meses de janeiro, abril e julho de 2005. A figura 3 apresenta o hidrograma com os dados de cotas hidrométricas do rio Jacupiranguinha e os períodos de coletas em relação a essas cotas.

Nota-se através da figura 3 que durante as coletas de janeiro o rio estava com a suas cotas hidrométricas altas representando assim o período de potamofase. No mês de abril os dados foram extraídos no período de estiagem e em julho as alturas d'água do rio chegaram ao seu menor valor, representando assim a maior fase de seca de todo hidrograma.

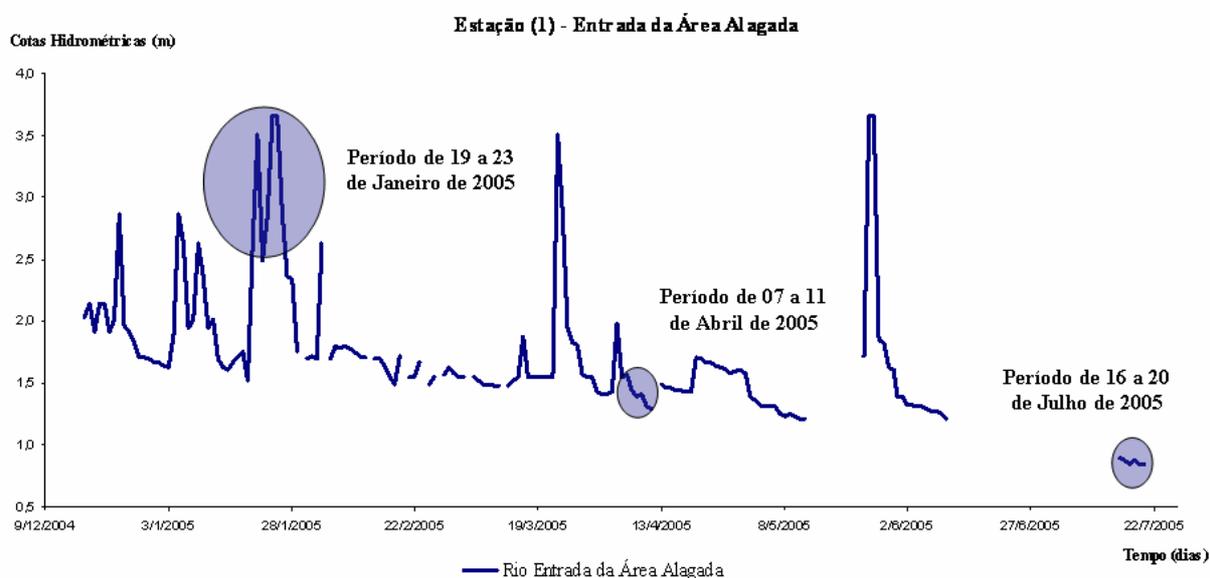


Figura 3 – Hidrograma com as cotas hidrométricas do rio Jacupiranguinha e os períodos em que foram coletados os dados limnológicos.

### 3.3.3 Variáveis Físicas e Químicas das Águas Limnológicas

As variáveis químicas e físicas da água analisadas neste trabalho foram retiradas de Benassi (2006), a tabela 1 apresenta as variáveis com suas respectivas unidades, método de determinação e referencia bibliográfica.

Tabelas 1 – Variáveis físicas e químicas analisadas e os métodos de determinação utilizados (BENASSI, 2006).

Variáveis	Unidade	Método	Referencia Bibliográfica
DQO (demanda química de oxigênio)	(mgO <sub>2</sub> /l)	Titulométrico	APHA (1999)
Nitrato (N-NO <sub>3</sub> )	( mg/l)	Espectrofotométrico	APHA (1999)
Nitrogênio Total (N-Total )	( mg/l)	Titulométrico	APHA (1999)
Fosfato Inorgânico (P-PO <sub>4</sub> )	( mg/l)	Espectrofotométrico	APHA (1999)
Sólidos Suspensos Inorgânicos (SSI)	( mg/l)	Gravimétrico	APHA (1999)

Os dados de condutividade elétrica foram medidos através de uma sonda multi-parâmetros modelo YSI 556 MPS e sua unidade é  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

### 3.3.4 Macrófitas Aquáticas

A biomassa referenciado neste trabalho foi determinado por Benassi (2006) utilizando a seguinte metodologia:

Para a determinação da biomassa da comunidade de macrófitas aquáticas foi utilizado um amostrador, através de um quadro de 0,25 m<sup>2</sup>, introduzidos nos pontos de coleta onde havia macrófitas aquáticas, em seguida, coletou-se em sacos plásticos todo material contido no seu interior. As plantas foram transportadas para o laboratório, para lavagem e remoção do material aderido. Posteriormente, em laboratório, as plantas foram secas a 70°C, por aproximadamente 72 horas, até atingirem peso constante.

## 3.4 – Variáveis Hidrológicas

### 3.4.1 Área Inundada

A área da planície de inundação foi delimitada de acordo com as cotas topográficas da mesma. Para poder relacionar área alagada com o nível do rio, foi preciso fazer um levantamento da topografia de toda área de várzea estudada.

O ponto utilizado como referência para todo o levantamento topográfico da planície foi o fundo do canal do rio Jacupiranguinha na entrada da área alagada (**estação 1**, figura 2). Com isso podemos relacionar altura da linha água do rio com a quantidade da área alagada já que na **estação**

(1) existe uma estação linimétrica. A figura 4 apresenta a área alagada com os valores de cotas topográficas medidas em campo em março de 2006.

Com os resultados das diferenças entre as cotas dos pontos levantados dividi-se a planície de inundação em quatro curvas de níveis, apresentadas na tabela 2 e em amarelo tracejado na figura 4, relacionando assim a ordem das áreas mais baixas que primeiramente serão alagadas.

Tabela 2 Área e cota topográfica das 4 curvas de nível da planície de inundação.

Curva de Nível	Área (m <sup>2</sup> )	% Total da área	Cota Topográfica (m)
1	15438,2988	12	2,474
2	55320,5707	43	2,707
3	37309,2221	29	3,016
4	20584,3984	16	2,901

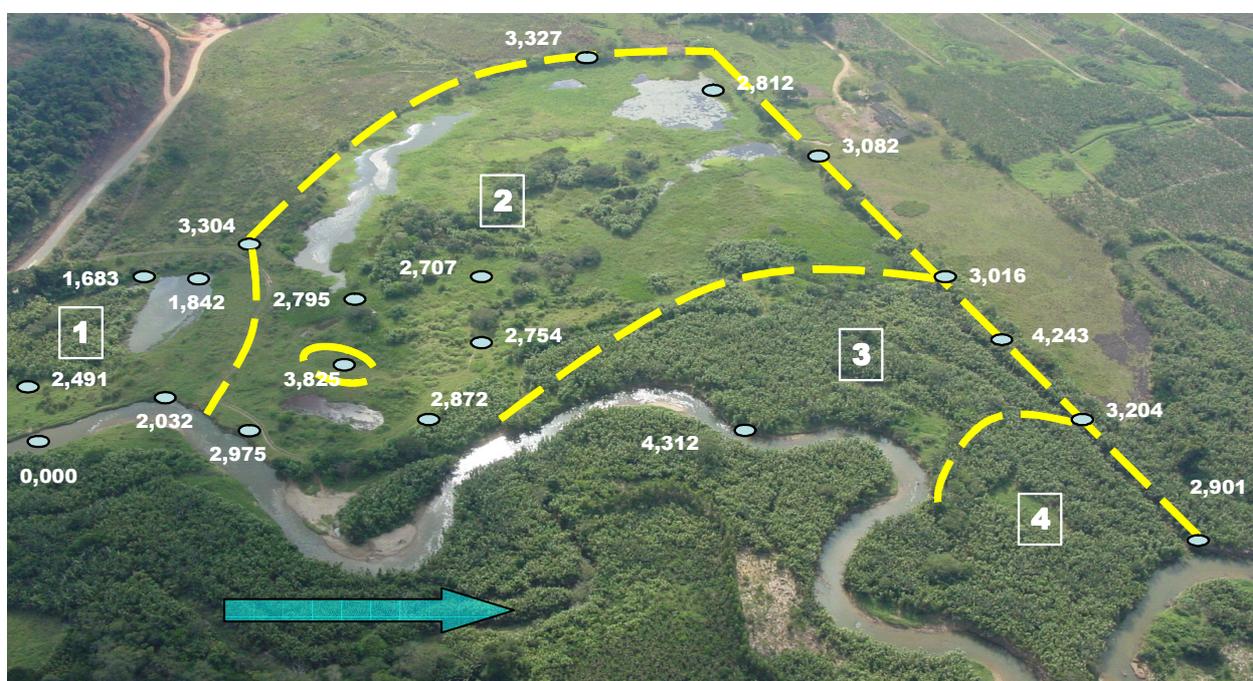


Figura 4 - Área alagada com os valores de cotas topográficas medidas em campo em março de 2006 a seta azul representa o sentido do fluxo do rio Jacupiranguinha (BENASSI, 2006).

### 3.4.2 Vazão

Para calcular a vazão do rio Jacupiranguinha foi preciso determinar a curva-chave na **estação (1)**. Para que se possa alcançar uma maior confiabilidade para se traçar à curva-chave foram feitas 19 (dezenove) medições de vazão em ampla amplitude de cotas, com isso diminui a faixa de cotas de extrapolação e tornou a calibração da curva-chave mais precisa.

A determinação da vazão foi feita através do método da meia seção. O período de coletas foi de abril de 2005 até setembro de 2006.

## 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram construídos seis quadros síntese com quatro eixos, cada um possui um diferente fator limnológico. O quadro é dividido em quatro partes, o primeiro quadrante é formado por cota d'água (m) do rio no eixo das abscissas e uma variável limnológica nas ordenadas, o segundo quadrante tem área inundada da planície de inundação (m<sup>2</sup>) no eixo das abscissas e a mesma variável limnológica nas ordenadas. Os dois primeiros quadrantes formam o hemisfério limnológica do quadro. O terceiro quadrante tem as cotas hidrométricas (m) no eixo das abscissas e a vazão (m<sup>3</sup>/s) nas ordenadas (curva-chave) no quarto e último a relação é entre as áreas inundadas da planície de inundação (m<sup>2</sup>) nos eixos das abscissas e a vazão (m<sup>3</sup>/s) nos eixo das ordenadas. O terceiro e o quarto quadrante formam o hemisfério das variáveis hidrológicas.

Foram inseridas três tonalidades de cinza no quadro a fim de representar as fases de inundação. O tom mais claro representa a fase A, ou seja, a água do rio não extrapola a calha do rio Jacupiranguinha, portanto ainda não há relação entre o rio e a planície de inundação, na fase B, a água do rio começa a extrapolar o canal, mas a área de várzea não alaga completamente, esse período é denominado como a fase de transição. O tom mais escuro de cinza representa a fase C, que ocorre quando toda planície de inundação está alagada devido às altas cotas hidrométricas do rio.

### 4.1 – Condutividade Elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )

A condutividade elétrica da água está diretamente relacionada com a quantidade de matérias dissolvidos presentes, sendo considerada um bom indicador da poluição das águas. No caso deste trabalho, além da condutividade ser um parâmetro para a análise da qualidade da água foi usado também para estudar a conectividade entre o rio e a planície de inundação. A figura 5 representa a condutividade elétrica das estações (4) e (1) ou seja na lagoa da área alagada e no rio. No período de maiores precipitações, os quais também foram observados os maiores níveis hidrométricos (janeiro de 2005) foram registrados os menores valores de condutividade, devido, possivelmente, ao efeito de diluição, é importante notar que somente nesse período aproximou-se os valores de condutividade dos dois pontos analisados, confirmando assim a conectividade entre o rio e a planície de inundação nessa época de cheias. Maiores valores foram registrados no período de estiagem, este fato pode estar relacionado com a entrada de alguns tributários, principalmente um efluente de uma empresa de fertilizantes (localizada a montante da estação (1)), que fazem com que os valores de condutividade elétrica se mantenham muito elevados.

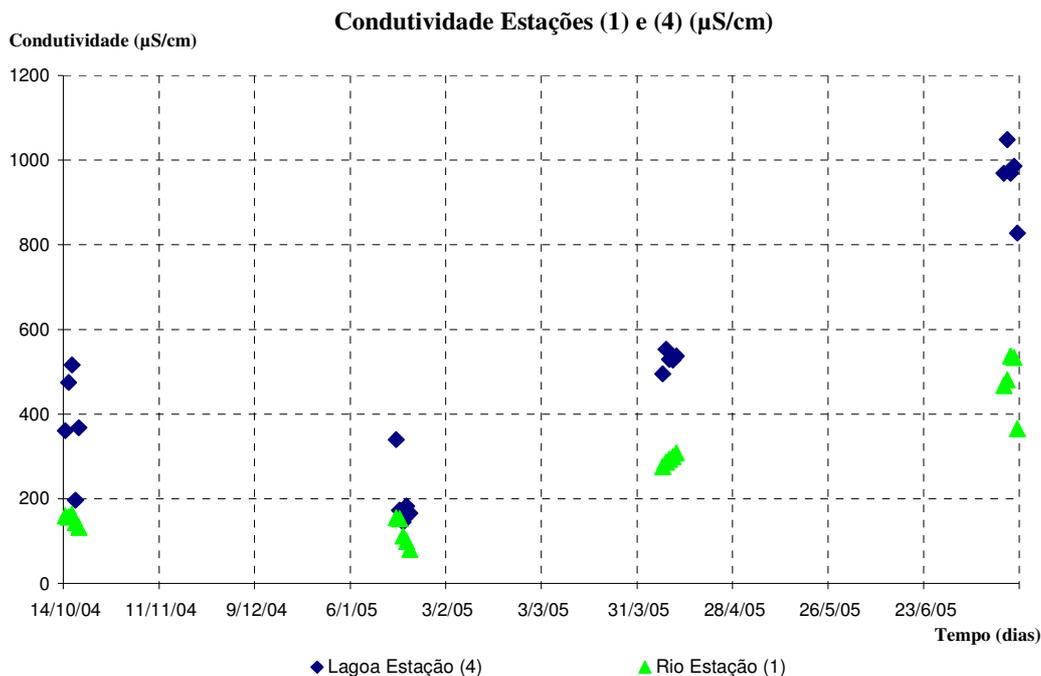


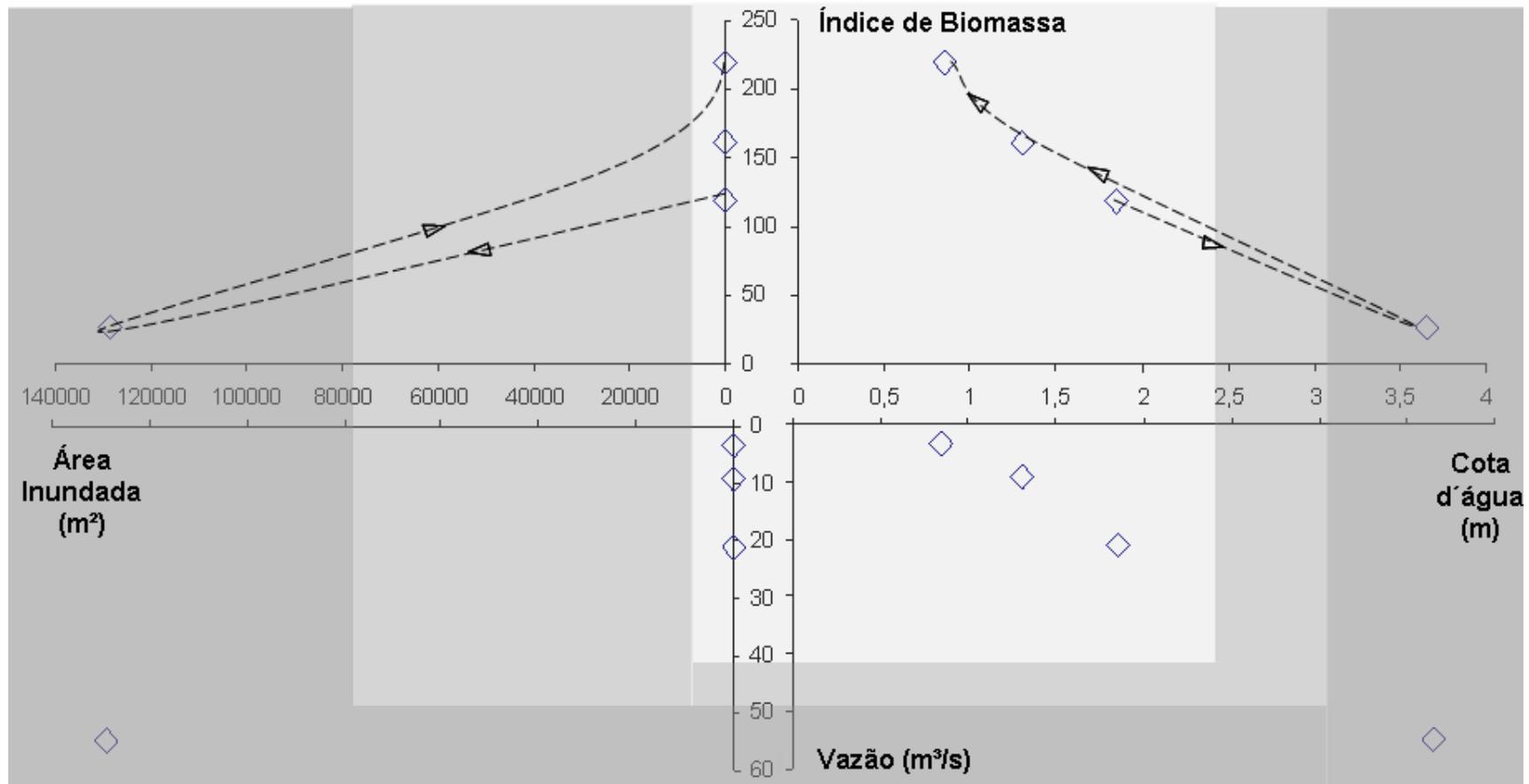
Figura 5 - Condutividade elétrica das estações (4) e (1) ou seja na lagoa da área alagada e no rio.

#### 4.2 – Biomassa (gP.S/m<sup>2</sup>)

A primeira relação entre fatores limnológicos e hidrológicos a ser analisada, é entre o índice de biomassa (gP.S/m<sup>2</sup>) e a vazão (m<sup>3</sup>/s) (figura 6).

O primeiro quadrante é formado por cota d'água (m) no eixo das abscissas e índice de biomassa (gP.S/m<sup>2</sup>) nas ordenadas, o segundo quadrante tem área inundada da planície de inundação (m<sup>2</sup>) no eixo das abscissas e índice de biomassa (gP.S/m<sup>2</sup>) nas ordenadas. Os dois primeiros quadrantes formam a parte limnológica do quadro. O terceiro quadrante tem as cotas hidrométricas (m) no eixo das abscissas e a vazão (m<sup>3</sup>/s) nas ordenadas (curva-chave) no quarto e ultimo a relação é entre as áreas inundadas da área alagada (m<sup>2</sup>) nos eixos das abscissas e a vazão (m<sup>3</sup>/s) nos eixo das ordenadas. O terceiro e o quarto quadrante formam a parte das variáveis hidrológicas.

As relações entre as cotas hidrométricas do rio Jacupiranguinha e o índice de biomassa são evidentes, pois quando ocorre inundação na planície onde está localizada a estação (4), ou seja, a cota hidrométrica do rio está no seu maior valor e conseqüentemente a vazão também, a biomassa atinge o seu menor índice medido. Nota-se também que quando o rio está em estiagem e a vazão é pequena, não ocorrendo inundação nas áreas alagadas, os valores de biomassa estão no maior patamar analisado.



- Fase A** Não há transbordamento da água da calhe do rio
- Fase B** Fase de transição entre o canal do rio e a planície de inundação
- Fase C** Conectividade total entre a área alagada e o rio
- - - - - >** Caminho Temporal das cotas hidrométricas do rio

Figura 6 - Quadro síntese relacionando fatores limnológicos (índice de biomassa) com fatores hidrológicos.

### 4.3 - Gases Dissolvidos (DQO Demanda Química de Oxigênio)

Tanto a DQO quanto a DBO consiste em uma técnica utilizada para a avaliação do potencial redutor de matéria orgânica de uma amostra, através de um processo de oxidação química ou biológica. Essas reações são influenciadas pela temperatura e pela quantidade de nutrientes na água (VON SPERLING, 1995).

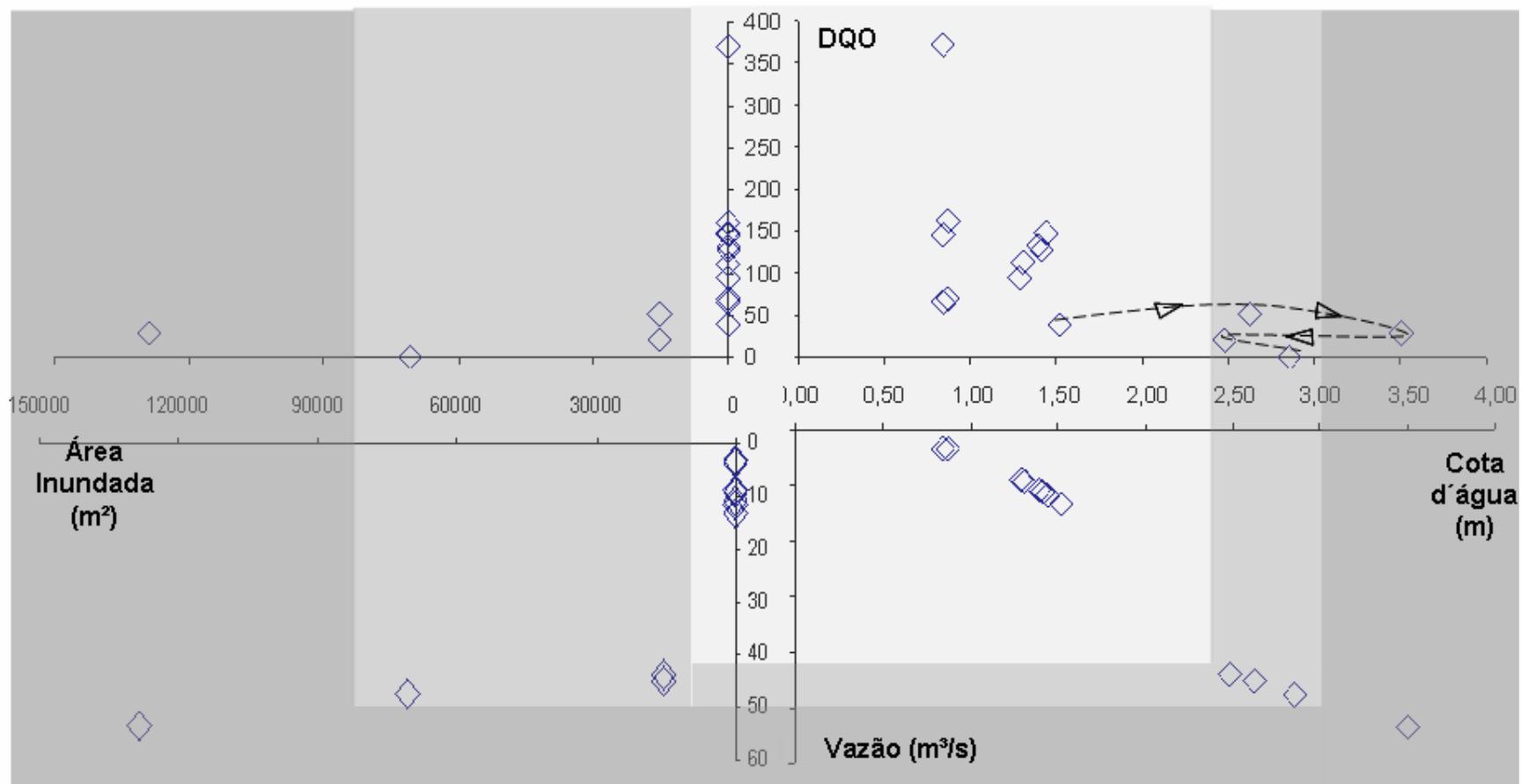
A segunda relação entre variáveis limnológicas e hidrológicas analisada, é entre a demanda química de oxigênio (DQO) e a vazão (m<sup>3</sup>/s) (figura 7).

Neste quadro, o eixo da variável limnológica foi representado pela demanda química de oxigênio (mgO<sub>2</sub>/l) nos outros eixos mantêm-se os mesmos itens anteriores, cotas hidrométricas (m), área inundada (m<sup>2</sup>) e vazão (m<sup>3</sup>/s). Os dois primeiros quadrantes, em rosa, continuam formando a parte limnológica do quadro e o terceiro e o quarto, em cinza, formam a parte das variáveis hidrológicas.

Nota-se pela figura 7 que a maior concentração de DQO ocorre quando o rio está na estiagem, ou seja, as cotas d'água do rio são pequenas, a vazão é baixa e não ocorre inundação das áreas alagadas. Quando as cotas hidrométricas do rio estão altas e as águas começam a entrar nas planícies de inundação a demanda química de oxigênio é baixa. Através do caminho temporal das cotas hidrométricas, notamos que a DQO tende a diminuir com o aumento das cotas hidrométricas do rio. Quando ocorre o segundo pico de inundação, a DQO diminui ainda mais o seu valor chegando próximo à zero na última coleta.

De acordo com Neiff (1999), no começo da potamofase (que nesse trabalho ocorreu em janeiro/05) realmente ocorre um esgotamento do oxigênio e aumento do CO<sub>2</sub>. Os aportes de matéria orgânica das áreas adjacentes provocam uma diminuição nas concentrações de oxigênio e, conseqüentemente, aumento das concentrações de CO<sub>2</sub> devido à oxidação da matéria orgânica (BENASSI 2006).

O período de seca registra grandes variações na DQO, destaca-se principalmente um alto valor encontrado de 385mg.L<sup>-1</sup>. É atribuído a esse alto valor o lançamento de efluentes industriais que ocorre próximo a estação de coleta.



- Fase A** Não há transbordamento da água da calhe do rio
- Fase B** Fase de transição entre o canal do rio e a planície de inundação
- Fase C** Conectividade total entre a área alagada e o rio
- Caminho Temporal das cotas hidrométricas do rio

Figura 7 - Quadro síntese relacionando fatores limnológicos (DQO) com fatores hidrológicos.

#### 4.4 - Nutrientes (Nitrogênio e Fósforo)

Os nutrientes encontrados no ecossistema podem ser derivados de fontes pontuais e difusas. Os nutrientes de fontes pontuais são mais facilmente controlados e detectados quando comparados com os de fontes difusas (VON SPERLING, 1996). De acordo com House e Denison (1997), as concentrações de fósforo podem ser mais influenciadas por fontes pontuais (como por exemplo, efluentes domésticos e industriais) e as formas de nitrogenadas por fontes difusas.

De acordo com Benassi (2006), o rio Jacupiranguinha recebe cargas pontuais de nutrientes – provenientes de efluentes domésticos e industriais, e difusas – advindos das atividades da área de entorno, onde é observada a presença de pastagens e produção agrícola – no período de grandes precipitações. Desse modo, pode-se atribuir as variações nas concentrações de nutrientes a estes fatores. Porém, a dinâmica dos nutrientes no sistema de áreas alagáveis, também parece ser influenciada pelas mudanças nos regimes de pulso, verificados através do aumento dos níveis hidrométricos que, quando somados a densidade de plantas nestas áreas, são os principais responsáveis pela dinâmica dos processos bióticos e abióticos no meio aquático, que por sua vez, alteraram as concentrações de nutrientes no sistema.

##### 4.4.1 Nitrato (N-NO<sub>3</sub> mg/l)

A terceira relação analisada entre os fatores limnológicos e hidrológicos, será entre Nitrato (N-NO<sub>3</sub> mg/l) e a vazão (m<sup>3</sup>/s) (figura 8).

Neste quadro, o eixo da variável limnológica foi representado pelo Nitrato (N-NO<sub>3</sub> mg/l) nos outros eixos mantêm-se os mesmos itens anteriores, cotas hidrométricas (m), área inundada (m<sup>2</sup>) e vazão (m<sup>3</sup>/s). Os dois primeiros quadrantes, em rosa, continuam formando a parte limnológica do quadro e o terceiro e o quarto, em cinza, formam a parte das variáveis hidrológicas.

Nota-se pela figura 8 que a maior concentração de N-NO<sub>3</sub> ocorre quando existem áreas alagadas na planície e conseqüentemente as cotas hidrométricas e a vazão do rio estão altas (potamofase). Os menores valores encontrados de N-NO<sub>3</sub> estão no período de alta estiagem com pequenas vazões baixas alturas d'água e nenhuma área inundada. Através do caminho temporal das cotas hidrométricas, notamos pelo primeiro quadrante, que a concentração de nitrato tende a aumentar com o aumento das cotas hidrométricas do rio. Quando ocorre o segundo pico de inundação, o N-NO<sub>3</sub> aumenta ainda mais o seu valor. Pelo segundo quadrante, que relaciona área inundada e concentração de nitrato, nota-se que o rio traz nutrientes para a planície de inundação, pois ao diminuir a área alagada aumenta o N-NO<sub>3</sub>.

Esse fato pode ser atribuído tanto ao aporte deste nutriente durante o regime de pulso (transbordamento), como também aos processos internos de reciclagem (nitrificação e desnitrificação) e mineralização (HAMILTON E LEWIS, 1987).

#### 4.4.2 Nitrogênio Total (N-Total mg/l)

A quarta relação entre os fatores limnológicos e hidrológicos analisada, é entre Nitrogênio Total (N-Total mg/l) e vazão (m<sup>3</sup>/s) (figura 9).

Neste quadro, o eixo da variável limnológica foi representado pelo Nitrogênio Total (N-Total mg/l) nos outros eixos mantêm-se os mesmos itens anteriores, cotas hidrométricas (m), área inundada (m<sup>2</sup>) e vazão (m<sup>3</sup>/s). A possível relação entre o rio Jacupiranguinha e o Nitrogênio total da planície de inundação na estação (4) é a menos explícita entre todos os outros seis casos. Apesar de ocorrer uma tendência da concentração de N-Total aumentar de acordo com o aumento da altura do rio, o inverso também acontece. Existem situações em que a concentração de N-Total aumenta mesmo quando a cota hidrométrica do rio está baixa. Quando o rio tem sua maior cota a concentração do N-Total é menor do que em situações em que não ocorre inundação da área alagada.

#### 4.4.3 Fosfato Inorgânico (P-PO<sub>4</sub> mg/l)

A quinta relação analisada entre os fatores limnológicos e hidrológicos, é entre Fosfato Inorgânico (P-PO<sub>4</sub> mg/l) e a vazão (m<sup>3</sup>/s) (figura 10).

A variável limnológica foi representada pelo P-PO<sub>4</sub> (mg/l) nos outros eixos mantêm-se os mesmos itens anteriores, cotas hidrométricas (m), área inundada (m<sup>2</sup>) e vazão (m<sup>3</sup>/s). Os dois primeiros quadrantes, em rosa, continuam formando a parte limnológica do quadro e o terceiro e o quarto, em cinza, formam a parte das variáveis hidrológicas.

O padrão de variação do Fosfato Inorgânico acompanha o de oscilação nos níveis hidrométricos (figura 10) principalmente, se avaliarmos os cinco dias de coletas no período em que houve conectividade (janeiro/05). Os maiores valores de fósforo registrados na lagoa, durante o período em que ocorre transbordamento, sugerem que o rio Jacupiranguinha seja o maior contribuinte de fósforo.

Com relação a grande variação das concentrações de fósforo, principalmente durante os cinco dias de coletas no período em que não houve a conectividade, sugere-se que ela pode estar associada tanto aos processos de absorção e decomposição pelos organismos como a diferenças na absorção ao sedimentos.

Segundo Benassi (2006), a elevada concentração de fósforo detectada em um único dia de coleta (aproximadamente 1,9 mgL<sup>-1</sup>) pode ser resultante do lançamento de efluente rico em compostos fosforados proveniente de um Complexo Industrial Químico produtor de fertilizante (superfosfato), além dessa região apresentar uma fonte de fosfato (site: [www.bunge.com.br/noticias/](http://www.bunge.com.br/noticias/)), o qual pode ter contribuído também para os altos valores de condutividade elétrica observados neste ponto.

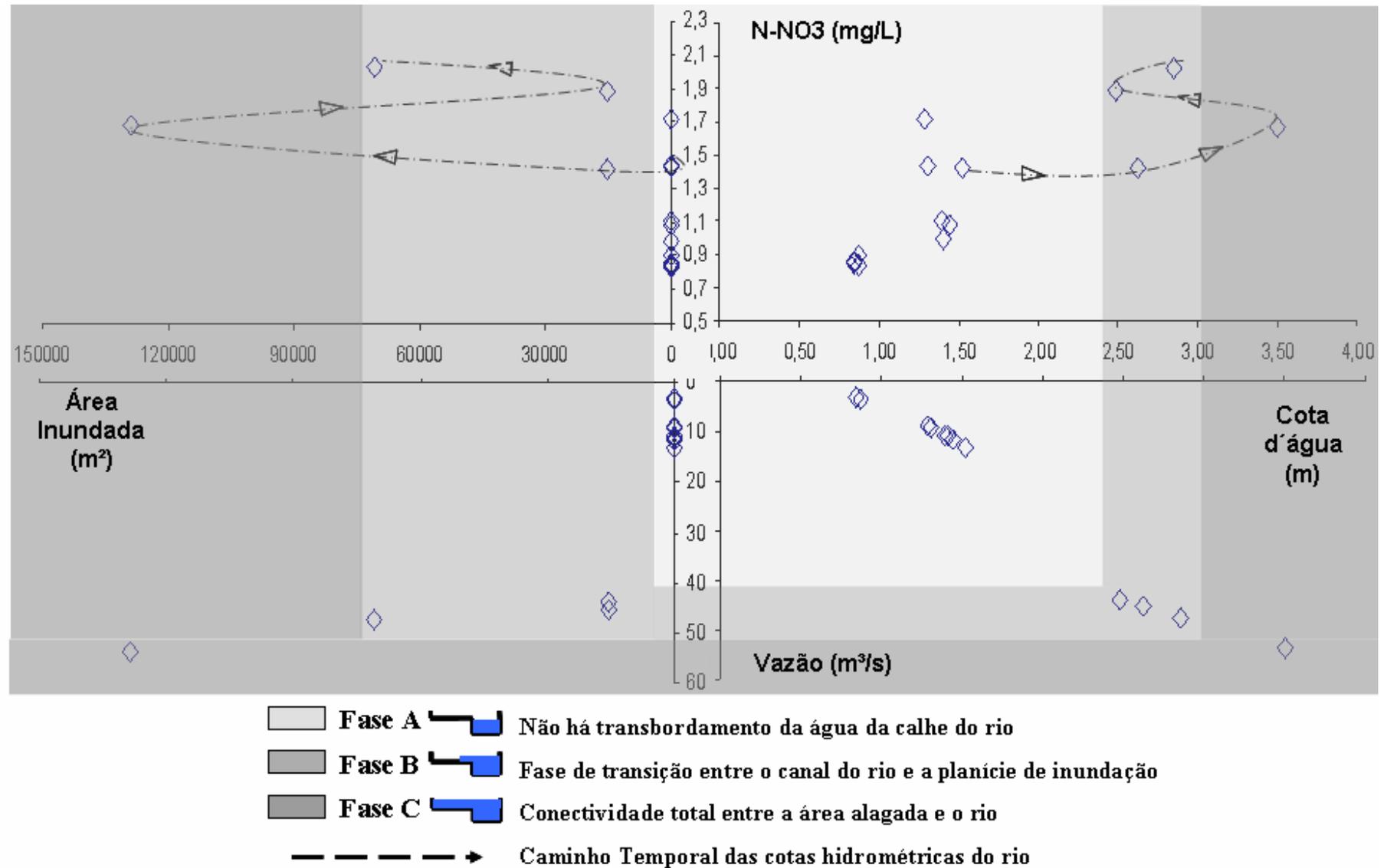
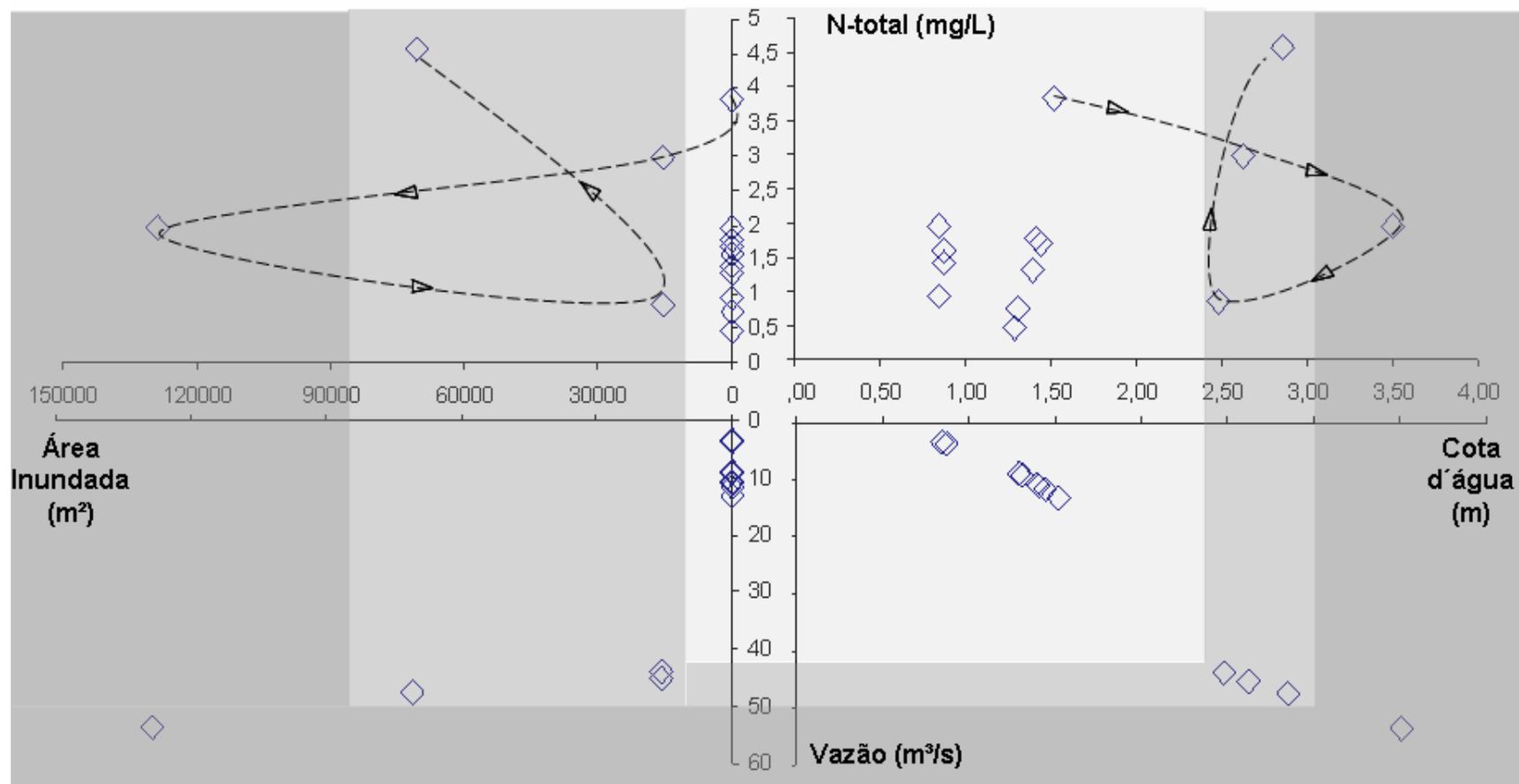
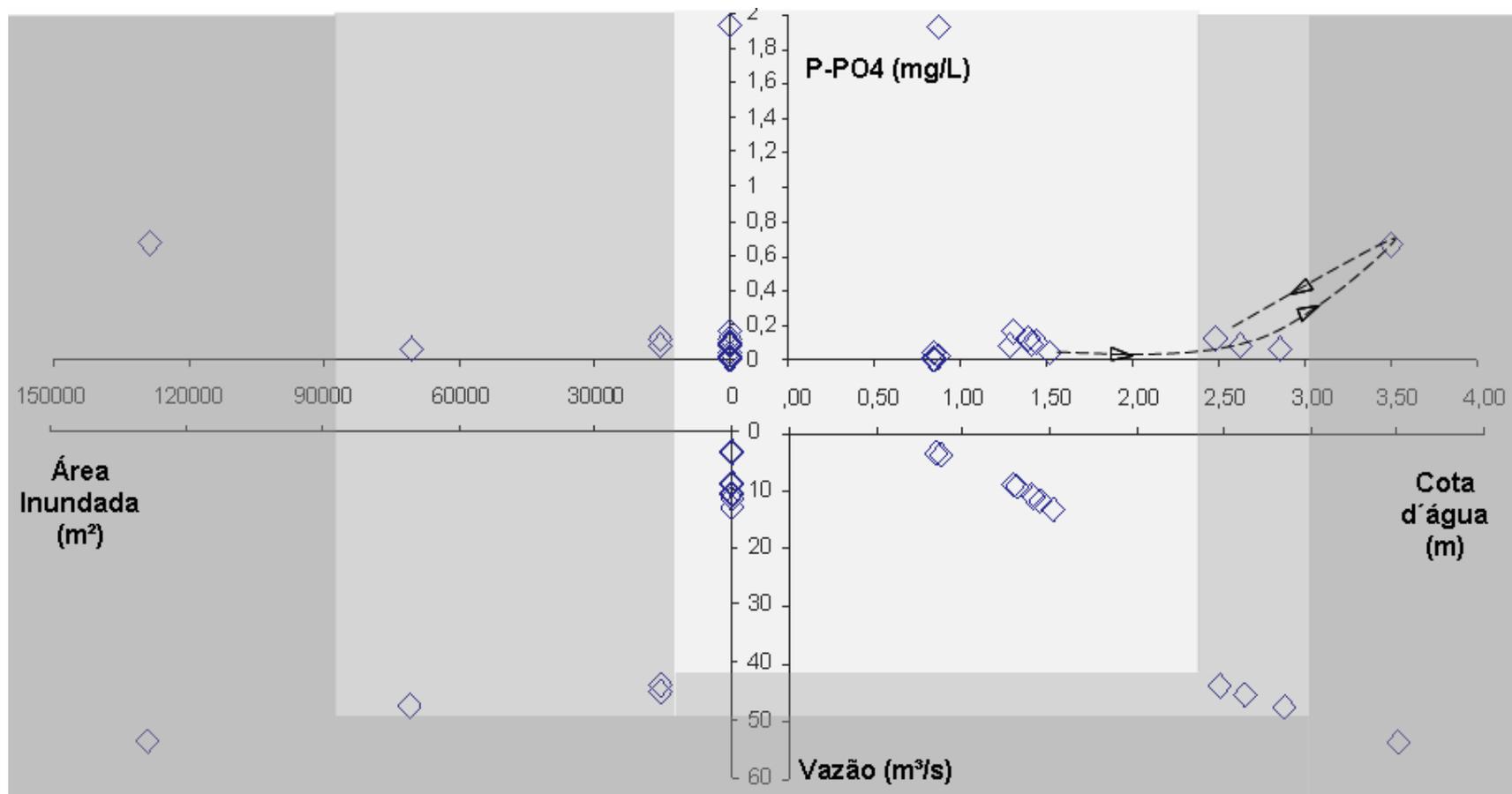


Figura 8 - Quadro síntese relacionando fatores limnológicos (N-NO3) com fatores hidrológicos



- Fase A** Não há transbordamento da água da calhe do rio
- Fase B** Fase de transição entre o canal do rio e a planície de inundação
- Fase C** Conectividade total entre a área alagada e o rio
- — — — — →** Caminho Temporal das cotas hidrométricas do rio

Figura 9 - Quadro síntese relacionando fatores limnológicos (N-Total) com fatores hidrológicos.



- Fase A** Não há transbordamento da água da calhe do rio
- Fase B** Fase de transição entre o canal do rio e a planície de inundação
- Fase C** Conectividade total entre a área alagada e o rio
- Caminho Temporal das cotas hidrométricas do rio**

Figura 10 - Quadro síntese relacionando fatores limnológicos (P-PO4) com fatores hidrológicos.

#### **4.5 - Materiais suspensos (Sólidos Suspensos Inorgânicos SSI mg/l)**

A terceira relação analisada entre os fatores limnológicos e hidrológicos, será entre Sólidos Suspensos Inorgânicos (SSI mg/l) e a vazão (m<sup>3</sup>/s) (figura 11).

Os Sólidos Suspensos Inorgânicos (mg/l) representam o eixo da variável limnológica enquanto que nos outros eixos mantêm-se os mesmos itens anteriores, cotas hidrométricas (m), área inundada (m<sup>2</sup>) e vazão (m<sup>3</sup>/s). Os dois primeiros quadrantes, em rosa, continuam formando a parte limnológica do quadro e o terceiro e o quarto, em cinza, formam a parte das variáveis hidrológicas.

Nota-se que a maior concentração de SSI ocorre quando existem áreas alagadas na planície e consequentemente as cotas hidrométricas e a vazão do rio estão altas (potamofase). Os menores valores encontrados de SSI estão no período de alta estiagem com pequenas vazões baixas alturas d'água e nenhuma área inundada. Através do caminho temporal das cotas hidrométricas, notamos pelo primeiro quadrante, que a concentração de sólidos suspensos inorgânicos tende a aumentar com o aumento das cotas hidrométricas do rio. Quando ocorre o segundo pico de inundação, o SSI aumenta ainda mais o seu valor. Pelo segundo quadrante nota-se que o rio traz SSI para a planície de inundação, pois ao diminuir a área alagada aumenta a concentração de sólidos suspensos inorgânicos.

Estas características devem estar relacionadas com o aporte de matérias finas a montante, considerando a bacia de drenagem que, posteriormente, são transportados para o sistema de áreas alagáveis durante o transbordamento (BENASSI 2006). Rocha (2001) encontrou concentrações de sólidos inorgânicos maiores nos rios Baía e Corutuba na planície fluvial do alto Paraná, durante o período de cheias, e atribuiu este resultado a influência do rio Paraná durante o período em que houve conectividade hidrológica, que carregaram quantidades significativas de materiais para a planície dos rios Baía e Corutuba.

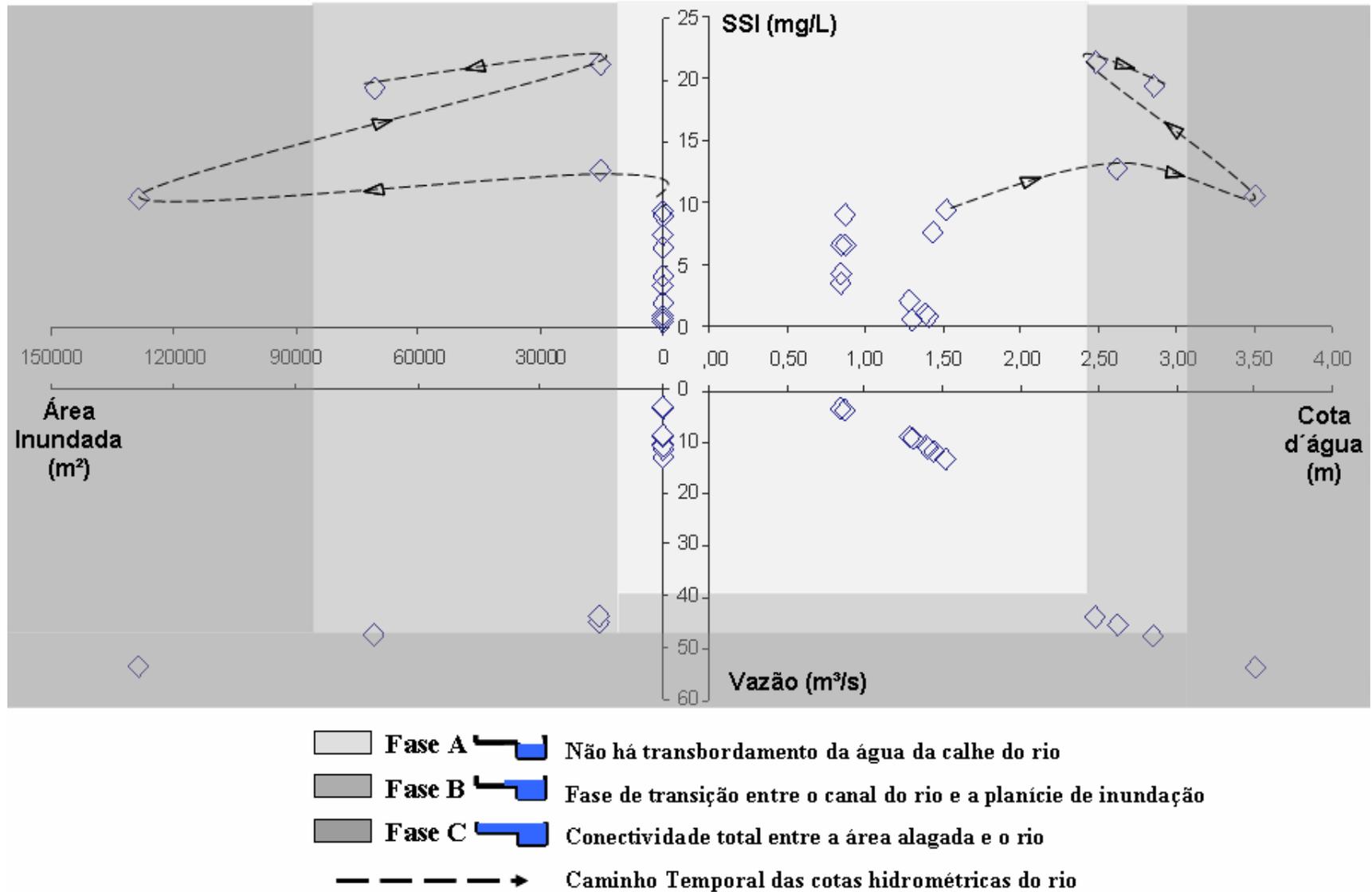


Figura 11 - Quadro síntese relacionando fatores limnológicos (SSI) com fatores hidrológicos.

## 5 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os quadros sínteses analisados apresentam dois hemisférios bem definidos: o superior o das variáveis limnológicas e o inferior o das variáveis hidrológicas. Os quadros apresentam as três fases de inundação da relação entre o rio e a área alagada. Devido à falta de dados coletados na fase C houve dificuldades para fazer a interpretação final entre as três fases de inundação. Entretanto é importante salientar que nas outras duas fases analisadas existe um tipo de comportamento padrão. Na fase A, que representa a estiagem, foram feitas coletas durante dois períodos: - primeira com as cotas hidrométricas do rio variando entre 1,30 e 1,50 m e segunda com as cotas do rio em torno de 0,8 metros, em praticamente todos os quadros não houve variações significativas entre os cinco dias de coletas de cada período. Na fase B as cotas do rio estavam entre 2,45 e 3,00 metros, nesse período houve uma grande variação dos dados, até porque em certos momentos a água do rio estava em ascensão e em outros estava em recessão, essa alteração dos dados caracteriza bem a fase B que é denominada de fase de transição.

Os pulsos de inundação ou hidrosedimentação, verificados através dos níveis hidrométricos, mantêm a conectividade do rio Jacupiranguinha com o sistema de áreas alagáveis estudados e determinam a dinâmica dos fatores abióticos e bióticos fundamentais para que esse sistema possa funcionar como armazenador e ou depurador de cargas poluidoras advindas deste rio.

A condutividade elétrica apresentou variação diferentes entre as épocas de seca e cheia tanto da planície de inundação quanto do rio Jacupiranguinha. A mesma condutividade comprovou a conectividade entre a área alagada e o rio.

A comunidade de macrófitas aquáticas apresentou diferenças sazonais influenciadas pelo regime do pulso. Estas diferenças influenciaram a dinâmica dos nutrientes da sua biomassa, pois apresentam importante participação na determinação dos padrões de ciclagem de nitrogênio e fósforo total, pois estocam quantidades significativas destes nutrientes em sua biomassa.

As baixas concentrações de DQO no sistema de áreas alagáveis indicam a natureza redutora destes ambientes.

A dinâmica e a depuração do nitrogênio e fósforo no sistema de áreas alagáveis está relacionada com o regime de pulsos, que fertilizam o sistema durante o período de grandes precipitações.

Embora os sedimentos dos sistemas de áreas alagáveis não apresentam diferenças significativas espaciais e sazonais das variáveis físicas e químicas, pode-se concluir que o sedimento do sistema de áreas alagáveis parece funcionar como sumidouro de nutrientes e matéria orgânica provenientes, principalmente, do rio Jacupiranguinha, durante o regime de pulso.

Para poder completar os quadros sínteses que relacionam os fatores ecológicos e hidrológicos do rio Jacupiranguinha e da planície de inundação é necessário, além da manutenção do monitoramento, a continuação da determinação dos parâmetros limnológicos das áreas alagadas.

No tese de doutorado de Benassi 2006, determinou-se a eficiência da autodepuração da área alagada estudada no rio Jacupiranguinha, a autora concluiu que a degradação dessas áreas fizeram com que a planície de inundação não possuísse mais eficiência na recuperação do rio. É necessário então, incorporar técnicas de recuperação ambiental como as citadas por Mendiondo 2001, Collischonn (2005), a fim de revitalizar essas áreas alagadas. É preciso também realizar um gerenciamento sustentável de toda região englobando rio, área de várzea. Bacia hidrográfica e todas as incertezas relativas aos seus parâmetros.

## BIBLIOGRAFIA

BENASSI, R. F. (2006). Dinâmica Espaço-Temporal de um sistema de áreas alagáveis na planície de inundação do rio Jacupiranguinha, Vale do Ribeira de Iguape, SP. São Carlos, 2006. Tese (Doutoramento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

BRIX, H. (1997). Do Macrophytes Play a role in Constructed Treatment Wetlands? *Water Science and Technology*, Oxford, v. 35, n. 5, p. 11-17.

GOPAL, B. (1990). Natural and constructed wetlands for wastewater treatment: potentials and problems. *Wat. Sci. Tech.*, v. 40, n. 3, p. 27-35.

HAMMER, D. A.; BASTIAN, R. K. (1989). Wetlands ecosystems, natural water purifiers? In: \_\_\_\_\_. *Constructed wetlands for waster treatment: municipal, industrial and agricultural*. Lewis Publishers, p. 5-19.

MENDIONDO, E. M. (2001) Contribuições da análise de incertezas para a recuperação ambiental de bacias pela abordagem interdisciplinar de Geobiohidrologia. Tese (Doutorado), Rec. Hídricos e San. Ambiental, Porto Alegre, RS: Ed. UFRGS.

MITSCH W. J.; GOSSELINK J. G. (2000). *Wetlands*. Van Nostrand Reinhold, New York, 4rd ed., 920p.

NEIFF, J. J. (2001). Diversity in some tropical wetland systems of South America. In GOPOL, B.; JUNK, W. J.; DAVIS, J. A. *Biodiversity in wetlands: assessment, function and conservation*. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands. V. 2, p. 157 – 186.

NICHOLS, D. s. (1983). Capacity of natural wetlands to remove nutrients from wastewater. *Jounal of the Water Pollution Control Federantion*, v. 55, p. 495-505.

PATRICK. W. H. JR. (1994). From wasteland to wetlands. *Journal of environmental Quality*, Madison, v. 2, p. 892-896.