

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS  
NATURAIS**

**MARA SILVIA AGUIAR ABDO**

**AVALIAÇÃO DA DIVERSIDADE DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS DO  
RIO PARAGUAI, ENTRE A CIDADE DE CÁCERES E ESTAÇÃO  
ECOLÓGICA DE TAIAMÃ, PANTANAL MATO-GROSSENSE, BRASIL**

**SÃO CARLOS – SP**

**2010**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS  
NATURAIS

**AVALIAÇÃO DA DIVERSIDADE DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS DO  
RIO PARAGUAI, ENTRE A CIDADE DE CÁCERES E ESTAÇÃO  
ECOLÓGICA DE TAIAMÃ, PANTANAL MATO-GROSSENSE,  
BRASIL.**

MARA SILVIA AGUIAR ABDO

**Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de São Carlos como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Ciências Biológicas, área de concentração Ecologia e Recursos Naturais.**

**Orientador: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Carolina Joana da Silva**

SÃO CARLOS – SP

2010

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária/UFSCar**

A135ad

Abdo, Mara Silvia Aguiar.

Avaliação da diversidade de macrófitas aquáticas do rio Paraguai, entre a cidade de Cáceres e Estação Ecológica de Taiamã, Pantanal Mato-Grossense, Brasil / Mara Silvia Aguiar Abdo. -- São Carlos : UFSCar, 2011.  
108 f.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2010.

1. Ecologia aquática. 2. Macrófitas aquáticas. 3. Limnologia. 4. Paraguai, Rio (MT). 5. Pantanal Matogrossense (MS e MT). I. Título.

CDD: 574.5263 (20<sup>a</sup>)

Mara Sílvia Aguiar Abdo

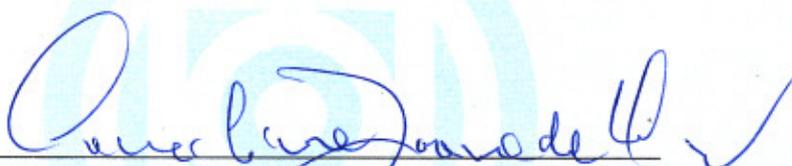
**AVALIAÇÃO DA DIVERSIDADE DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS DO RIO PARAGUAI, ENTRE A CIDADE DE CÁCERES E ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE TAIAMÃ, PANTANAL MATO-GROSSENSE, BRASIL**

Tese apresentada à Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências.

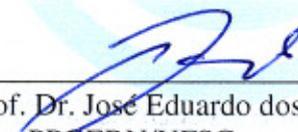
**Aprovada** em 02 de julho de 2010

BANCA EXAMINADORA

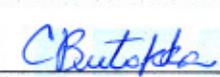
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dra. Carolina Joana da Silva  
(Orientadora)

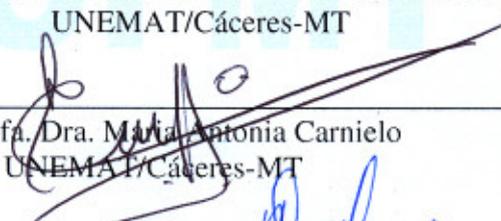
1º Examinador

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. José Eduardo dos Santos  
PPGERN/UFSCar

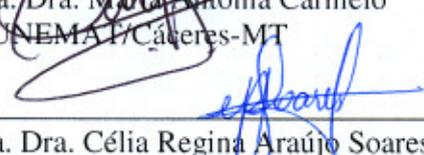
2º Examinador

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dra. Cristina Márcia de Menezes Butakka  
UNEMAT/Cáceres-MT

3º Examinador

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dra. Maria Antonia Carnielo  
UNEMAT/Cáceres-MT

4º Examinador

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dra. Célia Regina Araújo Soares  
UNEMAT/Alta Floresta-MT

*Ao meu esposo que soube tão bem compreender os  
meus momentos de ausência em função deste trabalho.  
E ao nosso filho João Lucas.*

## **AGRADECIMENTOS**

Eu agradeço a UNEMAT e a UFSCar por esta grande oportunidade a mim concedida para a realização desta qualificação. A Fapemat pela ajuda financeira para execução deste trabalho de pesquisa.

Ao CELBE-Pantanal pela ajuda, com equipamentos necessários para a realização das viagens de campo.

A minha orientadora a professora Carolina Joana da Silva pela sua paciência e por acreditar na minha capacidade.

Ao professor José Eduardo dos Santos, pelo seu desempenho por acreditar na nossa capacidade e pelo apoio e incentivo a todos nós, alunos de doutorado.

As professoras Maria Antonia Carniello, Cristina Marcia Butakka, Célia Regina Araujo Soares e ao professor José Eduardo dos Santos por terem aceitado a participar da minha banca de defesa.

Agradecer a todos os professores da Pós-Graduação do curso em Ecologia de Recursos Naturais que nos enriqueceram com os seus conhecimentos.

Aos meus colegas de curso de doutorado, que sempre me incentivaram, nos momentos mais difíceis na execução desta pesquisa.

Aos colegas de campo, Josué e Wilkson, muito obrigada pela companhia e por me ajudarem nas coletas de dados ao longo deste rio imenso que é o rio Paraguai.

A todos os funcionários da Fazenda Descalvado por nos acolher durante as viagens de campo.

A técnica Keli do CELBE e ao piloto senhor José de Farias, que me auxiliaram em todas as idas de campo.

Aos meus pais, principalmente a minha mãe que me ajudou muito, me acompanhando em outras cidades, sempre me ajudando a cuidar do João Lucas, para que pudesse realizar este trabalho.

Ao meu marido Elton Antonio pela compreensão e pela grande ajuda que me deu durante todo estes anos e sem ele não conseguiria a concluir este trabalho.

## RESUMO GERAL

O rio Paraguai apresenta heterogeneidade espacial, por possuir vários canais secundários, meandros abandonados, baías, corixos, áreas alagáveis, e temporal, proporcionado pelo pulso de inundação. Portanto, estes conjuntos de fatores são importantes para a estruturação da vegetação aquática em planícies de inundação. Este estudo tem como objetivo geral, avaliar a diversidade de macrófitas aquáticas do rio Paraguai, entre a cidade de Cáceres e a Estação Ecológica de Taiamã localizado no Pantanal Mato-grossense. Para tal, as coletas dos dados foram realizadas de abril de 2008 a abril de 2009, abrangendo os quatro períodos do ano. Portanto, em cada período foi registrado a variável ambiental: temperatura do ar e da água, nível da água, transparência, pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica da água, nutrientes nitrogenados e fosfatados, cálcio, magnésio, potássio, sódio e a variável biológica: através da cobertura da comunidade de macrófitas aquáticas, utilizando um quadrado, onde foi mensurado o grau de cobertura de acordo com a visualização. Com estes dados foi possível analisar a composição, abundância, diversidade e a forma biológica. Para a apresentação dos resultados deste estudo foi separados em dois capítulos. O primeiro capítulo intitulado “A dinâmica espacial e temporal das comunidades de macrófitas aquáticas no rio Paraguai e baías parentais”. Neste foram abordados a dinâmica espacial e temporal da estrutura e composição da comunidade de macrófitas aquáticas e as variáveis ambientais em várias baías com diferentes graus de conectividade e o rio Paraguai. As coletas dos dados foram realizadas em onze baías, localizadas adjacente ao longo do rio Paraguai, apresentando três tipos de conectividade (desconectadas, conectadas direta e indiretas). Enquanto que no rio a coleta de dados foi amostrada em dez pontos à jusante a cada baía. As variáveis limnológicas se apresentaram correlação forte com o pulso de inundação. O rio Paraguai apresentou altos valores de oxigênio dissolvido e pH durante a estiagem e enchente e as baías apresentaram altos valores de condutividade. As baías conectadas diretamente ao rio apresentaram maior riqueza de espécie e formas biológicas, e altos valores diversidade, nos quatro períodos hidrológicos. *Eichhornia azurea*, *Eichhornia crassipes* e *Salvinia auriculata* foram às espécies que apresentaram maiores abundância, principalmente no rio Paraguai. A ordenação das macrófitas do tipo flutuante livre apresentou maior abundância no período da cheia no rio e em todos os períodos nas baías. E a espécie do tipo flutuante fixa/emergente predominou no rio Paraguai. Os ambientes estudados apresentam distinção nos períodos de estiagem e enchente e foram agrupados nos período de cheia, quando o nível da água proporciona a homogeneização do sistema rio, baía e planície de inundação. O segundo

capítulo “Os setores funcionais do rio Paraguai determinando a dinâmica da comunidade de macrófitas aquáticas”. O texto apresenta a discussão sobre a dinâmica da comunidade de macrófitas aquáticas em três trechos, ou setores, do rio Paraguai, que são distintos na sua geomorfologia. Onde estes setores funcionais descrevem os segmentos do rio diferenciados por mudanças no tipo do padrão do canal-área inundável, na largura do rio, na inclinação do vale, na sinuosidade, e no efeito da confluência de tributários com a entrada de diferentes águas e sedimentos. Os setores analisados foram: Setor de Meandro, Setor Reto e Setor de Transição. Em cada setor foi analisado a cobertura comunidade de macrófitas aquáticas e as variáveis ambientais das baías e o rio Paraguai, nos períodos de estiagem e cheia. As variáveis, oxigênio dissolvido (período estiagem) e condutividade elétrica da água (cheia e estiagem), analisados através do teste de ANOVA, revelaram existir diferenças significativas entre os setores. Na análise da composição e estrutura da comunidade de macrófitas aquáticas observou-se que no Setor de Meandro as baías, em ambos os períodos, apresentaram a maior riqueza e maior diversidade de espécies de macrófitas aquáticas em relação às outras baías de outros setores Enquanto que o Setor de Transição apresentou maior riqueza e diversidade no período de cheia. Provavelmente estas diferenças estejam relacionadas à geomorfologia fluvial, típica de cada setor. O Setor de Meandro é um trecho com alta sinuosidade, que favorecem um numero alto de baías, canais secundários, canais antigos do rio abandonado e áreas alagadas. O rio Paraguai apresentou maior riqueza e diversidade de espécies no Setor de Transição, em ambos os períodos, provavelmente devido à presença de várias espécies flutuantes fixas e/ou emergentes. Entretanto podemos verificar que a abundância das espécies *Eichhornia azurea* e *Salvinia auriculata* nos setores de Meandro e Transição reforçaram a similaridades existentes entre estas baías, no período de estiagem. As baías do Setor Reto apresentaram-se significativamente mais profundas em relação às outras, o que provavelmente, favoreceram a alta abundância de *Salvinia auriculata*, tornando-a dissimilar em relação às outras.

**Palavra-chave:** Pantanal, Rio Paraguai, Setores funcionais, Baías, conectividades, macrófitas aquáticas, Limnologia

## GENERAL ABSTRACT

The Paraguay River, show spatial and temporal heterogeneity, due it had many secondary channels, oxbow lakes, “*baías, corixos*” floodplains, due to the Flood Pulse. Therefore these sets of factors are important for the aquatic macrophyte structuration on floodplains. This research had as main purpose, to evaluate the aquatic macrophyte of the Paraguay River, from Cáceres to Taiamã Ecological Station into the Pantanal of Mato Grosso State. For so, the sample collects were realized between April of 2008 to April of 2009, covering all the hydrological periods. Therefore on each period it was registered the environmental variables, water and air temperature, water level, transparency, pH, dissolved oxygen, water electric conductivity, nitrogen and phosphorous nutrients, calcium, magnesium, potassium, sodium and the biological variable: though the cover of the community of water macrophyte, using a square, where was measured the cover degree according to the visualization. With these data were possible to analyze the composition, abundance, diversity and biological way of life. To shown the results of this study, it was separated into two chapters. The first one, “The spatial and temporal dynamics of the aquatic macrophytes in the Paraguay river and in the parental lakes”. On this were addressed the spatial and temporal dynamics of the structure and composition of the aquatic macrophyte composition and the environmental variables on many lakes with different degree of connectivity with the Paraguay River. The samples collects were realized on 11 neighboring lakes along the Paraguay river, showing three different kinds of connectivity (unconnected, directly connected to river and indirect connected to the river) While into the river the collects were realized onto ten points, downstream to each lake. The limnologic variables show strong correlation with flood pulse. The Paraguay River show high values of dissolved oxygen and pH during dry period and filling water period and the lakes shown high values of conductivity. The directly connected lakes show big richness of species and biologic way of life, and high values of diversity during all hydrologic periods. *Eichhornia azurea*, *Eichhornia crassipes* and *Salvinia auriculata* were the species who show the biggest abundance mainly in the river. The aquatic macrophyte ordination of the free floating kind showed the biggest abundance during flood in the river and in all hydrological periods in the lakes. The fix floating/emergent dominated on the Paraguay River. The environment studied shown difference during dry and filling period and was grouped on the flood period, when the water levels make the homogenization of the System River, lake and flood plain. The second chapter “The functional sectors of the Paraguay river determine the aquatic macrophyte

domination”, The text show the discussion about the dynamic and the community of the aquatic macrophyte, into three sections of the Paraguay river, which are different in the geomorphology. Where this functional sectors describe the segments of the river differentiated by the changes in the kind of the standard of the Channel flooding area, on the width of the river, in the inclination of the valley, on the sinuosity and on the effect of the confluence of the tributaries with the entry of different water and sediments. The sectors analyzed were: Meander, Straight and transition. On each sector were analyzed the cover the aquatic macrophyte community and the environmental variables of the lakes and the Paraguay river, during dry and flood period. The variable dissolved oxygen (dry period) and water electric conductivity (flood and dry period), analyzed though the ANOVA text, shown exist significant differences between sectors. Analyzing the composition and structure of the aquatic macrophyte community, it was observed that in the meander sector, the lakes, both periods, shown bigger richness and bigger diversity of species in relation to another lakes in another sectors, while the transition sector shown bigger richness and diversity during flood period. Probably these differences are related to the fluvial geomorphology, typical of each sector. The meandric sector is a sector with high sinuosity, which favor a high number of lakes, secondary channels, ancient channels of the river and floodplain. The Paraguay river shown bigger richness and diversity of species on the transition sector, on both hydrological periods, probably due to the presence of many fix floating species and/or emergent. However it is possible to verify that the abundance of *Eichhornia azurea* and *Salvinia auriculata* species, on the meandric and transition sectors, enforce the similarity which exists between these lakes during dry period. The lakes of the straight sector are more deep in relation to the another, what probably, favor the high abundance of *Salvinia auriculata*, make these not similar to another.

**Keys words:** Pantanal, Paraguay River, Functional Sectors, Lakes, Connectivity, Aquatic Macrophytes, Limnology

## SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO GERAL.....	01
2.OBJETIVO GERAL.....	04
3.MATERIAL E MÉTODOS .....	04
3.1.Área de Estudo.....	04
3.2.Dados de clima.....	07
3.3.Dados limnológicos.....	07
3.4.Análise das variáveis limnológicas.....	08
3.5.Estrutura das comunidades.....	09
4.REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	13
<b>CAPÍTULO I – A DINÂMICA ESPACIAL E TEMPORAL DAS COMUNIDADES DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS NO RIO PARAGUAI E BAÍAS PARENTAIS.....</b>	<b>16</b>
1.RESUMO .....	17
2.ABSTRACT .....	18
3.INTRODUÇÃO .....	19
4.OBJETIVO GERAL .....	21
5.OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	21
6.MATERIAL E MÉTODOS .....	22
6.1.Área de estudo.....	22
6.2.Análise das Variáveis limnológicas.....	24
6.3.Estrutura das comunidades.....	25
7.RESULTADOS .....	26
7.1.Variável limnológicas.....	27
7.2.Comunidade de macrófitas aquáticas .....	36
7.3.Abundancia de espécies de macrófitas aquáticas .....	38
7.4.Riqueza.....	44
7.5.Diversidade de espécies de macrófitas aquáticas.....	45
7.6.Análise de agrupamento.....	47
7.8.Forma biológica de vida.....	49
7.9.Análise de ordenação (CCA).....	51
8.DISSCUSSÃO .....	54

9.REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA .....	63
<b>CAPITULO II – A DINÂMICA DAS COMUNIDADES DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS EM TRÊS SETORES FUNCIONAIS DO RIO PARAGUAI.....</b>	<b>67</b>
1.RESUMO .....	68
2.ABSTRACT .....	69
3.INTRODUÇÃO .....	70
4.OBJETIVO GERAL.....	72
5.OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	72
6.MATERIAL E MÉTODOS .....	73
6.1.Área de estudo .....	73
6.2 Metodologia.....	73
7.RESULTADOS .....	76
7.1.Precipitação e níveis higrométricos .....	76
7.2.Variáveis limnológicas.....	77
7.2.1.Período de estiagem.....	77
7.2.2. Período de cheia.....	81
7.3.Comunidades de macrófitas aquáticas .....	85
7.3.1.Período de estiagem. ....	85
7.3.1.1.Abundancia, riqueza e formas biológicas.....	87
7.3.1.1.1.Setor de Meandro .....	87
7.3.1.1.2.Setor Reto.....	88
7.3.1.1.3.Setor de Transição.....	89
7.3.1.2.Diversidade de espécies.....	91
7.3.2.Período de cheia.....	93
7.3.2.1.Abundância, riqueza e formas biológicas.....	94
7.3.2.1.1.Setor de Meandro.....	94
7.3.2.1.2.Setor Reto.....	95
7.3.2.1.3.Setor de Transição.....	96
7.3.2.2.Diversidade de espécies.....	98
8.DISSCUSSÃO.....	100
9.CONCLUSÃO.....	104
10.REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	105

## 1.INTRODUÇÃO GERAL

O Pantanal é uma extensa planície inundável *compreendendo* uma área com cerca de 140.000 Km<sup>2</sup>. Este bioma constitui-se numa das maiores e mais diversificadas áreas alagáveis do mundo (JUNK; DA SILVA, 1999). Esta planície inundável esta associada a vários rios, que formam a bacia do Alto Paraguai, sendo o rio Paraguai o principal.

O rio Paraguai nasce na Serra do Araporé no Planalto Central do Brasil, e atravessa extensa planície com 2.612 km de extensão, que transborda, junto com seus afluentes, inundando terrenos das margens, e áreas mais baixas, formando imensas áreas alagadas (HAMILTON *et al.*, 1996; DA SILVA, 2000; JUNK; NUNES DA CUNHA, 2005). Ao longo do rio Paraguai observa-se uma alta heterogeneidade ambiental caracterizado por vários canais secundários, meandros abandonados, baías, corixos, áreas alagáveis e todos com diversos graus de conectividade com o rio. Muitos destes ambientes já foram estudados por vários pesquisadores (HAMILTON *et al.*, 1997; GARCIA; FORSBERG, 2000; WANTZEN *et al.* 2005; MARCHESE *et al.* 2005; MARÇAL; CALLIL, 2008).

Toda esta área ao entorno do rio e o rio está sujeita ao pulso de inundação, que é relativamente previsível e corresponde a um ciclo hidrológico anual ou plurianual. (JUNK; DA SILVA, 1999). Estes autores ao utilizarem o conceito de pulso de inundação para a planície do Pantanal ressaltaram seus efeitos sobre os processos ecológicos, na diversidade da biota e das unidades de paisagens deste bioma. Assim a manutenção do regime hidrológico natural tem sido considerada fundamental para a conservação dos processos ecológicos e da biodiversidade no Pantanal Mato-Grossense (DA SILVA, 2000; DA SILVA *et al.*, 2001). O pulso de inundação, juntamente com o grau de conectividade, está entre os fatores mais importantes para a estruturação da vegetação aquática em planícies de inundação (TOKNER *et al.*, 2000; NEIFF; POI DE NEIFF, 2003). Esta dinâmica do ambiente altera a biomassa, a produtividade, a composição e a riqueza das macrófitas aquáticas (DA SILVA, 1990; CAMARGO; ESTEVES, 1996; WARD; TOCKNER, 2001; BINI *et al.* 2001; ABDO; DA SILVA, 2004).

O Pantanal Mato-Grossense apresenta diversas unidades de paisagem, com muitos tipos de habitats aquáticos e terrestres, com grande oferta de alimento e locais de

procriação, que abrigam numerosas espécies de animais e plantas (DA SILVA, 2000; DA SILVA *et. al.* 2001). Estudos realizados em diversas baías do Pantanal mostraram que o pulso de inundação influencia a variação espacial e temporal das características limnológicas (DA SILVA; ESTEVES 1995, PENHA *et. al.* 1998, Pinto *et al.*1999, NOGUEIRA *et. al* 2002, ABDO; DA SILVA, 2004).

Esta diversidade paisagística e fisiográfica das planícies de inundação podem contribuir para a grande diversidade biológica nestes ecossistemas (CARVALHO *et al.*, 2001). As assembléias de macrófitas aquáticas têm um importante papel na estruturação de ecossistemas aquáticos, especialmente em sistema de rio-planície de inundação. A permanência destes organismos em rios, canais, e lagoas permanentes e temporárias durante todo o ano contribuem para manter a alta heterogeneidade de habitats, típica de sistema de rio-planície de inundação. Como consequência direta, elevada diversidade de outros grupos animais (e.g., peixes) é encontrada na região litorânea de lagoas de planície (AGOSTINHO *et al.*, 2003).

Segundo Pott e Pott (2009) a região do rio Paraguai no Pantanal, tem grandes lagoas, áreas quase permanentemente inundadas e lagoas de meandro. Esses ambientes favorecem o desenvolvimento e exportação de macrófitas aquática, onde as espécies variam muito entre corpos d'água, mesmo vizinhos, devido a diferenças de profundidade ou tempo de residência da água. Essas comunidades foram estudadas por Thomaz *et al.* (2009), que identificaram seus atributos (composição, estabilidade temporal) em relação as características abióticas e na conectividade de planície e inundação do Alto rio Paraná.

O grau de conectividade dos lagos com o rio principal é determinante e importante para a composição e riqueza de macrófitas, assim com a riqueza e composição de espécie varia mais entre as lagoas associadas com os rios diferentes do que entre as lagoas associados com o mesmo rio (ABDO E DA SILVA, 2004; THOMAZ *et. al* 2009).

A heterogeneidade ambiental dos rios nos sentidos lateral, vertical e longitudinal da morfologia também é muito discutida. Segundo Petts e Amoros (1996) a ordenação da estrutura da paisagem fluvial segue de acordo com o conceito de Hidrossistema Fluvial, onde a condição ecoidrológica do hidrossistema fluvial e de seus subsistemas

depende das interações dinâmicas de processos hidrogeomorfológico e biológico. Assim, o termo “setores funcionais” descreve os segmentos do rio diferenciados por mudanças no tipo do padrão do canal-área inundável, na largura do rio, na inclinação do vale, na sinuosidade, e no efeito da confluência de tributários com a entrada de diferentes águas e sedimentos e hidroquímica.

Neste contexto, o rio Paraguai apresenta trechos morfologicamente homogêneos caracterizados em meandros ou em setores anastomosados e em linha reta (WANTZEN *et al.* 2005; ASSINE; SILVA 2009). Assine e Silva (2009) em seus estudos sobre o contraste dos tipos fluvial do rio Paraguai ao nordeste da borda do Pantanal, identificou quatro zonas geomorfologicamente principais na planície fluvial do rio Paraguai: trecho da planície de meandro, trecho baixa sinuosidade na planície, trecho de deposição moderno do leque aluvial e o trecho do sistema de meandro fluvial. Wantzen *et al.* (2005) observaram para o mesmo trecho três setores.

Este estudo foi dividido em dois capítulos para discutir a dinâmica das comunidades de macrófitas aquáticas e das variáveis limnológicas ao longo do rio Paraguai. No Capítulo I, descreveremos a dinâmica espacial e temporal da diversidade, riqueza e composição das comunidades de macrófitas aquáticas e as variáveis limnológicas em baías com diferentes graus de conectividade com o rio, e o rio Paraguai nos quatro períodos hidrológicos. No Capítulo II, será descrito a dinâmica da comunidade de macrófitas aquáticas e as variáveis limnológica mediante as diferenças na sinuosidade do rio Paraguai, assim observaremos o rio em três seguimentos distinto de acordo com a sua morfologia em relação a dois períodos hidrológico.

## **2.OBJETIVO GERAL**

Avaliar a dinâmica da comunidade de macrófitas aquáticas (composição, riqueza, diversidade de espécies) mediante aos componentes abióticos (variáveis limnológicas, morfologia do rio e diferentes graus de conectividade das baías com o rio), em relação ao regime hidrológico.

## **3.MATERIAL E MÉTODOS**

### **3.1. Área de Estudo**

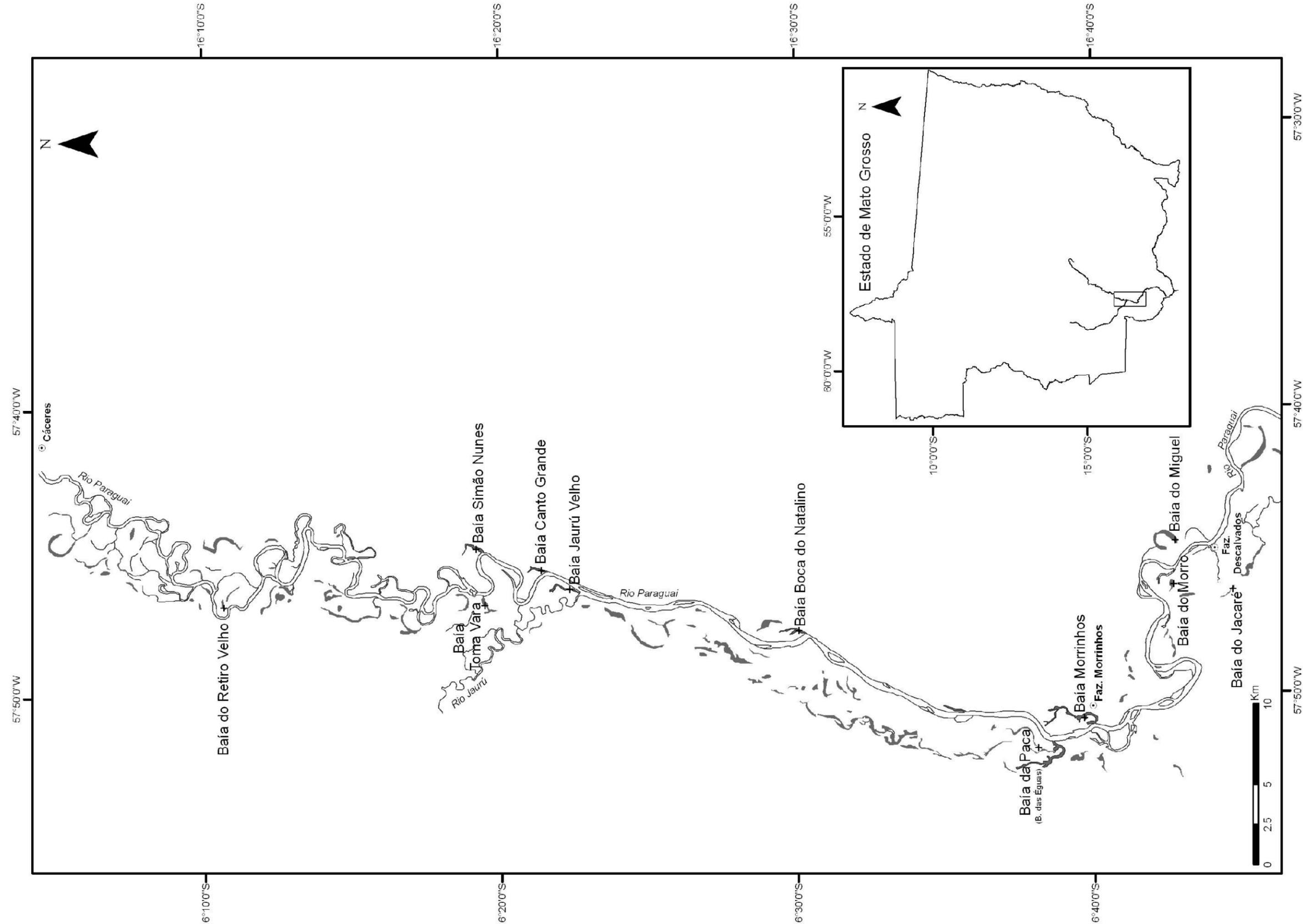
A Bacia Hidrográfica do Alto Paraguai está localizada na porção central da América do Sul, localizada entre os paralelos de latitude 14°00' e 22°00'S e longitude de 53°00' e 59°00'W. O clima para a região é considerado como tropical de savana (AW), de acordo com a classificação de Köppen, sendo possível verificar, em alguns locais, características climáticas entre úmido e semi-árido (CARVALHO, 1986). A precipitação média anual na Bacia do Alto Paraguai varia de 800 mm a 1.600 mm e um total de 800 mm a 1.200 mm na área do Pantanal Mato-Grossense (HAMILTON *et al.*, 1996).

A bacia hidrográfica do Alto rio Paraguai ocupa uma área de aproximadamente 345.000 km<sup>2</sup> em território brasileiro, dos quais cerca de 135.000 km<sup>2</sup> constituem a planície úmida (wetland) do Pantanal. As altitudes na planície do Pantanal variam entre 80 e 190 metros acima do nível do mar, caracterizando uma região deprimida circundada por planaltos (ASSINE, 2003).

O Pantanal é uma bacia sedimentar tectonicamente ativa, caracterizada por uma dinâmica sedimentar que produz mudanças constantes na paisagem. Muitas das feições morfológicas existentes são formas reliqueares, de uma evolução paleogeográfica condicionada por mudanças climáticas e tectônicas, que vem ocorrendo desde o final do Pleistoceno (ASSINE, 2003). As planícies do Pantanal compõem parte de uma unidade geomorfológica denominada Depressão rio Paraguai, que é circundada pelos planaltos de

Maracaju-Campo Grande e Taquari-Itiquira a leste, Guimarães e Parecis a norte, Urucu-Amolar a oeste, e Bodoquena a sul (ASSINE, 2003).

O principal rio da bacia é o rio Paraguai, que nasce na Serra do Araporé, encosta meridional da Serra dos Parecis, no Planalto Central do Brasil. Correndo de norte para sul, numa extensão de 2.612 km, o rio deságua no médio rio Paraná na altura da cidade de Corrientes, na Argentina, sendo 1.683 km no Brasil. Sua bacia hidrográfica tem uma área total de 1.095.000 km<sup>2</sup>, abrangendo terras do Centro-Oeste do Brasil (estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul), da Bolívia, Paraguai e Argentina (INNOCENCIO, 1988). Baseado em suas características físicas, Almeida (1945) subdividiu o rio em quatro segmentos distintos em termos geomorfológicos e de processos sedimentares dominantes, como: 1) Paraguai Superior - das suas nascentes à foz do rio Jauru; 2) Alto Paraguai - da foz do rio Jauru à foz do rio Apa; 3) Médio Paraguai – da foz do rio Apa até a cidade de Lomas Valentinas; e 4) Paraguai Inferior - de Lomas Valentinas até confluência com o rio Paraná. Os dois segmentos superiores foram englobados em um só (CARVALHO, 1986), sob a denominação bacia do Alto Paraguai, que possui cerca de 600.000 km<sup>2</sup>, sendo no Brasil 362.376 km<sup>2</sup>. Com limite sul na divisa Brasil/Paraguai (rio Apa), tem a maior parte de sua área no Brasil e abrange todo o Pantanal Mato-Grossense (Figura 01).



**Firuga 01** - Mapa de localização dos pontos de amostragem ao longo do rio Paraguai, Pantanal de Mato Grosso

### **3.2.Dados de clima**

Os dados de precipitação e evaporação em média mensal dos anos de 2008 e 2009 foram obtidos junto a Estação Meteorológica da Escola Agrotécnica Federal de Cáceres e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Os dados da variação dos níveis hidrométricos do rio Paraguai foram obtidos na Agência Fluvial de Cáceres junto a Capitania dos Portos de Cáceres – Marinha do Brasil.

### **3.3.Dados limnológicos**

As coletas de dados limnológicos foram realizadas em onze baías localizadas ao longo do rio Paraguai. À margem esquerda do rio Paraguai está localizado seis baías: Baía Retiro velho, Baía Simão Nunes, Baía Canto Grande, Baía da Boca do Natalino, Baía Morrinho, Baía do Miguel. À margem direita estão localizadas cinco baías: Baía Toma Vara Baía Jaurú Velho, Baía da Paca, Baía do Morro, Baía Jacaré. As baías Toma Vara, Paca e Jacaré apresentam-se totalmente desconectadas do rio no período de estiagem. As baías, Retiro Velho, Simão Nunes, Canto Grande e Boca do Natalino apresentaram-se próximas ao rio conectadas ao rio em todos os períodos hidrológicos. Entretanto as baías Jaurú Velho, Morrinhos, Morro e Miguel apresentam-se conectadas ao rio Paraguai, através de um estreito canal de água. O fluxo da água apresenta dois sentidos: nos períodos de vazante e estiagem a água flui no sentido lagoa-rio; e nos períodos de enchente e cheia a água flui no sentido rio-lagoa, este canal recebe o nome de “corixo” pela comunidade local. No caso destas lagoas este corixo nunca seca totalmente, existindo, no pico da estiagem, uma fina lamina de água fazendo a comunicação entre estes.

As amostragens no rio Paraguai foram realizadas à jusante da entrada das baías, totalizando dez pontos de amostragens ao longo do rio. As coletas de dados das baías foram realizadas bimestralmente de maio de 2008 a abril de 2009, abrangendo as quatro fases do ciclo hidrológico: vazante, estiagem, enchente e cheia. As coletas realizadas no rio Paraguai foram realizadas de agosto de 2008 a abril de 2009, registrando assim, as fases de: estiagem, enchente e cheia.

### 3.4. Análise das variáveis limnológicas

Em cada baía foram tomados os dados físico-químicos da água na superfície da coluna da água sob a cobertura das macrófitas aquáticas localizadas na região litorânea. Este procedimento foi realizado em cada fase do ciclo hidrológico:

1) Vazante – maio e junho de 2008 - redução da precipitação diminuindo a profundidade da coluna de água das baías e do canal principal;

2) Estiagem - agosto e setembro de 2008 - precipitação nula, aumento da temperatura do ar, diminuição da umidade relativa do ar e perda da água das baías e do rio através da evaporação da água.

3) Enchente – dezembro/2008 e janeiro/2009 – aumenta a precipitação com elevação do nível de água nos rios e baías.

4) Cheia- março e abril de 2009 – aumenta o volume de água dos rios e baías alcançando neste período o registro máximo da profundidade. Nos períodos de estiagem e cheia também foram coletadas amostras de água, em réplicas para a análise de nutrientes.

Para a realização dos registros de profundidade da coluna de água foi utilizada uma corda graduada em metros e centímetros, com peso na extremidade. A transparência da água foi tomada utilizando o disco de Sechhi e uma trena. A temperatura do ar (°C) foi medida através de um termômetro digital. As variáveis, temperatura da água (°C), pH, oxigênio dissolvido (mg/L) e condutividade elétrica da água ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) foram tomados por meio de aparelho Multi WTW.

Para análise dos nutrientes foram coletadas amostras de água em garrafas de polietileno e acondicionadas em caixas de isopor com gelo, e posteriormente foram congeladas e enviadas para as análises. As análises dos nutrientes nitrogenados (íon amônio, nitrato, nitrogênio total) e fosfatados (ortofosfato e fósforo total) foram realizadas no Laboratório de Limnologia do Departamento de Hidrobiologia da Universidade Federal de São Carlos.

Para a análise do íon amônio, nitrato e ortofosfato, as amostras de água foram filtradas utilizando filtro de membrana de 0,45µm. O íon amônio (NH<sub>4</sub> – N) foi analisado pelo método Indofenol azul e a concentração foi expressa em mg/L (Golterman *et al.* 1978; Mackereth *et al.* 1978; Carmouze, 1994). O nitrato (NO<sub>3</sub> – N) foi analisado pelo processo de redução quantitativa de nitrato a nitrito e, posteriormente quantificado pelo método complexo diazônico e a concentração expressa em mg/L (Golterman *et al.* 1978; Carmouze, 1994). Ortofosfato (PO<sub>4</sub> – P) foi analisado na reação com o ácido molíbdico pelo método de azul Molibdato (mg/L) (Golterman *et al.* 1978; Mackereth *et al.* 1978; Carmouze, 1994). O nitrogênio total foi extraído através de uma solução digestora baseada no método de oxidação Kjeldahl e o fósforo total através da solução digestora de Persulfato de potássio e posteriormente quantificada pelo método colorimétrico descrito para o íon amônio (mg/L) e ortofosfato (mg/L) (Golterman *et al.* 1978; Mackereth *et al.* 1978; Carmouze, 1994).

As amostras de água para a análise dos metais foram realizadas no Laboratório de Limnologia da Aquanálise Ltda. Os íons cálcio, magnésio, sódio e potássio foram determinados diretamente pela técnica de Espectrofotometria de Chama e Absorção Atômica (Clescerl *et al.* 1999).

Os dados das variáveis limnológicas foram examinados através da análise de variância ANOVA ( $p < 0,05$ ) (um critério) de duas formas: 1) se há diferença ou não em cada ambiente (baía e rio) entre o período hidrológico. 2) e se há diferença ou não, entre as baías em cada período. Também foi realizada a Análise de componentes principais (PCA) para ordenação dos ambientes e identificar quais variáveis influenciam essa ordenação. Esta análise foi processada pelo programa PC-ORD, V 4.0 (McCune; Mefford, 1999).

### **3.5.Estrutura das Comunidades**

Para a análise da estrutura da comunidade das macrófitas aquáticas foi utilizado o método de cobertura segundo Braun-Blanquet (1979). Para isto, utilizou-se um quadrado de 0,50 cm de lado, previamente subdividido em 16 partes, onde foi mensurado o grau de cobertura (porcentagem) de acordo com a visualização (Figura 01). O quadrado foi lançado aleatoriamente, de 50 a 60 vezes, ao longo do banco de macrófitas, localizados na

região litorânea das baías ou próxima as margens no rio Paraguai. Neste estudo foram consideradas somente as macrófitas que estavam na superfície da água. Para a identificação das macrófitas aquáticas foram consultados Cook (1990) e Pott & Pott (2000).



Figura 02 – Vista do quadrado de madeira, com a subdivisão, utilizado para avaliação da cobertura vegetal.

Para cada período em cada tipo de banco amostrado foram analisados os seguintes atributos:

- **Riqueza** - número de espécie presente (S.)

- **Abundância** – segundo Ricklefs (2003), abundância é qualquer medida da densidade ou número de indivíduos de um táxon ou outra categoria classificatória, sendo a densidade absoluta o mesmo que abundância absoluta. O calculo para obter a abundância foi o número ou porcentagem de cobertura por uma espécie dividida pela área total amostrada - sendo assim, o Valor de Cobertura relativa da espécie *i* (%) na área total coberta. Para isto foi calculado primeiro a área coberta pela espécie *i* em m<sup>2</sup>,

$$ACi = \Sigma (gcik \cdot Amk/100)$$

Onde:

$gcik$ : grau médio de cobertura da espécie  $i$  no quadrado  $k$  (%)

$amk$ : área do quadrado  $k$  (m<sup>2</sup>)

$ACi$ : área coberta pela espécie  $i$  (m<sup>2</sup>)

Após este cálculo obteve-se o valor em metros quadrados de cada espécie, em seguida foi calculado o valor de cobertura relativa da espécie  $i$  (%) na área total coberta.

$$VCi = 100 \cdot ACi/AT$$

sendo  $AT = \Sigma amk$

E o valor de cobertura relativa da espécie, que é o mesmo que a abundância relativa da espécie foi calculada de acordo com a fórmula abaixo:

$$CRi = 100 \cdot ACi/\Sigma ACi$$

#### **- Freqüência absoluta e relativa**

A freqüência da espécie foi calculada com base no número de quadrados em que a espécie  $i$  apareceu, pela fórmula:

- Freqüência absoluta da espécie  $i$

$$FAi = 100 \cdot Mi/MT$$

Onde:

$Mi$ : número de quadrados com a presença da espécie  $i$

$MT$ : número total de quadrados observados

- Freqüência relativa da espécie  $i$

$$FRi = 100 \cdot FAi / \Sigma FAi$$

A dominância é o grau em que uma dada espécie predomina em uma comunidade devido ao tamanho, abundância ou cobertura. Portanto as espécies que apresentarem maior valor de abundância serão as espécies dominantes.

Com base nos dados da abundância e composição de espécies foram calculados o índice de diversidade de Shannon-Wener e a Equitabilidade de Pielou. Estes descritores também foram utilizados para a análise de agrupamento de Sørensen (Bray-Curtis) e o método de ligação pela média do grupo processado pelo programa PC-ORD 4.0 (McCune; Mefford 1999).

A Análise de Correspondência Canônica (CCA) foi utilizada para ordenação dos dados de abundância e das variáveis abióticas de cada ambiente (baía e rio) para verificar os padrões espaciais e temporais destes descritores. Para esta análise foi utilizado o programa PC-ORD, V 4.0 (McCune; Mefford, 1999).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDO, M.S.A.; DA SILVA, C.J. Limnological characteristics of the water bodies of the Corutuba Nesting Site in Brazil's Pantanal. *Acta Limnologica Brasiliensis*. São Paulo: v.4, n.16, p.359-358. 2004.

AGOSTINHO, A.A.; GOMES, L.C.; JÚLIO JÚNIOR, H.F. Relações entre macrófitas aquáticas e fauna de peixes. In: THOMAZ, S.M.; BINI, L.M. (Ed.). *Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas*. Maringá: EDUEM, cap.13, p.261-279. 2003.

ALMEIDA, F.F.M., *Geologia do sudoeste Matogrossense*. Boletim do DNPM/DGM 116, 1-118. 1945

ASSINE, M. L., *Sedimentação na Bacia do Pantanal Mato-Grossense, Centro Oeste do Brasil*. Tese de Livre Docência. Instituto de Geociências e Exatas, UNESP. Rio Claro. 2003. 106 p.

BINI, L.M.; THOMAZ, S.M.; SOUZA, D.C. Species richness and b-diversity of aquatic macrophytes in Upper Paraná River floodplain. *Arch. Hydrobiol.* Stuttgart. 151 (3). p. 511-525. 2001.

BRAUN-BLANQUET, J. *Fitossociologia: Bases para el estudio de las comunidades vegetales*. Trad. JC Lalucat, J.H. Madrid, Blume, 1979.820p.

CAMARGO, A. F. M.; ESTEVES, F. A Influence of water level variation on biomass and chemical composition of the aquatic macrophyte *Eichhornia azurea* (Kunth) in a oxbow lake of the Rio Mogi-Guaçu (São Paulo, Brazil), *Arch. Hydrobiol.*, 135: (3), 423-432. 1996.

CARMOUZE, J. P. *O Metabolismo dos Ecossistemas Aquáticos*. São Paulo: Edgard Blucher/SBL/FAPESP. São Paulo, 1994. 253p.

CARVALHO N.O. Hidrologia da Bacia do Alto Paraguai. In: simpósio sobre recursos naturais e sócios econômicos do pantanal. 1., 1984, Corumbá. *Anais*. Brasília: EMBRAPA-DDT, 1986, p.43-49. (EMBRAPA-CPAP. Série Documentos, 5).

CARVALHO, P.; BINI, L.M.; THOMAZ, S.M.; OLIVEIRA, L.G.; ROBERTSON, B.; TAVECHIO, W.L.G.; DARWISCH, A.J. Comparative limnology of South American floodplain lakes and lagoons. *Acta Scientiarum*, Maringá, v. 23, no.2, p.265-273, 2001.

CLESCERL, L.; GREENBERG, A.; EATON, A. *Standard Methods for the Examination of Waters and Wastewaters*. 20<sup>th</sup> edition. Washington DC; American Public Health Association, 1999. 1325 p.

COOK, C.D.K. *Aquatic plant book*. SPB Academic, The Hague, 1990. 228 p.

DA SILVA, C.J. *Influência da variação do nível da água sobre a estrutura e funcionamento de uma área alagável do Pantanal Matogrossense (Pantanal de Barão de Melgaço,*

*Municípios de Santo Antônio de Leverger e Barão de Melgaço - MT*). São Carlos: Universidade Federal de São Carlos. 1990. 215p. Tese Doutorado.

DA SILVA, C.J. & ESTEVES, F.A. Dinâmica das características limnológicas das Baías Porto de Fora e Acurizal (Pantanal de Mato Grosso) em função da variação do nível da água. In: Esteves, F.A. (ed.) *Oecologia brasiliensis*. Instituto de Biologia-UFRJ, Rio de Janeiro. v.1, p.47-60. 1995.

DA SILVA, C.J. Ecological basis for the management of the Pantanal - Upper Paraguay River Basin. In: Smits, A.J.M., Nienhuis, P.H., Leuven, R.S.E.W. [Eds] *New approaches to river management*, Backhuys Publishers, Leiden, Netherlands, pp. 97-117. 2000.

DA SILVA, C.J., WANTZEN, K.M., NUNES DA CUNHA, C., MACHADO, F.A. Biodiversity in the Pantanal Wetland, Brazil. In: Junk, W.J., Gopal, B., Davis, J.A. [Eds] *Biodiversity in wetlands: assessment, function and conservation*, Volume 2, Backhuys, Leiden, p. 187-215. 2001.

GACIA, F. C.; FORSBERG, B. R. Caracterização físico-química de lagoas da planície de alagamento do Alto Rio Paraguai, Seputuba e Cabaçal, em Cáceres, Mato Grosso. In: II Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômicos do Pantanal, 2000, Corumbá - MS. CD ROM *Anais do III simpósio sobre recursos naturais e sócio-econômicos do Pantanal - os desafios do novo milênio*. 2000.: Embrapa Pantanal., p. 1-26. 2000.

GOLTEMAN, H.L., CLYMO, R. S. & OHNSTAD, M. A. M. *Methods for Physical and Chemical Analysis of Fresh Waters*. 2 ed. Oxford, Blackwell, 215p. 1978 (IBP Handbook 8)

HAMILTON, S.K., SIPPEL, S.J., MELACK, J.M. Inundation patterns in the Pantanal wetland of South America determined from passive microwave remote sensing. *Arch. Hydrobiol.* 137, 1-23. 1996.

HAMILTON, S.K.; SIPPEL, S.L.; CALHEIROS, D.F.; MELACK, J.M. An anoxic event and other biogeochemical effects of the Pantanal wetland on the Paraguay River.? *Limnology and Oceanography*, v. 12, n. 2, p. 257-272, 1997.

INNOCENCIO, N.R., *Hidrografia. Geografia do Brasil*. IBGE, Rio de Janeiro, p. 73-90. 1988.

JUNK, W.J. & DA SILVA, C.J.. O “conceito do pulso de inundação” e suas implicações para o Pantanal de Mato Grosso. In: Anais do II Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômicos do Pantanal. Manejo e Conservação. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Corumbá, 1999, p.17-28.

JUNK, W.J.; NUNES DA CUNHA, C. Pantanal: a large South American wetland at a crossroads. *Ecol. Eng.* 24, 391-401. 2005.

MACKERETH, F.J.H.; HERON, J.; TALLING, J.F. *Water Analysis: Some revised methods for limnologists*. Cumbria, Freshwater Biological Association. 1978. 120p. (Scientific Publication nº 36).

- MARÇAL, SF.; CALLIL, CT. Structure of invertebrates community associated with *Eichhornia crassipes* Mart. (Solms-Laubach) after the introduction of *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia, Mytilidae) in the Upper Paraguay River, MT, Brazil. *Acta Limnol. Bras.*, vol. 20, no. 4, p. 359-371. 2008.
- MARCHESE, MR.; WANTZEN, KM. ;EZCURRA DE DRAGO, I. Benthic invertebrate assemblages and species diversity patterns of the Upper Paraguay River. *River res. appl.* vol. 21, no. 5, p. 485-499. 2005.
- MCCUNE, B.; MEFFORD, M.J. *Multivariate Analysis of Ecological Data*. Version 4.0. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, 1999. U.S.A.
- NEIFF, J.J.; POI DE NEIFF, A.S.G. Connectivity processes as a basis for the management of aquatic plants. In: THOMAZ, S.M.; BINI, L.M. (Ed.). *Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas*. Maringá: EDUEM, p.39-58. 2003.
- NOGUEIRA, F., SILVA, R.L., SILVA, A.J., SOUZA, M.D. ; BACHEGA, I. Seasonal and diel limnological differences in a tropical floodplain lake (Pantanal of Mato Grosso, Brazil). *Acta Limnol. Bras.*, 14(3):17-25. 2002.
- PENHA, J. M., DA SILVA, C.J. ; BIANCHINI JR., I. Impacto da variação do nível de água no ciclo de vida da macrófita aquática *Pontederia cordata* var. *ovalis* (Mart.) Solms, em área alagável do Pantanal Mato Grossense. *Braz. J. Ecol.*, 2:30-35. 1998.
- PINTO, A., DA SILVA, C.J., GIRARD, P., SOUZA, M.; NOGUEIRA, F.. El pulso de inundación y la limnología de la laguna Sinhá Mariana en el pantanal de Mato Grosso, Brasil. *Rev. Boliv. Ecol. Conserv. Ambient*, (6):19-26. 1999.
- POTT, A.; POTT, V.J. *Plantas Aquáticas do Pantanal*. Embrapa. Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal (Corumbá-MS). – Brasília: Embrapa Comunicação para transferência de Tecnologia, 2000.404p.
- POTT, V. J. ; POTT, A. Macrófitas aquáticas do pantanal e áreas úmidas em mato grosso do sul. *III CLAE e IXCEB*, São Lourenço – MG, 2009.
- RICKLEFS, R. E. *Economia da Natureza*. 5º Ed. Rio de Janeiro, Guanabara, 2003. 498 p.
- THOMAZ, SM.; CARVALHO, P., PADIAL, AA.; KOBAYASHI, JT. Temporal and spatial patterns of aquatic macrophyte diversity in the Upper Paraná River floodplain. *Braz. J. Biol.*, 69(2, Suppl.): 617-625. 2009.
- TOCKNER, K., MALARD, F.; WARD J. V. An extension Of the flood pulse concept. *Hydrological processes* 14: 2861–2883. 2000.
- WANTZEN, K.M.; DRAGO, E.C.; DA SILVA, C.J. Aquatic habitats of the Upper Paraguay river-floodplain-system and parts of the Pantanal (Brazil). *Ecohydrol.Hydrobiol*, 5, 107-126. 2005.
- WARD, JV.; TOCKNER, K., Biodiversity: towards a unifying theme for river ecology. *Freshwater Biology*, vol. 46, no. 6.,p. 807-819. 2001

## **CAPÍTULO I**

### **A DINÂMICA ESPACIAL E TEMPORAL DAS COMUNIDADES DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS NO RIO PARAGUAI E BAÍAS PARENTAIS.**

## 1.RESUMO

O rio Paraguai possui alta heterogeneidade espacial e temporal, apresentando vários canais secundários, meandros abandonados, baías, corixos, áreas alagáveis e todos com diversos graus de conectividade com o rio. O pulso de inundação e a variação do grau de conectividade estão entre os fatores mais importantes para a estruturação da vegetação aquática em planícies de inundação. Este estudo tem como objetivo avaliar a dinâmica espacial e temporal da estrutura e composição da comunidade de macrófitas aquáticas e as variáveis limnológicas em diferentes baías adjacentes ao rio e o rio Paraguai, e sua relação com o regime hidrológico. As coletas de dados foram realizadas em onze baías, localizadas ao longo do rio Paraguai, apresentando diferentes graus de conectividade (temporariamente desconectadas, conectadas diretamente e indiretamente), e no rio à jusante de cada baía. As variáveis limnológicas analisadas foram temperatura do ar e da água, nível da água, transparência, pH, oxigênio dissolvido e condutividade, nos quatro períodos hidrológicos. Para a comunidade de macrófitas aquáticas foi registrada a cobertura das espécies e depois foram analisadas a composição, abundância, diversidade e forma biológica em cada ambiente (baías e rio). As variáveis limnológicas apresentaram correlação forte com o pulso de inundação. O rio Paraguai apresentou altos valores de oxigênio dissolvido e pH durante a estiagem e enchente e as baías apresentaram altos valores de condutividade. As baías conectadas diretamente ao rio apresentaram maior riqueza de espécies e formas biológicas e altos valores diversidade nos quatro períodos hidrológicos. *Eichhornia azurea*, *Eichhornia crassipes* e *Salvinia auriculata* foram as espécies que apresentaram maiores abundâncias, principalmente no rio Paraguai. A ordenação das macrófitas do tipo flutuante livre apresentou maiores abundância no período da cheia no rio e em todos os períodos nas baías. As espécies do tipo flutuante fixa/emergente predominaram no rio Paraguai. Os ambientes estudados apresentaram distinção nos períodos de estiagem e enchente e foram agrupados nos períodos de cheia, quando o nível da água proporcionou a homogeneização do sistema rio, baía e planície de inundação.

**Palavra-chave:** Pantanal, Rio Paraguai, Baías, conectividade, macrófitas aquáticas, Limnologia

## 2.ABSTRACT

The Paraguay River show high spatial and temporal heterogeneity, showing many secondary channels, abandoned meanders, lakes, “corixos” flood plain, and all with different degree of connectivity with the river. The flood pulse, together with the degree of connectivity, is between the most important factors for the development of the aquatic vegetation on the flood plain. This aim of this study is to evaluate the spatial and temporal structure and composition of the aquatic macrophyte community in relation to the flood pulse, with the different degrees of connectivity of the lakes with the Paraguay River, and with the limnological variables. The data collects were realized on eleven lakes, over the Paraguay River, showing different degree of connectivity (not connected, directly connected and indirectly connected), and on the river downstream each lake. The limnological variables analyzed were the following: air and water temperature, water level, transparency, pH, dissolved oxygen and conductivity, on four hydrological periods. It was registered the cover of the aquatic macrophyte community though the use of a square, and was analyzed also the composition, abundance, diversity, biological form. The limnological variables showed, strong correlation, with flood pulse on the PCA analysis. The Paraguay River showed high values of dissolved oxygen and pH during dry period and flooding and the lakes shown high values of conductivity. The directly connected to river lakes shown bigger richness of species and biological forms and high values of diversity on all hydrological periods. *Eichhornia azurea*, *Eichhornia crassipes* and *Salvinia auriculata* were the species that show bigger abundance, manly on Paraguay River, following the grouping analysis. Following the CCA analysis, the ordination of the free floating macrophytes shown bigger abundance during flood period, on the river and in all periods on the lakes. And fix floating/emerging, dominate on the Paraguay River. The environment studied, shown differences between dry period and flooding period and were grouping on the flood period, when the water level provides the homogenization of the system river, lakes and flood plain.

**Key-words:** Pantanal, Paraguay River, Lakes, Connectivity, Aquatic Macrophytes, Limnology

### 3. INTRODUÇÃO

O rio Paraguai possui alta heterogeneidade espacial e temporal, apresentando vários canais secundários, meandros abandonados, baías, corixos, áreas alagáveis e todos com diversos graus de conectividade com o rio (HAMILTON *et al.*, 1997; GARCIA; FORSBERG, 2000; WANTZEN *et al.* 2005; MARCHESE *et al.* 2005; MARÇAL; CALLIL, 2008). Toda esta área está sujeita ao pulso de inundação que é relativamente previsível e corresponde a um ciclo hidrológico anual ou plurianual, resultando em efeitos sobre os processos ecológicos, na diversidade da biota e das unidades de paisagens no Pantanal (JUNK *et al.* 1989; DA SILVA 1999, JUNK; NUNES DA CUNHA, 2005). Assim a manutenção do regime hidrológico natural tem sido considerada fundamental para a conservação dos processos ecológicos e da biodiversidade no Pantanal Mato-Grossense (DA SILVA, 2000; DA SILVA *et. al.*, 2001).

O pulso de inundação e a variação do grau de conectividade, está entre os fatores mais importantes para a estruturação da vegetação aquática em planícies de inundação (TOKNER *et al.*, 2000; NEIFF; POI DE NEIFF, 2003). Esta dinâmica do ambiente altera a biomassa, a produtividade, a composição e a riqueza das macrófitas aquáticas (DA SILVA, 1990; CAMARGO; ESTEVES, 1996; BINI *et al.* 2001; WARD; TOCKNER, 2001; ABDO; DA SILVA, 2004; MALTCHIK *et al.*, 2007). Estudos realizados nas baías do Pantanal demonstraram que o pulso de inundação é determinante na variação espacial e temporal das características limnológicas (DA SILVA; ESTEVES 1995, PENHA *et. al.* 1998, PINTO *et al.* 1999, NOGUEIRA *et. al* 2002; ABDO; DA SILVA, 2004) destes ambientes.

Estas características associadas à diversidade paisagística e fisiográfica das planícies de inundação podem contribuir para a grande diversidade biológica nestes ecossistemas (CARVALHO *et al.*, 2001). Agostinho *et al.* (2003) verificaram que as assembléias de macrófitas aquáticas têm um importante papel na estruturação de ecossistemas aquáticos, especialmente em sistemas rios-planícies de inundação. Thomaz *et al.* (2009), identificaram a importância das características abióticas e da conectividade das lagoas na composição, riqueza e estabilidade temporal das comunidades de macrófitas aquáticas na planície de inundação do Alto Rio Paraná.

Segundo Pott e Pott (2009) a região do rio Paraguai no Pantanal, tem grandes lagoas, áreas quase permanentemente inundadas e lagoas de meandro. Esses ambientes favorecem a proliferação das macrófitas aquática, onde as espécies variam muito entre corpos d'água, mesmo vizinhos, devido a diferenças de profundidade ou tempo de residência da água.

Este estudo tem como objetivo avaliar a dinâmica espacial e temporal das comunidades de macrófitas aquáticas e as variáveis limnológicas no rio Paraguai e baías parentais e a relação com o regime hidrológico.

#### **4.OBJETIVO GERAL**

Avaliar a dinâmica espacial e temporal das comunidades de macrófitas aquáticas e das variáveis limnológicas em baías com diferentes graus de conectividade com o rio Paraguai nos quatro períodos hidrológicos.

#### **5.OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar os tipos de conectividade existente entre as baías e o rio Paraguai;
- Registrar em campo a composição e estrutura das macrófitas aquáticas nas baías e no rio Paraguai nos quatro períodos hidrológicos;
- Analisar os dados coletados sobre a composição e estrutura das macrófitas aquáticas nas baías e no rio Paraguai nos quatro períodos hidrológicos;
- Registrar em campo as variáveis limnológicas em todos os pontos de coleta de dados das macrófitas aquáticas nas baías e no rio Paraguai nos quatro períodos;
- Analisar os dados coletados sobre as variáveis limnológicas em todos os pontos de coleta de dados das macrófitas aquáticas nas baías e no rio Paraguai nos quatro períodos;
- Tabular todos os dados em planilhas para cálculos estatísticos.

## 6. MATERIAIS E MÉTODOS

### 6.1. Área de estudo

As amostragens foram realizadas no rio Paraguai e baías entre a cidade de Cáceres até a Fazenda Descalvado, percorrendo 130 km do rio Paraguai (Figura 1).

As coletas de dados limnológicos foram realizadas em onze baías localizadas ao longo do rio Paraguai. Estas baías foram ordenadas em três grupos distintos de acordo com o grau de conectividade com o rio Paraguai:

1- Baías Temporariamente Desconectadas (BTD) – As baías: Toma Vara, Paca e Jacaré apresentam desconectadas do rio Paraguai temporariamente, no período de estiagem, quando o nível das águas diminui, e retorna a conectar-se com o rio no início das chuvas, ocorrendo a elevação do nível da água do rio nos períodos de enchente.

2- Baías Conectadas Diretamente (BCD) – As baías: Retiro Velho, Simão Nunes, Canto Grande e Boca do Natalino, apresentam-se conectadas diretamente ao rio Paraguai, entendendo que neste caso, não existe um canal de ligação entre o rio e a baía, esta mantém contato direto com o rio em todo o período hidrológico.

3- Baías Conectadas Indiretamente (BCI) – As baías: Jaurú Velho, Morrinho, Morro e Miguel, apresentam-se conectadas ao rio Paraguai, através de um estreito canal de água. O fluxo da água apresenta dois sentidos: nos períodos de vazante e estiagem a água flui no sentido lagoa-rio; e nos períodos de enchente e cheia a água flui no sentido rio-lagoa, este canal recebe o nome de “corixo” pela comunidade local. No caso destas lagoas este corixo nunca seca totalmente. No rio Paraguai a amostragem foi realizada à jusante de cada entrada as baías estudadas.

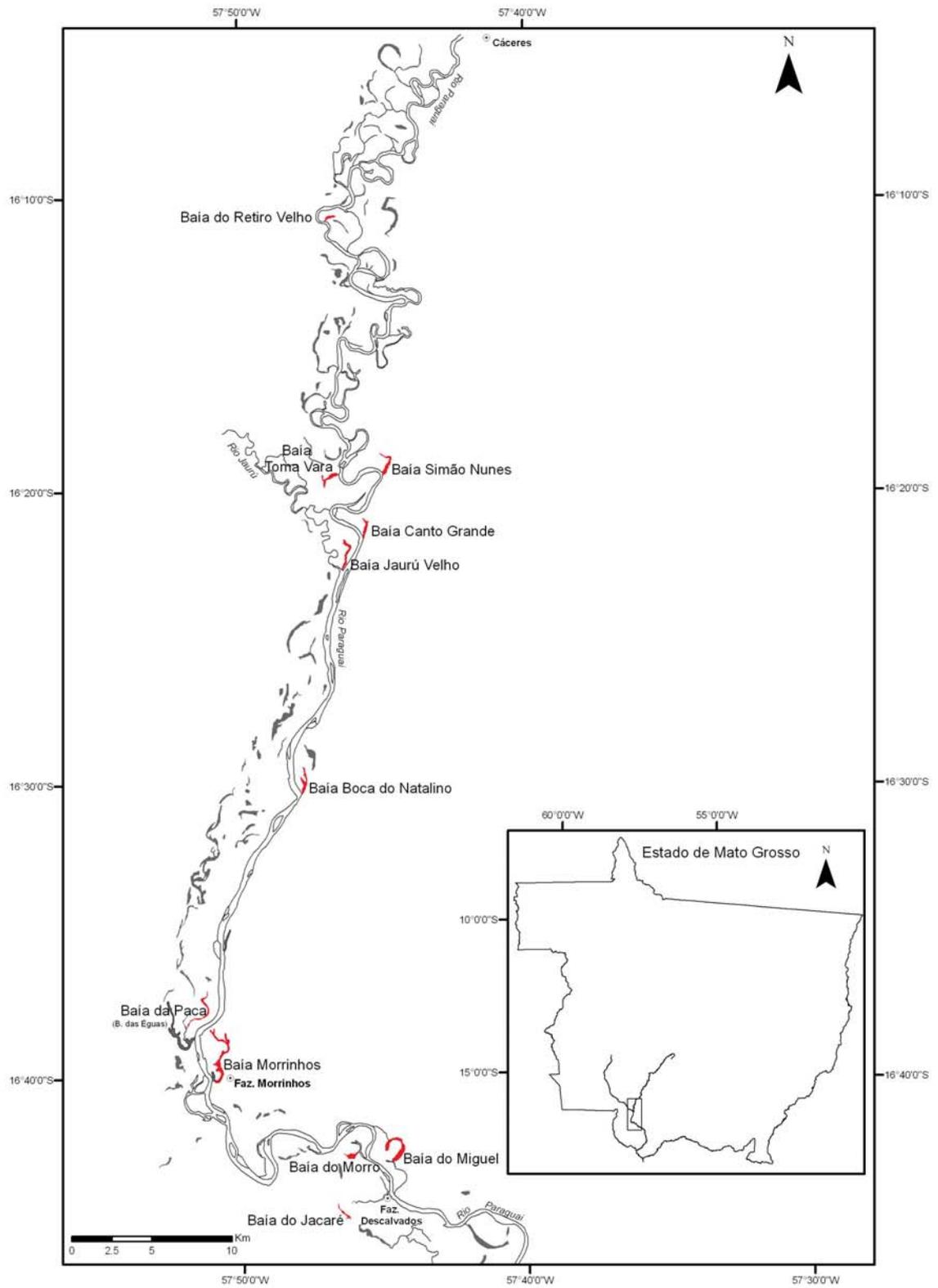


Figura 01- Mapa de localização do rio Paraguai e das baías estudadas, desde a cidade de Cáceres até a Estação Ecológica de Taiamã.

## 6.2. Análise das variáveis limnológicas

Em cada baía e nos pontos do rio foram tomados os dados físico-químicos na superfície da coluna da água sob a cobertura das macrófitas aquáticas localizadas na região litorânea. Este procedimento foi realizado de maio de 2008 a abril de 2009 correspondendo os quatro períodos hidrológicos. Nos períodos de estiagem e cheia também foram coletadas amostras de água, em réplicas para a análise de nutrientes nitrogenados e fosfatados e cátions.

Para a realização dos registros de profundidade da coluna de água foi utilizada uma corda graduada em metros e centímetros, com peso na extremidade. A transparência da água foi tomada utilizando o disco de Secchi e uma trena. A temperatura do ar (°C) foi medida através de um termômetro digital. As variáveis, temperatura da água (°C), pH, oxigênio dissolvido (mg/L) e condutividade elétrica da água ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) foram tomados por meio de aparelho Multi WTW.

Para análise dos nutrientes foram coletadas amostras de água em garrafas de polietileno e acondicionadas em caixas de isopor com gelo, e posteriormente foram congeladas e enviadas para as análises. As análises dos nutrientes nitrogenados (íon amônio, nitrato, nitrogênio total) e fosfatados (ortofosfato e fósforo total) foram feitas de acordo com Golterman *et al.* 1978, Mackereth *et al.* 1978 e Carmouze, 1994. A análise dos íons cálcio, magnésio, sódio e potássio dissolvido na água foram determinados pela técnica de Espectrofotometria de Chama e Absorção Atômica (CLESCERL *et al.* 1999).

Os dados abióticos foram examinados através da análise de variância ANOVA ( $p < 0,05$ ) (um critério) de duas formas: 1) se há diferença entre tipos de ambiente (baía e rio) entre o período hidrológico. 2) e se há diferença ou não, entre as baías em cada período. Também foi realizada a Análise de componentes principais (PCA) para ordenação dos ambientes e identificar quais variáveis influenciam essa ordenação. Esta análise foi processada pelo programa PC-ORD, V 4.0 (MCCUNE; MEFFORD, 1999).

### 6.3.Estrutura das Comunidades

Para a análise da estrutura da comunidade de macrófitas aquáticas foi utilizado o método de cobertura segundo Braun-Blanquet (1979). Para isto, utilizou-se um quadrado de 0,50 cm de lado, onde foi mensurado o grau de cobertura (porcentagem) de acordo com a visualização. O quadrado foi lançado aleatoriamente, 60 vezes, ao longo do banco de macrófitas, localizados na região litorânea das baías ou próxima as margens no rio Paraguai. Neste estudo foram consideradas somente as macrófitas que estavam na superfície da água. Para a identificação das macrófitas aquáticas foram consultados Cook (1990) e Pott & Pott (2000).

Para cada período em cada tipo de ambiente foram analisados: a riqueza (S), número de espécies presentes; a abundância, através do cálculo da porcentagem de cobertura da espécie pela área total amostrada. Com base nos dados da abundância e composição de espécies foram calculados os índices de diversidade de Shannon-Wener e a Equitabilidade de Pielou. Estes descritores também foram utilizados para a análise de agrupamento de Sørensen (Bray-Curtis) e o método de ligação pela média do grupo processado pelo programa PC-ORD 4.0 (MCCUNE; MEFFORD 1999).

A Análise de Correspondência Canônica (CCA) foi utilizada para ordenação dos dados de abundância e das variáveis abióticas de cada ambiente (baía e rio) para verificar os padrões espaciais e temporais destes descritores. Para esta análise foi utilizado o programa PC-ORD, V 4.0 (MCCUNE; MEFFORD,1999).

## 7. RESULTADOS

Na figura 2A está representada a variação do regime hidrológico de janeiro de 2005 a maio de 2009. Observa-se que o mês de janeiro para os anos de 2005 (3,58 metros), 2006 (4,06 metros), 2007 (4,03 metros), 2008 (3,69 metros) e 2009 (2,37 metros) houve um atraso no enchimento do rio. O período de permanência da água também foi reduzido para o ano de estudo se comparado com os quatro anos anteriores. No ano de 2005 a 2009 o período de janeiro a maio a permanência da água, acima dos 3 metros, foi de 111 dias em 2005 (média de 3,97 metros), 151 dias em 2006 (média de 4,32 metros), 128 dias em 2007 (média de 4,29 metros), 138 dias em 2008 (média de 4,08) e 82 dias em 2009 (média de 3,41 metros).

No gráfico 2B observa-se que o volume de chuvas que ocorreram nos meses de janeiro, fevereiro, março e abril do ano de 2009 (689 mm) foi menor em relação ao mesmo período do ano de 2008 (866 mm). Também podemos observar os quatro períodos do regime hidrológico (estiagem, enchente, cheia e vazante) de acordo com a oscilação do nível de água, precipitação pluviométrica e a evaporação.

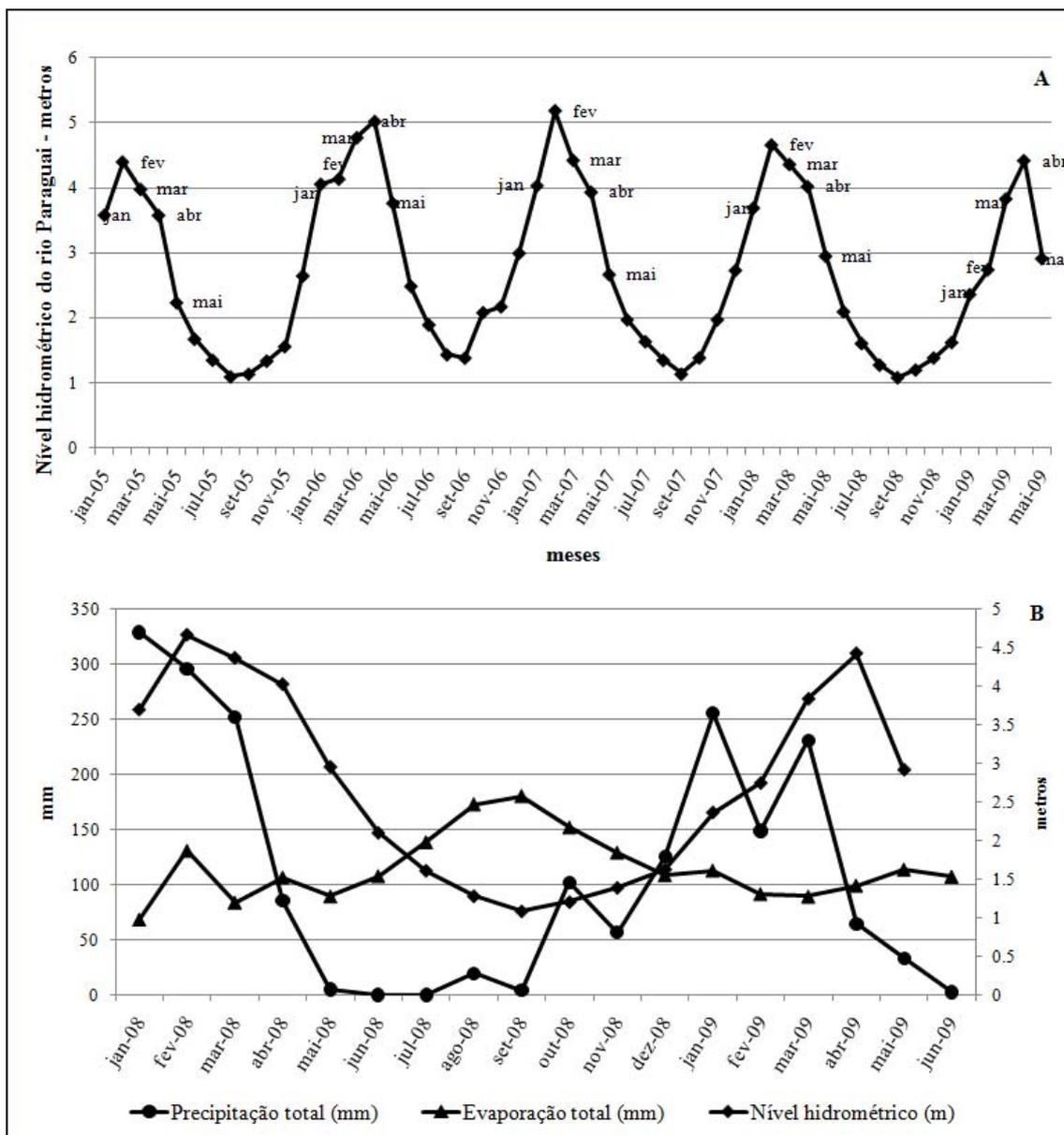


Figura 02 – (A) Variação do nível hidrométrico do rio Paraguai de janeiro de 2005 a maio de 2009. (B) Variação das precipitações pluviométricas locais, evaporação e nível hidrométrico durante o período de amostragem. Dados fornecidos pela Fonte: Agência Fluvial de Cáceres - Capitania dos Portos, Marinha do Brasil e Estação meteorológica da Escola Agrotécnica Federal de Cáceres/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Organizados pela autora.

### 7.1. Variáveis limnológicas

Na figura 3 observamos a dinâmica das variáveis limnológicas durante o regime hidrológico, nos pontos amostrados no rio Paraguai e nas baías no período de maio de

2008 a abril de 2009. As figuras foram plotadas de forma a facilitar a visualização do comportamento das variáveis limnológicas relacionados ao grau de conectividade entre cada baía e o canal principal do rio. Os dados do rio Paraguai foram subdivididos em três partes, sempre à jusante da conexão das baías estudadas.

A profundidade da coluna da água nos pontos de amostragem nos períodos de vazante, estiagem, enchente e cheia nas baías e no rio Paraguai seguiram o padrão do nível hidrométrico do rio Paraguai (Figura 02). Em geral as baías apresentaram menor profundidade do que o rio. As baías conectadas apresentaram maiores valores da profundidade em relação às Baías Temporariamente Desconectadas. A transparência da água apresentou valores maiores nos períodos de vazante em todas as baías (Figura 03). Esta variável apresentou os menores valores nas Baías Temporariamente Desconectadas pertinente aos menores valores de profundidade. O período de enchente determinou a redução dos valores de transparência de água para todos os ambientes, havendo diferenças significativas entre os períodos hidrológicos (Tabela I). Analisando as baías, em cada período, verificamos que somente na vazante elas são iguais e nos demais período elas são diferentes significativamente quanto à transparência da coluna de água (Tabela II).

Em geral a concentração do oxigênio dissolvido na água variou inversamente com a coluna de água ( $r = -0.70$ ), com os teores menores nas baías, principalmente as Baías Temporariamente Desconectadas. No período de cheia, os teores reduziram com diferenças significativas entre os períodos (Tabela I). No período de vazante, as baías foram similares na concentração do oxigênio dissolvido, porém nos períodos de estiagem e cheia apresentaram diferenças altamente significativas (Tabela II). As Baías Conectadas diretamente ao rio apresentaram maior concentração deste gás em relação aos outros ambientes no período de cheia.

Os valores de pH não apresentaram diferenças entre as baías com diferentes graus de conexão com o rio, mas houve uma diminuição significativa no período de cheia (tabela I).

A condutividade elétrica da água apresentou valores maiores nas baías, para todos os períodos. Nestas, os valores da profundidade variaram entre 0,5 metros (estiagem) e

1,5 m (enchente) e os de condutividade entre 60 a 95  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , respectivamente. Na cheia a profundidade da coluna de água estava entre 1,6 a 3,0 metros e a condutividade elétrica registrada foi de 44 a 60  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . O rio Paraguai apresentou, em média, para os períodos de estiagem e enchente a profundidade da coluna de água entre 1,6 a 2,8 metros e a condutividade elétrica registrada foi de 36 a 42  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e na cheia de 4,1 a 4,7 metros de profundidade e a condutividade de 45 a 62  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

As baías conectadas indiretamente apresentaram valores da condutividade elétrica mais elevada que as demais, seguido pelo rio à jusante de cada uma. Todas as baías apresentaram valores da condutividade elétrica menores no período de cheia, provavelmente devido à diluição com o volume de água.

Quanto à análise de ANOVA, verificamos que as Baías Temporariamente Desconectadas e conectadas indireto não apresentaram diferenças significativas quanto aos seus valores no decorrer do regime hidrológico. Mas, as Baías Conectadas diretamente apresentam uma ligeira diferença entre os períodos. O rio, nos seguimentos à jusante de todas as baías, apresentou significativas diferenças entre os períodos hidrológicos (Tabela I). Observamos também que, o valor da condutividade elétrica no período de cheia apresentou diferenças significativas entre as baías, pois as baías conectadas diretamente ao rio os valores são menores e similares, já as Baías Temporariamente Desconectadas e conectadas indiretamente apresentam maior amplitude nos seus valores (Tabela II).

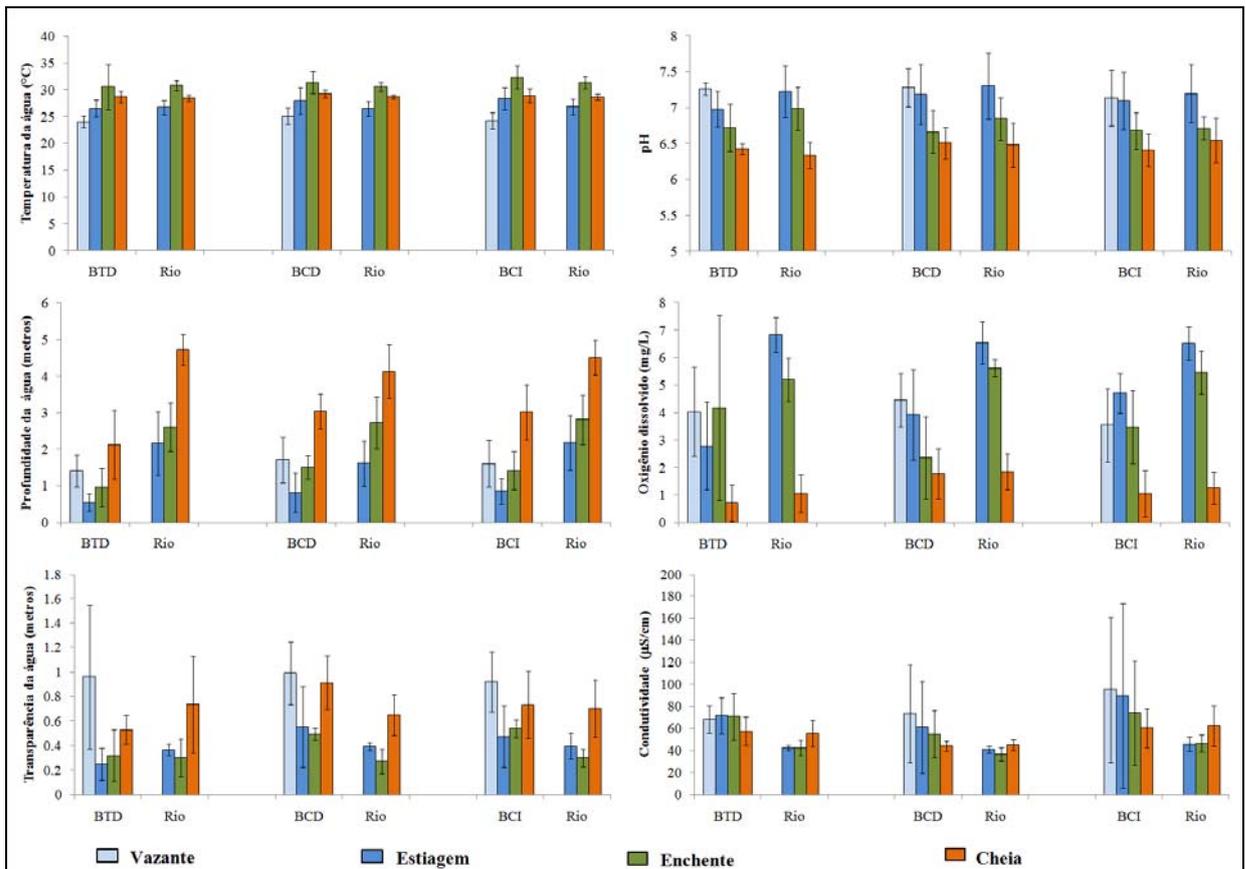


Figura 03 – Média e desvio padrão das variáveis limnológicas: Temperatura da água, Nível da coluna da água, pH, Oxigênio dissolvido, Transparência da água e Condutividade elétrica da água, das Baías Temporariamente Desconectadas (BTD), Baías Conectadas Diretamente (BCD) e Baías Conectadas Indiretamente (BCI), e os pontos do rio Paraguai à jusante de cada baía, nos períodos de vazante, estiagem, enchente e cheia de 2008 e 2009.

Tabela I: Resultados da análise do teste de ANOVA aplicado com os dados de variáveis limnológicas dos pontos de amostragem das baías (Baías Temporariamente Desconectadas - BTd, Baías Conectadas Diretamente - BCD e Baías Conectadas Indiretamente - BCI) e o rio Paraguai nos períodos de vazante, estiagem, enchente e cheia.

Variáveis limnológicas	Baías						Rio Paraguai					
	BTd		BCD		BCI		À jusante das BTd		À jusante das BCD		À jusante das BCI	
	vaz./est./ench./che.		vaz./est./ench./che.		vaz./est./ench./che.		est./ench./che.		est./ench./che.		est./ench./che.	
	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p
Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ )	2.16	0.105	2.71*	0.050	1.39	0.253	14.16*	0.000	17.91*	0.000	13.67*	0.000
Oxigênio dissolvido ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	7.57*	0.000	16.68*	0.000	48.60*	0.000	304.75*	0.000	389.15*	0.000	405.79*	0.000
pH	27.54*	0.000	28.31*	0.000	23.36*	0.000	42.18*	0.000	30.16*	0.000	27.42*	0.000
Transparência (Disco Secchi-m)	14.12*	0.000	21.39*	0.000	13.47*	0.000	15.34*	0.000	67.26*	0.000	44.01*	0.000
Nível da água (metros)	22.23*	0.000	82.58*	0.000	56.45*	0.000	68.75*	0.000	76.21*	0.000	81.27*	0.000
	n=52		n=85		n=82		n=54		n=72		n=72	

$\alpha=0,05$  \* significativo

Tabela II – Resultados da análise do teste de ANOVA aplicado com os dados de variáveis limnológicas dos pontos de amostragem das baías (Baías Temporariamente Desconectadas - BTD, Baías Conectadas Diretamente - BCD e Baías Conectadas Indiretamente - BCI) entre os diferentes regimes hidrológicos (vazante, estiagem, enchente e cheia).

Variáveis limnológicas	Regime Hidrológico							
	Vazante		Estiagem		Enchente		Cheia	
	BTD/BCD/ BCI		BTD/BCD/ BCI		BTD/BCD/ BCI		BTD/BCD/ BCI	
	F	p	F	p	F	p	F	p
Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ )	0.86	0.431	1.45	0.243	1.90	0.159	10.36*	0.000
Oxigênio dissolvido ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	1.65	0.207	9.65*	0.000	3.38*	0.042	8.13*	0.001
pH	0.85	0.436	1.48	0.235	0.16	0.855	1.65	2.384
Transparência (Disco Secchi-m)	0.14	0.872	7.02*	0.002	21.23*	0.000	13.01*	0.000
Nível da água (metros)	0.55	0.584	3.25*	0.045	20.84*	0.000	8.78*	0.000
	n=36		n=66		n=54		n=63	

$\alpha=0,05$  \* significativo

O eixo 1 e 2 da Análise de Componentes Principais (PCA) explicaram 75,85% da variância dos dados (Figura 4). As variáveis ordenadas no lado positivo do eixo 1 foram: profundidade ( $r=0,62$ ), temperatura do ar ( $r=0,68$ ), temperatura da água ( $r=0,80$ ). Do lado negativo do eixo 1 foram ordenados: pH ( $r=-0,85$ ) e condutividade elétrica ( $r=-0,55$ ). As variáveis ordenadas pelo eixo 2 foram: transparência da água ( $r=0,81$ ) e oxigênio dissolvido ( $r=-0,80$ ). Observa-se a formação de quatro grupos, organizados de acordo com os períodos hidrológicos (vazante, estiagem, enchente e cheia).

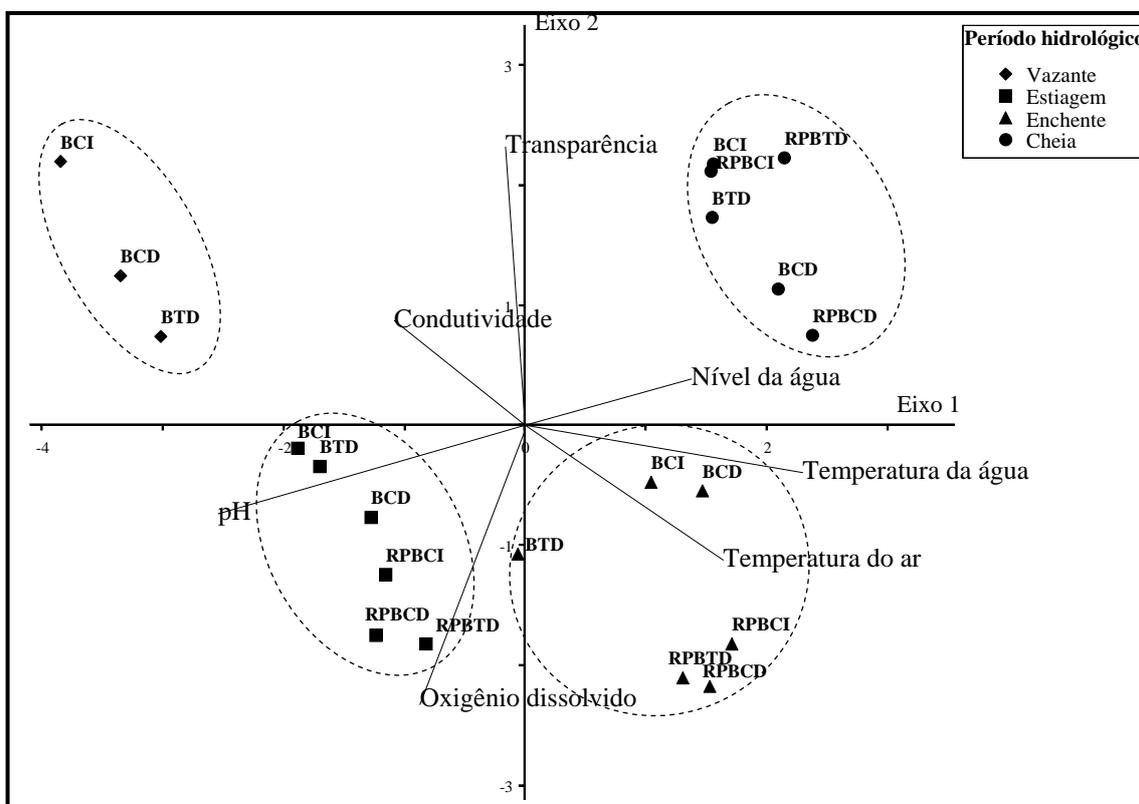


Figura 04- Análise dos componentes principais (PCA) mostrando a ordenação das baías (Baías Temporariamente Desconectadas – BTD, Baías Conectadas Diretamente – BCD, Baías Conectadas Indiretas – BCI) e do rio Paraguai (rio Paraguai à jusante das Baías Temporariamente Desconectadas – RPBTD, rio Paraguai à jusante das Baías Conectadas Diretamente – RPBCD, rio Paraguai à jusante das Baías Conectadas Indireto – RPBCI) de acordo com as variáveis limnológicas nos quatro períodos hidrológicos.

A concentração de nutrientes nitrogenados e fosfatados, para os períodos de estiagem e cheia estão representados na figura 5. As concentrações de nitrato no rio foram mais elevadas no período de estiagem. O gráfico mostra que no período de cheia

as concentrações de nitrato foram maiores nas Baías Conectadas Indiretamente. A concentração do íon amônio também foi maior no período de estiagem em todos os ambientes. Houve uma tendência de reduzirem os valores do íon amônio, em todos os ambientes no período de cheia. Quanto ao nitrogênio total, houve pouca variabilidade entre os períodos, entretanto, com elevados valores no período de estiagem nas Baías Temporariamente Desconectadas.

O ortofosfato apresentou as maiores concentrações nas Baías Temporariamente Desconectadas e nas Baías Conectadas Indiretamente no período de estiagem, enquanto que o rio à jusante das baías desconectadas apresentou maior concentração no período de cheia. Já as Baías Conectadas Diretamente e o rio apresentaram a mesma concentração em ambos os períodos. A quantidade de fósforo total foi mais elevada nas baías em relação ao rio. Entre as Baías Conectadas Diretamente e as Baías Conectadas Indiretamente, os valores de fósforo total foram praticamente inversa nos períodos de estiagem e cheia. O rio apresentou maior concentração de fósforo total à jusante das Baías Temporariamente Desconectadas no período da cheia. Observamos que o rio apresentou um acréscimo de nutrientes, fosfatados e nitrogênio total no período da cheia à jusante das Baías Temporariamente Desconectadas.

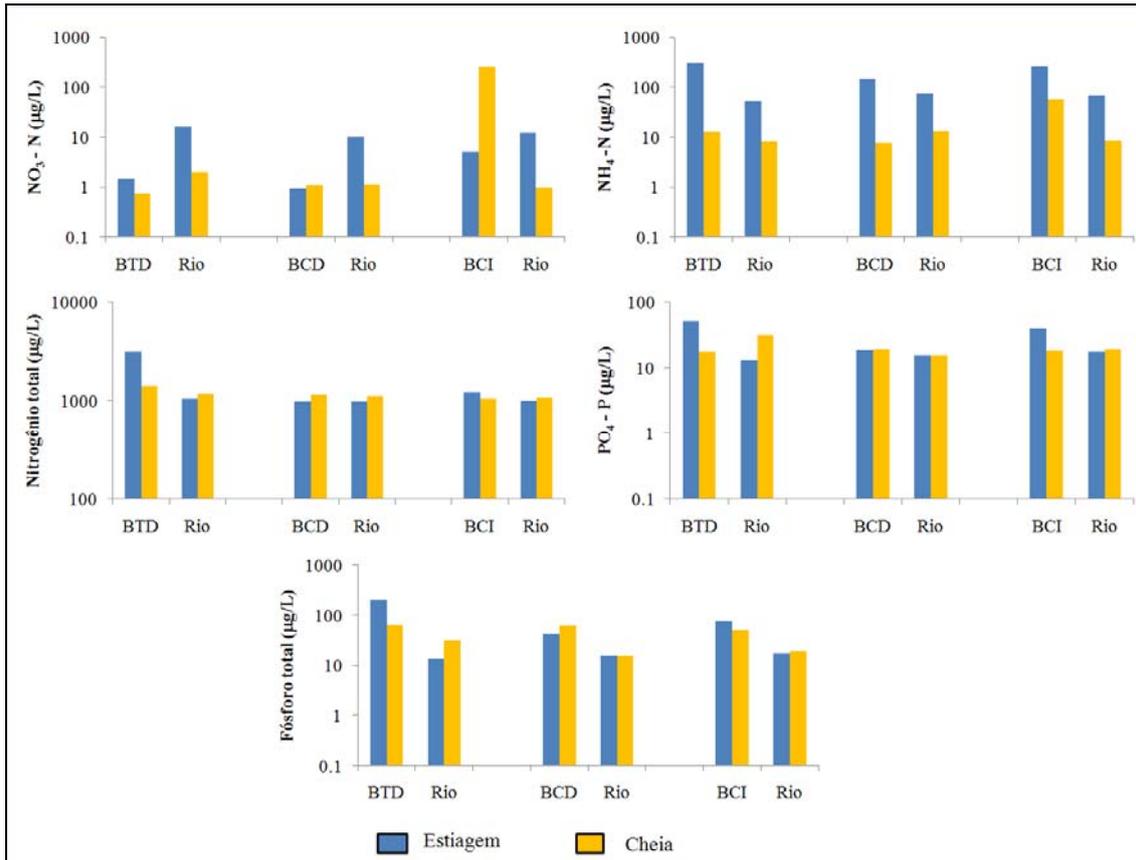


Figura 05 – Formas nitrogenadas e fosfatadas nas baías (Baías Temporariamente Desconectadas – BTB, Baías Conectadas Diretamente – BCD, Baías Conectadas Indiretas – BCI) e rio Paraguai à jusante das baías, nos períodos de estiagem e cheia.

Em geral as baías conectadas indiretamente apresentaram maior concentração de todos os cátions analisados e no rio à jusante delas (Figura 6). Esta tendência pode ser observada especialmente no período de cheia pra os cátions cálcio, sódio e potássio.

Os valores de cálcio foram elevados no rio Paraguai à jusante de cada baía no período de cheia. As Baías Conectadas indiretamente ao rio apresentaram os maiores valores de cálcio, notadamente no período de estiagem.

Á jusante das baías desconectadas, o rio Paraguai apresentou valores semelhantes de sódio para os dois períodos, com um maior incremento deste cátion nas baías conectadas indiretamente e à jusante deste no período de cheia

O potássio apresentou-se elevado no período de cheia em todos os ambientes, principalmente nas Baías Temporariamente Desconectadas e conectadas indiretamente.

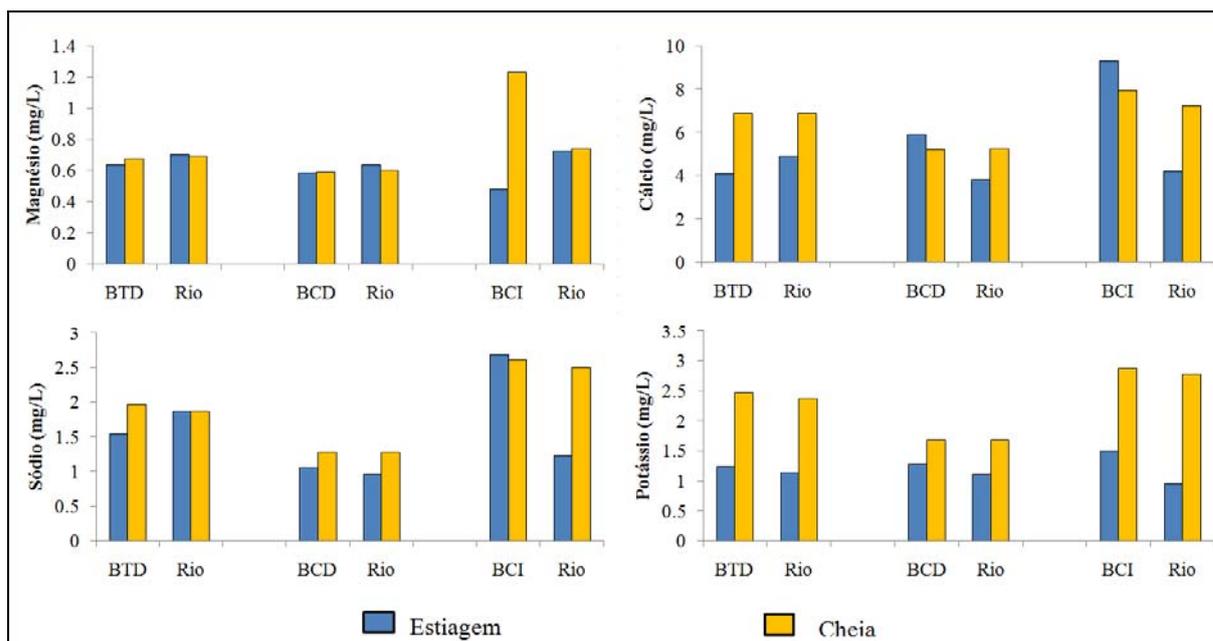


Figura 6 – Concentração de cátions magnésio, cálcio, sódio e potássio presente nas águas das baías (Baías Temporariamente Desconectadas – BTD, Baías Conectadas Diretamente – BCD, Baías Conectadas Indiretas – BCI) e no rio Paraguai à jusante das baías, nos períodos de estiagem e cheia.

## 7.2. Comunidade de macrófitas aquáticas

As comunidades de macrófitas aquáticas das baías e do rio Paraguai abrangeram 23 espécies distribuídas em 18 famílias (Tabela III). Considerando a classificação das formas biológicas foram registradas 8 espécies de macrófitas aquáticas do tipo flutuante fixa/ emergente e 15 espécies de macrófitas do tipo livres flutuantes.

Tabela III – Listas de espécies de macrófitas aquáticas presente nas Baías Temporariamente Desconectadas, Baías Conectado diretamente, Baías Conectadas Indiretamente e no rio Paraguai à jusante de cada baía, em todos os períodos hidrológicos de 2008 a 2009. A listagem segue a ordem segundo Pott e Pott (2000).

<b>Lista de espécies</b>	<b>*Abr.</b>	<b>Formas biológicas</b>
<b>Ricciaceae</b>		
<i>Ricciocarpus natans</i> (L.) Corda	RN	Flutuante livre
<b>Azollaceae</b>		
<i>Azolla filiculoides</i> Lam.	AF	Flutuante livre
<b>Marsileaceae</b>		
<i>Marsilea crotifera</i> D.M. Johnston	MC	Flutuante livre/Emergente <sup>1</sup>
<b>Parkeriaceae</b>		
<i>Ceratopteris pteridoides</i> (Hook.) Hieron.	CP	Flutuante livre
<b>Salviniaceae</b>		
<i>Salvinia auriculata</i> Aubl.	AS	Flutuante livre
<b>Umbelliferae</b>		
<i>Hydrocotyle ranunculoides</i> L.f.	HR	Flutuante livre/Emergente
<b>Araceae</b>		
<i>Pistia stratiotes</i> L.	PS	Flutuante livre
<b>Commelinaceae</b>		
<i>Commelina schomburgkiana</i> Klotzsch ex Seub.	CS	Emergente
<b>Cyperaceae</b>		
<i>Cyperus digitatus</i> Roxb.	CD	Emergente e Anfibia
<i>Oxycaryum cubense</i> (Poepp. e Kunth) Palla	OC	Emergente e Epífita
<b>Euphorbiaceae</b>		
<i>Phyllanthus fluitans</i> Muell.Arg.	PhF	Flutuante livre
<b>Hydrocharitaceae</b>		
<i>Limnobium laevigatum</i> (Humb. e Bonpl. ex Willd.). Heine	LL	Flutuante livre
<b>Leguminosae-Mimosaceae</b>		
<i>Neptunia prostrata</i> (Lam.)Baill.	NP	Flutuante livre
<b>Lemnaceae</b>		
<i>Lemna valdiviana</i> Phil.	LV	Flutuante livre
<i>Wolffiella lingulata</i> (Hegelm.) Hegelm.	WL	Flutuante livre
<i>Wolffiella oblonga</i> (Phil.) Hegelm.	WO	Flutuante livre
<b>Nymphaeaceae</b>		
<i>Victoria amazonica</i> (Poepp.) Sowerby	VA	Flutuante fixa
<b>Onagraceae</b>		
<i>Ludwigia helminthorrhiza</i> (Mart.) Hara	LH	Flutuante livre
<b>Poaceae</b>		
<i>Paspalum repens</i> P.J. Bergius	PR	Emergente
<b>Polygonaceae</b>		
<i>Polygonum ferrugineum</i> Wedd.	PF	Emergente
<b>Pontederiaceae</b>		
<i>Eichhornia crassipes</i> Mart.	EC	Flutuante livre
<i>Eichhornia azurea</i> (Sw.) Kunth	EA	Flutuante fixa
<i>Pontederia rotundifolia</i> L. f.	PoR	Flutuante fixa

\*Abr. Abreviatura dos taxa.

### 7.3. Abundância de espécies de macrófitas aquáticas

Nas Baías Temporariamente Desconectadas no período de vazante observamos que as espécies *Eichhornia azurea* (31%), *Eichhornia crassipes* (19%), *Salvinia auriculata* (14,8%), *Oxycaryum cubenses* (10,6%), e *Ludwigia helminorrhiza* (9,7%) foram as mais abundantes (Figura 07). A seqüência da freqüência foi *Eichhornia azurea* (17%), *Azolla filiculoides* (14,8%), *Salvinia auriculata* (14,2%) e *Eichhornia crassipes* (9,5%). Na estiagem somente três espécies apresentaram maior abundância: *Eichhornia azurea* (36%), *Eichhornia crassipes* (18,7%), *Salvinia auriculata* (16,5%). Observamos que a *Eichhornia azurea* apresentou um aumento da cobertura no período de estiagem e junto a ela a *Salvinia auriculata*. Já no período de enchente a *Eichhornia crassipes* (36,7%), *Pistia stratiotes* (15,5%) e *Eichhornia azurea* (14,7%) foram as mais favorecidas. Neste período percebemos que *Eichhornia azurea* reduziu sua área de cobertura e *Eichhornia crassipes* aparece como a mais abundante. Observamos que *Salvinia auriculata* diminuiu a abundância para 6,7% mas continuou sendo a mais freqüente (18,6%). Na cheia a *Eichhornia crassipes* (34,9%) continuou como a mais abundante, seguida de *Salvinia auriculata* (17,56%), *Ludwigia helminorrhiza* (16,3%), e *Eichhornia azurea* (11,4%). Podemos então verificar que a entrada de água nesta baía favoreceu as espécies *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Ludwigia helminorrhiza*.

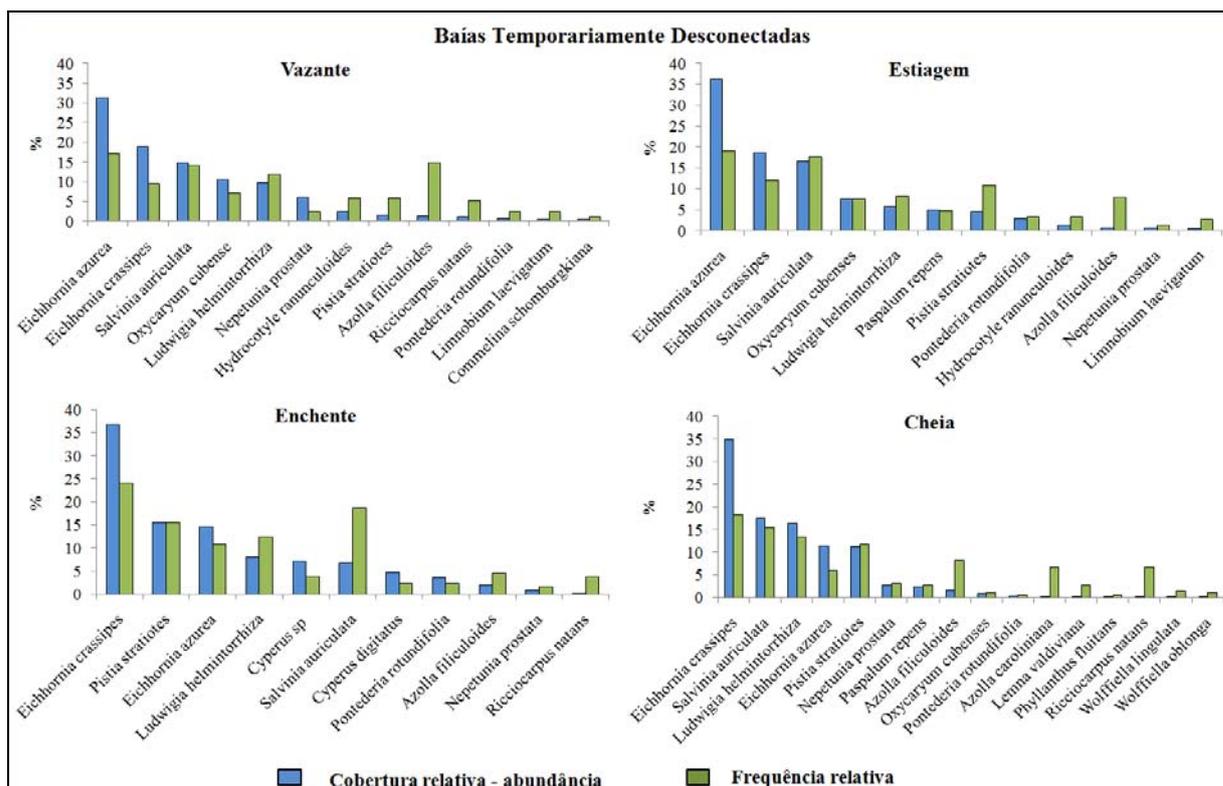


Figura 07- Abundância das macrófitas aquáticas na baía desconectadas nos períodos de vazante, estiagem, enchente e cheia.

Nas baias conectadas diretamente com o rio Paraguai verificamos que no período de vazante as espécies *Eichhornia crassipes* (22,8%), *Ludwigia helminorrhiza* (18,7%), *Salvinia auriculata* (15,6%) e *Eichhornia azurea* (14,5%) foram as mais abundantes (Figura 08). Na estiagem as espécies *Eichhornia azurea* (29,4%), *Salvinia auriculata* (27,1%), *Eichhornia crassipes* (12,2%) e *Oxycaryum cubenses* (11,4%) foram as mais abundantes. Neste período houve uma redução da cobertura da espécie *Eichhornia crassipes* e *Ludwigia helminorrhiza*, enquanto que a *Eichhornia azurea* e *Salvinia auriculata* apareceram como as mais abundantes. Esta tendência de cobertura continuou no período de enchente, e a espécie *E. azurea* ainda predominou no período de cheia, entretanto com redução de sua frequência nas baias conectadas diretamente para este período. Na fase da cheia a sequência da abundância foi *Eichhornia azurea* (28,4%), *Eichhornia crassipes* (17%) e *Oxycaryum cubenses* (16,5%). A *Eichhornia azurea* nesta fase diminuiu a sua abundância e a *E. crassipes* tendeu a aumentar, enquanto que *S. auriculata* diminuiu cerca de 2,6 vezes da sua área de cobertura.

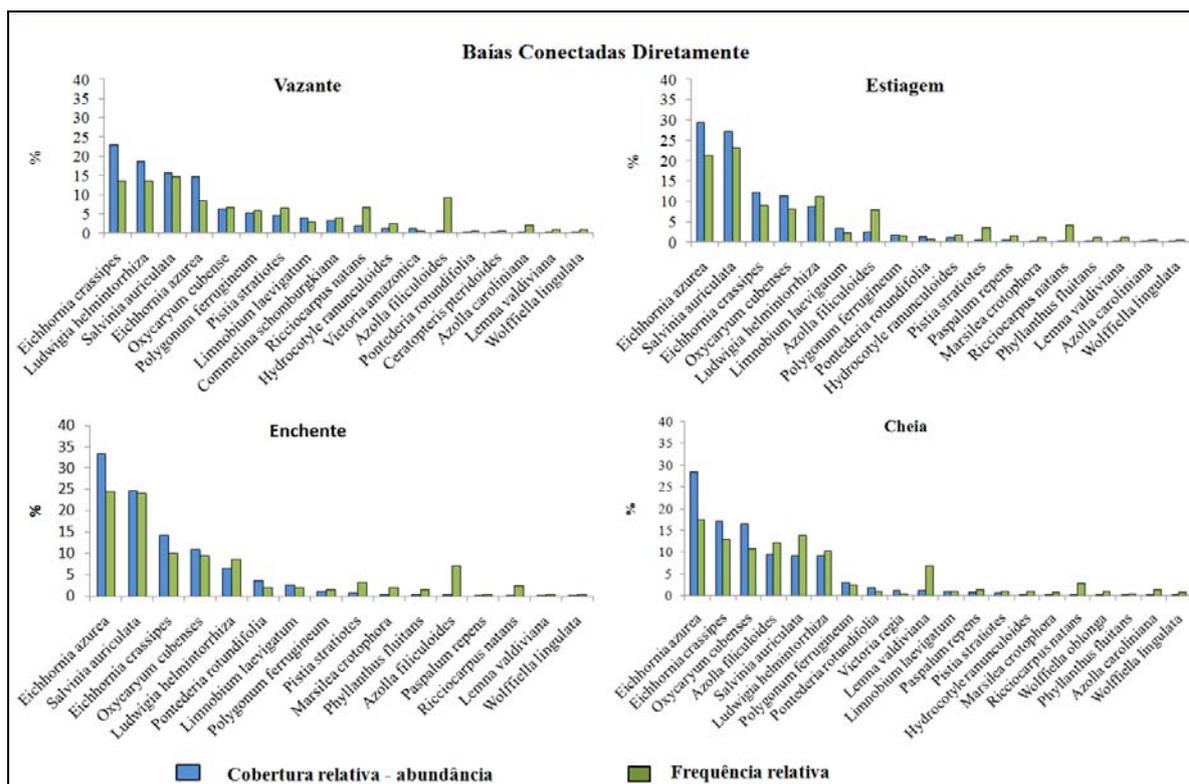


Figura 08 - Abundância das macrófitas aquáticas nas baías conectadas diretamente ao rio Paraguai nos períodos de vazante, estiagem, enchente e cheia.

Nas baías conectadas indiretamente com rio verificamos que no período da vazante as espécies *Eichhornia crassipes* (27,2%), *Salvinia auriculata* (20,5%) e *Eichhornia azurea* (16,5%) foram as mais abundantes (Figura 09). Durante a estiagem, houve alteração na proporção de cobertura relativa das espécies *E. azurea* (31,8%) e *E. crassipes* (23,9%). Na enchente a espécie mais abundante foi a *S. auriculata* (30%) seguida por *E. crassipes* (27,4%) e *E. azurea* (15,7%). Novamente, com o aumento do nível de água *Eichhornia azurea* diminui a sua área de cobertura e há um restabelecimento da *E. crassipes*. No período de cheia a seqüência da abundância foi: *Eichhornia crassipes* (29,3%), *Salvinia auriculata* (22,8%) e *Eichhornia azurea* (18%).

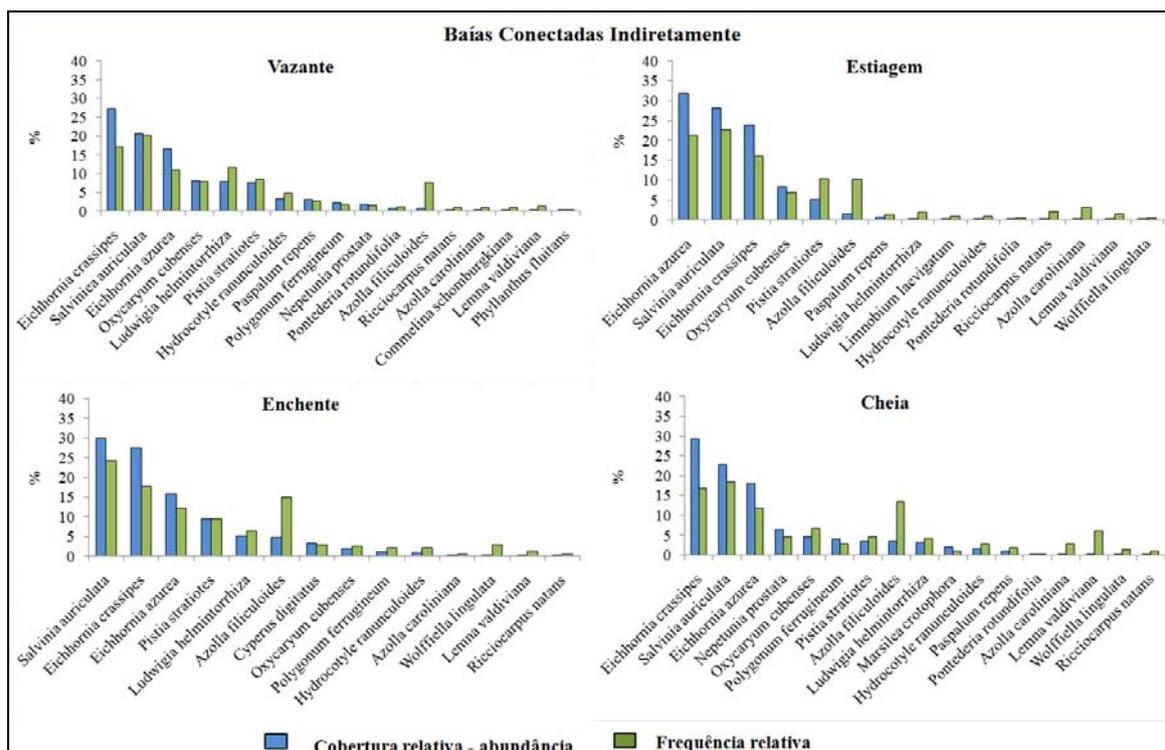


Figura 09: Abundância das macrófitas aquáticas nas baías conectadas indiretamente ao rio Paraguai nos períodos de vazante, estiagem, enchente e cheia.

O rio Paraguai adjacente às Baías Temporariamente Desconectadas apresentaram no período de estiagem duas espécies mais abundantes: *Eichhornia azurea* (41,3%) e *Eichhornia crassipes* (35,5%). As demais espécies presentes apresentaram menos de 10% de abundância (Figura 10). A maior proporção de cobertura destas espécies seguiu durante a enchente, invertendo durante a cheia, Neste período *E. azurea* diminuiu expressivamente sua abundância, e houve registro em seqüência das espécies *Commelina schomburgkiana* (13,2%) e *P. ferrugineum* (12,1%). Na fase da cheia outras espécies apresentaram considerável porcentagem de abundância: *Eichhornia crassipes* (43,7%) *E. azurea* (19,4%), *Commelina schomburgkiana* (13,2%) e *Polygonum ferrugineum* (12,1%). Observamos que a espécie *E. azurea*, também no rio, diminuiu expressivamente a abundância no período de cheia com o aumento do nível de água.

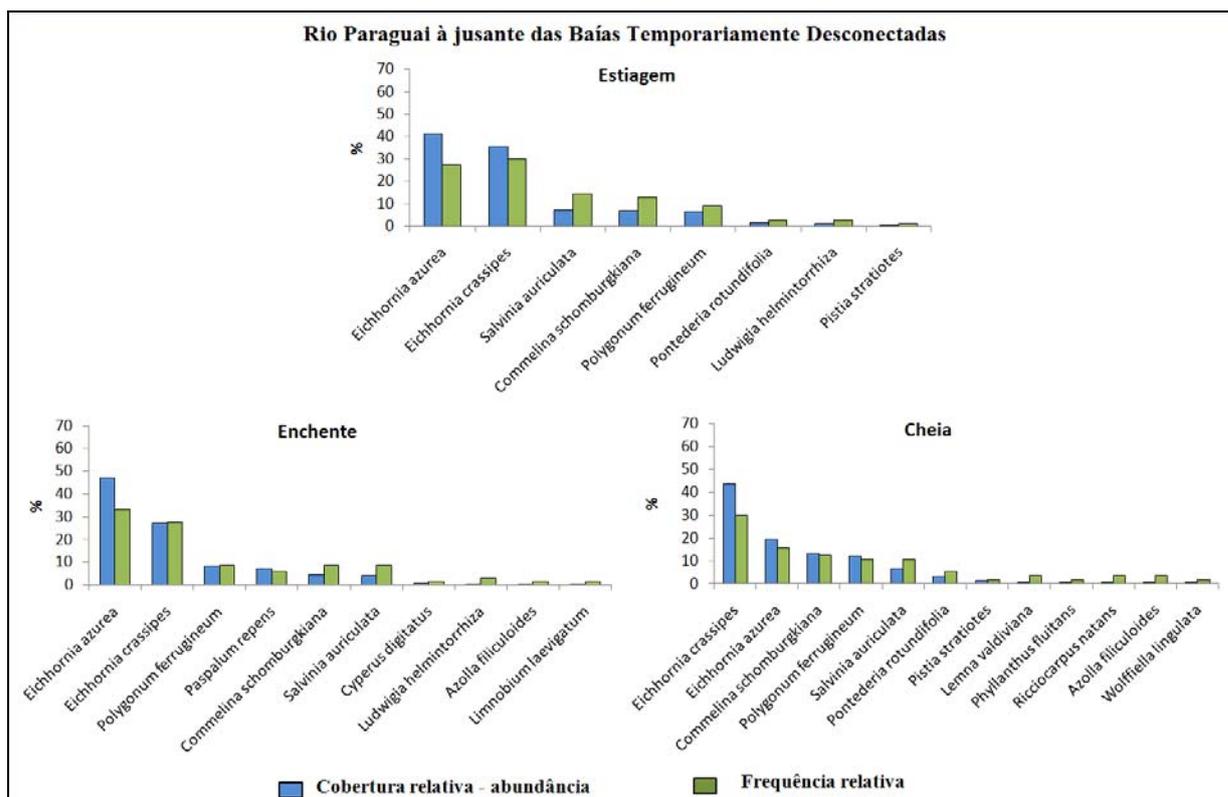


Figura 10 - Abundância das macrófitas aquáticas no rio Paraguai à jusante das Baías Temporariamente Desconectadas nos períodos de vazante, estiagem, enchente e cheia.

À jusante das Baías Conectadas Diretamente foi observado que as espécies, *Eichhornia azurea* e *Eichhornia crassipes* foram as mais abundantes nos períodos de estiagem (61,3%, 19,5% respectivamente) e enchente (58,3%, 34,6%, respectivamente) (Figura 11). *Salvinia auriculata* reduziu proporcionalmente entre estes períodos (10,15%, 1,8%, respectivamente), provavelmente pertinente à sua dispersão com o fluxo das águas com o início das chuvas. No período de cheia a seqüência foi similar ao período de estiagem com *Eichhornia azurea* (59%), *Eichhornia crassipes* (17,8%) e *Salvinia auriculata* (13%) como as mais abundantes.

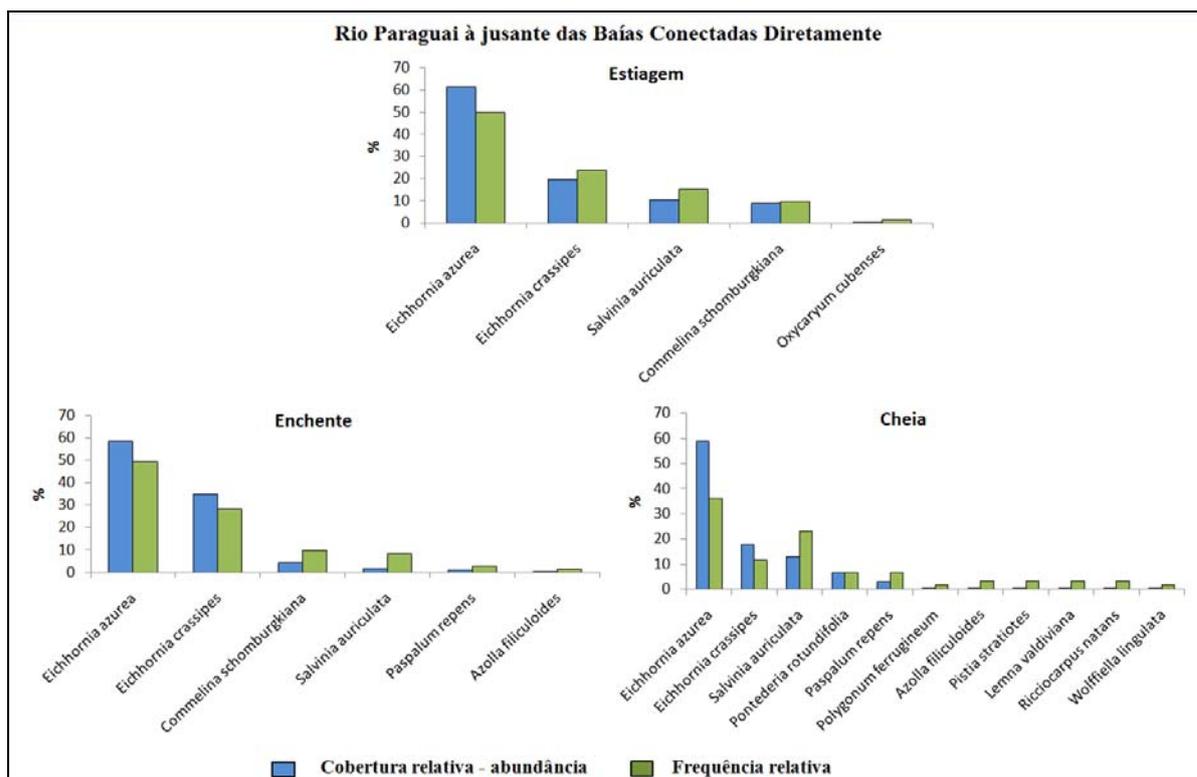


Figura 11 - Abundância das macrófitas aquáticas no rio Paraguai à jusante das Baías Conectadas Diretamente nos períodos de vazante, estiagem, enchente e cheia.

No rio Paraguai à jusante das baías conectadas indireto, as espécies *Eichhornia azurea* e *Eichhornia crassipes* proporcionaram a maior cobertura nos períodos de estiagem (45,9%, 33,2% respectivamente), e enchente (47,6%, 36,2%, respectivamente) (Figura 12). Na fase da cheia as espécies *Eichhornia crassipes* (36%), *Eichhornia azurea* (32,2%) e *Commelina schomburgkiana* (12,5%) foram as mais abundantes e a espécie *E. azurea* diminui a sua área de cobertura.

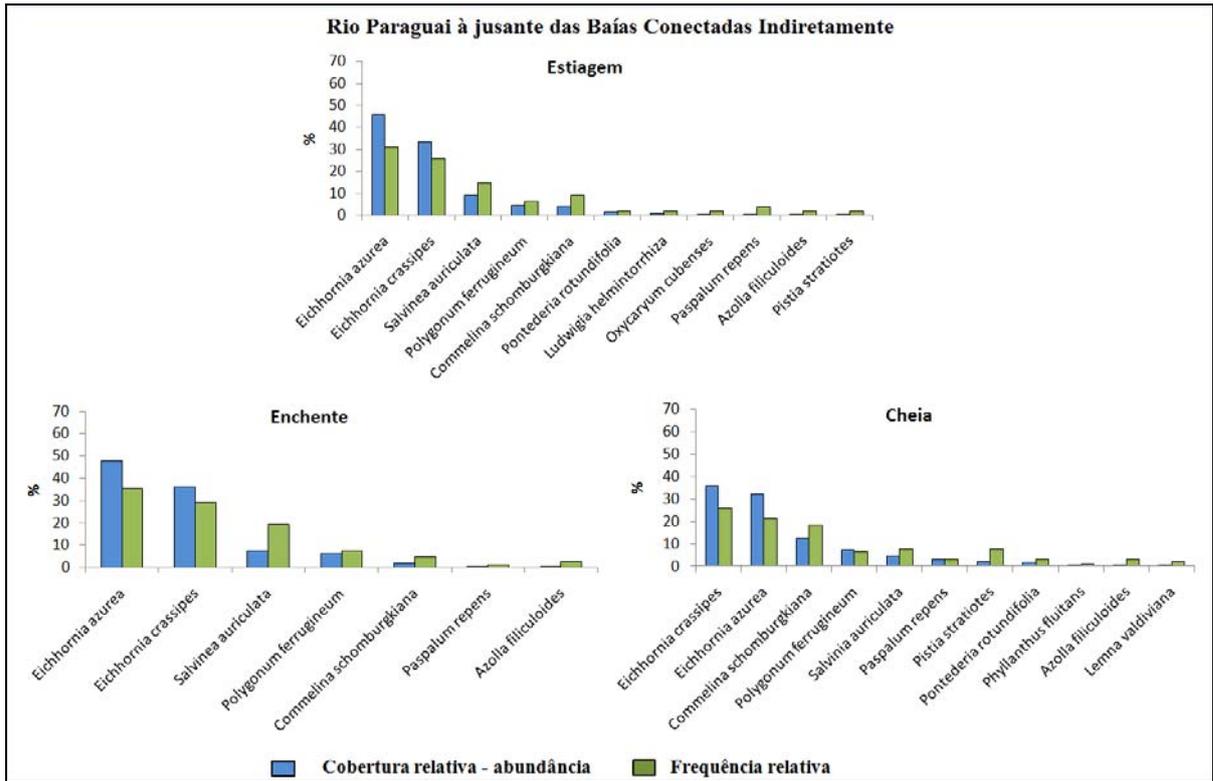


Figura 12- Abundância das macrófitas aquáticas no rio Paraguai à jusante das Baías Conectadas Indiretamente, nos períodos de vazante, estiagem, enchente e cheia.

#### 7.4. Riqueza

As Baías Conectadas Diretamente ao rio apresentaram valores maiores de riqueza de espécies para todos os períodos em relação às outras baías (Figura 13). Em seguida, vêm às Baías Conectadas Indiretamente e as Baías Temporariamente Desconectadas. O rio Paraguai apresentou maior riqueza nos locais adjacente às Baías Temporariamente Desconectadas, seguida dos pontos à jusante das Baías Conectadas Indiretamente. Em todos os ambientes amostrados a riqueza aumentou no período de cheia.

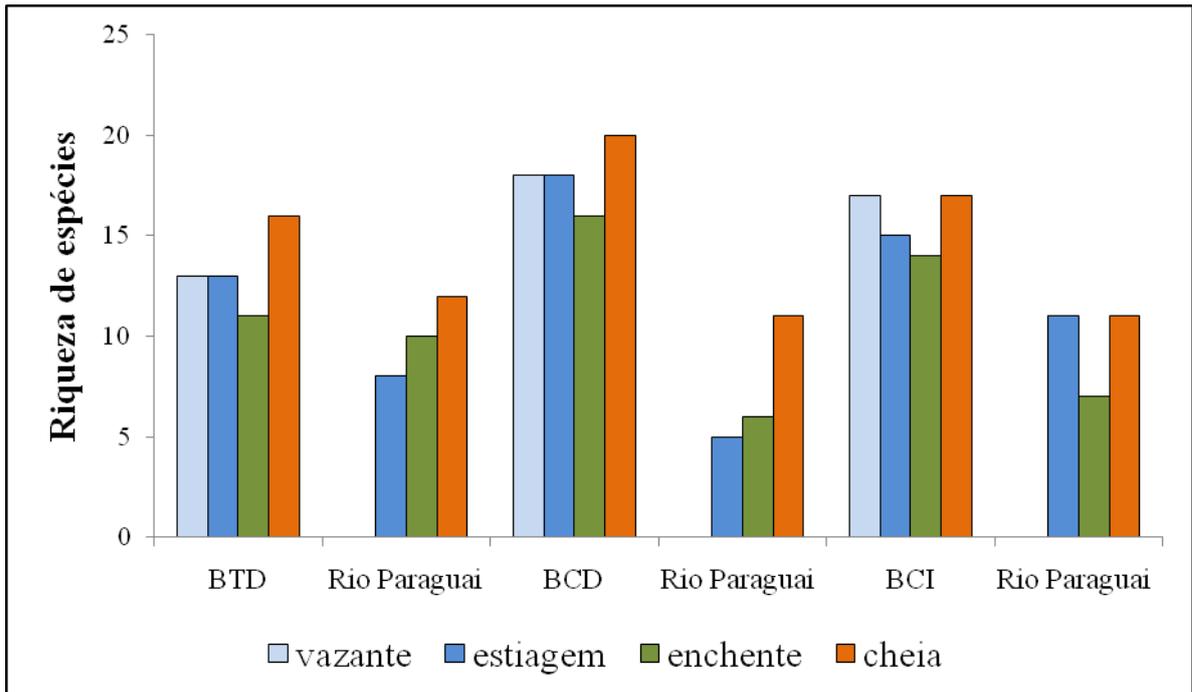


Figura 13 – Riqueza de espécies de macrófitas aquáticas nas baías (Baías Temporariamente Desconectadas – BTD, Baías Conectadas Diretamente – BCD, Baías Conectadas Indiretas – BCI) e no rio Paraguai à jusante das baías, nos quatro períodos hidrológicos.

### 7.5. Diversidade de espécies de macrófitas aquáticas

A figura 14 mostra que o período de maior diversidade em todas as baías foi na vazante seguido da cheia. As Baías Temporariamente Desconectadas apresentaram pouca variabilidade no valor da diversidade entre os períodos. As Baías Conectadas Diretamente ao rio e as Baías Conectadas Indiretamente apresentaram maior valor de diversidade nos períodos de vazante e cheia. No rio Paraguai a diversidade foi menor em relação às baías, principalmente nos locais do rio próximo as baías conectadas diretamente.

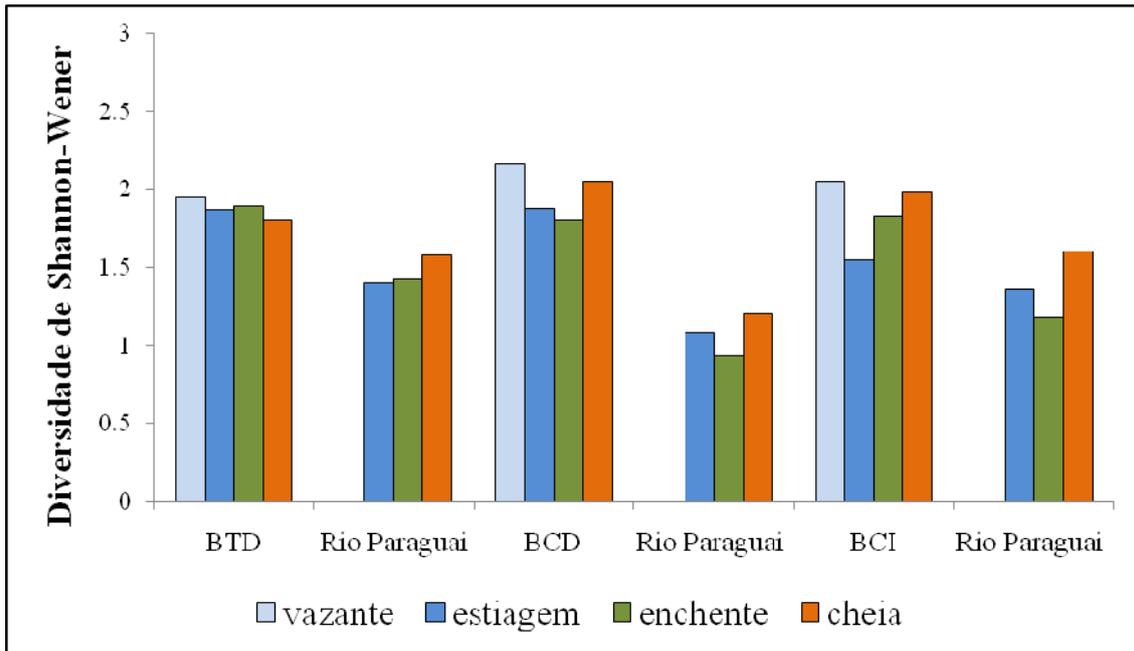


Figura 14 – Diversidade de espécies de macrófitas aquáticas de acordo com o índice de diversidade de Shannon-Wener, nas Baías Temporariamente Desconectadas (BTD), Baías Conectadas Diretamente (BCD), Baías Conectadas Indiretamente (BCI) e o rio Paraguai nos quatro períodos hidrológicos.

A equabilidade mede a uniformidade da distribuição dos indivíduos entre as espécies ou suas abundâncias. As Baías Temporariamente Desconectadas nos períodos de vazante, enchente e estiagem apresentaram valores maiores de equabilidade em relação às outras baías (Figura 15). No período da cheia foram as baías conectadas indiretamente que apresentou valor mais equável. Podemos também verificar que no período de vazante todas as baías apresentaram maior uniformidade entre o número de espécie e a abundância e nas outras fases as baías são muito dissimilares (Figura 16).

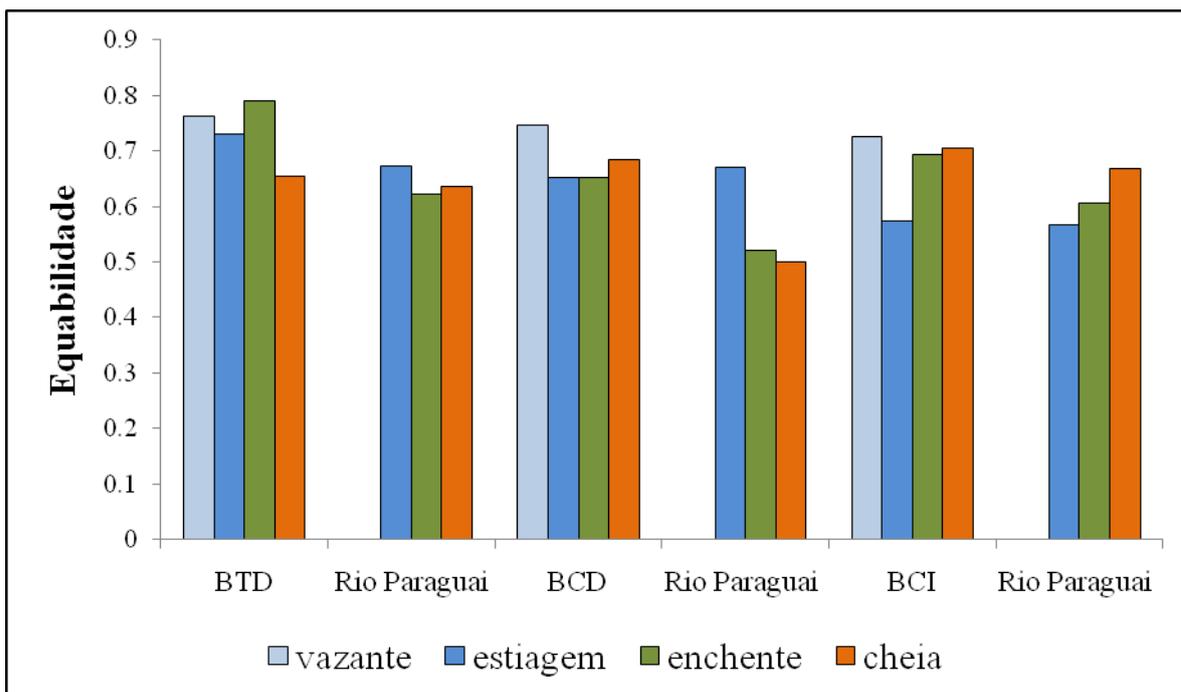


Figura 15 – Resultados do índice de Equabilidade de Pielou nas baías (Baías Temporariamente Desconectadas – BTB, Baías Conectadas Diretamente – BCD, Baías Conectadas Indiretas – BCI) e no rio Paraguai à jusante de cada baía, nos quatro períodos hidrológicos.

## 7.6. Análise de agrupamento

Por meio dos resultados de abundância, a análise de agrupamento formou dois grupos distintos: A-Baías e B- rio (Figura 16). As macrófitas aquáticas determinantes na formação do grupo A foram: *Salvinia auriculata*, *Ludwigia helminorrhiza*, *Oxycaryum cubenses*, *Pistia stratiotes* e *Limnobium laevigatum*; as macrófitas aquáticas determinantes na formação do grupo B foram: *Eichhornia azurea*, *Eichhornia crassipes*, *Polygonum ferrugineum* e *Commelina schomburgkiana*,

Nas baías observamos a formação de dois subgrupos: A<sub>1</sub>) subgrupo determinado pela abundância de *Eichhornia azurea*, *Salvinia auriculata*, *Oxycarium cubenses*, *Azolla filiculoides*, *Pontederia rotundifolia*, *Limnobium laevigatum*; A<sub>2</sub>) pela abundância de *Eichhornia crassipes*, *Ludwigia helminorrhiza*, *Pistia stratiotes*, *Polygonum ferrugineum* e *Nepetunia prostata*, *Commelina schomburgkiana*.

O rio agrupou dois subgrupos: B<sub>1</sub>) presença dominante da *E. azurea*, *Salvinia auriculata*, *Poligonum ferrugineum* e *Paspalum repens*; B<sub>2</sub>) presença de *E. crassipes* e *Commelina schomburgkiana* e *Poligonum ferrugineum*

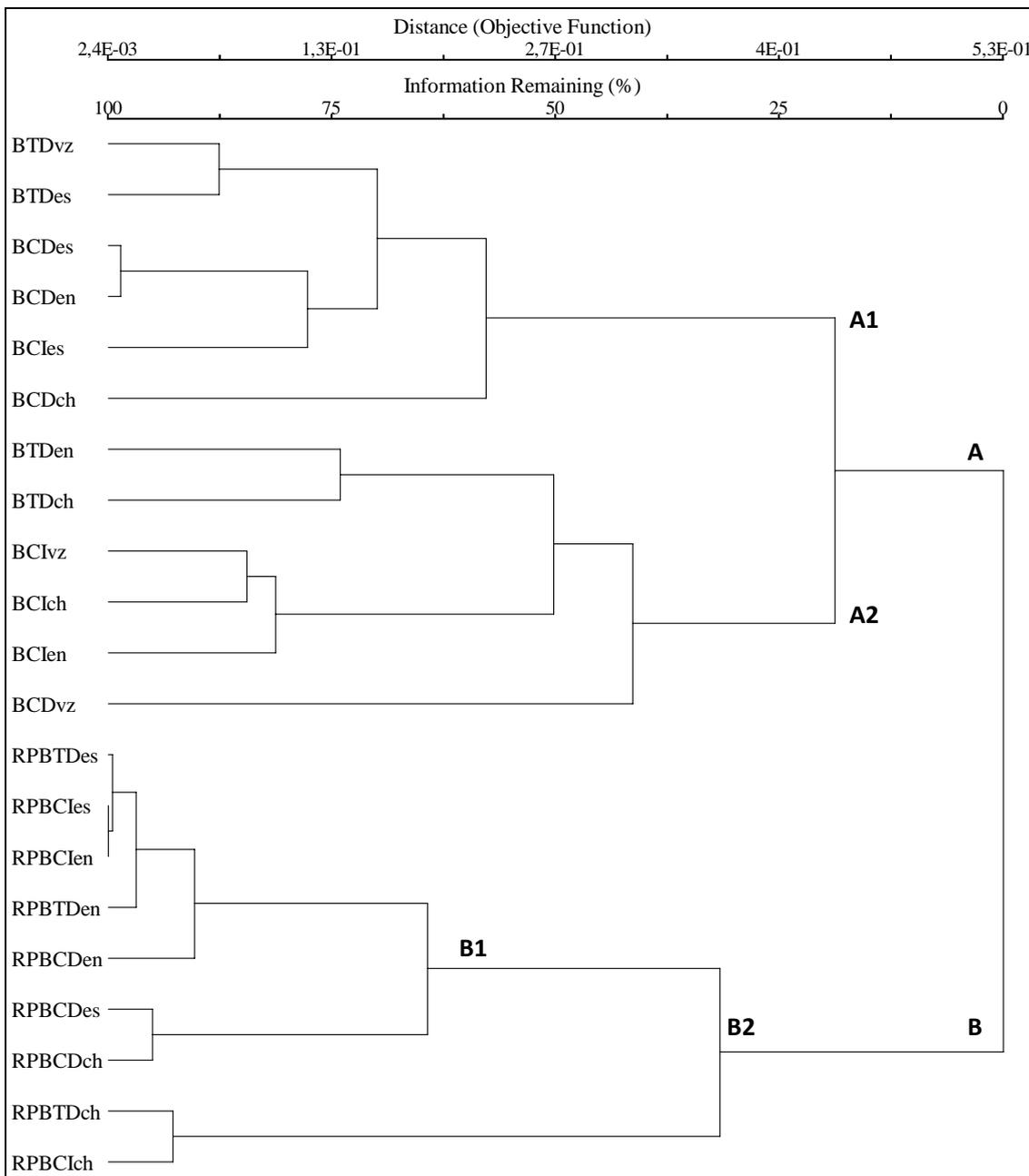


Figura 16– Resultado da análise de agrupamento, usando índice de Sorensen Bray-Curtis, das baías (Baías Temporariamente Desconectadas – BTD, Baías Conectadas Diretamente – BCD, Baías Conectadas Indiretamente – BCI) e do rio Paraguai (à jusante das Baías Temporariamente Desconectadas – RPBTDes, Baías Conectadas diretamente – RPBCD, Baías Conectadas Indiretamente – RPBCI), junto com os dados da abundância das macrófitas aquáticas nos quatros períodos hidrológicos (vz – vazante, es – estiagem, en – enchente e ch – cheia).

## **7.8. Forma biológica de vida**

O número de espécies quanto à forma biológica das macrófitas aquáticas variou entre os períodos hidrológicos (Figura 17).

As macrófitas flutuantes livres alcançaram os maiores valores de riqueza em todos os períodos e ambientes, especialmente no período de cheia. As macrófitas aquáticas flutuantes fixas/emergentes mantiveram o mesmo número de espécies nas Baías Temporariamente Desconectadas, variando pouco em outros ambientes. Houve uma tendência do aumento do número de espécies das flutuantes livres no rio Paraguai à jusante das Baías Temporariamente Desconectadas e conectadas diretamente ao canal principal. Esta tendência pode ser observada com o regime de chuvas.

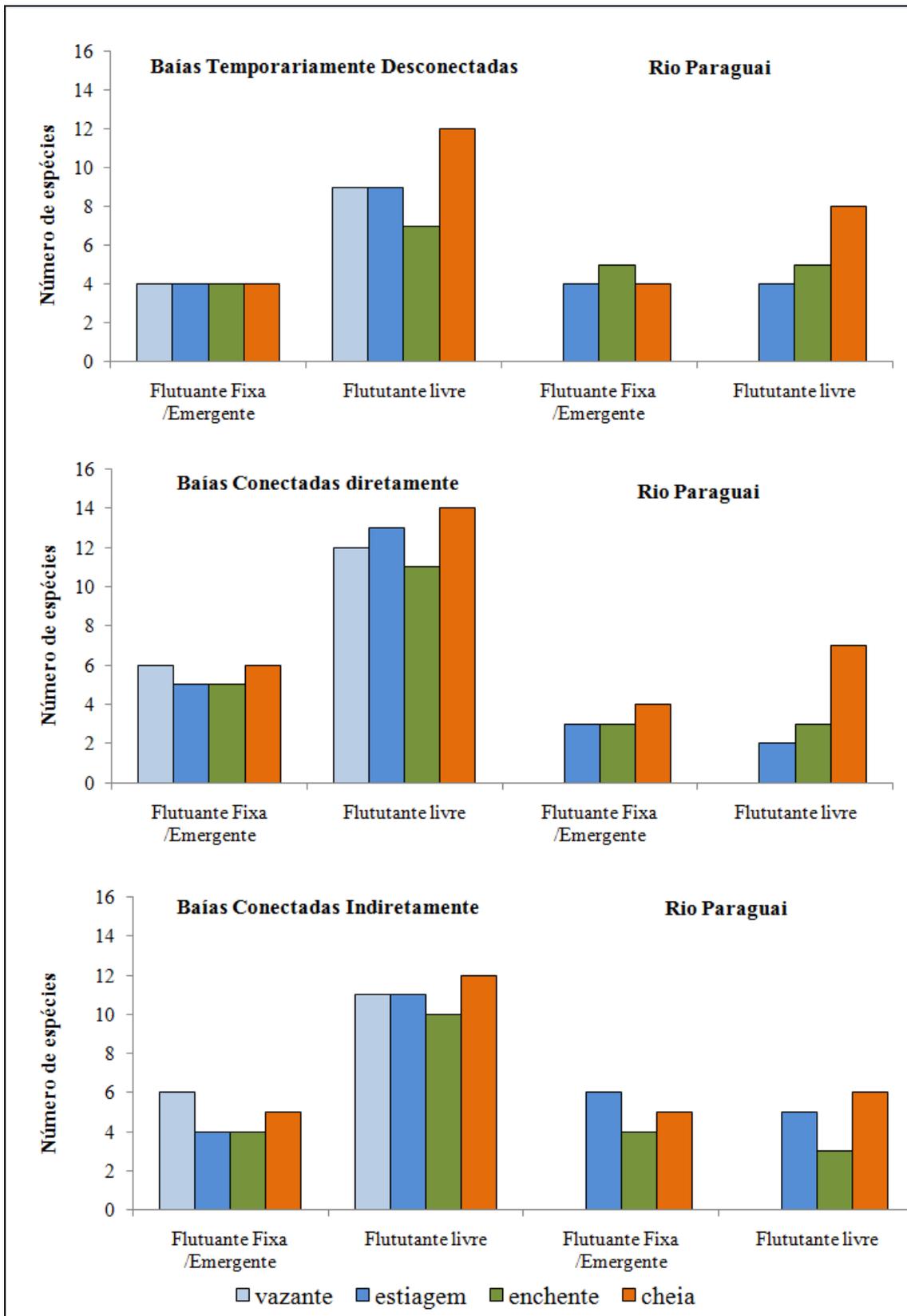


Figura 17 – Número de espécies de macrófitas aquáticas segundo as suas formas de vida biológica, nos diferentes graus de conectividade das baías e do rio Paraguai à jusante de cada baía, nos quatro períodos hidrológicos.

## 7.9. Análise de ordenação (CCA)

A figura 18 apresenta a análise de CCA realizada com os dados de abundância das macrófitas aquáticas e os dados limnológicos de todo período hidrológico estudado. Nesta análise foram explicadas 42,7% da variância (eixo 1 = 34,4% e o eixo 2 = 8,4%). Os dois eixos ordenaram os escores nos dois grupos distintos: baías e rio. O eixo 1 ordenou positivamente os escores do rio, e negativamente os escores das baías. As variáveis ordenadas no lado positivo do eixo foram o nível da água ( $r = 0.60$ ) e a temperatura do ar ( $r = 0,348$ ); e do lado negativo a condutividade elétrica ( $r = -0.71$ ). O eixo 2 ordenou do lado positivo as variáveis: pH ( $r = 0,62$ ), oxigênio dissolvido ( $r = 0.47$ ), e do lado negativo a temperatura da água ( $r = -0.33$ ).

As macrófitas aquáticas ordenadas positivamente pelo eixo 1 foram: *Eichhornia azurea* ( $r = 0.67$ ), *Eichhornia crassipes* ( $r = 0.50$ ) e *Commelina schomburgkiana* ( $r = 0.74$ ). O lado negativo do eixo 1 ordenou as macrófitas: *Azolla filiculoides* ( $r = -0.75$ ), *Ludwigia helminorrhiza* ( $r = -0.84$ ), *Pistia stratiotes* ( $r = -0.68$ ), *Salvinia auriculata* ( $r = -0.73$ ), *Hydrocotyle ranunculoides* ( $r = -0.57$ ) e *Oxycaryum cubenses* ( $r = -0.77$ ). O eixo 2 apresentou as correlações mais fracas como *Limnobium laevigatum* ( $r = 0,53$ ), *Ricciocarpus natans* ( $r = 0,44$ ) e os demais valores foram menores que 0,3.

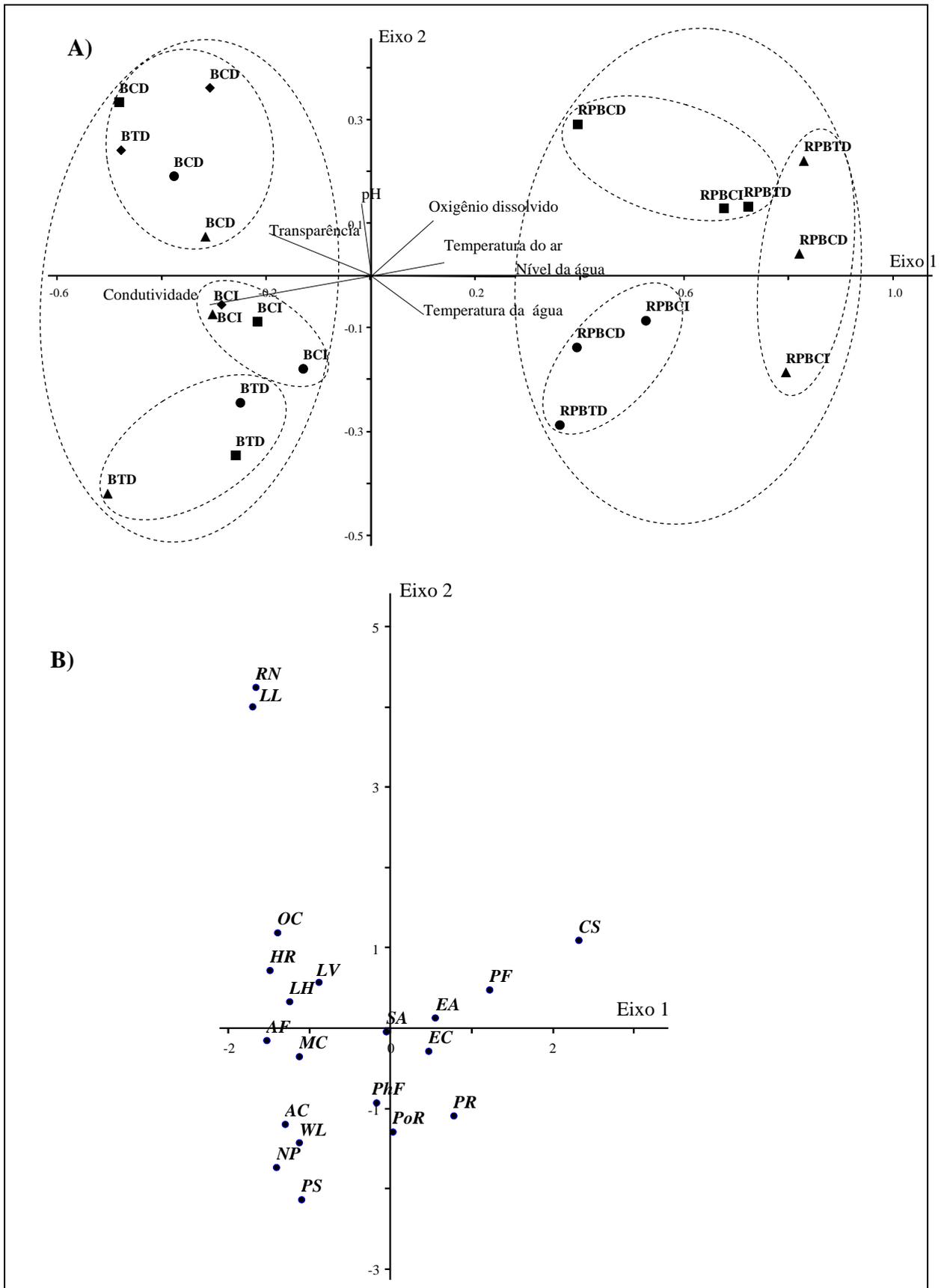


Figura 18 – Análise de correspondência canônica (CCA) mostrando a ordenação das baías (Baías Temporariamente Desconectadas – BTD, Baías Conectadas Diretamente – BCD, Baías Conectadas

Indiretamente – BCI) e do rio Paraguai (rio Paraguai à jusante das Baías Temporariamente Desconectadas – RPBDT, rio Paraguai à jusante das Baías Conectadas Diretamente – RPBCD, rio Paraguai à jusante das Baías Conectadas Indiretamente – RPBCI) com os dados de abundância das macrófitas aquáticas e variáveis limnológicas. A- ordenação dos ambientes em diferentes períodos hidrológico (losango-vazante, quadrado-estiagem, triângulo-enchente, círculo-cheia). B- ordenação das espécies de macrófitas aquáticas.

## 8.DISSCUSSÃO

A dinâmica temporal das variáveis limnológicas das baías e do rio Paraguai foi fortemente determinada pelo pulso de inundação. Enquanto que a dinâmica espacial de macrófitas aquáticas entre o rio e as baías adjacentes foi estabelecida pelo grau de conectividade.

A variação do nível da água do rio Paraguai, no período de estudo, foi diferenciada em relação aos quatro anos anteriores, com menor amplitude e duração do pulso de inundação no rio Paraguai. A dinâmica das variáveis limnológicas apresentou estreita dependência da dinâmica hidrológica do rio, como proposto na teoria por Junk *et al.* (1989) e observado nos trabalhos de Da Silva e Esteves (1995), Thomaz *et al.* (1997), Girard *et al.* (2003), Abdo e Da Silva (2004). Portanto, os resultados deste trabalho devem reproduzir essa dinâmica.

A transparência da água apresentou valores menores nos meses de enchente. Isto se deveu provavelmente a precipitação local e ao transporte de material dissolvido e particulado proveniente das áreas adjacentes mais elevadas, aumentando a turbidez da água. O mesmo foi observado para o rio Cuiabá por Da Silva e Figueiredo (1999) e Abdo e Da Silva (2004). Embora o período da cheia ocorra o registro maior do nível da água, no período de vazante foram registrados os maiores valores de transparência da água nas baías, provavelmente devido à sedimentação do material particulado e a diminuição da precipitação.

Os altos valores de oxigênio dissolvido no rio no período de estiagem, quando o volume de água foi menor e o movimento da água foi maior, propiciam a difusão deste gás, por intermédio da mistura contínua da água como salientado por Furck e Junk (1997). Nas baías, por serem ambientes lênticos, a presença de macrófitas aquáticas cobrindo a superfície da água diminui a sua oxigenação. As Baías Temporariamente Desconectadas apresentaram os menores teores de oxigênio, provavelmente por terem maior cobertura das macrófitas aquáticas na superfície (litorânea e limnética), principalmente a *Eichhornia crassipes* e *E. azurea*. Tanto as baías como o rio apresentaram diferenças significativas da concentração de oxigênio

entre os períodos, provavelmente por serem diferentes quanto ao volume e fluxo da água. Carvalho *et al.* (2001), verificaram que as maiores concentrações de oxigênio foram observadas durante o período de água baixa.

Outros fatores que caracterizaram a baixa oxigenação da água seriam a alta temperatura da água e a decomposição de matéria orgânica (Esteves, 1998; Tundisi e Matsumura-Tundisi, 2008). Também o aporte de material alóctone, como sedimento, folhas de árvores e insetos mortos proveniente das áreas adjacentes (áreas alagáveis) e material orgânico proveniente das baías temporariamente desconectadas e canais secundários ocasionaram perdas do oxigênio em razão da atividade bacteriana e da oxidação química. Além disso, a grande retenção de macrófitas aquáticas, observada no período de estiagem proporcionou o crescimento e cobertura da superfície das águas nas baías, corixos e canais secundários, em períodos de enchimento. A biomassa não foi totalmente liberada (tapete flutuante ou camalote) para o canal principal do rio, pois muitas baías ficaram obstruídas no período de estiagem, enquanto que no mesmo período do ano anterior (enchente e cheia de 2008), estas baías estavam com toda a região limnética livre de macrófitas.

A retenção desta enorme biomassa de macrófitas, associado à alta temperatura e ao volume de água vinda das áreas adjacentes, desencadeou o processo de decomposição. A água das baías e do rio Paraguai apresentaram no mês de março a coloração escura, como chá e o mau cheiro da decomposição. Localmente este fenômeno é conhecido como “dequada”. Calheiros e Ferreira (1996) caracterizam a “água deinquada” por apresentar elevação dos valores de condutividade, alcalinidade e gás carbônico, diminuição dos valores de oxigênio, da transparência por disco de Secchi e pequena diminuição dos valores de pH. A coloração escura semelhante ao chá preto está relacionada a compostos orgânicos dissolvidos provenientes de decomposição, com conseqüente depleção dos teores de oxigênio dissolvido. Em conseqüência a esta situação o pH também apresentou diferenças significativas entre os períodos, com seus menores valores no período de cheia.

No estudo de Abdo e Da Silva (2004) foi registrado para o sistema rio Cuiabá, corixo e baías, altos valores de condutividade elétrica no período de estiagem

(84, 140, 287 $\mu$ S/cm, respectivamente) e valores menores (60, 60, 62  $\mu$ S/cm, respectivamente) e similares na cheia, ocorrendo uma homogeneização do sistema. Da Silva e Figueiredo (1999) também encontraram o mesmo padrão de variação da condutividade elétrica entre os períodos de estiagem (valores maiores) e cheia (valores menores) para o estudo no sistema rio Cuiabá e baía Chacororé e Sinhá Mariana. Garcia e Forsberg (2000) em seus estudos realizados ao longo do rio Paraguai a montante da cidade de Cáceres, e em 10 baías conectadas a este, até a confluência com o rio Sepotuba, registraram uma média da condutividade elétrica em 98,6  $\mu$ S/cm, para o período da estiagem, e 45,8  $\mu$ S/cm para o período da cheia. Eles também registraram o mesmo padrão de variação desta variável para o rio Paraguai. Calheiros e Hamilton (1998) concluíram que a condutividade elétrica e o oxigênio dissolvido foram mais similares entre as lagoas e o rio Paraguai depois da conexão destes. Carvalho *et al.* (2001), verificaram que as lagoas de planície de inundação da América do Sul apresentaram maiores variabilidades limnológicas, medida pelo coeficiente de variação, encontrada durante o período de água baixa. Estes resultados corroboram com a hipótese de que a inundação age como um processo regional, aumentando a similaridade entre as lagoas.

A variação da condutividade elétrica da água registrada para este estudo apresentou padrão similar para as baías e diferente para o rio Paraguai.

As baías apresentaram altos valores da condutividade elétrica da água nos meses em que o volume de água foi menor. Observe na figura 3 que até janeiro (fase de enchente) de 2009 a profundidade das baías foi reduzida para o período, ocorrendo assim uma concentração maior de substâncias dissolvidas na água. Na fase de cheia (março e abril de 2009) o volume de água duplicou, ocorrendo uma diluição das substâncias dissolvidas. Entretanto, esta diluição foi parcial, pois as concentrações de substâncias dissolvidas nas águas das baías ainda foram mais elevadas do que os valores registrados no período de enchente no rio Paraguai. Nos meses de água baixa a condutividade elétrica da água foi registrada com valores baixos (Figura 04) e na cheia houve um aumento de seus valores no rio Paraguai. Este período determinou uma homogeneização dessa variável no rio Paraguai com as baías, agora todas conectadas a este.

As baías conectadas indiretamente com o rio apresentaram valores maiores na condutividade elétrica e de modo similar estas apresentaram maiores concentrações de nutrientes, como nitrato, íon amônio, ortofosfato, fósforo total, magnésio, cálcio, sódio e potássio. Neste grupo está a baía Morrinhos, que apresentou no período de estiagem o valor de 292  $\mu\text{S}/\text{cm}$  na sua condutividade, e altas concentrações de cálcio (22 mg/L) para o mesmo período. No período de cheia a condutividade foi de 59  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e a concentração de cálcio diminuiu (7,4 mg/L), ocorrendo a diluição deste elemento. A baía Morrinhos está localizada à margem esquerda do rio Paraguai, ao lado da província serrana da Serra das Araras constituída pelo Grupo Alto Paraguai, com Formação Araras, onde predominam sedimentos carbonáticos calcíferos e pelíticos na base e dolomitos no topo e finas intercalações de siltitos e folhelhos (MATO GROSSO, 2001). Provavelmente o alto valor da condutividade está relacionada à origem do material geológico do local, pois a baía apresenta em seu leito imensas rochas oriundas da serra.

Na PCA verificamos que de acordo com os dados limnológicos das baías e do rio Paraguai, os grupos foram ordenados em concordância com o período hidrológico. A vazante foi determinada pelos altos valores da transparência e da condutividade, a estiagem determinada pelo pH nas baías, e o oxigênio dissolvido no rio, a enchente pela temperaturas altas do ar e da água e a cheia pelo nível da água. Nos períodos de estiagem e enchente, as baías e o rio Paraguai formaram subgrupos, ordenados pela variável oxigênio dissolvido e para o rio e condutividade elétrica para as baías. Na cheia a baía e o rio se misturam, mostrando uma homogeneidade das variáveis limnológicas citadas.

No rio Paraguai, em toda a sua extensão e nas baías estudada as macrófitas aquáticas *Eichhornia azurea*, *Eichhornia crassipes* e *Salvinia auriculata* foram predominantes, seguindo o padrão da maioria dos trabalhos realizados em rios e planície de inundação do Brasil (BINI *et al.*, 2001; AGOSTINHO *et al.*, 2004; BLEICH, 2009).

As baías conectadas diretamente ao rio apresentaram maior riqueza de espécies e o índice de diversidade de espécies. Segundo Thomaz *et al.* (2009) as baías conectadas ao rio direto ou indiretamente contêm mais espécies se comparado com lagos desconectados próximos ao rio Paraná, com poucas espécies. Para estes autores o elevado valor de riqueza de espécie em lagoas diretamente conectado foi determinante da entrada constante e direta dos propágulos trazidos pelo rio a estes habitats (THOMAZ *et al.* 2009).

As Baías Temporariamente Desconectadas apresentaram maior uniformidade da abundância de acordo com a distribuição de espécies. Esta condição foi provavelmente determinada pelo fato, de estar isolada temporariamente do canal principal do rio Paraguai.

Nas Baías Temporariamente Desconectadas e Conectadas e o rio, as espécies de macrófitas aquáticas variaram em abundância de acordo com o nível de água, determinadas pelo pulso de inundação.

Nas Baías Temporariamente Desconectadas *Eichhornia azurea* apresentou-se como a mais abundante no período de vazante, enquanto ocorria a diminuição do nível da água. Na estiagem, com o nível de água baixa, esta espécie aumentou, mais ainda, a sua abundância. Contudo, no período de enchente houve a diminuição de 2,5 vezes e este declínio continuou até o período de cheia. Enquanto que a *Eichhornia crassipes* apresentou comportamento inverso saindo de 19% na vazante e chegando a 36,7% de abundância na enchente e estabilizando na cheia (34,9%). *Salvinia auriculata* apresentou a abundância estável (entre 14 e 17%) nas fases de vazante, estiagem e cheia, sendo que na fase de enchente esta macrófita diminuiu a sua cobertura, provavelmente devido à dispersão dos clones.

Este comportamento provavelmente foi devido à forma de vida, onde *Eichhornia azurea*, sendo do tipo fixa e enraizada e folhas flutuantes (emergentes) e a *Eichhornia crassipes*, do tipo flutuante livre. Com o aumento do nível da água a flutuante livre foi favorecida, acompanhando a lâmina da água e propagando com o

aumento da área disponível. Neste período, *E. azurea* ficou submersa e muitas vezes coberta pela macrófita flutuante livre.

Nas baías conectadas diretamente e indiretamente ao rio apresentaram-se semelhantes nos valores de profundidade da água em todos os períodos, e o comportamento das duas espécies, *Eichhornia crassipes* e *Eichhornia azurea*, foram diferentes. Nas baías conectadas diretamente ao rio, verificamos que *Eichhornia azurea* foi a mais abundante que *Eichhornia crassipes* na estiagem, enchente e cheia, enquanto que nas baías conectadas indiretamente *Eichhornia crassipes* foi a mais abundante que a *Eichhornia azurea* nos períodos de vazante, enchente e cheia.

Nas baías conectadas diretamente ao rio foi observada a presença e a alta abundância da macrófita *Oxycaryum cubense*. Provavelmente neste ambiente, possa ter ocorrido, à competição entre as espécies *E. crassipes* e *O. cubenses*. A espécie *Oxycaryum cubenses*, segundo descrição de Pott e Pott (2000), é uma erva rizomatosa, estolonífera, inicialmente epífita sobre vegetação aquática suporte, assim, foram consideradas colonizadora de outras flutuantes, tornando-se dominante, e assim formam estandes, que excluem as plantas submersas, por sombreamento. Na área de estudo verificou-se a presença maciça desta espécie junto a *Eichhornia crassipes*, onde se apresentou de forma adensada. A *Eichhornia azurea*, apresentou-se na parte mais externa, junto à água aberta, margeando o estande de macrófitas.

A oscilação na abundância de *Eichhornia azurea* provavelmente estava relacionada à oscilação da abundância de outras macrófitas como: *Ludwigia helminorrhiza* (principalmente), *Limnobium laevigatum*, *Marsilea crotophora*, *Nepetunia prostrata* e *Hydrocotyle ranunculoides*. Estas espécies estabelecem primeiro entre os pecíolos da *Eichhornia azurea* e em condições favoráveis para o crescimento, aumentam em direção à zona limnética margeando assim todo o banco de macrófitas, tornando-se a planta limite entre a água aberta e o banco de macrófitas. Talvez este comportamento afete o crescimento de *Eichhornia azurea*, ocorrendo assim, competição entre as duas espécies (*Eichhornia azurea* e *Ludwigia helminorrhiza*).

Marques-Silva e Thomaz (2009) no estudo da interação biológica na co-ocorrência de *Eichhornia azurea* e macrófitas flutuantes livres, verificaram que a espécie *Limnobium laevigatum* demonstrou a existência de competição com *E. azurea*. Dentre as macrófitas citadas acima a *Ludwigia helminorrhiza* foi a que apresentou maior abundância nas Baías Conectadas diretamente em relação às baías conectadas indireto. A correlação de Pearson demonstrou a relação destas com *Eichhornia azurea* de  $r=-0,99$  nas baías diretas e  $r=-0,84$  nas baías indiretas.

Nas baías outros fatores podem estar relacionados na flutuação da abundância desta espécie, como a morfometria das baías, competição e as condições físicas e químicas da água. Quanto a este último verificamos que as Baías Conectadas Diretamente apresentam valores maiores de transparência na água em relação às Baías Conectadas Indiretamente. Porém a concentração de nutrientes foram maiores nas baías conectadas indiretamente. Sendo que a *Eichhornia azurea* foi uma macrófita que possui como característica em seu ciclo de vida duas fases distintas: fase jovem, onde possui folhas submersas estreitas e dispostas em espiral para melhor captação de luz e a fase adulta com as folhas emergidas, propaga-se por folhas submersas gemíferas, rizomas e sementes (POTT; POTT, 2000). Com estas características, provavelmente esta espécie necessita de águas com boa transparência para que possa aumentar a área de cobertura. E com a perturbação da enchente e com a cobertura da superfície da água por outras macrófitas dificulta o crescimento e desenvolvimento desta fase para a fase adulta. Thomaz *et al.* (2009), afirmaram que lagoas conectadas ao rio Paraná apresentaram valores mais elevados do disco de Secchi e baixos índices de nutrientes que facilitam o desenvolvimento de espécies submersas enraizadas. As lagoas do rio Ivinheima, carregam sólidos elevados e fósforos que favorece o crescimento de espécies livres flutuantes. Milne *et al.* (2006) em seu estudo, verificaram a existência de relacionamento significativo entre os traços morfológico de *E. azurea* e as variáveis ambientais, sendo que cinco traços, estudados, aumentaram linearmente com a profundidade da água e quatro com a transparência da água.

No rio abaixo das Baías Temporariamente Desconectadas e conectadas indiretamente foi observado que no período de estiagem e enchente a *E. azurea* dominou sobre *E. crassipes* e outras. Mas na cheia *E. azurea* teve seu valor de cobertura reduzido a mais da metade e *E. crassipes* passa a dominar com o dobro do valor

registrado na enchente. E outras macrófitas passam a ser dominante no caso de fixa emergente com *Commelina schomburgkiana* e *Polygonum ferrugineum*. Neste caso verificamos que a profundidade da água quase dobrou, passou de 2,61 metros para 4,71 metros, provavelmente a *E. azurea* neste caso foi, em grande parte, submergida. O aumento da cobertura de *E. crassipes* pode ser descrita de duas maneiras: 1- a já existência desta espécie na porção interna do banco de macrófitas, e com a elevação do nível da água a *E. azurea* submergiu e a *E. crassipes* acompanhou o nível da água e houve o acesso a estas plantas; 2- a incorporação de propágulos de *E. crassipes* exportados das baías, canais secundários e corixos, com a entrada de água durante e após os eventos das chuvas, na forma de camalotes.

À jusante do rio Paraguai próximo às baías conectadas diretamente, observamos que a dominância total foi de *Eichhornia azurea* para as três fases estudadas. Neste local foi registrada a maior cobertura de *E. azurea* em relação aos outros pontos do rio Paraguai estudado. A menor de *E. crassipes* registrado em outros pontos do rio. Os bancos de macrófitas estudados foram mais extensos e a presença e a cobertura de *E. azurea*, não afetando a sua dominância, com o aumento do volume de água.

A análise de agrupamento, mostra em síntese, e confirma o comportamento das macrófitas aquáticas descritas nos parágrafos acima. Os ambientes, rio e baías, diferem em dois grupos pela ausência e presença de macrófitas aquáticas do tipo flutuante fixa, emergentes e flutuante livre. As baías apresentaram dois subgrupos pelo fato da presença e da maior abundância das macrófitas *Eichhornia azurea* e *Eichhornia crassipes* principalmente, que foram determinados pelo pulso de inundação.

Na análise de correspondência canônica (CCA) observamos que a estrutura da comunidade de macrófitas aquáticas e dos dados das variáveis físico químicas formou os dois grupos distintos: as baías e o rio Paraguai. As macrófitas *Eichhornia azurea*, *E. crassipes*, *Commelina schomburgkiana*, *Paspalum repens*, *Pontederia rotundifolia*, *Polygonum ferrugineum*, foram mais frequentes e abundantes no rio e as macrófitas do tipo flutuante livre foram mais frequentes e abundantes nas baías.

No rio Paraguai verificou-se a existência da formação de dois grupos, determinado pelo pulso de inundação. O grupo da estiagem foi determinado pela concentração alta do oxigênio dissolvido presente na água e altos valores no pH, além da abundância de *E. azurea*, *Ludwigia helminorrhiza* e *Polygonum ferrugineum*. O grupo da cheia foi determinado principalmente pela profundidade e a alta temperatura na água, além das macrófitas *Commelina schomburgkiana*, *Eichhornia crassipes*, *Paspalum repens* e *Pontederia rotundifolia*. Enquanto que o rio no período de enchente apresentou-se disperso, onde o rio Paraguai à jusante das baías conectada direto e desconectadas, se assemelham com as características limnológicas dos mesmos pontos no período de estiagem. O ponto do rio à jusante das baías conectadas indiretamente foram mais semelhantes às características limnológicas dos pontos do rio no período de cheia.

As baías formaram grupos determinados pelo grau de conectividade com rio. As baías conectadas diretamente ao rio foram determinadas pela transparência da água e pH e encontradas maiores abundância de *Eichhornia azurea*. As baías conectadas indiretamente ao rio foram determinadas pela alta condutividade. Entretanto as Baías Temporariamente Desconectadas apresentaram-se na fase de vazante similar as baías conectadas diretamente e nos outros períodos foram similares as baías conectadas indiretamente.

Concluimos que a dinâmica da estrutura e composição das macrófitas aquáticas nas baías e principalmente no rio Paraguai são determinadas pelo pulso de inundação e pelo grau de conectividade entre os ambientes. Portanto as baías conectadas diretamente ao rio apresentaram maior diversidade e riqueza de espécie, seguida das Baías Conectadas Indiretamente e Baías Temporariamente Desconectadas do rio.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- ABDO, M.S.A.; DA SILVA, C.J. Limnological characteristics of the water bodies of the Corutuba Nesting Site in Brazil's Pantanal. *Acta Limnologica Brasiliensis*. São Paulo: v.4, n.16, p.359-358. 2004.
- AGOSTINHO, A.A.; GOMES, L.C.; JÚLIO JÚNIOR, H.F. Relações entre macrófitas aquáticas e fauna de peixes. In: THOMAZ, S.M.; BINI, L.M. (Ed.). *Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas*. Maringá: EDUEM, p.261-279. 2003.
- AGOSTINHO A.A.; THOMAZ S.M.; GOMES L.C. Threats for biodiversity in the floodplain of the Upper Paraná River: effects of hydrological regulation by dams. *Ecohydrology & Hydrobiology*, 4, 267-280. 2004.
- BINI, L.M.; THOMAZ, S.M.; SOUZA, D.C. Species richness and b-diversity of aquatic macrophytes in Upper Paraná River floodplain. *Arch. Hydrobiol.* Stuttgart. 151 (3). p. 511-525. 2001.
- BLEICH, M.E.; SILVEIRA, R.M.L.; NOGUEIRA, F.M.B. Limnological Patterns in Northern Pantanal Lagoons. *Braz. Arch. Biol. Technol.* v.52 n.3: pp. 755-764. 2009.
- BRAUN-BLANQUET, J. *Fitossociologia: Bases para el estudio de las comunidades vegetales*. Trad. JC Lalucat, J.H. Madrid, Blume, 1979. 820p.
- CALHEIROS, D.F.; FERREIRA, C.J.A. *Alterações limnológicas no Rio Paraguai ("dequada") e o fenômeno natural de mortandade de peixes no Pantanal Matogrossense* – MS. Corumbá: Embrapa-CPAP, 48p. (Embrapa-CPAP. Boletim de pesquisa, 7) 1996.
- CALHEIROS, D. F.; HAMILTON, S. K., Limnological conditions associated with natural fish kills in the Pantanal wetland of Brazil. *Verhandlungen Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*. 26: 2189–2193. 1998.
- CAMARGO, A. F. M.; ESTEVES, F. A Influence of water level variation on biomass and chemical composition of the aquatic macrophyte *Eichhornia azurea* (Kunth) in a oxbow lake of the Rio Mogi-Guaçu (São Paulo, Brazil), *Arch. Hydrobiol.*, 135: (3), 423-432. 1996.
- CARMOUZE, J. P. *O Metabolismo dos Ecossistemas Aquáticos*. São Paulo: Edgard Blucher/SBL/FAPESP. São Paulo, 1994. 253p.
- CARVALHO N.O. Hidrologia da Bacia do Alto Paraguai. In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SÓCIOS ECONÔMICOS DO PANTANAL. 1., 1984, Corumbá. *Anais*. Brasília: EMBRAPA-DDT, p.43-49. 1986. (EMBRAPA-CPAP. Série Documentos, 5).

CARVALHO, P.; BINI, L.M.; THOMAZ, S.M.; OLIVEIRA, L.G.; ROBERTSON, B.; TAVECHIO, W.L.G.; DARWISCH, A.J. Comparative limnology of South American floodplain lakes and lagoons. *Acta Scientiarum*, Maringá, v. 23, no.2, p.265-273, 2001.

CLESCERL, L.; GREENBERG, A.; EATON, A. *Standard Methods for the Examination of Waters and Wastewaters*. 20<sup>th</sup> edition. Washington DC; American Public Health Association, 1999. 1325 p.

COOK, C.D.K. (1990) *Aquatic plant book*. SPB Academic, The Hague, 228 pp.

DA SILVA, C.J. *Influência da variação do nível da água sobre a estrutura e funcionamento de uma área alagável do Pantanal Matogrossense (Pantanal de Barão de Melgaço, Municípios de Santo Antônio de Leverger e Barão de Melgaço - MT)*. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos. 1990. 215p. Tese Doutorado.

DA SILVA, C.J.; FIGUEIREDO, D.M. Caracterização limnológica do sistema de baías Chacororé-Sinhá Mariana. *Rev. Mato Grossense de Geografia* 3: 57-75. 1999.

DA SILVA, C.J. Ecological basis for the management of the Pantanal - Upper Paraguay River Basin. In: Smits, A.J.M., Nienhuis, P.H., Leuven, R.S.E.W. [Eds] *New approaches to river management*, Backhuys Publishers, Leiden, Netherlands, p. 97-117. 2000.

DA SILVA, C.J.; WANTZEN, K.M.; NUNES DA CUNHA, C.; MACHADO, F.A. Biodiversity in the Pantanal Wetland, Brazil. In: Junk, W.J., Gopal, B., Davis, J.A. [Eds] *Biodiversity in wetlands: assessment, function and conservation*, Volume 2, Backhuys, Leiden, p. 187-215. 2001.

ESTEVES, F.A. *Fundamentos de Limnologia*. 2<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro, RJ: Interciências – FINEP, 1998, 602p.

FURCH, K.; JUNK, W. J. Physicochemical conditions in the floodplains. In: JUNK, W. J. *The Central Amazon floodplain*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1997. v.126, p.69-108.

GACIA, F. C.; FORSBERG, B. R. Caracterização físico-química de lagoas da planície de alagamento do Alto Rio Paraguai, Sepotuba e Cabaçal, em Cáceres, Matro Grosso. In: II Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômicos do Pantanal, 2000, Corumbá - MS. CD ROM *Anais do III simpósio sobre recursos naturais e sócio-econômicos do Pantanal - os desafios do novo milênio*. 2000. Autor (es): Embrapa Pantanal., 2000. p. 1-26.

GIRARD, P.; DA SILVA, C.J.; ABDO, M. River-groundwater interactions in the Brazilian Pantanal. The case of the Cuiabá River. *Journal of Hydrology*.283: 57-66. 2003.

GOLTEMAN. H.L.; CLYMO, R. S.; OHNSTAD, M. A. M. *Methods for Physical and Chemical Analysis of Fresh Waters*. 2 ed. Oxford, Blackwell, 215p. 1978 (IBP Handbook 8)

HAMILTON, S.K.; SIPPEL, S.L.; CALHEIROS, D.F.; MELACK, J.M. An anoxic event and other biogeochemical effects of the Pantanal wetland on the Paraguay River.? *Limnology and Oceanography*, v. 12, n. 2, p. 257-272, 1997.

JUNK, W.J., BAYLEY, P.B., SPARKS, R.E.. The flood pulse concept in river-floodplain systems. *Spec.Pub. Can. Soc. Fish. Aquat. Sci.* 106, 110-127. 1989

JUNK, W.J. ;DA SILVA, C.J.. O “conceito do pulso de inundação” e suas implicações para o Pantanal de Mato Grosso. In: Anais do II Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômicos do Pantanal. Manejo e Conservação. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Corumbá, p.17-28. 1999.

JUNK, W.J.; NUNES DA CUNHA, C. Pantanal: a large South American wetland at a crossroads. *Ecol. Eng.* 24, 391-401. 2005.

MACKERETH, F.J.H.; HERON, J.; TALLING, J.F. *Water Analysis: Some revised methods for limnologists*. Cumbria, Freshwater Biological Association. 1978. 120p. (Scientific Publication n° 36).

MALTCHIK, L.; ROLON, AS.; SCHOTT, P. Effects of hydrological variation on the aquatic plant community in a floodplain palustrine wetland of southern Brazil. *Limnology*, vol. 8, no. 1, p. 23-28. 2007.

MARÇAL, SF.; CALLIL, CT. Structure of invertebrates community associated with *Eichhornia crassipes* Mart. (Solms-Laubach) after the introduction of *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia, Mytilidae) in the Upper Paraguay River, MT, Brazil. *Acta Limnol. Bras.*, vol. 20, no. 4, p. 359-371. 2008.

MARCHESE, MR.; WANTZEN, KM.; EZCURRA DE DRAGO, I. Benthic invertebrate assemblages and species diversity patterns of the Upper Paraguay River. *River res. appl.* vol. 21, no. 5, p. 485-499. 2005.

MARQUES-SILVA, G.G.; THOMAZ, S.M. Biological interactions in the co- currence of *Eichhornia azurea* and free-floating macrophytes. *Acta Scientiarum*. Biological Sciences Maringá, v. 31, n. 4, p. 355-361, 2009.

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO DO ESTADO DE MATO GROSSO-SEPLAN. PROGRAMA DESENVOLVIMENTO AGROAMBIENTAL DO ESTADO DE MATO GROSSO-PRODEAGRO. *Mapa Geológico do Estado de Mato Grosso* (Mapa A0 01). Cuiabá, MT: Prodeagro/Seplan, 2001. Mapa.

MCCUNE, B.; MEFFORD, M.J. *Multivariate Analysis of Ecological Data*. Version 4.0. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, 1999. U.S.A.

MILNE, JM., MURPHY, KJ.; THOMAZ, SM. Morphological variation in *Eichhornia azurea* Kunth and *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms in relation to aquatic vegetation type and the environment in the floodplain of the Rio Paraná, Brazil. *Hydrobiologia*, vol. 570, no. 1, p. 19-25. 2006.

- NEIFF, J.J.; POI DE NEIFF, A.S.G. Connectivity processes as a basis for the management of aquatic plants. In: THOMAZ, S.M.; BINI, L.M. (Ed.). *Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas*. Maringá: EDUEM, p.39-58. 2003.
- NOGUEIRA, F.; SILVA, R.L.; SILVA, A.J.; SOUZA, M.D. ; BACHEGA, I. Seasonal and diel limnological differences in a tropical floodplain lake (Pantanal of Mato Grosso, Brazil). *Acta Limnol. Bras.*, 14(3):17-25. 2002.
- PENHA, J. M.; DA SILVA, C.J.; BIANCHINI JR., I. Impacto da variação do nível de água no ciclo de vida da macrófita aquática *Pontederia cordata* var. *ovalis* (Mart.) Solms, em área alagável do Pantanal Mato Grossense. *Braz. J. Ecol.*, 1998, 2:30-35.
- PINTO, A.; DA SILVA, C.J.; GIRARD, P.; SOUZA, M.; NOGUEIRA, F. El pulso de inundación y la limnología de la laguna Sinhá Mariana en el pantanal de Mato Grosso, Brasil. *Rev. Boliv. Ecol. Conserv. Ambient.*, (6):19-26. 1999.
- POTT, A.; POTT, V.J. *Plantas Aquáticas do Pantanal*. Embrapa. Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal (Corumbá-MS). – Brasília: Embrapa Comunicação para transferência de Tecnologia, 2000.404p.;il.
- POTT, V. J.; POTT, A. Macrófitas aquáticas do pantanal e áreas úmidas em mato grosso do sul. *III CLAE e IXCEB*, São Lourenço – MG. 2009.
- THOMAZ, S. M.; BINI, L. M.; BOZELLI, R.L. Floods increase similarity among aquatic habitats in river-floodplain systems. *Hydrobiologia* .579:1–13. 2007.
- THOMAZ, SM.; CARVALHO, P.; PADIAL, AA.; KOBAYASHI, JT. Temporal and spatial patterns of aquatic macrophyte diversity in the Upper Paraná River floodplain. *Braz. J. Biol.*, 69(2, Suppl.), p 617-625. 2009.
- TOCKNER, K.; F. MALARD; J. V. WARD. An extension Of the flood pulse concept. Hydrological processes. 14: p 2861–2883. 2000.
- TUNDISI, JG.; MATSUMURA-TUNDISI, T. *Limnologia*. São Paulo: Oficina de Textos. 2008. 632 p.
- WANTZEN, K.M.; DRAGO, E.C.; DA SILVA, C.J. Aquatic habitats of the Upper Paraguay river-floodplain-system and parts of the Pantanal (Brazil). *Ecohydrol.Hydrobiol*, 5, 107-126. 2005.
- WARD, J.V.; TOCKNER, K. Biodiversity: towards a unifying theme for river ecology. *Freshwater Biology*, vol. 46, no. 6, p. 807-819. 2001.

## CAPÍTULO II

### **A DINÂMICA DAS COMUNIDADES DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS EM TRÊS SETORES FUNCIONAIS DO RIO PARAGUAI**

## 1.RESUMO

A ordenação da estrutura da paisagem fluvial segue de acordo com o conceito de Hidrossistema Fluvial, onde seus subsistemas dependem das interações dinâmicas de processos hidrogeomorfológico e biológico. Setores funcionais descrevem os segmentos do rio diferenciados por mudanças no tipo do padrão do canal-área inundável, na largura do rio, na inclinação do vale, na sinuosidade, e no efeito da confluência de tributários com a entrada de diferentes águas e sedimentos e hidroquímica. Neste estudo analisamos a dinâmica das macrófitas aquática e as variáveis limnológica em três setores funcionais: Setor de Meandro, Setor Reto e Setor de Transição, em cada setor foram analisados três baías e o canal principal do rio Paraguai. A coleta de dados foi realizada no período de águas baixas, 2008 e alta, 2009. As variáveis estudadas foram a temperatura, nível de água, transparência, pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, nutrientes nitrogenados e fosfatados, cálcio, magnésio, potássio e sódio. A comunidade de macrófitas aquáticas foi analisada a sua cobertura para calcular a abundância, a diversidade, riqueza e formas biológicas. As variáveis limnológicas oxigênio dissolvido e condutividade elétrica da água foram analisadas através do teste de ANOVA para saber se as baías e o canal principal do rio, são diferentes entre os setores, em relação à esta variáveis. As variáveis diferenciam as baías e o canal principal nos três setores. O Setor de Transição apresentou maior concentração de íons, seguido do Setor Reto. O Setor de Meandro foi o que apresentou maiores valores de riqueza, diversidade de espécies em ambos os períodos, provavelmente por este trecho apresentar maior numero de tipos de grupos funcionais caracterizados pelos canais secundários, meandros abandonados, baías e áreas alagadas. As espécies *Eichhornia azurea*, *Eichhornia crassipes*, *Salvinia auriculata* foram as mais abundantes em ambos os períodos, nas e no rio. O Setor de Transição apresentou maior riqueza de espécies da forma de vida flutuante fixa/emergente, devido à menor amplitude do pulso de inundação nesse setor favorecer a permanência dessas espécies, mesmo no período da cheia.

**Palavra chave:** Rio Paraguai, Setor Funcional, macrófitas aquáticas, Limnologia.

## 2.ABSTRACT

The ordination of the fluvial structure landscape follows the Fluvial Hydro system Concept, where their sub-systems depend of the dynamics interactions of the hydrogeomorphologicals and biological processes. Functional sectors describes the segments of the rivers differentiated by changes in the kind of the standard of the channel-flood area, in the wide of the river, in the inclination of the valley, in the sinuosity, and on the effect of the confluence of the tributaries with the entry of the different waters and sediments and hydrochemistry. On this study was analyzed the dynamic of the aquatic macrophyte and the limnological variables into three functional sectors. Meandering sector, Straight sector and Transition sector, on each sector were analyzed three lakes and Paraguay River downstream each lake. The data collect was realized from May of 2008 to April of 2009. The variables studied were the following: temperature, level of water, transparency, pH, dissolved oxygen and conductivity. The statistical test ANOVA showed that the limnological variables oxygen dissolved and electrical conductivity was different, between river and lakes, in the three sectors. The Transition Sector showed the highest concentration of ions followed by the Straight Sector. The Meandering Sector presented the highest values of richness, diversity index of species in boss periods, probably because this Sector showed more numbers of types of functional groups, characterized by secondary channel, ox-bow lakes, lakes, and floodplain areas. The species *Eichhornia azurea*, *Eichhornia crassipes*, *Salvinia auriculata* were the more abundant in boss period, in the lakes and river main channel in the three sectors. The Transition Sector presented the highest richness species of life form floating fix/ emergent, in face down the lowest amplitude of flood pulse, in this sector, which promotes the permanency of these species, even in the flood period.

**Key-words:** Paraguay River, Functional Sector, Aquatic Macrophyte, Limnology.

### 3.INTRODUÇÃO

A bacia do rio Paraguai é típica de planície, nasce na serra do Araporé e atravessa extensa planície de aluvião, que transborda com frequência, inundando terrenos das margens, e áreas mais baixas, formando imensas áreas alagadas. Junto com seus rios afluentes formam a região do Pantanal, O rio Paraguai tem cerca de 2.600 km de extensão, desde a nascente ate sua confluência com o rio Paraná, caracterizando, assim, um corredor ecológico. (HAMILTON *et al.*, 1996; Da Silva, 2000; JUNK; NUNES DA CUNHA, 2005).

Os rios como ecossistemas aquáticos distinguem-se dos sistemas lênticos por apresentar características de permanente movimento horizontal das correntes e a interação com sua bacia hidrográfica, da qual há uma permanente contribuição de material alóctone e a influência do pulso de inundação tem importância quantitativa no ciclo de nutrientes (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2008).

Segundo Petts e Amoros (1996) a ordenação da estrutura da paisagem fluvial segue de acordo com o conceito de Hidrossistema Fluvial, onde a condição ecohidrológica do hidrossistema fluvial e de seus subsistemas depende das interações dinâmicas de processos hidrogeomorfológico e biológico. Assim, o termo “setores funcionais” descreve os segmentos do rio diferenciados por mudanças no tipo do padrão do canal-área inundável, na largura do rio, na inclinação do vale, na sinuosidade, e no efeito da confluência de tributários com a entrada de diferentes águas e sedimentos e hidroquímica. Neste contexto, Wantzen *et al.* (2005) em seu estudo dividiu o rio Paraguai em trechos morfologicamente homogêneos caracterizados em meandros ou em setores anastomosados e em linha reta. Compreendendo em cinco setores funcionais: Setor de cabeceira, Setor de planície de meandro, Setor Reto, Setor de Transição e o Setor fluviolacustre. Assine e Silva (2009) em seus estudos sobre o contraste dos tipos fluvial do rio Paraguai ao nordeste da borda do Pantanal, identificou quatro zonas geomorfologicamente principais na planície fluvial do rio Paraguai: trecho da planície de meandro, trecho baixa sinuosidade na planície, trecho de deposição moderno do leque aluvial e o trecho do sistema de meandro fluvial, que corroboram com o estudo de Wantzen *et al.* (2005).

Os sistemas rio-planície apresentam importante funcionamento ecológico e de acordo com o grau de conectividade entre o rio e a área adjacente, favorecem gradientes com alta heterogeneidade ambiental. O resultado seria uma grande variedade de habitats, permitindo a coexistência de diversos organismos (JUNK *et al.* 1989; WARD; STANFORD, 1995; WARD *et al.*, 2002; AMOROS; BORNETTE, 2002; JUNK; DA SILVA, 2003; THOMAZ *et al.*, 2007). Além disso, as variações do nível da água levam a mudanças abióticas e bióticas expressiva no tempo e no espaço. Durante períodos de estiagem, os habitats aquáticos da planície se isolam e ficam sujeitos a fatores ecológicos locais. Enquanto que nas cheias favorecem a conectividade e a similaridade entre habitats tornando mais homogêneos (DA SILVA; ESTEVES, 1995; WARD; TOCKNER, 2001; ABDO; DA SILVA, 2004; THOMAZ *et al.*, 2007).

A heterogeneidade ambiental é favorecida com a presença de macrófitas aquáticas, estas são consideradas muito importantes para a conservação da biodiversidade de grupos aquáticos nas áreas alagadas do alto rio Paraná (AGOSTINHO *et al.*, 2004). Estas comunidades apresentam uma diversidade de espécies e de formas de vida biológicas, as quais favorecem a formação de inúmeros habitats na coluna d'água, tanto vertical quanto horizontalmente. Vários autores consideram que elas são componentes fundamentais na maioria dos rios tropicais com planícies inundáveis (CAMARGO; ESTEVES, 1995). As plantas aquáticas interagem com outros atributos bióticos e abióticos exercendo significativa influência sobre a estrutura e o funcionamento do sistema (LOVERDE-OLIVEIRA; HUSZAR, 2007; POI DE NEIFF; NEIFF, 2006; PACHECO; DA SILVA, 2009).

A distribuição das macrófitas aquáticas em relação a variáveis ambientais como os três segmentos do rio com suas características geomorfológicas constituem questões novas para os rios da região do Pantanal. E com este estudo espera-se responder se há influencia dos três setores funcionais do rio Paraguai na diversidade de espécies de macrófitas aquáticas e nas variáveis limnológicas. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi comparar a dinâmica da estrutura e composição de macrófitas aquáticas e das variáveis limnológicas do canal principal do rio e as baías em três Setores Funcionais do rio Paraguai nos períodos de estiagem e cheia.

#### **4.OBJETIVO GERAL**

Avaliar a dinâmica da estrutura e composição de macrófitas aquáticas e das variáveis limnológicas do canal principal do rio e as baías em três Setores Funcionais do rio Paraguai nos períodos de estiagem e cheia.

#### **5.OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar no mapa os três setores funcionais do rio Paraguai como os setor de Meandro, Setor Reto e Setor de transição, e as baías adjacentes.
- Registrar em campo a composição e estrutura das macrófitas aquáticas nas baías e no rio Paraguai nos períodos de estiagem e cheia;
- Analisar os dados coletados sobre a composição e estrutura das macrófitas aquáticas nas baías e no rio Paraguai nos períodos de estiagem e cheia;
- Registrar em campo as variáveis limnológicas em todos os pontos de coleta de dados das macrófitas aquáticas nas baías e no rio Paraguai nos períodos de estiagem e cheia;
- Analisar os dados coletados sobre as variáveis limnológicas em todos os pontos de coleta de dados das macrófitas aquáticas nas baías e no rio Paraguai nos períodos de estiagem e cheia;
- Tabular todos os dados em planilhas para cálculos estatísticos.

## 6.MATERIAIS E MÉTODOS

### 6.1Área de Estudo

O estudo foi realizado no rio Paraguai no trecho situado entre a cidade de Cáceres e a Estação Ecológica de Taiamã. O rio Paraguai, nasce na Serra do Araporé, na encosta meridional da Serra dos Parecis, no Planalto Central do Brasil. Correndo de norte para sul, localizada entre os paralelos de latitude 14°00' e 22°00'S e longitude de 53°00' e 59°00'W. O Clima para a região é considerado como tropical de savana (AW), de acordo com a classificação de Köppen, sendo possível verificar em alguns locais, características climáticas entre úmido e semi-árido (Carvalho, 1986). A precipitação média anual na Bacia do Alto Paraguai varia de 800 mm a 1.600 mm na área do Pantanal (Hamilton *et al.* 1996).

Wantzen *et al.* (2005) realizaram estudos dos habitats aquáticos (canal principal, meandros secundários, baías e áreas alagáveis) existente ao longo do rio Paraguai entre a cidade de Cáceres e a Estação Ecológica da Ilha de Taiamã. Estes pesquisadores identificaram cinco setores funcionais que são: 1) Setor da cabeceira, que abrange desde a boca do rio Sepotuba até a cidade de Cáceres; 2) Setor de Meandro que inicia abaixo da cidade de Cáceres até a boca do rio Jaurú; 3) Setor Reto, compreendido entre a foz do rio Jaurú até o Morro Pelado; 4) Setor de Transição, entre o Morro Pelado até o início da ilha Taiamã; 5) Setor fluviolacustre, da parte superior da Ilha Taiamã para o Pantanal (ATTZ- Aquatic Terrestrial Transition Zone). Nesta pesquisa a área estudada abrange três Setores Funcionais: o Setor de Meandro, Setor Reto e Setor de Transição, desde a cidade de Cáceres até a Fazenda Descalvado, perfazendo cerca de 200 km de rio (Figura 1).

### 6.2 Metodologia

As coletas de dados foram realizadas em nove baías e no canal principal do rio Paraguai à jusante da entrada de cada baía. As baías analisadas foram: Setor de Meandro – Retiro Velho, Toma Vara e Simão Nunes; Setor Reto – Canto Grande, Jaurú Velho e Boca do Natalino; Setor de Transição – Morro, Morrinho e Miguel (Figura 1).

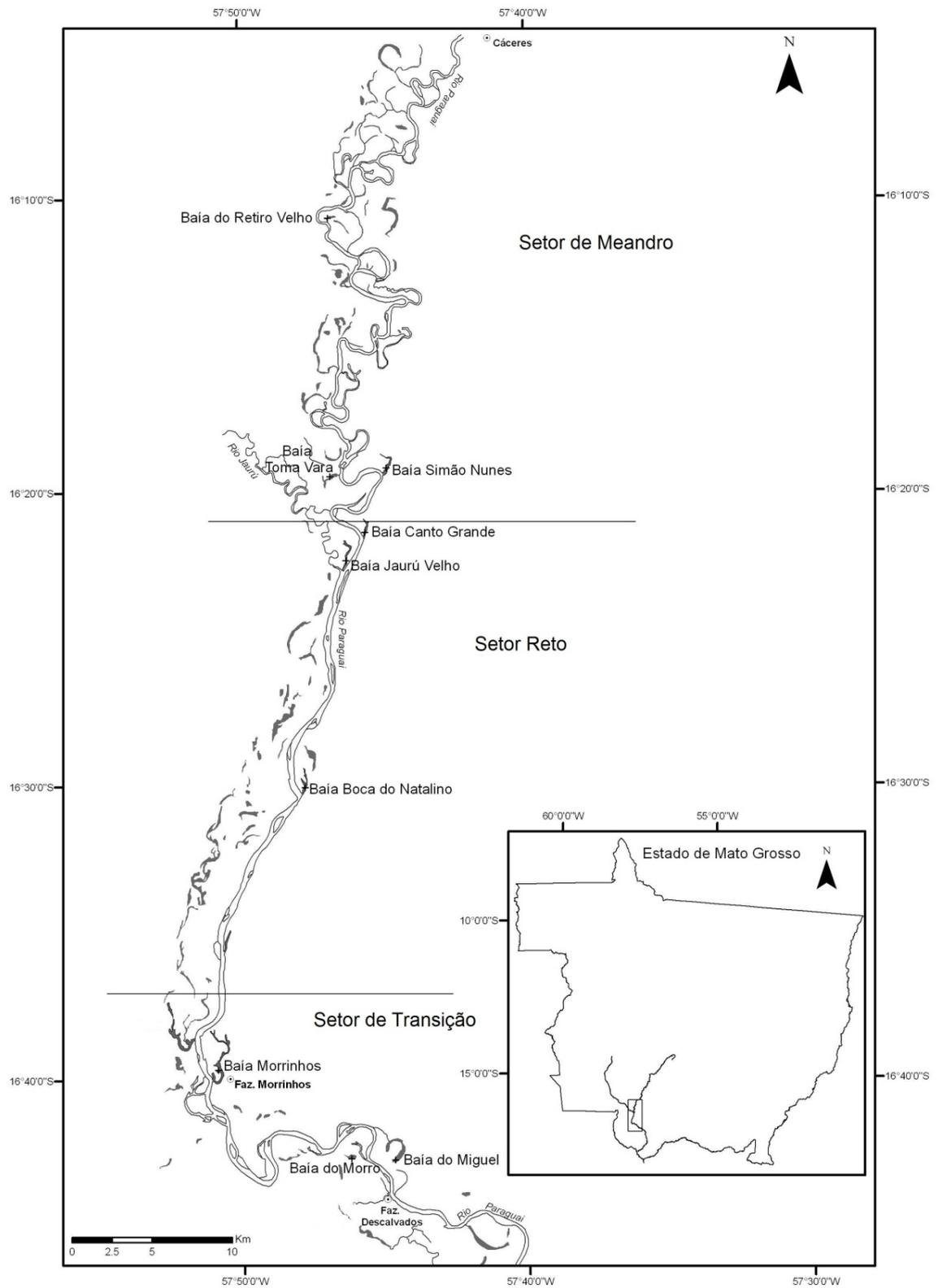


Figura 01: Área de estudo, o rio Paraguai desde a cidade de Cáceres até a Fazenda Descalvado. Os travessões representam a divisão dos três setores funcionais: Setor de Meandro, Setor Reto e o Setor de Transição. E as baías estudadas estão identificadas e sua localização ao longo do rio Paraguai.

Os dados deste estudo foram coletados em dois períodos: na estiagem, nos meses de agosto e setembro de 2008, e na cheia, nos meses de março e abril de 2009.

O registro de profundidade da coluna de água foi medido com uma corda graduada em metros e centímetros, com peso na extremidade. A transparência da água foi tomada utilizando o disco de Secchi e uma trena. A temperatura do ar (°C) foi medida através de um termômetro digital. As variáveis, temperatura da água (°C), pH, oxigênio dissolvido (mg/L) e condutividade elétrica da água ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) foram tomados por meio de aparelho Multi WTW.

Para análise dos nutrientes foram coletadas amostras de água em garrafas de polietileno e acondicionadas em caixas de isopor com gelo, e posteriormente foram congeladas e enviadas para as análises. Os nutrientes nitrogenados (íon amônio, nitrato, nitrogênio total) e fosfatados (ortofosfato e fósforo total) foram analisados de acordo com Golterman *et al.* (1978), Mackereth *et al.* (1978) e Carmouze (1994). A análise dos íons cálcio, magnésio, sódio e potássio dissolvido na água foram determinados pela técnica de Espectrofotometria de Chama e Absorção Atômica (CLESCERL *et al.* 1999).

Os dados das variáveis limnológicas foram analisados através do teste de ANOVA (um critério) para observar se os três setores apresentam diferenças ou não quanto aos valores dos dados limnológicos, comparando assim, entre as baías e entre os pontos do canal principal do rio.

Os atributos das comunidades de macrófitas aquáticas foram tomados utilizando o método de cobertura segundo Braun-Blanquet (1979). Para isto, utilizou um quadrado de 0,25m<sup>2</sup>, previamente subdividido em 16 partes, onde foi mensurado o grau de cobertura (porcentagem) de acordo com a visualização. Com os dados de cobertura foram calculados a frequência relativa da espécie, a cobertura relativa da espécie e o valor de cobertura da espécie. Também foram calculados o índice de diversidade de Shannon-Wener, e índice de equitabilidade de Pielou, utilizado o programa PC-ORD, V 4.0 (MCCUNE; MEFFORD, 1999).

## 7.RESULTADOS

### 7.1.Precipitação e níveis higrométricos

A precipitação pluviométrica e a variação do nível da água do rio Paraguai e estão representadas na figura 2. Pode-se observar que o volume de chuvas que ocorreram nos meses de janeiro, fevereiro, março e abril do ano de 2009 (689 mm) foi menor em relação ao mesmo período do ano de 2008 (866 mm). Durante o regime hidrológico do ano de 2008, o pico de cheia foi mensurado em fevereiro (4,66 m) e em 2009, em abril (4,42 m). Assim o pulso de inundação foi maior tanto em amplitude como em duração no ano de 2008.

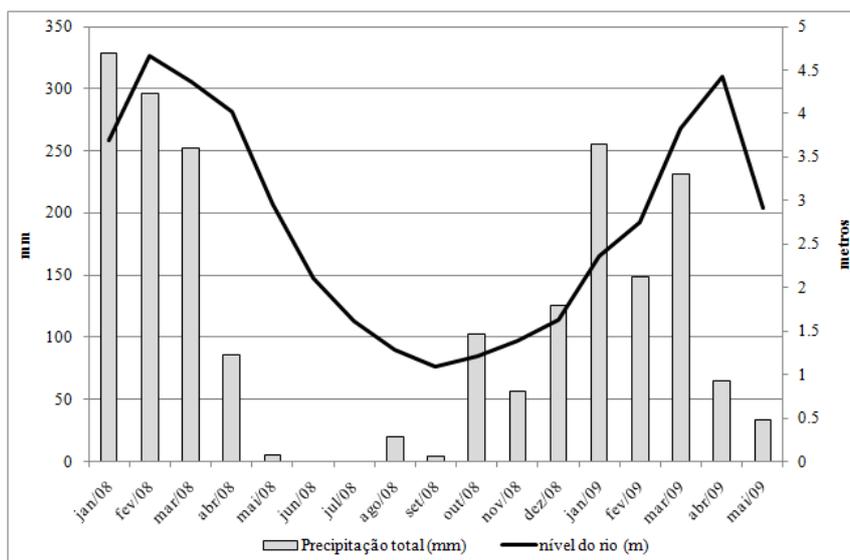


Figura 2 - Variações dos níveis hidrométricos do rio Paraguai (Estação Cáceres) e das precipitações locais durante o período de amostragem. Fonte: Agencia Fluvial de Cáceres - Capitania dos Portos, Marinha do Brasil e Estação meteorológica da Escola Agrotécnica Federal de Cáceres/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

## 7.2. Variáveis limnológicas

### 7.2.1. Período de Estiagem

A temperatura da água apresentou-se mais elevada nas baías em relação às águas do rio (Figura 3). O Setor de Meandro foi o que apresentou a menor temperatura da água, em relação aos outros setores. Os valores dos níveis da coluna de água, em todos os pontos do canal principal do rio à jusante das baías foram mais elevados do que nas baías. No Setor de Meandro, o nível da água (média 2,14 m,  $\pm 0,87$ ) foi mais elevado. Nas baías do Setor Reto (1,08 m,  $\pm 0,55$ ) foram as que apresentaram maiores profundidades, o que as diferenciou de outras baías, significativamente (tabela I). Conseqüentemente, as águas das baías do Setor Reto apresentaram valores maiores na transparência da água (0,64 m,  $\pm 0,35$ ), e houve diferenças significativas desta variável entre as baías (tabela I).

Os valores da transparência no canal do rio Paraguai, no Setor Reto também foram os mais elevados (0,42 m,  $\pm 0,07$ ). Os valores do pH foram mais elevados nas águas do rio Paraguai (Setor de Meandro –  $7,30 \pm 0,39$ ; Setor Reto –  $7,29 \pm 0,44$ ; Setor de Transição –  $7,18 \pm 0,41$ ).

O oxigênio dissolvido na água do canal principal do rio (Setor de Meandro –  $6,74 \pm 0,61$ ; Setor Reto –  $6,27 \pm 0,82$ ; Setor de Transição –  $6,6 \pm 0,59$ ) apresentou valores superiores em relação às baías. Dentre as baías, às do Setor de Meandro foram as que apresentaram menor teor deste gás ( $3,91 \pm 1,89$ ).

A condutividade elétrica da água foi elevada nas águas do Setor de Transição (baías –  $104,05 \pm 92,15$ ; rio –  $46,0 \pm 7,20$ ), seguido pelo Setor Reto (baías –  $70,0 \pm 43,98$ ; rio –  $43,16 \pm 2,54$ ). A diferença foi significativa, entre as baías e o três setores do canal principal do rio Paraguai (tabela I).

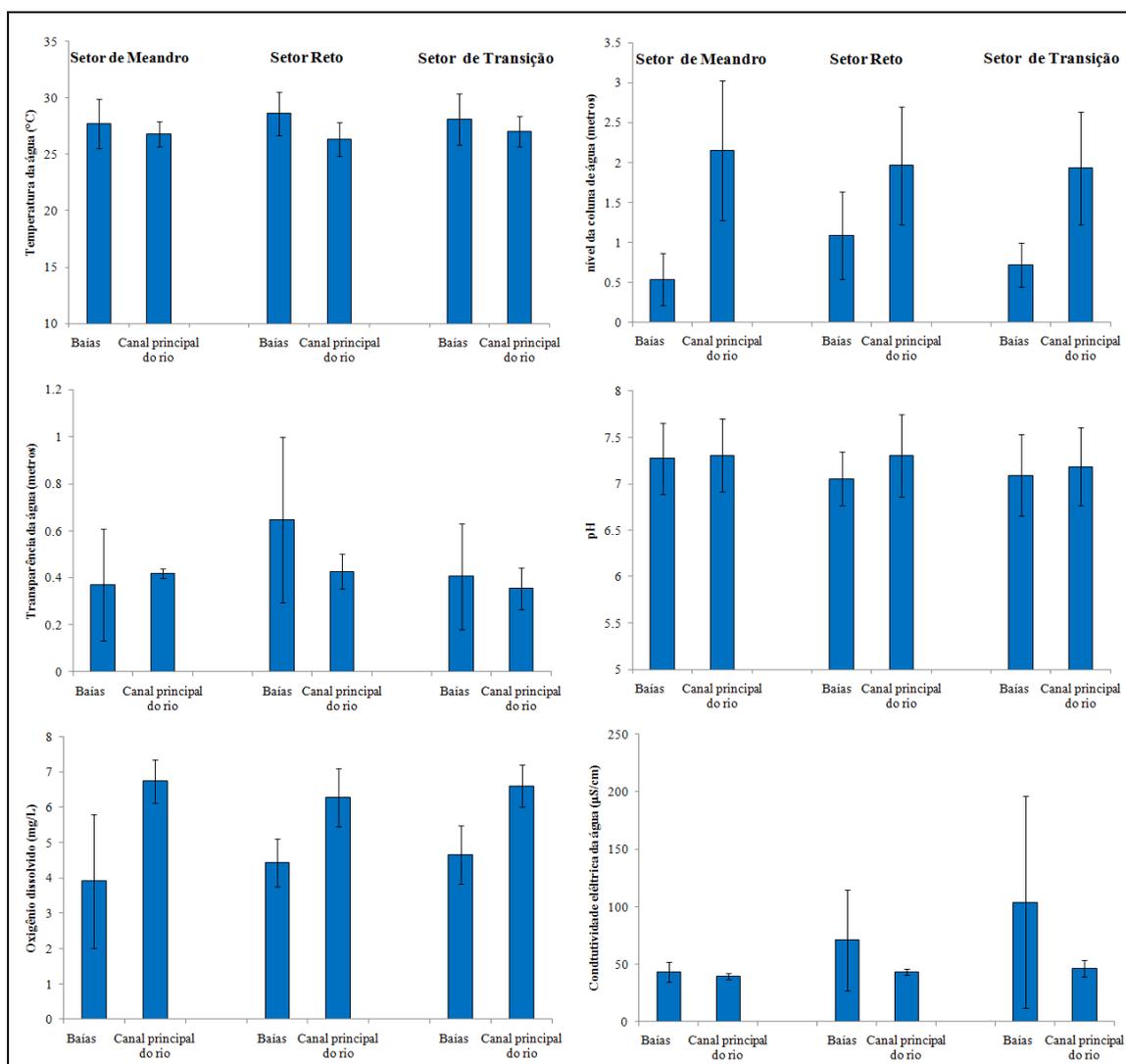


Figura 03 – Média e desvio padrão das variáveis limnológicas: temperatura da água, nível da coluna de água, transparência, pH, oxigênio dissolvido e condutividade elétrica da água, das baías e canal principal do rio Paraguai nos três setores funcionais (Setor de Meandro, Setor Reto, Setor de Transição) no período de estiagem.

Tabela I – Resultado da análise de ANOVA ( $\alpha = 0,05$ ) dos dados das variáveis limnológicas entre as baías e os pontos do canal principal do rio, nos três setores funcionais, no período de estiagem.

Variáveis limnológicas	Estiagem			
	Baías		Canal principal do rio	
	F	p	F	p
Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ )	4.52*	0.015	8.83*	0.001
Oxigênio dissolvido ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	1.58	0.214	2.14	0.128
pH	1.62	0.206	0.45	0.639
Transparência (Disco Secchi-m)	4.99*	0.010	5.78	0.005
Nível da água (metros)	8.22*	0.001	0.38	0.683
Temperatura da água ( $^{\circ}\text{C}$ )	0.71	0.496	1.13	0.332

As concentrações de nutrientes, nitrogenados e fosfatados analisados nas águas das baías e do canal principal do rio à jusante destas, mostraram ser bastante variável (Figura 4). O nitrato apresentou maiores valores nas águas do rio (Setor de Meandro – 12,51  $\mu\text{g/L} \pm 8,78$ ; Setor Reto – 12,40  $\mu\text{g/L} \pm 9,93$ ; Setor de Transição – 12,41 $\mu\text{g/L} \pm 9,14$ ) em relação às baías. As baías do Setor Reto foram as que apresentaram concentrações mais elevadas de nitrato (6,53  $\mu\text{g/L} \pm 7,87$ ), em relação as demais (Setor de Meandro – 0,92 $\mu\text{g/L} \pm 0,06$ ; Setor de Transição – 0,82  $\mu\text{g/L} \pm 0,11$ ).

O íon amônio apresentou os valores mais elevados nas baías (Setor de Meandro – 138,06  $\mu\text{g/L} \pm 66,40$ ; Setor Reto – 167,34  $\mu\text{g/L} \pm 66,87$ ; Setor de Transição – 322,30  $\mu\text{g/L} \pm 176,43$ ) em relação ao rio (Setor de Meandro – 61,71  $\mu\text{g/L} \pm 28,80$ ; Setor Reto – 75,22  $\mu\text{g/L} \pm 16,14$ ; Setor de Transição – 70,94 $\mu\text{g/L} \pm 17,90$ ). A concentração do nitrogênio total nas águas das baías foi mais elevada no Setor de Transição (1.236,30  $\mu\text{g/L} \pm 282,89$ ) em relação às outras baías (Figura 4).

O Setor de Transição apresentou o maior valor do íon ortofosfato (baías – 41,41 $\mu\text{g/L} \pm 23,13$  e no rio 17,17  $\mu\text{g/L} \pm 1,72$ ) e de fósforo total (baías – 83,33  $\mu\text{g/L} \pm 43,10$ ; rio – 38,71  $\mu\text{g/L} \pm 4,72$ ) conforme a figura 4.

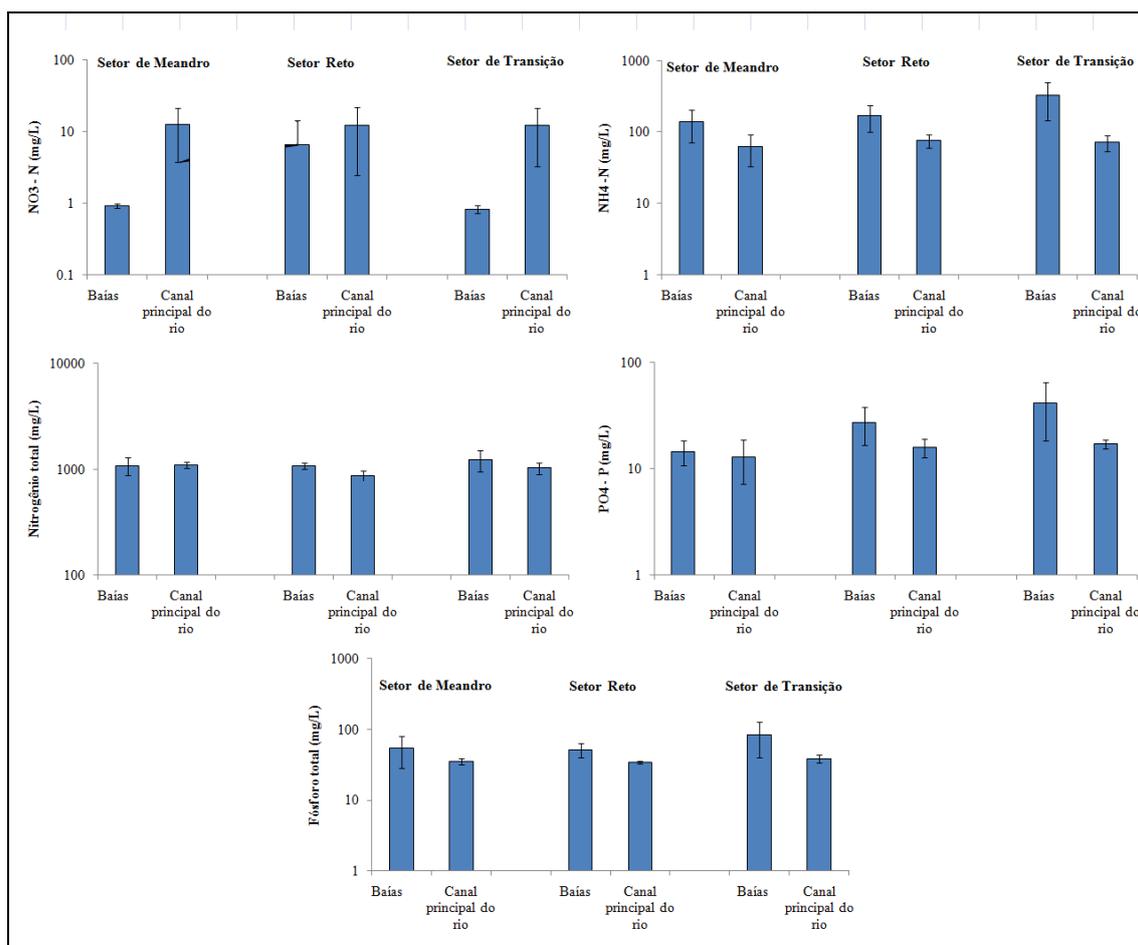


Figura 04 – Média e desvio padrão dos nutrientes nitrogenados e fosfatados das baías e do canal principal do rio Paraguai, nos três setores funcionais (Setor de Meandro, Setor Reto, Setor de Transição), no período de estiagem.

A concentração de magnésio na água das baías nos diferentes Setores foi semelhante (Setor de Meandro – 0,56 mg/L  $\pm$ 0,07; Setor Reto – 0,56 mg/L  $\pm$ 0,11; Setor de Transição – 0,50 mg/L  $\pm$ 0,08) (Figura 5). No canal principal do rio, o Setor Reto (0,76 mg/L  $\pm$ 0,01) apresentou maior teor deste íon em relação aos outros setores. O Setor de Transição apresentou concentrações mais elevadas de cálcio (10,93 mg/L  $\pm$ 7,88), sódio (3,13 mg/L  $\pm$ 1,51) e potássio (1,6 mg/L  $\pm$ 0,94) em relação as outras baías de outros setores (Figura 5).

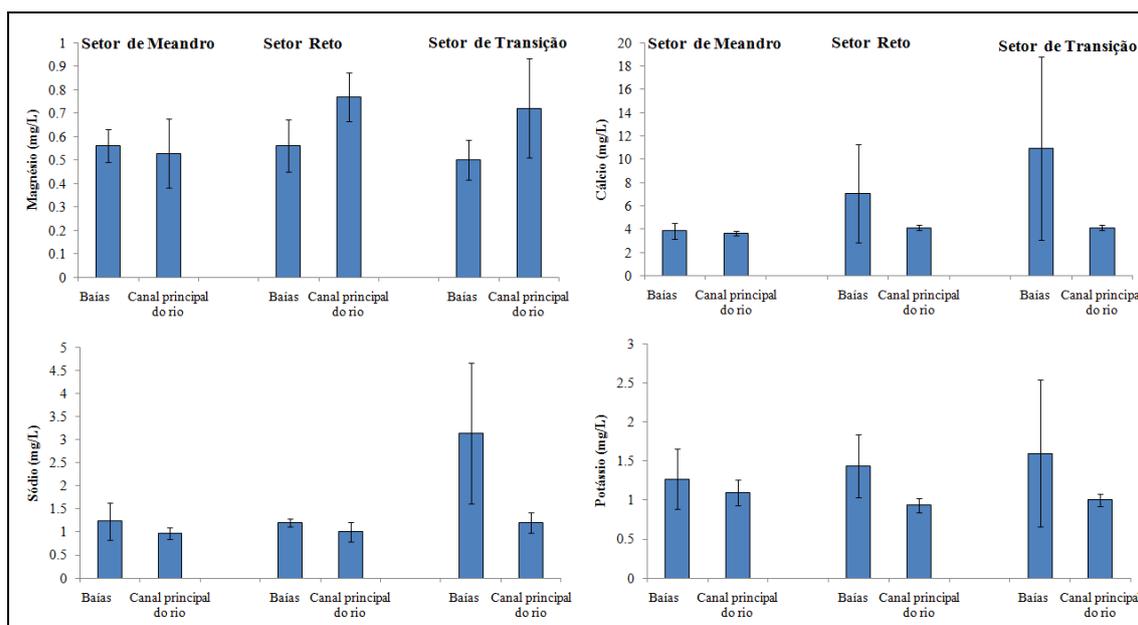


Figura 05 – Média e desvio padrão dos cátions: magnésio, cálcio, sódio e potássio da água das baías e do canal principal do rio Paraguai nos três setores funcionais (Setor de Meandro, Setor Reto, Setor de Transição), no período de estiagem.

### 7.2.2. Período de Cheia

A temperatura da água variou de 28,58°C a 29,28°C, sendo que nas baías a temperatura da água foi maior em relação ao rio (Figura 6). A profundidade da coluna de água continuou sendo maior no rio (Setor Meandro- 4,75 m; Setor Reto – 3,96 m; Setor de Transição – 4,46 m) do que nas baías. As baías do Setor Reto foram as que apresentaram maior profundidade (3,56 m) e maiores valores de transparência da água (0,89 m). O Setor Reto (baías e rio) apresentou as águas mais transparentes, seguido pelas águas do Setor de Transição.

O valor de pH variou entre 6,3 a 6,5, sendo as águas das baías dos Setores de Meandro e de Transição mais ácidas do que as do rio (Figura 6). No Setor Reto ocorreu o inverso, o rio apresentou-se mais ácido em relação às baías.

As concentrações de oxigênio dissolvido na água foram maiores no Setor de Meandro (baías – 1,83 mg/L  $\pm$  0,80; rio – 2,07 mg/L  $\pm$  0,64) em relação aos outros

setores, isto diferenciou significativamente de outras baías (Tabela II). A condutividade elétrica da água apresentou-se mais elevada no Setor Reto (baías – 54,83  $\mu\text{S}/\text{cm} \pm 20,21$ ; rio 61,27  $\mu\text{S}/\text{cm} \pm 22,13$ ) seguida pelo Setor de Transição (baías – 55,33  $\mu\text{S}/\text{cm} \pm 10,78$ ; rio 52,66  $\mu\text{S}/\text{cm} \pm 8,19$ ). Estes altos valores desta variável nas águas das baías e no canal principal do rio diferenciaram-nos do Setor de Meandro (Tabela II).

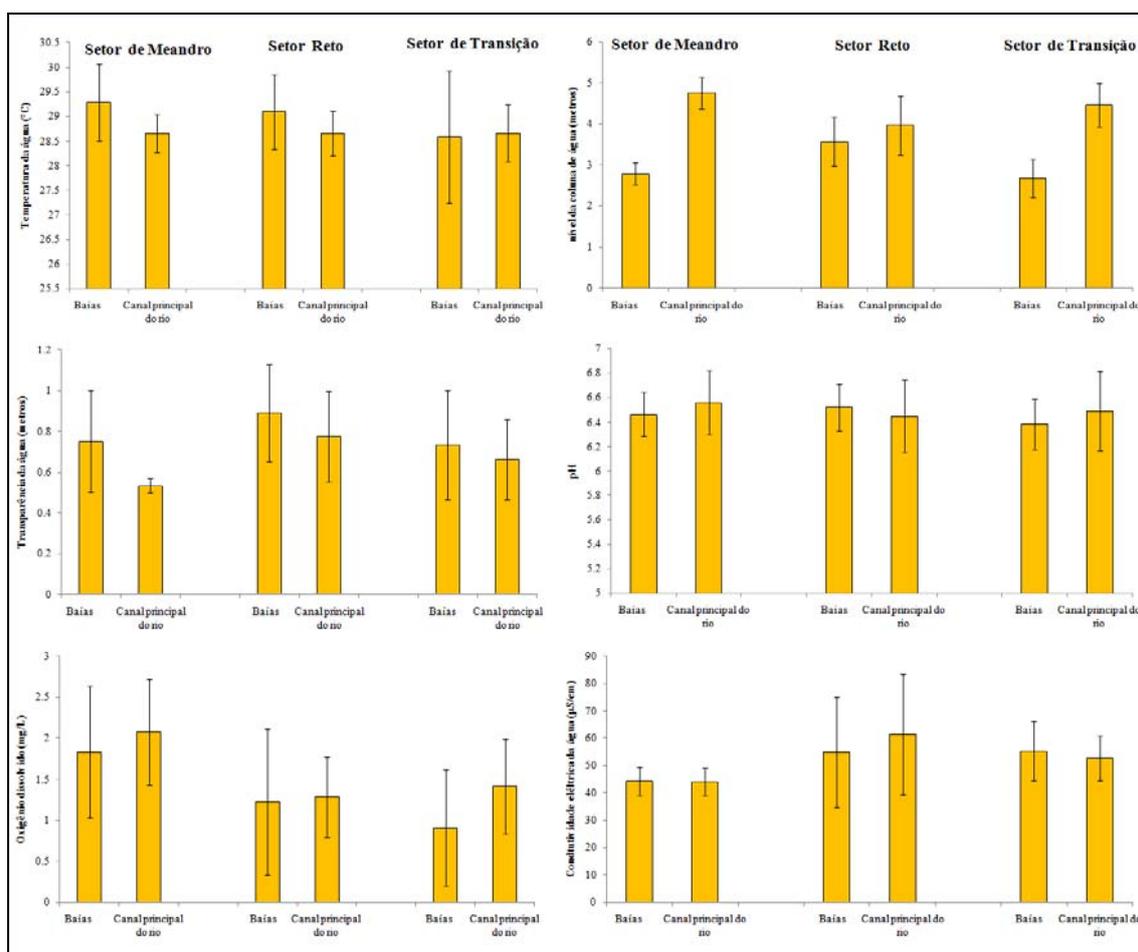


Figura 06 – Média e desvio padrão das variáveis limnológicas: temperatura da água, nível da coluna de água, transparência, pH, oxigênio dissolvido e condutividade elétrica da água, das baías e canal principal do rio Paraguai nos três setores funcionais (Setor de Meandro, Setor Reto, Setor de Transição) no período de cheia.

Tabela II – Resultado da análise de ANOVA ( $\alpha = 0,05$ ) dos dados das variáveis limnológicas entre as baías e os pontos do canal principal do rio, nos três setores funcionais, no período de cheia.

Variáveis limnológicas	Cheia			
	Baías		Canal principal do rio	
	F	p	F	p
Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ )	3.59*	0.035	6.39*	0.003
Oxigênio dissolvido ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	5.80*	0.005	9.45*	0.000
pH	2.22	0.119	0.61	0.547
Transparência (Disco Secchi-m)	2.03	0.142	8.39*	0.001
Nível da água (metros)	18.52*	0.000	8.38*	0.001
Temperatura da água ( $^{\circ}\text{C}$ )	2.27	0.114	0.00	0.999

O íon nitrato apresentou-se mais elevado nas baías do Setor de Transição (334,19 mg/L  $\pm$ 417,65) (Figura 7). Nas outras baías (Setor de Meandro – 0,92mg/L  $\pm$  0,06; Setor Reto – 1,24mg/L $\pm$ 0,29) e no rio (Setor de Meandro – 0,92mg/L  $\pm$  0,13; Setor Reto – 1,28mg/L $\pm$ 0,23), as concentrações de nitrato foram mais baixas e menos variável.

A concentração do íon amônio da água também apresentou-se mais elevado nas baías do Setor de Transição (74,54mg/L  $\pm$ 81,07). No rio as concentrações registradas foram Setor de Meandro (14,89 mg/L  $\pm$ 11,51) menor, Setor de Transição (7,88 mg/L $\pm$ 2,54).

A concentração de nitrogênio total na água foi mais semelhante entre o rio e as baías entre os três setores funcionais. As concentrações de ortofosfato (baías - 21,15mg/L  $\pm$ 5,75; rio – 21,28mg/L  $\pm$ 6,29) e fósforo total (baía – 68,20 mg/L  $\pm$ 6,63; rio – 59,35 mg/L  $\pm$ 8,36) foram mais elevados no setor Reto (Figura 7).

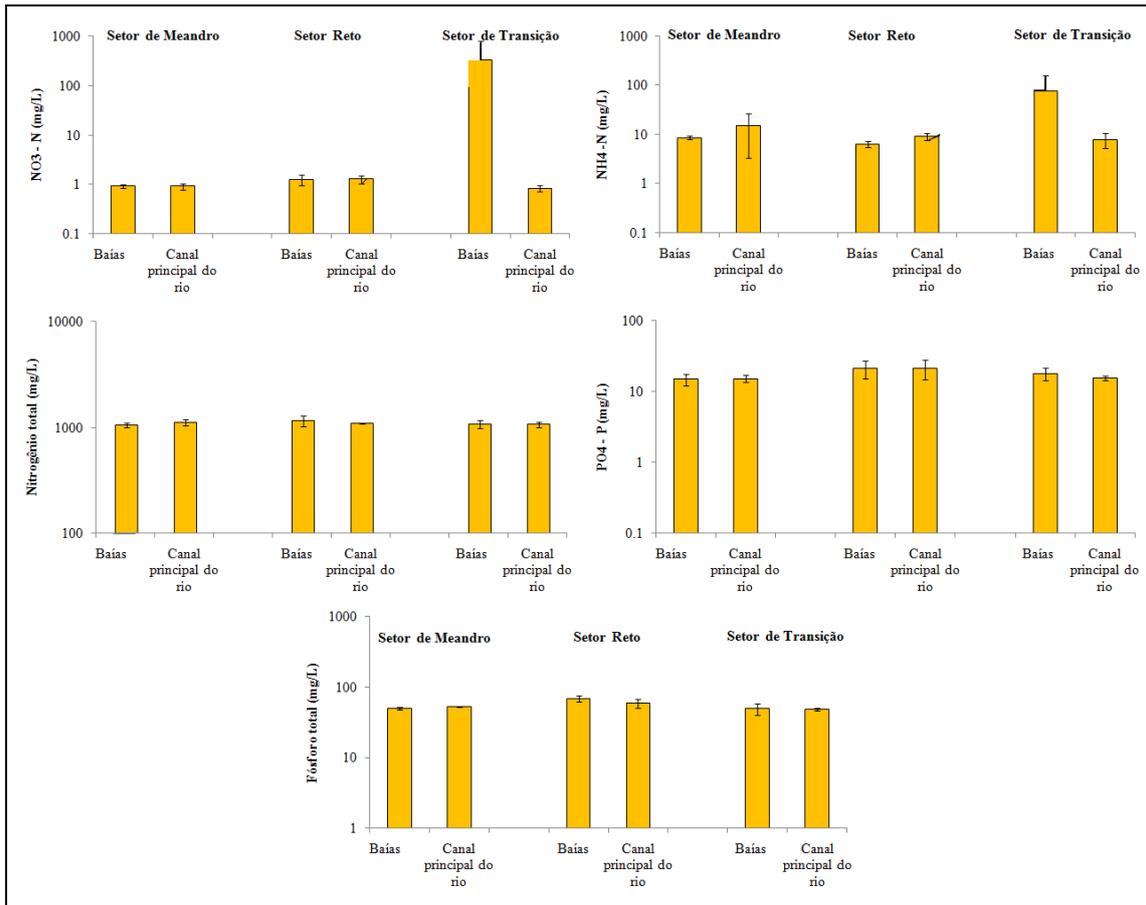


Figura 07 – Média e desvio padrão dos nutrientes nitrogenados e fosfatados das baías e do canal principal do rio Paraguai, nos três setores funcionais (Setor de Meandro, Setor Reto, Setor de Transição), no período de cheia.

O Setor de Meandro foi o que apresentou menor concentração dos cátions: magnésio, cálcio, sódio e potássio (Figura 8). O Setor de Transição apresentou altas concentrações de cálcio (baía – 7,13 mg/L  $\pm$ 0,24; rio – 6,53 mg/L  $\pm$ 0,33) na água e em seguida vem o Setor Reto (baía - 6,93 mg/L  $\pm$ 2,31; rio – 6,66 mg/L  $\pm$ 1,79). Entretanto o Setor Reto apresentou maiores valores dos cátions: sódio (baía – 2,40 mg/L  $\pm$ 1,62; rio – 2,40 mg/L  $\pm$ 1,55) e potássio (baía – 2,50 mg/L  $\pm$ 1,20; rio – 2,50 mg/L  $\pm$ 1,15).

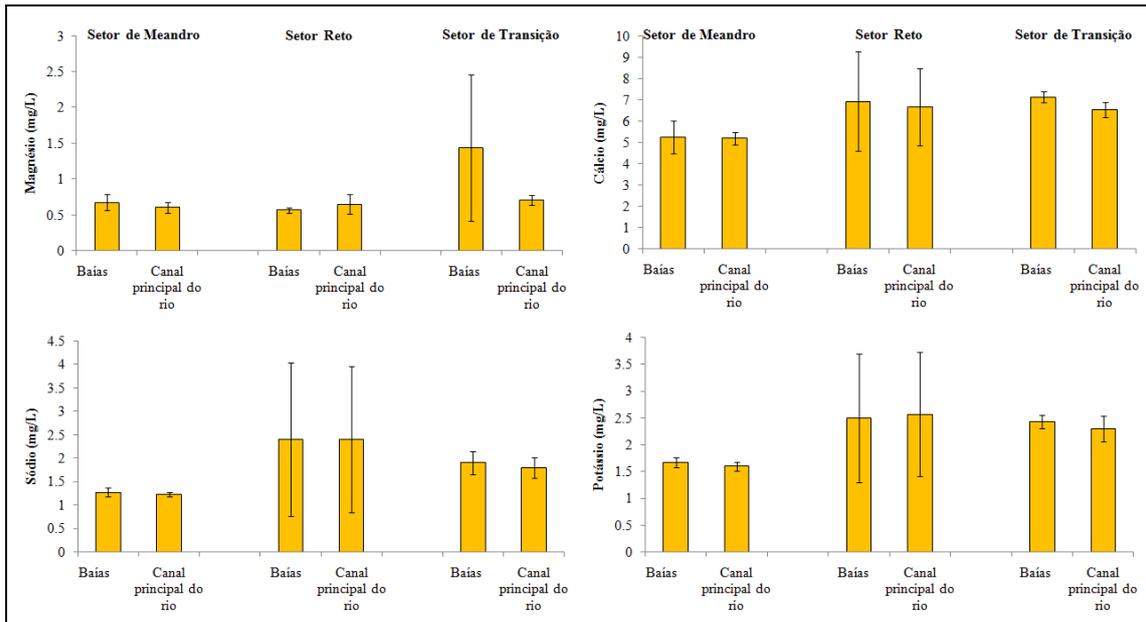


Figura 08 – Média e desvio padrão dos cátions: magnésio, cálcio, sódio e potássio da água das baías e do canal principal do rio Paraguai nos três setores funcionais (Setor de Meandro, Setor Reto, Setor de Transição), no período de cheia.

### 7.3. Comunidade de macrófitas aquáticas

#### 7.3.1. Período de estiagem

Neste estudo foram registradas 18 espécies distribuídas em 14 famílias (Tabela III). Na avaliação geral o predomínio das seguintes macrófitas: *Eichhornia azurea*, *Eichhornia crassipes*, *Salvinia auriculata*.

Tabela III – Listas de espécies de macrófitas aquáticas presente nas baías e no canal principal do rio Paraguai (C.P. do rio), nos três setores funcionais. No período de estiagem. A Listagem organizada Pott e Pott (2000).

Família/Espécies	Forma biológica	Estiagem					
		Setor de Meandro		Setor Reto		Setor de Transição	
		Baías	C. P. do rio	Baías	C. P. do rio	Baías	C. P. do rio
<b>Ricciaceae</b>							
<i>Ricciocarpus natans</i> (L.) Corda	FL	X		X		X	
<b>Azollaceae</b>							
<i>Azolla filiculoides</i> Lam.	FL	X		X		X	X
<i>Azolla caroliniana</i> Willd.	FL	X		X		X	
<b>Salviniaceae</b>							
<i>Salvinia auriculata</i> Aubl.	FL	X	X	X	X	X	X
<b>Apiaceae</b>							
<i>Hydrocotyle ranunculoides</i> L.f.	FF/E	X		X		X	
<b>Araceae</b>							
<i>Pistia stratiotes</i> L.	FL	X	X	X		X	X
<b>Commelinaceae</b>							
<i>Commelina schomburgkiana</i> Klotzsch ex Seub.	FF/E				X		X
<b>Cyperaceae</b>							
<i>Oxycaryum cubense</i> (Poepp. e Kunth) Palla	FF/E	X	X	X		X	X
<b>Euphorbiaceae</b>							
<i>Phyllanthus fluitans</i> Muell.Arg.	FL	X		X			
<b>Hydrocharitaceae</b>							
<i>Limnobium laevigatum</i> (Humb. e Bonpl. ex Willd.). Heine	FL	X		X		X	
<b>Lemnaceae</b>							
<i>Lemna valdiviana</i> Phil.	FL	X				X	
<i>Wolffiella lingulata</i> (Hegelm.) Hegelm.	FL	X		X		X	
<b>Onagraceae</b>							
<i>Ludwigia helminthorrhiza</i> (Mart.) Hara	FL	X		X		X	X
<b>Poaceae</b>							
<i>Paspalum repens</i> P.J. Bergius	FF/E	X			X	X	X
<b>Polygonaceae</b>							
<i>Polygonum ferrugineum</i> Wedd.	FF/E	X		X			X
<b>Pontederiaceae</b>							
<i>Eichhornia crassipes</i> Mart.	FL	X	X	X	X	X	X
<i>Eichhornia azurea</i> (Sw.) Kunth	FF/E	X	X	X	X	X	X
<i>Pontederia rotundifolia</i> L. f.	FF/E	X		X			X

Forma biológica: FL – Flutuante livre; FF/E – Flutuante fixa/Emergente

### **7.3.1.1.Abundância, riqueza e formas biológicas**

#### **7.3.1.1.1.Setor de Meandro**

Nas baías, a riqueza de espécies registradas foi 17 e no rio foram 5 espécies (Figura 10). Nas baías os maiores valores de abundância foram de *Eichhornia azurea* (36,10%), *Salvinia auriculata* (26,54%), *Eichhornia crassipes* (13,01%) e *Ludwigia helminorrhiza* (10,59%), enquanto nas margens do canal principal do rio, foram as macrófitas *Eichhornia azurea* (60,38%), *Eichhornia crassipes* (22,07%) e *Salvinia auriculata* (17,09%), conforme a figura 9.

Quanto à forma biológica das macrófitas aquáticas a do tipo flutuante livre foi a de maior ocorrência (baías - 12 espécies e rio – 3 espécies), em relação ao do tipo flutuante fixa/emergente (baías – 5 espécies e rio – 2 espécies), conforme a figura 11.

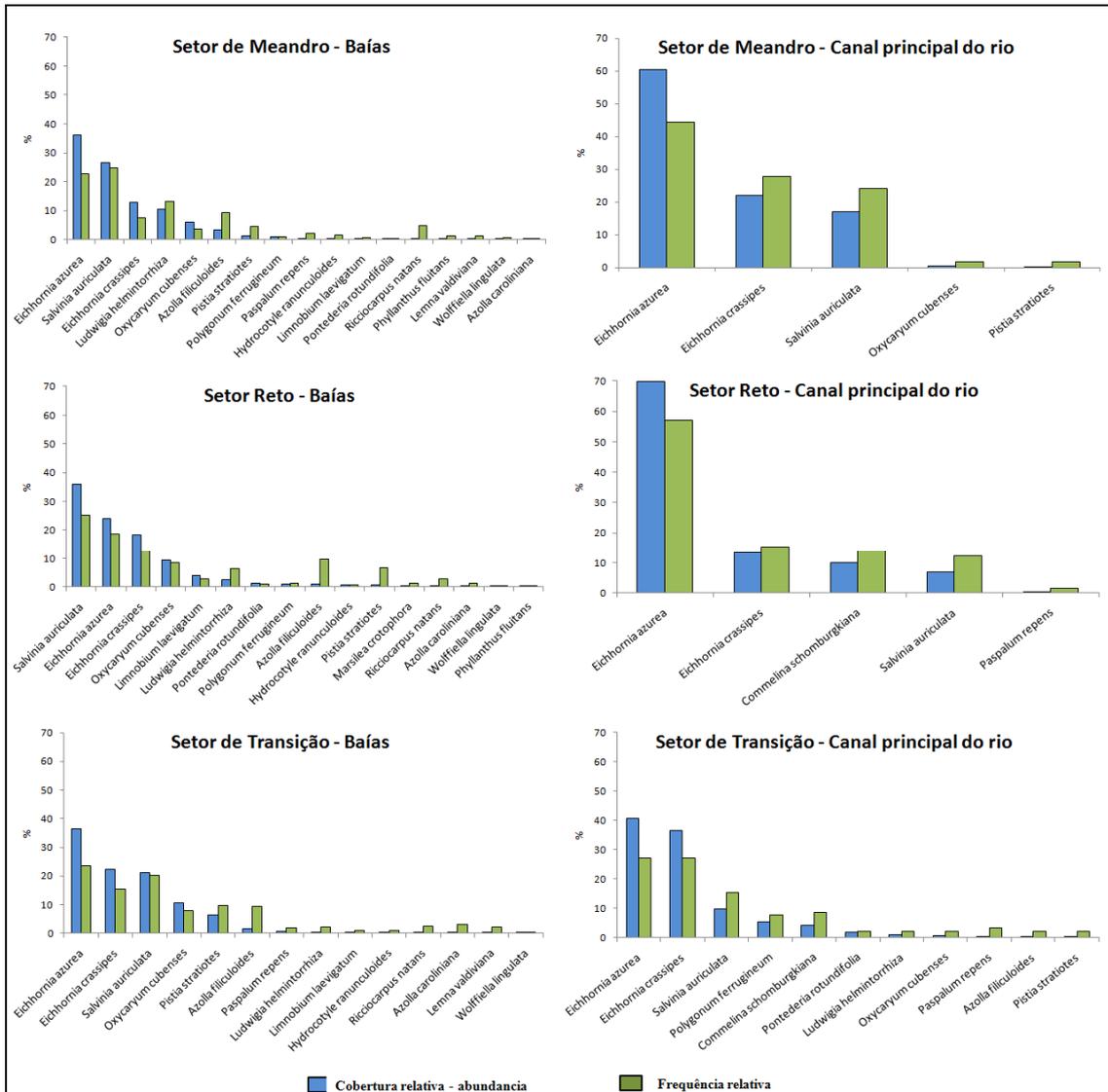


Figura 09 – Abundância e frequência relativa de macrófitas aquáticas nas baías e canal principal do rio Paraguai, nos três setores funcionais (Setor de Meandro, Setor Reto, Setor de Transição) no período de estiagem.

### 7.3.1.1.2. Setor Reto

Nas baías a riqueza de espécies registrada foi 16 e no rio 5 espécies (Figura 10). As maiores abundâncias nas baías foi de *Salvinia auriculata* (36,15%), *Eichhornia azurea* (24,03%), *Eichhornia crassipes* (18,41%) e *Oxycaryum cubenses* (9,51%), enquanto no rio as margens apresentam maior abundância de *Eichhornia*

*azurea* (69,75%), *Eichhornia crassipes* (13,32%), *Commelina schomburgkiana* (10,04%) e *Salvinia auriculata* (6,73%) (Figura 9). As baías apresentaram 12 espécies do tipo flutuantes livres e 4 espécies do tipo flutuante fixa/emergente. Enquanto o canal principal ocorreram 3 espécies do tipo flutuante fixa/emergente e 2 espécies do tipo flutuante livre (Figura 11).

#### **7.3.1.1.3.Setor de Transição**

Nas baías a riqueza de espécies registrada foi de 14 e no rio 11 espécies (Figura 10). As macrófitas aquáticas que apresentaram maior abundância foram: baía – *Eichhornia azurea* (36,55%), *Eichhornia crassipes* (22,35%), *Salvinia auriculata* (21,14%), *Oxycaryum cubenses* (10,49%) e *Pistia stratiotes* (6,53%); rio – *Eichhornia azurea* (40,73%), *Eichhornia crassipes* (36,62%), *Salvinia auriculata* (9,64%) e *Polygonum ferrugineum* (5,39%) (Figura 9).

Quanto às formas biológicas foram encontradas nas baías 11 espécies do tipo flutuantes livres e 3 espécies do tipo flutuante fixa/emergente, no rio foram 5 do tipo flutuante livre e 6 do tipo flutuante fixa/emergente (Figura 11).

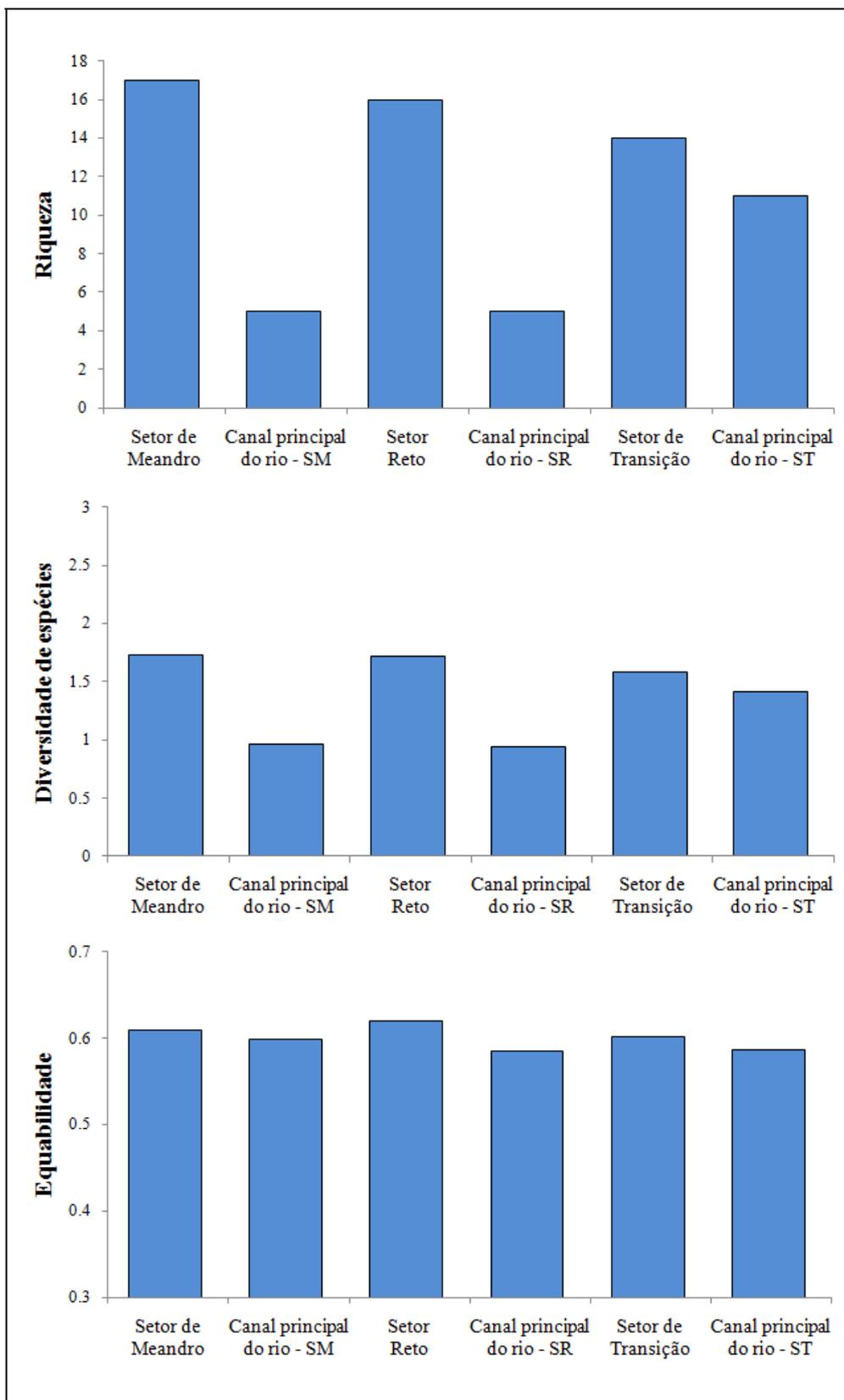


Figura 10 – Resultados de Riqueza, Índice de Diversidade de espécie (Shanon-Winer) e Índice de Equabilidade de Pielou das macrófitas aquáticas, das baías e canal principal do rio Paraguai, nos três setores funcionais (Setor de Meandro, Setor Reto, Setor de Transição), no período de estiagem.

### **7.3.1.2.Diversidade de espécies**

Na análise do índice de diversidade de Shannon-Winer, foi verificado que as baías do Setor de Meandro e Setor Reto são similares (Figura 10). O trecho do canal principal do rio no Setor de Transição apresentou maior diversidade de espécies.

O resultado do calculo do índice de equitabilidade de Pielou, apontou as baías do Setor Reto como as mais uniformes, quanto ao numero de espécies e abundância, seguida pelas baías dos Setores de Meandro e de Transição. No rio o trecho do Setor de Meandro, seguidas pelo trecho do Setor de Transição foram os que obtiveram melhores valores.

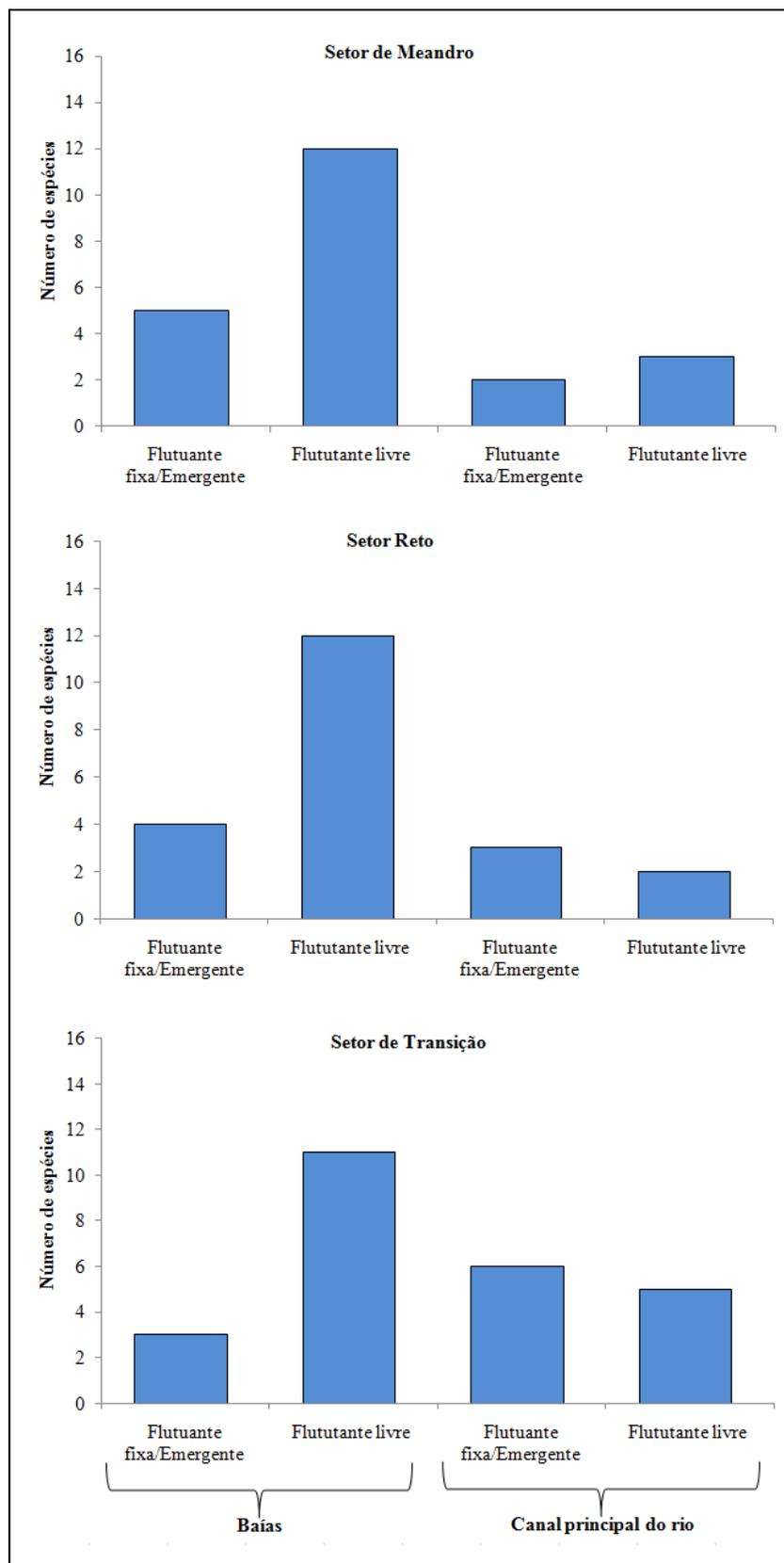


Figura 11 – Numero de espécies com as formas biológicas, das macrófitas aquáticas, dos tipos: Flutuante fixa/emergente e flutuante livre, observadas nas baías e canal principal do rio Paraguai, nos três setores funcionais (Setor de Meandro, Setor Reto, Setor de Transição), no período de estiagem.

### 7.3.2. Período da Cheia

Neste estudo foram registradas 22 espécies distribuídas em 17 famílias (Tabela IV). Na avaliação geral o predomínio das seguintes macrófitas: *Eichhornia azurea*, *Eichhornia crassipes*, *Salvinia auriculata*, *Pistia stratiotes* e *lemna valdiviana*.

Tabela IV – Listas de espécies de macrófitas aquáticas presente nas baías e no canal principal do rio Paraguai (C.P. do rio), nos três setores funcionais. No período de cheia. A listagem segue a ordem segundo Pott e Pott (2000).

Família/Espécie	Formas biológicas	Cheia					
		Setor de Meandro		Setor Reto		Setor de Transição	
		Baías	C. P. do rio	Baías	C. P. do rio	Baías	C. P. do rio
<b>Ricciaceae</b>							
<i>Ricciocarpus natans</i> (L.) Corda	FL	X	X	X		X	
<b>Azollaceae</b>							
<i>Azolla filiculoides</i> Lam.	FL	X	X	X		X	X
<i>Azolla caroliniana</i> Willd.	FL	X		X		X	
<b>Marsileaceae</b>							
<i>Marsilea crotifera</i> D.M. Johnston	FF/E			X		X	
<b>Salviniaceae</b>							
<i>Salvinia auriculata</i> Aubl.	FL	X	X	X	X	X	X
<b>Apiaceae</b>							
<i>Hydrocotyle ranunculoides</i> L.f.	FF/E	X		X		X	
<b>Araceae</b>							
<i>Pistia stratiotes</i> L.	FL	X	X	X	X	X	X
<b>Commelinaceae</b>							
<i>Commelina schomburgkiana</i> Klotzsch ex Seub.	FF/E				X		X
<b>Cyperaceae</b>							
<i>Oxycaryum cubense</i> (Poepp. e Kunth) Palla	FF/E	X		X		X	
<b>Euphorbiaceae</b>							
<i>Phyllanthus fluitans</i> Muell.Arg.	FL	X	X		X		
<b>Hydrocharitaceae</b>							
<i>Limnobium laevigatum</i> (Humb. e Bonpl. ex Willd.). Heine	FL	X		X			
<b>Leguminosae-Mimosaceae</b>							
<i>Neptunia prostrata</i> (Lam..)Baill.	FL					X	
<b>Lemnaceae</b>							
<i>Lemna valdiviana</i> Phil.	FL	X	X	X	X	X	X
<i>Wolffiella lingulata</i> (Hegelm.) Hegelm.	FL	X	X	X		X	
<i>Wolffiella oblonga</i> (Phil.) Hegelm.	FL	X					X

<b>Nymphaeaceae</b>							
<i>Victoria amazônica</i> (Poepp.) Sowerby	FF/E	X					
<b>Onagraceae</b>							
<i>Ludwigia helminthorrhiza</i> (Mart.) Hara	FL	X		X		X	
<b>Poaceae</b>							
<i>Paspalum repens</i> P.J. Bergius	FF/E	X	X		X	X	X
<b>Polygonaceae</b>							
<i>Polygonum ferrugineum</i> Wedd.	FF/E	X	X			X	X
<b>Pontederiaceae</b>							
<i>Eichhornia crassipes</i> Mart.	FL	X	X	X	X	X	X
<i>Eichhornia azurea</i> (Sw.) Kunth	FF/E	X	X	X	X	X	X
<i>Pontederia rotundifolia</i> L. f.	FF/E	X	X	X		X	X

Forma biológica: FL – Flutuante livre; FF/E – Flutuante fixa/Emergente

### 7.3.2.1. Abundância, riqueza e formas biológicas

#### 7.3.2.1.1. Setor de Meandro

As macrófitas aquáticas *Eichhornia azurea* (22,68%), *Eichhornia crassipes* (20,42%), *Ludwigia helminthorrhiza* (18,63%), *Azolla filiculoides* (13,21%) e *Salvinia auriculata* (10,17%) foram as mais abundantes nas baías (Figura 12). Na margem do canal do rio à jusante da baía as espécies mais abundantes foram: *Eichhornia azurea* (42,05%), *Pontederia rotundifolia* (21,80%), *Eichhornia crassipes* (13,23%) e *Salvinia auriculata* (11,68%).

Quanto à riqueza de espécies foram observados nas baías 19 espécies (Figura 13), sendo 13 espécies do tipo flutuantes livres e 6 tipo flutuante fixa/emergente (Figura 14). No rio a riqueza de espécie foi 12, sendo que 8 espécies são do tipo flutuante livre e 4 do tipo fixa flutuante/emergente.

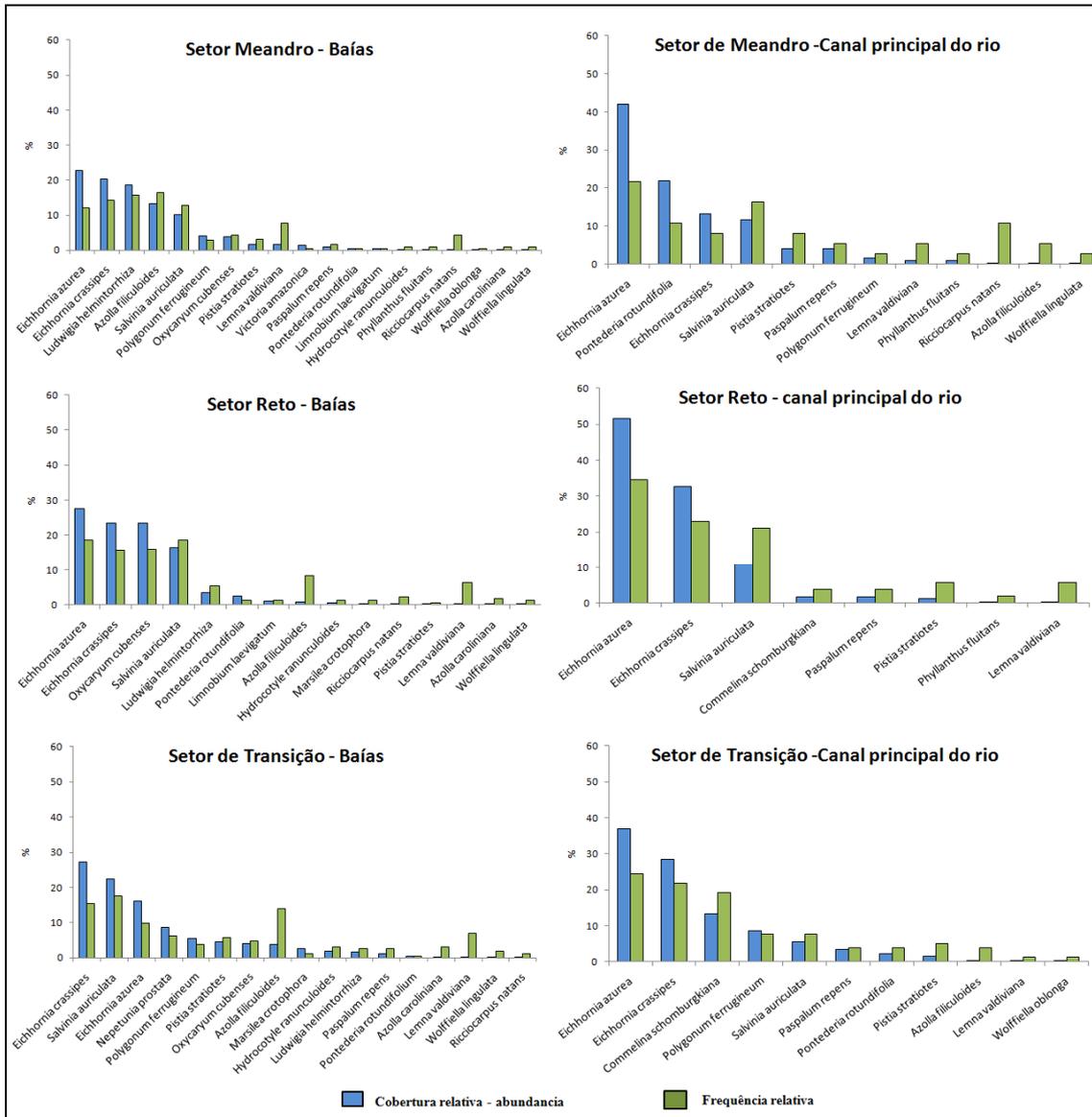


Figura 12 – Abundância e frequência relativa de macrófitas aquáticas nas baías e canal principal do rio Paraguai, nos três setores funcionais (Setor de Meandro, Setor Reto, Setor de Transição) no período de cheia.

### 7.3.2.1.2. Setor Reto

As baías apresentaram maiores abundância das seguintes espécies de macrófitas: *Eichhornia azurea* (27,66%), *Eichhornia crassipes* e *Oxycaryum cubenses* (23,45%), *Salvinia auriculata* (16,48%). Enquanto que no rio foi observada a

abundância das seguintes espécies: *Eichhornia azurea* (51,67%), *Eichhornia crassipes* (32,59%) e *Salvinia auriculata* (10,88%) (Figura 12).

A riqueza de espécie da baía foi de 15 (Figura 13), sendo que 12 foram do tipo flutuante livre e 3 do tipo flutuante fixa/emergente. O rio apresentou a riqueza de 8 espécies, sendo que 5 espécies foram do tipo flutuante livre e 3 do tipo flutuante fixa/emergente (Figura 14).

#### **7.3.2.1.3. Setor de Transição**

Neste setor as baías apresentaram maiores valores de abundância de *Eichhornia crassipes* (27,14%), *Salvinia auriculata* (22,42%), *Eichhornia azurea* (16,23%) e *Nepetunia próstata* (8,69%). Enquanto que no rio foi observada a abundância das seguintes espécies: *Eichhornia azurea* (36,86%), *Eichhornia crassipes* (28,37%), *Commelina schomburgkiana* (13,32%) e *Polygonum ferrugineum* (8,68%) (Figura 12).

A riqueza foi distribuída em 17 espécies na baía e 11 espécies no rio (Figura 13). Sendo que nas baías a forma biológica que apresentou maior número foi a do tipo flutuante livre com 12 espécies e 5 espécies de flutuante fixa/emergente (Figura 14). No rio o tipo biológico flutuante livre foram 6 e 5 do tipo flutuante fixa/emergente.

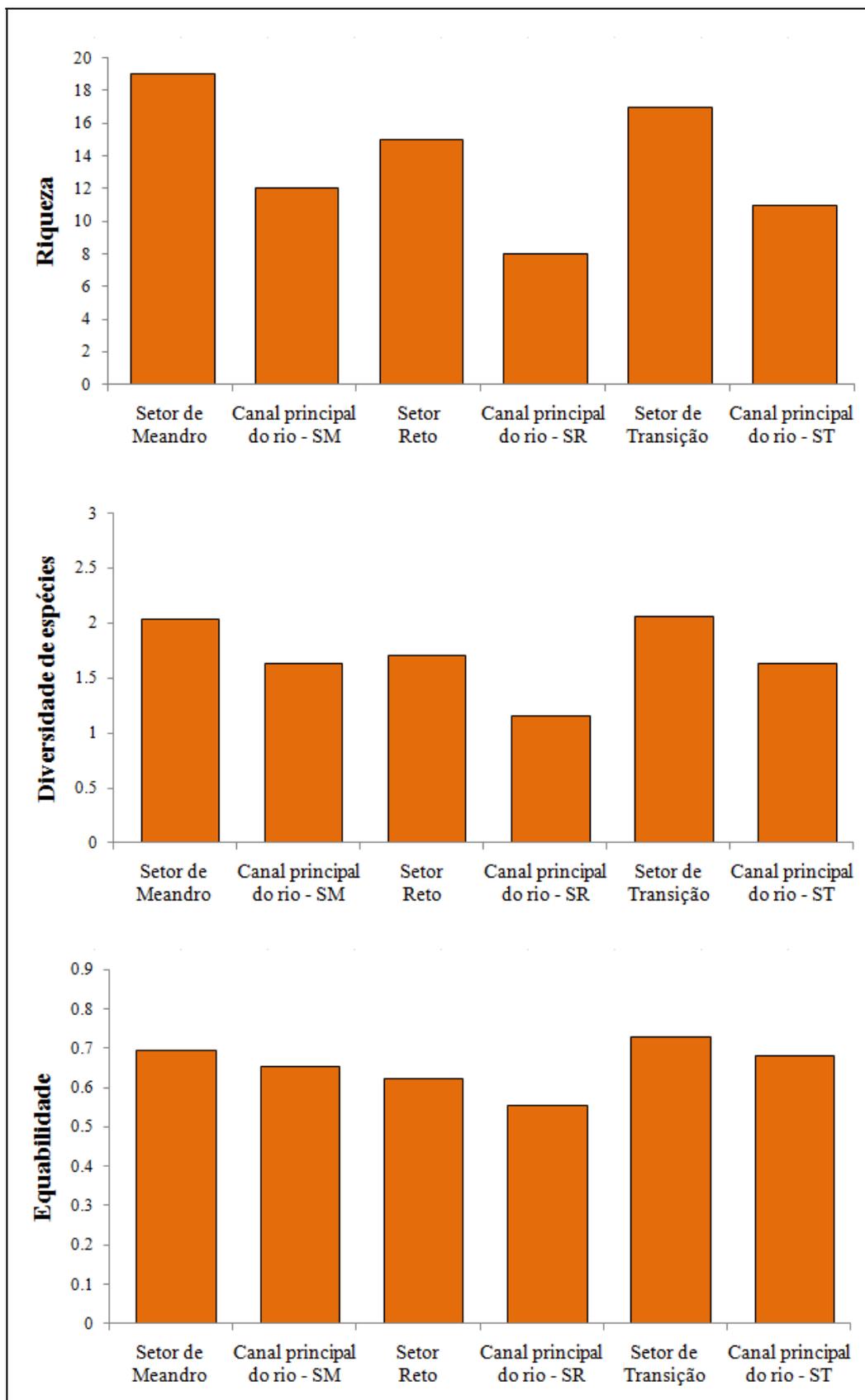


Figura 13 – Resultados de Riqueza, Índice de Diversidade de espécie (Shanon-Winer) e Índice de Equabilidade de Pielou das macrófitas aquáticas, das baías e canal principal do rio Paraguai, nos três setores funcionais (Setor de Meandro, Setor Reto, Setor de Transição), no período de cheia.

### **7.3.2.2. Diversidade de espécies**

A diversidade de espécies analisada para o período de água alta mostrou que Setor de Meandro (baía – 2,04; rio – 1,63) e Setor de Transição (baías – 2,06; rio – 1,63) foram os que apresentaram maiores valores. O Setor de Transição (baía – 0,73; rio – 0,68) baía e rio, foi o que apresentou maior valor de equitabilidade, apresentando-se o mais uniforme quanto à abundância e ao número de espécies de macrófitas, em seguida vem o Setor de Meandro (baía – 0,69; rio – 0,65).

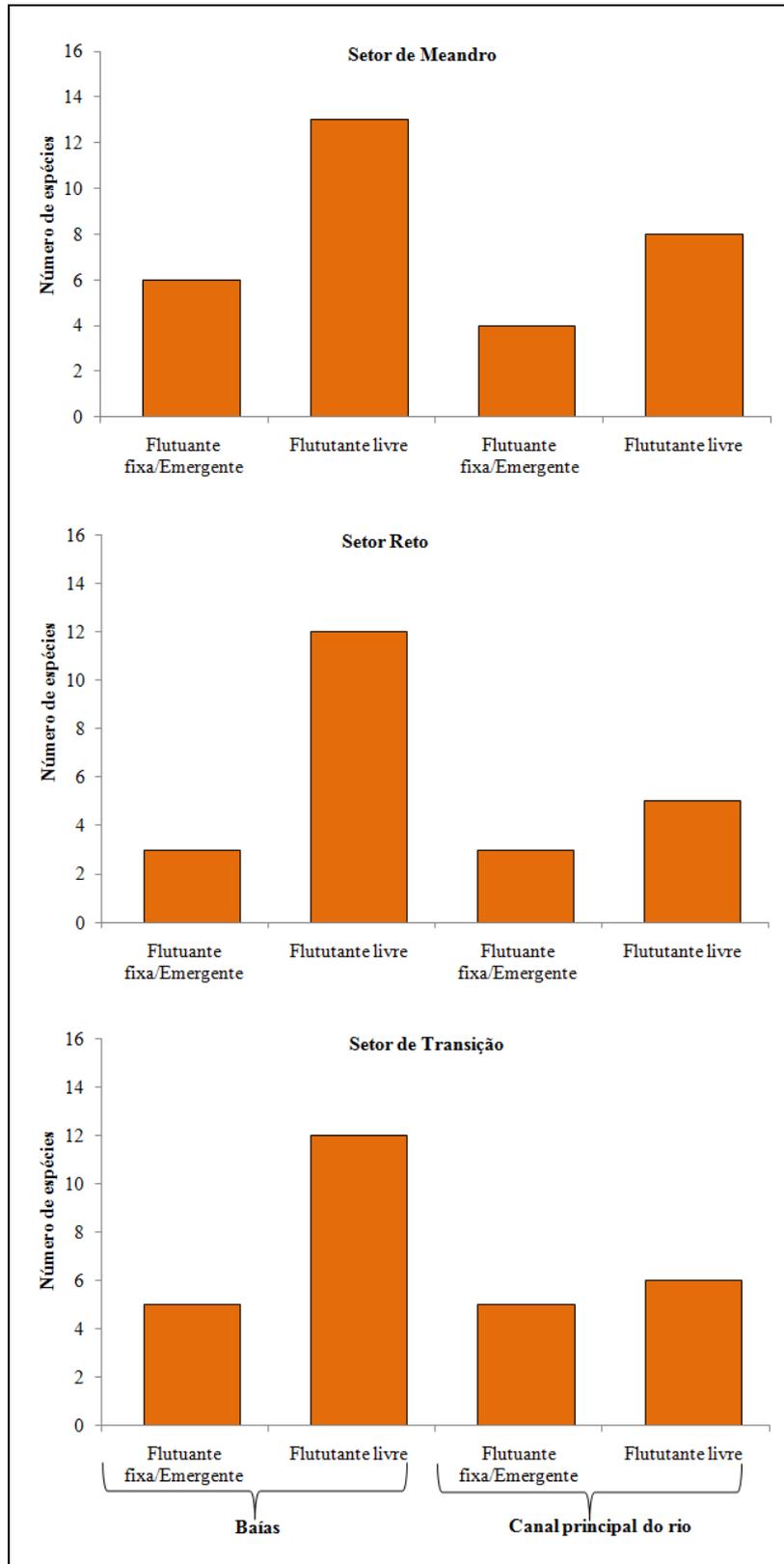


Figura 14 – Numero de espécies com as formas biológicas, das macrófitas aquáticas, dos tipos: Flutuante fixa/emergente e flutuante livre, observadas nas baías e canal principal do rio Paraguai, nos três setores funcionais (Setor de Meandro, Setor Reto, Setor de Transição), no período de Cheia.

## 8.DISSCUSSÃO

No período de estiagem as baías apresentaram maiores valores de temperatura, provavelmente devido aos menores valores na coluna de água e por ser um ambiente lântico. As águas das baías do Setor Reto apresentaram maiores valores de transparência, e do nível de água. Entretanto o canal do rio do Setor Reto não foi o que apresentou maior nível de água apresentou às águas mais transparente, devido, provavelmente à morfologia do rio neste trecho ser mais reto e a movimentação da água é menor, ocorrendo à sedimentação do material particulado deixando as águas mais transparentes. As baías do Setor de Meandro apresentaram os menores valores de oxigênio dissolvido, provavelmente pode estar relacionado aos menores valores do nível de água, transparência e maior sinuosidade do rio, neste trecho.

Wantzen *et al.* (2005) registraram diferentes graus de sinuosidade do rio, nos três trechos estudados do rio Paraguai: alta sinuosidade ( $S=2,2$ ) no Setor de Meandro; baixa sinuosidade ( $S=1,1$ ) no Setor Reto; média sinuosidade no Setor de Transição ( $S=1,4$ ). Portanto esta característica pode explicar os altos valores de oxigênio dissolvido existente nas águas do rio neste período, principalmente no Setor de Meandro.

Os altos valores da condutividade elétrica podem estar relacionados à localização de algumas das baías, do Setor Reto e Setor de Transição, por estar à margem esquerda do rio Paraguai, na área de influencia da província serrana da Serra das Araras constituída pelo Grupo Alto Paraguai, com Formação Araras, onde predominam sedimentos carbonáticos calcíferos e pelíticos na base e dolomitos no topo e finas intercalações de siltitos e folhelhos (Mato Grosso, 2001). Esta condição pode explicar o aumento da condutividade nesses setores, corroborando pelos altos valores de cálcio nas baías e rio. No Pantanal, baías com valores mais elevados de cátions, ocorrem isoladas na paisagem e estão associados a duas fontes de contribuições: na ocorrência de rochas calcárias ou com a presença de aves coloniais formando Ninhais (Abdo e Da Silva, 2004)

Os nutrientes nitrogenados e fosfatados, e os cátions em geral apresentaram maiores teores neste período, de água baixa, principalmente nas baías. Tal concentração deve-se, provavelmente, ao menor volume de água nas baías, ocasionando a concentração desses nutrientes, ao metabolismo mais intenso devido a altas temperaturas, e a decomposição de macrófitas aquáticas.

No período de cheia quando todos os grupos funcionais apresentam-se conectados, as baías e o canal principal do rio, as características limnológicas são mais homogêneas (Abdo da Silva 2004; Bleich, 2009). As baías nos três setores apresentaram valores de condutividade elétrica da água e os teores de oxigênio dissolvido com diferenças significativas. O Setor de Meandro diferencia das demais por apresentar maior valor de oxigênio dissolvido e menores valores dos íons dissolvidos, como nitrato, nitrogênio total, ortofosfato, fósforo total, cálcio, potássio e sódio, resultando menor valor da condutividade.

O Setor Reto e o Setor de Transição apresentaram altas concentrações de cátions: cálcio, potássio, sódio e magnésio, devido provavelmente ao aporte de rochas calcárias e nutrientes nitrogenados e fosfatados, devido a decomposição de material orgânico local. Nestes setores foi observada a presença da “dequada”. Este fenômeno acontece quando a entrada de água nas baías associada à grande volume de macrófitas aquáticas, a entrada de material proveniente das áreas adjacentes, que passa a ser submersa, são decompostos, diminuindo o teor de oxigênio e pH e aumentando os valores da condutividade elétrica da água (Da Silva, 1984; Hamilton et al, 1995; Calheiros e Ferreira, 1996; Hamilton *et al.* 1997).

A ocorrência do fenômeno “dequada” também foi observada no Setor de Meandro. A homogeneização das águas entre os setores no período de água alta ocorreu somente nas baías e o canal do rio principal (lateral), sendo diferente entre os setores (longitudinal).

As macrófitas aquáticas que apresentaram maiores valores de abundâncias neste período foram *Eichhornia azurea*, *Eichhornia crassipes* e *Salvinia auriculata* para todos os ambientes e setores.

Neste período de estiagem, a riqueza de espécies, os valores de diversidade e número de espécies quanto ao tipo biológico, nas baías do Setor de Meandro foi mais elevada, seguida das baías do Setor Reto e Setor de transição. Provavelmente estas diferenças estejam relacionadas à geomorfologia fluvial, típica de cada setor. O Setor de Meandro é um trecho com alta sinuosidade que favorecem um número alto de baías, canais secundários, canais antigos do rio abandonado e áreas alagadas, (Wantzen et. al, (2005) classificados por estes autores como grupos funcionais, com diferentes graus de conectividade com o rio. Wantzen *et al.* (2005) observaram que a diversidade desses grupos funcionais ao longo do rio Paraguai são maiores nos setores de Meandro e Transição.

*Eichhornia azurea* foi a espécie que obteve maior abundância, principalmente nas baías dos Setores de Meandro e de Transição. Enquanto que *Salvinia auriculata* apresentou abundância elevada nas Baías do Setor Reto, devido, provavelmente ao alto valor da coluna da água. O canal principal do rio, enquanto grupo funcional, no trecho do Setor de Transição foi o que apresentou maior riqueza e diversidade de espécies. Verificamos que neste setor as presenças de espécies flutuantes fixas e/ou emergentes foram determinantes para este resultado. Ikeda-Castrillon (2010) observou que a variação da amplitude do pulso de inundação do rio Paraguai, foi menor nas ilhas estudadas próximas à Fazenda Descalvado (Setor de Transição) em relação às ilhas mais próximas a cidade de Cáceres (Setor de Meandro). Portanto, as características geomorfológicas deste ambiente podem estar atuando na permanência das espécies flutuante fixa e/ou emergente nesta área em relação às outras. Também verificamos que o índice de equitabilidade do Setor de Transição mostrou maior uniformidade entre a abundância e a riqueza das espécies ali presente.

No período de cheia, o Setor de Meandro foi o que apresentou a maior riqueza de espécie e altos valores na diversidade de macrófitas aquáticas, seguido pelo Setor de Transição. Isto se deve, provavelmente, a entrada de água que aumentam a área

superficial e a profundidade o enriquecimento de nutrientes e o aumento da temperatura favorecendo o crescimento clonal das espécies de macrófitas aquáticas nas baías e na dispersão para o rio, principalmente as espécies do tipo livre e flutuante. Wantzen *et al.* (2005) descreve que na dimensão lateral, os habitats relativamente homogêneos do canal principal contrastaram com os habitats heterogêneos da área alagada, atribuindo esta diversidade morfológica às mudanças na conectividade hidrológica.

Em todos os setores, tanto nas baías como no canal do rio, a abundância das macrófitas aquáticas diminuí com a elevação do nível da água, principalmente a *Eichhornia azurea*. Provavelmente, ocorreu no caso das flutuantes fixas/emergente a sua imersão, ou a fragmentação e exportação, e as do tipo flutuante livre rapidamente preenchem o espaço deixado por estas. Tanto que as macrófitas, *Eichhornia crassipes*, *Ludwigia helminorrhiza*, *Azolla filiculoides*, *Salvinia auriculata*, e outras apresentaram aumento da sua cobertura na superfície da água neste período.

## **9.CONCLUSÃO**

Os Setores de Meandro, Reto e de Transição apresentaram-se distintos quanto a, profundidade da coluna de água, a transparência, o oxigênio dissolvido, a condutividade elétrica da água e a concentrações de nutriente. Assim como, a abundância, diversidade e a equitabilidade de espécies de macrófitas aquáticas. Estas condições distintas entre setores resultam das diferenças na sinuosidade do rio, na formação geológica, na presença de grupos funcionais, promovendo em associação com a dinâmica de processos ecológicos a heterogeneidade de habitats. Os quais favorecem valores diferenciados de riqueza, abundância, diversidade e equitabilidade de macrófitas aquáticas.

## 10.REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABDO, M.S.A.; DA SILVA, C.J. Limnological characteristics of the water bodies of the Corutuba Nesting Site in Brazil's Pantanal. *Acta Limnologica Brasiliensis*. São Paulo: v.4, n.16, p.359-358. 2004,

AGOSTINHO A.A.; THOMAZ S.M.; GOMES L.C. Threats for biodiversity in the floodplain of the Upper Paraná River: effects of hydrological regulation by dams. *Ecohydrology & Hydrobiology*, 4, 267-280. 2004.

AMOROS, C.; BORNETTE, G. Connectivity and biocomplexity in waterbodies of riverine floodplains. *Freshwat. Biol.* 47, 761-776. 2002.

ASSINE, M.L.; SILVA, A., Contrasting fluvial styles of the Paraguay River in the northwestern border of the Pantanal wetland, Brazil, *Geomorphology*. 2009. /j.geomorph. 03.012. p. 1-11. 2009.

BINI,L.M.; THOMAZ,S.M.; SOUZA,D.C. Species richness and b-diversity of aquatic macrophytes in Upper Paraná River floodplain. *Arch. Hydrobiol. Stuttgart*. 151 (3). p. 511-525. 2001.

BRAUN-BLANQUET, J. *Fitosociologia: Bases para el estudio de las comunidades vegetales*. Trad. JC Lalucat, J.H. Madrid, Blume, 820p. 1979.

CAMARGO, A.F.M., ESTEVES, F.A., Biomass and productivity of aquatic macrophytes in Brazilian lacustrine ecosystems. In: TUNDISI, J.G., BICUDO, C.E.M., MATSUMURA-TUNDISI, T. (Eds.), *Limnology in Brazil*. ABC/SBL, Rio de Janeiro, p.137-149. 1995.

CARMOUZE, J. P. *O Metabolismo dos Ecossistemas Aquáticos*. São Paulo: Edgard Blucher/SBL/FAPESP. São Paulo, 1994. 253p.

CARVALHO N.O. Hidrologia da Bacia do Alto Paraguai. In: *SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SÓCIOS ECONÔMICOS DO PANTANAL*. 1., 1984, Corumbá. *Anais*. Brasília: EMBRAPA-DDT, p.43-49. 1986, (EMBRAPA-CPAP. Série Documentos, 5).

CLESCERL, L.; GREENBERG, A.; EATON, A. *Standard Methods for the Examination of Waters and Wastewaters*. 20<sup>th</sup> edition. Washington DC; American Public Health Association, 1999. 1325 p.

DA SILVA, C.J. Nota prévia sobre o significado biológico dos termos usados no Pantanal Matogrossense I, "Batume" e "Diquada". *Revista Universidade Federal de Mato Grosso* **2**, 1984. 30-36.

DA SILVA, C.J.; ESTEVES, F.A. Dinâmica das características limnológicas das Baías Porto de Fora e Acurizal (Pantanal de Mato Grosso) em função da variação do nível da água. *Oecologia Brasiliensis*, vol.1; Estrutura, Funcionamento e Manejo dos Ecossistemas Brasileiros. p. 47-60. 1995.

DA SILVA, C.J. Ecological basis for the management of the Pantanal - Upper Paraguay River Basin. In: Smits, A.J.M., Nienhuis, P.H., Leuven, R.S.E.W. [Eds] *New approaches to river management*, Backhuys Publishers, Leiden, Netherlands, p. 97-117. 2000.

GIRARD, P.; DA SILVA, C.J.; ABDO, M. River-groundwater interactions in the Brazilian Pantanal. The case of the Cuiabá River. *Journal of Hydrology*. 283: 57-66. 2003

GOLTEMAN. H.L.; CLYMO, R. S.; OHNSTAD, M. A. M. *Methods for Physical and Chemical Analysis of Fresh Waters*. 2 ed. Oxford, Blackwell, 215p. 1978 (IBP Handbook 8)

HAMILTON, S.K., SIPPEL. S.J., MELACK, J.M. Inundation patterns in the Pantanal wetland of South America determined from passive microwave remote sensing. *Arch. Hydrobiol.* 137, p 1-23. 1996.

IKEDA-CASTRILLON, S. K. *Avaliação da diversidade arbórea das ilhas do rio Paraguai, entre Cáceres e Estação Ecológica de Taiamã, Pantanal matogrossense, Brasil*. 2010. 90p. (Tese de Doutorado). Programa de Pós Graduação em Ecologia de Recursos Naturais. Instituto de Biociências. Universidade Federal de São Carlos.

JUNK, W.J.; BAYLEY, P.B.; SPARKS, R.E.. The flood pulse concept in river-floodplain systems. *Spec.Pub. Can. Soc. Fish. Aquat. Sci.* 106, p. 110-127. 1989.

JUNK, W.J.; DA SILVA, C.J. O pulso de inundação: base para o manejo do Pantanal [The flood pulse: a management theme for the Pantanal] In: Claudino - Sales, V. [Ed.] *Ecossistemas brasileiros: Manejo e Conservação Expressão Gráfica e Editora*, Fortaleza, Brasil, p. 179-188. 2003.

JUNK, W.J.; NUNES DA CUNHA, C. Pantanal: a large South American wetland at a crossroads. *Ecol. Eng.* 24, p. 391-401. 2005.

LOVERDE-OLIVEIRA, S.M.; HUSZAR2, V.L.M. Phytoplankton ecological responses to the flood pulse in a Pantanal lake, Central Brazil. *Acta Limnol. Bras.*, 19(2):117-130, 2007.

MACKERETH, F.J.H.; HERON, J.; TALLING, J.F. *Water Analysis: Some revised methods for limnologists*. Cumbria, Freshwater Biological Association. 1978. 120p. (Scientific Publication n° 36).

MCCUNE, B.; MEFFORD, M.J. *Multivariate Analysis of Ecological Data*. Version 4.0. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, 1999. U.S.A.

PACHECO, E. B; DA SILVA, C. J. Fish associated with aquatic macrophytes in the Chacororé-Sinhá Mariana Lake system Mutum River, Pantanal of Mato Grosso, Brazil. *Revista Brasileira de Biologia*, v. 69, p. 101-106, 2009.

PETTS, G.E.; AMOROS, C. *Fluvial hydrosystems*. Chapman and Hall: London. 430p. 1996.

POI DE NEIFF, A.; NEIFF, J.J. Species richness and similarity between invertebrates living on floating plants in the Parana River floodplain. *Interciencia*.31, p. 220-225. 2006.

POTT, A.; POTT, V.J. *Plantas Aquáticas do Pantanal*. Embrapa. Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal (Corumbá-MS). – Brasília: Embrapa Comunicação para transferência de Tecnologia, 2000.404p.

THOMAZ, S. M.; BINI, L. M.; BOZELLI, R.L. Floods increase similarity among aquatic habitats in river-floodplain systems. *Hydrobiologia*. 579:1–13. 2007.

TUNDISI, J.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. *Limnologia*. São Paulo: Oficina de Textos. 2008. 632 p.

WANTZEN, K.M.; DRAGO, E.C.; DA SILVA, C.J. Aquatic habitats of the Upper Paraguay river-floodplain-system and parts of the Pantanal (Brazil). *Ecohydrol. Hydrobiol*, 5, 107-126. 2005.

WARD, J.V.; STANFORD, J.A.. Ecological connectivity in alluvial river ecosystems and its disruption by flow regulation. *Reg. Rivers: Res. Mgmt.* 11, p. 105- 119. 1995.

WARD, J.V.; TOCKNER, K., Biodiversity: towards a unifying theme for river ecology. *Freshwater Biology*, vol. 46, no. 6, p. 807-819. 2001.

WARD, J.V.; TOCKNER, K.; ARSCOTT, D.B.; CLARET, C. Riverine landscape diversity. *Freshwat. Biol.* 47, 517-539. 2002.