

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA COMPARADA

LILIAN ORVATTI

GRADIENTES ESPACIAIS EM RESERVATÓRIOS: INFLUÊNCIAS NOS  
COMPONENTES ABIÓTICOS E BIÓTICOS.

Maringá  
2011

LILIAN ORVATTI

Gradientes espaciais em reservatórios: influências nos  
componentes abióticos e bióticos.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Comparada do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Biologia das Interações Orgânicas.

**Orientador:** Prof. Dr. Luiz Carlos Gomes

Maringá  
2011

"Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)"  
(Biblioteca Setorial - UEM. Nupélia, Maringá, PR, Brasil)

O79g Orvatti, Lilian, 1983-  
Gradientes espaciais em reservatórios : influências nos componentes abióticos e bióticos / Lilian Orvatti. -- Maringá, 2011.  
74 f. : il..  
Dissertação (mestrado em Biologia Comparada)--Universidade Estadual de Maringá, Dep. de Biologia, 2011.  
Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Gomes.  
1. Peixes de água doce - Assembléias - Zonação - Reservatório de Itaipu - Brasil. 2. Ictiofauna - Zonação - Reservatório de Itaipu - Brasil. I. Universidade Estadual de Maringá. Departamento de Biologia. Programa de Pós-Graduação em Biologia Comparada.

CDD 22. ed. -597.17630981  
NBR/CIP - 12899 AACR/2

# FOLHA DE APROVAÇÃO

LILIAN ORVATTI

Gradientes espaciais em reservatórios: influências nos  
componentes abióticos e bióticos.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Comparada do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Biologia das Interações Orgânicas pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

## COMISSÃO JULGADORA

Prof. Dr. Luiz Carlos Gomes  
Universidade Estadual de Maringá (UEM / Presidente)

Prof. Dr. Gilmar Bastos Santos  
Pontifícia Universidade Católica (PUC / MG)

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Evanilde Benedito  
Universidade Estadual de Maringá (UEM)

Aprovada em: 29 de abril de 2011.

Local de defesa: Sala 205, Bloco G-80, *campus* da Universidade Estadual de Maringá.

Dedico com todo o meu carinho às  
minhas irmãs Lu, Daia e Paty.

## AGRADECIMENTOS

Assim começo agradecendo a Deus, meu refúgio, minha força, minha fortaleza.

Ao meu orientador Prof. Dr. Luiz Carlos Gomes, pelo acolhimento desde a primeira vez que o procurei, pela orientação, paciência, apoio nos momentos mais delicados e oportunidade de crescimento profissional. Eu realmente sou grata a ele!

“Para estar junto não é preciso estar perto, e sim do lado de dentro” (Leonardo da Vinci). A minha mãe que mesmo estando longe se faz presente, me incentivando e me ouvindo por longas horas ao telefone.

Ao meu pai e meus avôs que me deram a educação sem a qual eu não poderia chegar até aqui.

Em especial ao Christian que comemorou ao meu lado meu ingresso no programa de pós-graduação, pela confiança, por suas contribuições nas figuras, desde o projeto, por ler o que eu escrevo, suportar minhas carências, ouvir meus desabafos, vivenciar aventuras, enfim por tudo que já passamos juntos.

A Dra. Amélia Cristina Seidel pelo incentivo, conselhos concedidos e ajuda inestimável.

Aos eternos amigos de graduação Gla, Armando, Livia, Fabi, Sue Ellen, Gislaíne, Ton e Élcio pelo incentivo.

A amiga Greyce pela amizade, festas, bares e sessões de análises gratuitas.

A minha irmã Lu (por suportar meu mau humor) pelo incentivo e ajuda nas referências.

Ao Márcio e ao Rodolfo Jr. (Juninho) pela amizade e experiências compartilhadas.

A Rosi por me receber sempre bem e por estar sempre pronta a me atender quando precisei.

Aos novos amigos de mestrado Evelyn, Maria Alice e Rodrigo, pelas conversas e descontração entre os trabalhos.

Ao colega biólogo João Carlos pelas valiosas discussões estatísticas.

Ao João Dirço Latini pelas informações da área de estudo e ensinamentos de campo.

Ao Tato, Daniel e João Dirço (de novo) pelo apoio e valiosos momentos de descontração, entre os trabalhos, durante as viagens a Foz (e ao Paraguai).

A secretaria e coordenação do Programa de Pós-Graduação em Biologia Comparada (PGB) pelo apoio durante a realização deste trabalho.

Ao Parque Tecnológico Itaipu (PTI) pela concessão da bolsa de mestrado.

Ao NUPÈLIA (Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aqüicultura) pelo apoio durante a realização deste trabalho.

*“Este trabalho é a soma de todos vocês.*

*E se ele não é melhor, é por falta de memória,*

*Mas não por falta de amigos.”*

(Trecho de Richard B. Primack & Efraim Rodrigues)

“... Vamos viver, temos muito ainda por fazer,  
Não olhes pra trás, apenas começamos.  
O mundo começa agora, apenas começamos.”  
(Renato Russo)



# SUMÁRIO

## Capítulo 1

### REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: ZONAÇÃO EM RESERVATÓRIOS: INFLUÊNCIA NAS VARIÁVEIS FÍSICO-QUÍMICAS E NAS COMUNIDADES BIOLÓGICAS

1	INTRODUÇÃO .....	10
2	GRADIENTES EM RESERVATÓRIOS .....	12
3	GRADIENTES FÍSICO-QUÍMICOS .....	15
	3.1 Temperatura e oxigênio .....	15
	3.2 Fósforo .....	19
	3.3 Nitrogênio .....	20
4	GRADIENTES BIOLÓGICOS .....	22
	4.1 Fitoplâncton .....	22
	4.2 Zooplâncton .....	23
	4.3 Zoobentos .....	25
	4.4 Peixes .....	27
	4.4.1 Gradiente longitudinal no reservatório de Itaipu .....	29
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	31
6	REFERÊNCIAS .....	32

## Capítulo 2 .....

36

### INFLUÊNCIA DE GRADIENTES NA ESTRUTURAÇÃO DA ICTIOFAUNA DE UM RESERVATÓRIO DO SUL DO BRASIL .....

38

RESUMO .	39
ABSTRACT .....	40
INTRODUÇÃO .....	41
MATERIAIS E MÉTODOS .....	42
Área de estudos .....	42
Estações de amostragens e coleta de dados .....	44
Análise dos dados .....	45
RESULTADOS .....	49
As assembleias de peixes do reservatório de Itaipu .....	49
Gradientes no reservatório de Itaipu .....	51
Águas lânticas, trechos lânticos, e remansos dos tributários ( rede de espera) .....	51

Regiões litorâneas não estruturadas (arrasto) .....	54
Regiões litorâneas estruturadas (pesca elétrica) .....	55
Regiões lóxicas dos tributários ( tarrafa) .....	56
DISCUSSÃO .....	57
REFERÊNCIAS .....	61

# Capítulo 1

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

**ZONAÇÃO EM RESERVATÓRIOS: INFLUÊNCIA NAS  
VARIÁVEIS FÍSICO-QUÍMICAS E NAS COMUNIDADES  
BIOLÓGICAS**

## 1. INTRODUÇÃO

O surgimento da limnologia teve como marco, em 1902, a publicação do livro “Manual da ciência dos lagos” de François Forel, que tinha como subtítulo “Limnologia Geral”. Nesta obra, o autor trata de forma integrada as comunidades aquáticas de um lago. Sua abordagem foi fortemente influenciada pelo ponto de vista apresentado alguns anos antes pelo pesquisador americano Stephen Forbes, de que o “lago é um microcosmo”. A visão de unidade no estudo dos lagos proposta por Forel influenciou fortemente gerações de pesquisadores que o sucederam, entre os quais podem ser destacados o alemão August Thienemann e o sueco Einar Nauman (ESTEVEES, 1998).

Durante o 1º Congresso Internacional de Limnologia em 1922, em Kiel (Alemanha), foi ampliado o campo dessa ciência e incluído outros ecossistemas aquáticos continentais. A limnologia passava a ser definida como “o estudo ecológico de todas as massas de águas continentais, independentemente de sua origem, dimensão ou concentração salina” (ESTEVEES, 1998).

De acordo com a dinâmica hídrica dos ecossistemas aquáticos continentais, tem-se de um lado os lagos, corpos de água interiores sem comunicação direta com o mar (ESTEVEES, 1998), que apresentam variação vertical das condições ambientais e no outro extremo, têm-se os rios, sistemas abertos com um fluxo contínuo da nascente a foz, que de acordo com Petts (2000) apresentam estrutura tridimensional (longitudinal, lateral e vertical). Os reservatórios, por sua vez, são ambientes artificiais, intermediários entre rios e lagos. Eles apresentam características morfométricas e hidrológicas distintas, com baixo tempo de residência da água (comparado com lagos) e uma organização vertical e horizontal do ambiente lântico (represa) bem peculiar (MARGAREF, 1983).

Em se tratando de lagos, um dos estudos mais importantes é o de Hutchinson (1957) que classificou os lagos em 11 grupos, em seu Tratado de Limnologia. O ambiente lacustre apresenta certas peculiaridades, dentre elas a formação de gradientes verticais evidentes pela distribuição desigual da luz, temperatura, oxigênio e nutrientes. Os lagos e também os reservatórios apresentam gradientes físicos e químicos muito acentuados no eixo vertical, promovendo mudanças temporais (diárias, estacionais e anuais) (RAMOS; MELLO; LIMA, 2008).

Os reservatórios são semelhantes a lagos quanto aos processos ecológicos básicos que envolvem o metabolismo dos ecossistemas aquáticos (WETZEL, 1990). Entretanto, a necessidade de regulação da vazão faz com que esses ambientes tenham o seu nível fluviométrico, a profundidade e o tempo de residência constantemente alterados, o que pode

causar modificações acentuadas em suas propriedades físicas, químicas e biológicas. Em consequência destas alterações, as respostas do sistema podem se diferenciar amplamente em relação aos lagos (PAGIORO; THOMAZ; ROBERTO, 2005).

Wetzel (1990) sumariza as diferenças entre reservatórios e ecossistemas lacustres naturais afirmando que as características estruturais físicas e biológicas dos reservatórios são seguramente diferentes das propriedades gerais dos lagos naturais, pois enquanto os lagos tem sua história em uma escala do tempo geológico, os reservatórios foram criados recentemente por exploração humana. Dentre os fatores com maior alteração podem ser citados o comportamento térmico da coluna de água, os padrões de sedimentação e circulação de massas de água, a dinâmica dos gases, a ciclagem dos nutrientes e a estrutura das comunidades aquáticas (THORTON et al., 1990 ; AGOSTINHO; JULIO Jr; BORGHETTI, 1992).

A transformação na dinâmica da água e a alteração na profundidade, propiciadas pelo represamento, como estudado por Julio Jr, Bonecker e Agostinho (1997) na usina de Segredo, são os principais fatores determinantes das alterações das características físicas, químicas e biológicas da água. Os padrões de distribuição dos fatores físicos (incidência da luz e temperatura da água), químicos (concentração de oxigênio dissolvido e nutrientes) e biológicos (distribuição da comunidade aquática) são afetados.

Nesse capítulo foi realizada uma breve revisão sobre gradientes verticais e longitudinais em reservatórios, considerando as características físico-químicas e biológicas. Para os estudos de gradientes físico-químicos foram selecionadas as variáveis temperatura, oxigênio, fósforo e nitrogênio. A temperatura, devido ao fenômeno da estratificação térmica, é o principal fator responsável pelo surgimento da heterogeneidade vertical em reservatórios e em muitos casos um gradiente decrescente de temperatura é seguido por um gradiente decrescente de oxigênio dissolvido. Desta forma, os padrões de estratificação térmica e mistura da coluna da água influenciam sobremaneira a distribuição vertical dos demais parâmetros limnológicos (THOMAZ; BINI; ALBERTI, 1997). Dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio é um dos mais importantes, estando envolvido nos processos de respiração e fotossíntese (ESTEVES, 1998).

Em reservatórios, é notável um aumento na taxa de sedimentação dos nutrientes (THORTON, 1990). Dentre eles merece especial destaque o fósforo por se constituir no principal fator limitante para a produção primária e estar diretamente ligado ao processo de eutrofização (HENRY; SIMAO, 1988; HENRY, 1990). O nitrogênio, por sua vez pelo fato de participar na formação das proteínas (ESTEVES, 1998). A revisão dos gradientes verticais e

longitudinais dos fatores biológicos enfatizou os principais grupos de organismos do ambiente aquático: fitoplâncton, zooplâncton, zoobentos e peixes. Devido à escassez de estudos sobre gradiente transversal, este foi apresentado apenas para a ictiofauna no segundo capítulo dessa dissertação.

## **2. GRADIENTES EM RESERVATÓRIOS**

A construção de reservatórios pode ser considerada uma das atividades antropogênicas que mais alteram os ambientes aquáticos. Estes empreendimentos possuem as mais diversas finalidades, como por exemplo, a produção hidrelétrica, o abastecimento, a irrigação, a produção pesqueira e o lazer. Estimativas em águas continentais brasileiras apontam a existência de pelo menos 720 represas, com área superior a 1 ha, das quais 55% do total encontram-se na região Nordeste (pequenos açudes de abastecimento), e 38% no Sul/Sudeste (reservatórios com maior área alagada e destinados, basicamente, à produção de energia hidrelétrica),(AGOSTINHO; GOMES; PELICICE, 2007).

Apesar da inquestionável necessidade por energia, a construção de barragens de usinas hidrelétricas produz inúmeros efeitos positivos e negativos, em diferentes escalas e em diferentes elementos da paisagem (AGOSTINHO; PELICICE; GOMES, 2008).

O barramento age de modo contundente e permanente sobre o rio, que passa de um estado lótico ao lêntico ou semi-lêntico, com modificações nas condições físico-químicas da água, culminando com o aparecimento de novos habitats e perda de outros (AGOSTINHO; GOMES; PELICICE, 2007). A necessidade de regulação da vazão faz com que esses ambientes tenham o seu nível fluviométrico, a profundidade e o tempo de residência alterados o que leva a uma dinâmica peculiar (PAGIORO; THOMAZ; ROBERTO, 2005).

A natureza e a intensidade dos impactos decorrentes das mudanças impostas pelo barramento dependem das características da fauna local, da localização, morfologia e hidrologia do reservatório, desenho da barragem, procedimentos operacionais, uso das encostas, natureza do solo, vazão e interação entre essas variáveis e com outros reservatórios da bacia (AGOSTINHO; GOMES; PELICICE, 2007). Agostinho et al. (1999) e Agostinho, Gomes e Pelicice (2007) descreveram os estágios sucessionais a partir do fechamento de uma represa, aumento no tempo de retenção da água, redução da turbulência, aumento na concentração de nutrientes, aumento na taxa de sedimentação (atuando em sentido contrário e retirando do solo importantes nutrientes), estratificação térmica e desoxigenação da água (anoxia).

A fase de enchimento do reservatório é propícia ao desenvolvimento de comunidades de produtores primários representados pelo fitoplâncton ou macrófitas aquáticas, além do incremento de atividade biológica, devido ao aporte de detritos terrestres. Em se tratando da fase de colonização desse novo ambiente, o tempo para que uma comunidade de peixe alcance alguma estabilidade temporal é variável e influenciado por fatores como: composição da fauna original, área da bacia de captação, tempo de renovação da água, extensão do trecho livre de barramento a montante, presença de grandes tributários, desenho da barragem e procedimentos operacionais (AGOSTINHO; GOMES; PELICICE, 2007).

Figueiredo (2007) estudando as fases de enchimento e estabilização dos reservatórios do APM Manso e AHE Jauru (Estado do Mato Grosso) relatou que, nos primeiros meses de formação, houve um incremento médio da condutividade elétrica, da alcalinidade e da demanda de oxigênio, verificados no fundo de ambos os reservatórios.

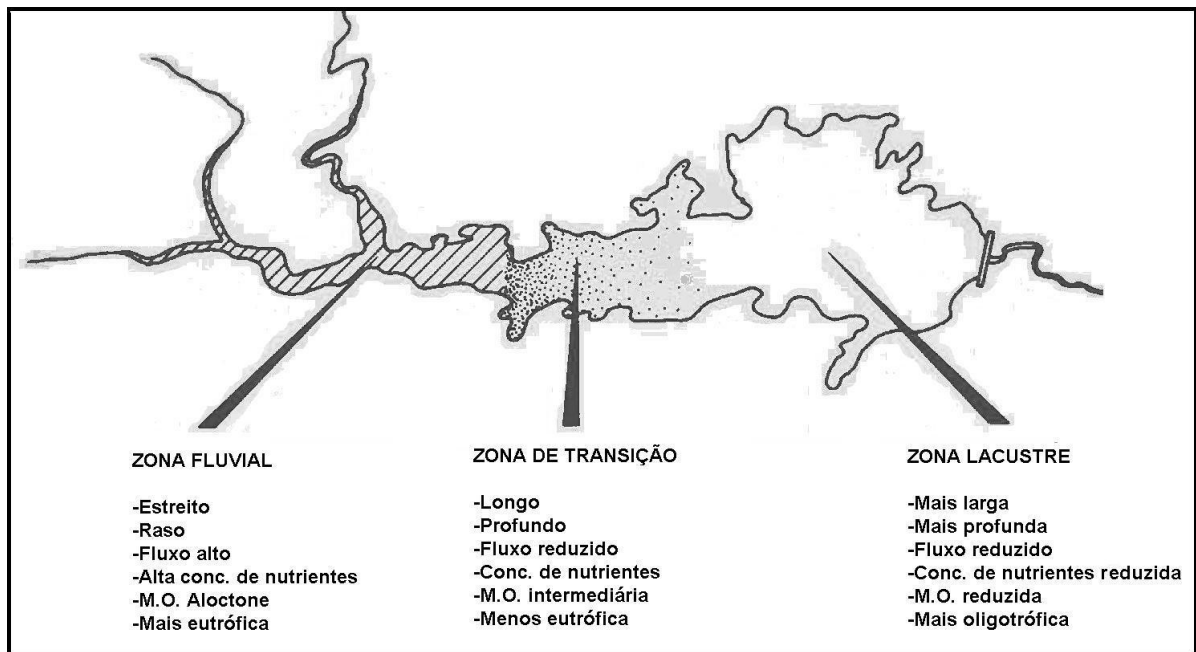
A queda acentuada do fluxo d' água ocasionada pela construção do barramento reduz a capacidade de transporte de sedimentos no rio, provocando a sedimentação da carga em suspensão e de arrasto. Esses sedimentos são originados do solo exposto devido à retirada da vegetação e esgotamento do mesmo pelo uso inadequado, ocasionando o assoreamento dos reservatórios (CABRAL, 2005). A maior parte dos sedimentos, sujeitos ao arrasto, é retida na parte superior do reservatório formando um delta pluvial. Em reservatórios, a velocidade de propagação do delta é um problema uni-dimensional, com avanço longitudinal diretamente proporcional ao tamanho do delta (THORNTON, 1990). Ainda segundo esse autor, o sedimento não é somente o principal poluente da água, mas também o principal transportador e catalisador de partículas provenientes de defensivos agrícolas, resíduos orgânicos, nutrientes e organismos patogênicos.

Segundo Glymph (1973), todo curso d' água transporta algum tipo de sedimento e quando ocorre uma diminuição do fluxo de água, o que acontece quando o corpo de água é represado por uma barragem, a tendência é que ele seja depositado. Os padrões e os processos de deposição podem ser afetados pelo nível da água do reservatório, pelos minerais dissolvidos na água, pela temperatura, capacidade de armazenamento do reservatório, configuração da bacia e quantidade de sedimento depositado previamente no mesmo.

A sedimentação é a principal rota por meio da qual o material alóctone, que aporta o reservatório, é removido e umas das principais funções de força que regem a distribuição de partículas e a zonação nos reservatórios (PAGIORO et al., 2005). Thornton et al. (1990), a partir de estudos dos processos de transporte e deposição de sedimentos, propuseram a zonação de reservatórios ao longo do eixo longitudinal, com início na região de influxo do rio

até a barragem, onde poderiam ser observadas três zonas (fluvial, transição e lacustre). As diferenças em abundância e diversidade dos organismos aquáticos, encontradas nessas zonas, são diretamente influenciadas pelas condições físico-químicas da água e pelas interações bióticas ao longo desse gradiente longitudinal (Fig. 1).

A zona fluvial é um ambiente tipicamente lótico com intenso fluxo e alto nível de nutrientes. A zona de transição possui uma penetração de luz relativamente alta e maior produtividade primária e diversidade de peixes do que as outras zonas; por sua vez a lacustre, fechada pela barragem, apresenta longa permanência de água e baixa concentração de nutrientes dissolvidos (OLIVEIRA; GOULART; MINTE-VERA, 2004).



**Figura 1.** Esquema representando o gradiente longitudinal em reservatórios, com caracterização das três zonas: fluvial, transição e lacustre ( M.O: Matéria orgânica; modificado de Thornton, 1990).

Acrescidos aos vetores longitudinais, encontram-se os padrões verticais decorrentes da formação da estratificação térmica, e que afetam a ciclagem de nutrientes e a distribuição dos organismos (AGOSTINHO; GOMES; PELICICE, 2007). Na descrição do processo de colonização em reservatórios, Agostinho et al. (1999) distinguiram, no reservatório de Itaipu, além do gradiente longitudinal, os gradientes transversal (zonas litoral e pelágica) e vertical (zonas epipelágica - superficial e batipelágica – profunda). Em relação ao eixo vertical, a zona batipelágica é pobremente habitada, o que está relacionado a fatores como temperatura (estratificação térmica), oxigênio (estratificação química), disponibilidade de alimento e atenuação da luz.



Os gradientes transversais podem aparecer no eixo secundário de um reservatório, a partir do resultado hidrodinâmico e de características fisiográficas da transição reservatório-tributário. Neste gradiente transversal ou cabeceira-foz dos tributários, três zonas também podem ser caracterizadas: trechos lóticos e lênticos dos tributários, e margens do reservatório (OLIVEIRA; GOULART; MINTE-VERA, 2004).

### **3. GRADIENTES FÍSICO-QUÍMICOS**

#### **3.1 Temperatura e Oxigênio**

A intensidade da radiação solar é um dos fatores que estabelece a zonação vertical e que restringe os organismos fotossintetizantes: perifíton, fitoplâncton e macrófitas aquáticas. Ao penetrar na coluna de água, a radiação será submetida a dois fatores básicos: a absorção e a dispersão, os quais levam a atenuação vertical da radiação. Este fenômeno ocorre de maneira exponencial ao longo da coluna de água (ESTEVES, 1998).

A distribuição vertical de diferentes comprimentos de onda da luz no ambiente aquático desempenha um papel essencial na produção de calor e na determinação da localização da produção primária autotrófica, a qual provê oportunidades alimentares, além de permitir o desenvolvimento de atividades comportamentais e reprodutivas durante o forrageamento e acasalamento (MATTHEWS, 1998). Com isso, a penetração da luz, direta ou indiretamente influencia as espécies de peixes que ocorrem em lagos (RODRÍGUEZ; LEWIS Jr., 1997).

A radiação absorvida nas primeiras camadas da coluna de água se transforma em energia calorífica. Nos ambientes lênticos o vento promove a turbulência da água e produz redistribuição de calor por toda a massa d' água. No entanto quando as diferenças de temperatura geram camadas de água com diferentes densidades e se a força do vento não for suficiente para misturá-las, o calor não se distribui uniformemente e quando isso ocorre o sistema aquático está estratificado termicamente (ESTEVES, 1998). A estratificação vertical pode criar regiões com diferentes características dentro de um lago, separando refúgios com temperaturas mais baixas no fundo e influenciando fortemente a migração sazonal de alguns peixes (OLIVEIRA; GOULART, 2000).

Em geral, nos lagos e reservatórios estratificados podem existir três divisões da coluna d' água: uma superior - mais quente; uma inferior - com pouco oxigênio; e uma zona de transição. Essas zonas correspondem à classificação limnológica - epilímnio, metalímnio e

hipolímnio (Fig. 2). O metalímnio é uma camada marcada pela descontinuidade da temperatura, a qual é chamada de termoclina (HUTCHINSON, 1957; WETZEL, 1981). Nessa situação, os diferentes compartimentos formados podem apresentar dinâmica própria, com características físicas e químicas distintas; e o tempo de residência, assim como os afluentes e os usos do solo no entorno, tem ação direta na qualidade das águas (PADIAL; POMPÊO; MOSCHINI-CARLOS, 2009).

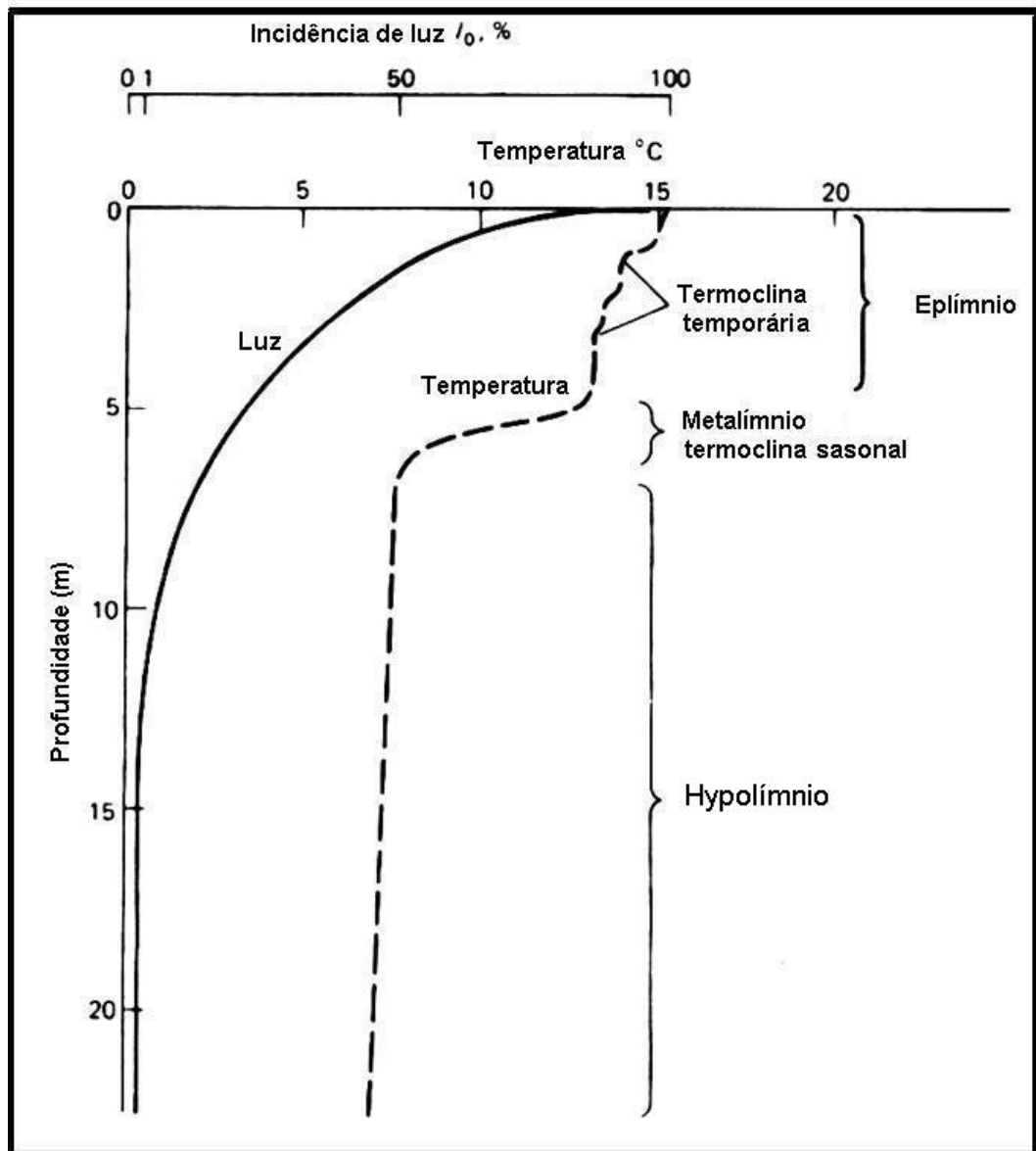


Figura 2- Estratificação térmica em ambientes lânticos mostrando a divisão da coluna d' água em Eplímnio, Metalímnio e Hipolímnio (Esteves, 1998).

No reservatório de Segredo (PR) foi observada por Borges, Train e Rodrigues (2003) uma distinção clara entre as diferentes zonas, com relação ao regime de mistura, sendo registrado um gradiente de temperatura vertical nas zonas de transição e lacustre. Dados de

temperatura do reservatório de Jurumirim (SP) obtidos por Nogueira, Henry e Maricatto (1999) demonstraram que grande parte do reservatório permaneceu estratificada durante o verão daquele ano, sendo observado termoclina nas estações de amostragem localizadas na zona lacustre durante o verão e também na primavera. No outono e inverno a maior parte dos locais amostrados exibiram perfis de temperatura isotérmicos ou pequenos gradientes próximos a superfície, provavelmente devido a efeitos diários. Em Jurumirim, durante o inverno, foram observadas diferenças de até 4°C entre as zonas fluvial e lacustre. A maior influência para o processo de estratificação poderia ser a variação da densidade da água entre a superfície e o fundo, junto com o regime de fluxo e o tempo de retenção da água. Padrão semelhante ao descrito foi encontrado por Padial, Pompêo e Moschini-Carlos (2009) para o reservatório Rio das Pedras (São Bernardo do Campo, São Paulo). Em março, a temperatura variou entre 22 °C e 24°C, com estratificação térmica; já em outubro a coluna d'água se mostrou homogênea, com temperaturas em torno de 18°C.

Os padrões de estratificação térmica e mistura da coluna da água influenciam sobremaneira a distribuição vertical dos demais parâmetros limnológicos (THOMAZ; BINI; ALBERTI, 1997). Dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio é um dos mais importantes na dinâmica e na caracterização de sistemas aquáticos. No epilímnio, as perdas de oxigênio são compensadas pela sua produção por meio da fotossíntese ou pela sua difusão a partir da atmosfera, porém, devido à estratificação térmica este gás não é distribuído para as camadas inferiores (ESTEVES, 1998). No hipolímnio, as perdas de oxigênio podem ser atribuídas à decomposição aeróbica de matéria orgânica e à respiração dos organismos (LAMPERT; SOMMER, 1997). Dessa forma, estabelece-se um gradiente decrescente de oxigênio dissolvido com o aumento da profundidade.

Pagioro, Thomaz e Roberto (2005), em estudos realizados em seis diferentes bacias hidrográficas do estado do Paraná, observaram que os reservatórios localizados na bacia Litorânea (que deságuam no Oceano Atlântico), com exceção do reservatório de Salto do Meio, exibiram um padrão de oxigênio dissolvido ao longo da coluna d' água muito parecido ao perfil térmico. Ou seja, a estratificação térmica determinou os padrões da estratificação química. Esse mesmo padrão foi encontrado por Padial, Pompêo e Moschini-Carlos (2009) que avaliaram os perfis das características limnológicas da água, do reservatório Rio das Pedras (São Bernardo do Campo, São Paulo). Para Dantas et al. (2009) o perfil de temperatura da coluna d'água e oxigênio dissolvido estão relacionados entre si, produzindo eventos que direcionam a composição, abundância relativa e a distribuição vertical da comunidade zooplanctônica no ambiente.

No Reservatório de Furnas (MG), Aguila (2001) constatou que o oxigênio dissolvido oscilou entre as estações de amostragens, sendo encontrado  $6,1 \text{ mg.L}^{-1}$  na estação mais próxima a barragem e  $10,2 \text{ mg.L}^{-1}$  no ponto mais a montante do reservatório. Essa diminuição, de montante a jusante também foi verificada por Pagioro, Thomaz e Roberto (2005), em estudos realizados em seis reservatórios do estado do Paraná e São Paulo. Ribeiro Filho (2006) encontrou os maiores valores de oxigênio dissolvido na zona de transição, fato associado ao grande desenvolvimento das algas, principalmente cianobactérias, encontrados nessa zona.

Rodrigues (2002) registrou para o reservatório de Dona Francisca (Rio Grande do Sul), resultados que refletem o gradiente longitudinal do corpo central do reservatório. Com relação à temperatura, houve aumento em direção a barragem para os valores de superfície e diminuição para os valores de fundo. Já para o oxigênio dissolvido, no mesmo período, os valores de superfície mantiveram-se próximos entre si, enquanto que no fundo houve diminuição em direção a barragem chegando a apresentar anoxia, comportamento típico de ambientes lacustres. Para ele o processo de decomposição da vegetação submersa após a formação do reservatório implicou no consumo de oxigênio nas camadas inferiores. Para Thomaz, Bini e Alberti (1997), o gradiente vertical dos parâmetros limnológicos indicou maior estabilidade da estratificação térmica nas regiões mais próximas a barragem, onde a profundidade e o tempo de residência são maiores. Resultados semelhantes foram encontrados por Julio Jr, Bonecker e Agostinho (1997) para o reservatório de Segredo, o qual apresentou estratificação térmica com presença de termoclina e hipolímnia anóxica no verão e outono, principalmente próximo a barragem.

No reservatório de Jurumirim (SP), durante o verão, Nogueira, Henry e Maricatto (1999) observaram gradiente vertical significativa na distribuição do oxigênio. Nesse período foi encontrado nas estações de amostragem próximas a barragem  $7.9 \text{ mg L}^{-1}$  de oxigênio dissolvido na superfície e  $2.8 \text{ mg L}^{-1}$  no fundo, provavelmente por esta estação estar localizada numa zona de ativa sedimentação e precipitação de matéria orgânica.

No reservatório de APM Manso (MT), de todas as variáveis selecionadas, o oxigênio foi a que apresentou maiores variações verticais, sendo encontradas diferenças significativas entre o epilímnia e o hipolímnia. As concentrações de oxigênio dissolvido no hipolímnia foram sempre muito baixas em quase todas as amostragens e esse déficit de oxigênio certamente tem relação com o consumo pelo processo de decomposição da vegetação afogada durante a fase de enchimento desse reservatório (FIGUEIREDO, 2007).

### 3.2 Fósforo

O elemento fósforo é considerado fator limitante para a produção primária sendo frequentemente utilizado como principal parâmetro para estabelecer o grau de eutrofização de ambientes lacustres. Em virtude da elevada sedimentação observada nos trechos superiores de reservatórios (Fig.3) e também da absorção pelo fitoplâncton, estabelece-se uma redução do fósforo no sentido rio-barragem (THORNTON, 1990).

Em estudos no reservatório de Segredo, Thomaz, Bini e Alberti (1997) constataram que a água proveniente do rio Iguaçu, que penetra no reservatório, possuía concentração de fósforo total de  $25 \mu\text{g.L}^{-1}$ , que era reduzida para  $16 \mu\text{g.L}^{-1}$  nas imediações da barragem, ou seja, diminuição desse elemento na coluna de água à medida que o ambiente se tornava mais lântico. Comportamento semelhante, de gradiente decrescente no sentido montante – barragem, foi encontrado por Zanata e Espíndola (2002) no reservatório de Salto Grande (Americana-SP), principalmente no período de seca, sendo a concentração de fósforo igual a  $39,63 \mu\text{g.L}^{-1}$  próximo a barragem e de  $244,22 \mu\text{g.L}^{-1}$  distante desta.

Ribeiro Filho (2006) encontrou os menores valores médios de fósforo total ( $0,002 \text{mg.L}^{-1}$ ) na região lacustre do reservatório de Itaipu, semelhante ao padrão de distribuição longitudinal sazonal encontrado por Agostinho, Okada e Gregoris (1999) no mesmo reservatório, demonstrando que a constância de reduzidas concentrações do fósforo total é uma importante implicação para a ausência da eutrofização neste reservatório.

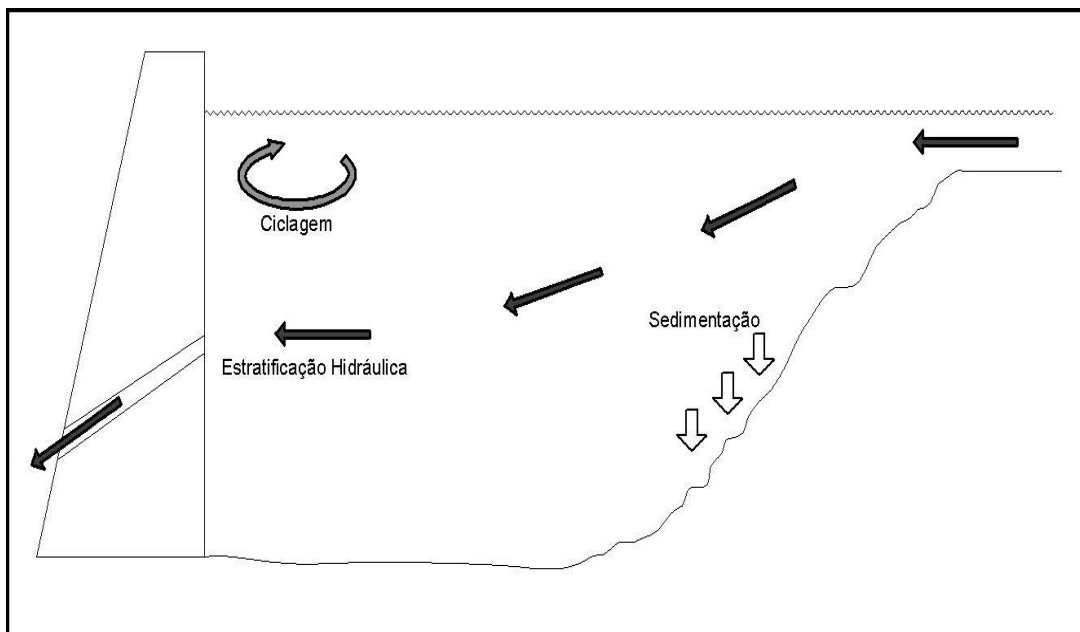


Figura 3. Desenho esquemático do processo de sedimentação do Fósforo.

Para o reservatório de Furnas (MG), Aguila (2001) afirmou que em todos os meses amostrados esse nutriente apresentou tendência a aumentar sua concentração de jusante para montante, sendo seu valor máximo atingido na estação mais a montante em outubro, com um valor de  $50,0 \mu\text{g.L}^{-1}$ , e o valor mínimo de  $3,0 \mu\text{g.L}^{-1}$  observado no ponto mais próximo a barragem (3 km) em agosto. Baumgartner (2010) verificou decréscimo na concentração de ortofosfato no sentido rio-barragem em dois reservatórios (Salto Osório e Salto Santiago) da bacia do rio Iguaçu.

No lago das Garças, reservatório tropical raso situado na cidade de São Paulo, foi verificado que os valores das três formas de fósforo estudadas (solúvel reativo, particulado e total) apresentaram variação vertical significativa, exceto no dia da amostragem de outono. No verão e inverno ocorreram aumentos evidentes dos valores de fósforo total e particulado com o aumento da profundidade, sendo que este último representou mais de 70% do fósforo durante todos os dias de amostragens. Esse aumento pode ser explicado pela sedimentação de partículas algais e fecais de origem animal (zooplâncton e peixes) que contribuem para sedimentação do fósforo (RAMIREZ; BICUDO, 2005).

Em dois reservatórios do estado do Mato Grosso, Figueiredo (2007) verificou que as concentrações desse nutriente foram sempre maiores no hipolímnio, com altos valores de desvio padrão na zona limnética em toda fase de operação, principalmente na estação do corpo central do reservatório. A diminuição da influência do rio nesse período pode ter favorecido o aumento da concentração de fosfato no fundo, tanto pela liberação do processo de decomposição quanto pelo aumento da sedimentação desse composto devido à diminuição da velocidade da água.

### **3.3 Nitrogênio**

O Nitrogênio é outro nutriente importante para o metabolismo aquático, principalmente pela sua participação na formação das proteínas e por atuar como fator limitante em baixas concentrações (ESTEVES, 1998). Está presente no ambiente aquático de várias formas, por exemplo: nitrato, nitrito, amônia, íon amônio e nitrogênio molecular. Dentre as formas nitrogenadas mais consumidas pelas comunidades dos ecossistemas aquáticos estão o íon amônio e o nitrato.

O balanço de oxigênio e o balanço térmico têm importante papel nos processos do ciclo do nitrogênio. A concentração de oxigênio determina os processos de oxidação e redução dos compostos nitrogenados, e a temperatura acelera ou diminui a velocidade das reações químicas e dos processos biológicos (SCHAFER, 1984).

Padial, Pompêo e Moschini-Carlos (2009), em análise das características limnológicas do reservatório Rio das Pedras (Complexo Billings), identificaram estratificação espacial (vertical e horizontal) das formas de nitrogênio. Para o íon amônio foram determinadas elevadas concentrações no hipolímnio. O ponto mais distante da barragem apresentou reduzidas concentrações na superfície, com acentuado aumento em relação ao fundo (máximo de  $598,0 \mu\text{g.L}^{-1}$ ). As concentrações de oxigênio encontradas no hipolímnio dos pontos amostrados na primeira coleta foram inversamente relacionadas às concentrações de amônio, isso porque a amonificação ocorre preferencialmente em ambientes anóxicos. Na segunda coleta, quando comparadas às concentrações de nitrato e amônio, foram observadas maiores concentrações de nitrato, favorecidas pela oxigenação do meio. Porém, com o pequeno gradiente de saturação de oxigênio em relação ao fundo, percebeu-se a diminuição do nitrato em perfil vertical, associada a um aumento recíproco de amônio. Em relação à heterogeneidade espacial horizontal notou-se que no ponto mais próximo ao reservatório Billings foram encontradas maiores concentrações de nitrito e amônio (na primavera), demonstrando a influência do reservatório nas variáveis limnológicas dessa estação de amostragem.

No reservatório de Furnas (MG), Aguilá (2001) encontrou diferenças estatisticamente significativas das concentrações de amônio e nitrito ao longo do eixo central do reservatório, desde a barragem até a região mais a montante, demonstrando a existência de um gradiente espacial. As maiores concentrações de nitrito e do íon amônio ( $10,0 \mu\text{g.L}^{-1}$  e  $130,0 \mu\text{g.L}^{-1}$  respectivamente) foram encontradas na estação mais a montante, com maior valor em outubro.

Zanata e Espíndola (2002), para o reservatório de Salto Grande (Americana-SP) registraram baixas concentrações de nitrogênio próximo a barragem, sendo essa variação mais evidente no período de seca. Nesse período, a variação de nitrito aumentou de 49,30 (mais próximo a barragem) para  $274,76 \mu\text{g.L}^{-1}$  (mais distante da barragem). O processo de deposição é importante para manter a qualidade da água, sendo a sedimentação tida como um tratamento em resposta à entrada de poluentes oriundos do rio Atibaia. Contudo, atividades biológicas de produção e decomposição também são importantes para o estabelecimento de um gradiente no reservatório, uma vez que as comunidades se organizam em relação a esse gradiente.

Maiores concentrações das três formas de nitrogênio (nitrato, nitrito e nitrogênio total) foram encontradas na zona de transição do reservatório de Itaipu ( $0,32 \text{ mg.L}^{-1}$ ,  $0,021 \text{ mg.L}^{-1}$  e  $0,98 \text{ mg.L}^{-1}$ , respectivamente); já as maiores concentrações de nitrogênio amoniacal foram

encontradas na zona fluvial. A análise de covariância indicou que o nitrogênio amoniacal afeta negativamente a produtividade primária, enquanto o nitrogênio total afeta positivamente. Este último apresentou, também, relação positiva com a transparência da água, demonstrando, assim, a assimilação desta fonte de nitrogênio pelo fitoplâncton (RIBEIRO FILHO, 2006). Estes resultados corroboram os de Pagioro, Thomaz e Roberto (2005) para seis reservatórios do estado do Paraná, onde foram encontrados efeitos semelhantes dos nutrientes sobre a clorofila, com verificação do mesmo padrão de distribuição.

Variações verticais foram estudadas por Ramírez e Bicudo (2005) no lago das Garças, reservatório tropical raso situado na cidade de São Paulo. Exceto o nitrogênio amoniacal, todas as demais formas inorgânicas de nitrogênio (nitrito, nitrato e nitrogênio total) diminuíram de teor em direção ao fundo do reservatório. O aumento do nitrogênio amoniacal com a profundidade pode ter sido resultado da respiração, degradação da matéria orgânica, diminuição do oxigênio dissolvido e subsequente queda do pH. As altas taxas das outras formas, encontradas nas amostragens conduzidas em outubro são, provavelmente, devido ao declínio na taxa de amonificação que ocorreu pelo teor relativamente alto de oxigênio. Estudos de Dantas et al. (2009), no reservatório de Mundau (Nordeste brasileiro), corroboram esses resultados .

## **4. GRADIENTES BIOLÓGICOS**

### **4.1 Fitoplâncton**

Um importante processo a ser considerado na explanação do padrão de zonação longitudinal é o desenvolvimento da comunidade fitoplancônica, favorecido nas regiões lacustres e intermediárias (THOMAZ; BINI; ALBERTI, 1997). Em estudos realizados no reservatório de Segredo (PR), esses autores constataram que as concentrações médias de clorofila **a**, se elevaram gradativamente até a estação localizada na zona de transição. Comportamento semelhante foi encontrado nos reservatórios de Iraí (TRAIN et al., 2005) e Itaipu (RIBEIRO-FILHO, 2006). A alta produtividade do fitoplâncton e a alta biomassa encontrada na zona de transição (avaliadas pela concentração de clorofila **a**) ocorrem em conjunto com aumento da respiração, declínio da velocidade da água, aumento no tempo de residência da água, sedimentação e incremento da penetração de luz, características dessa zona (KIMMEL; LIND; PAULSON, 1990).



Utilizando diversos atributos para caracterizar o fitoplâncton, quanto ao eixo vertical e horizontal, em dois reservatórios do estado do Paraná (Segredo e Parigot de Souza), Borges (2006) constatou gradiente vertical quanto ao número de táxons em ambos os reservatórios, sendo os maiores valores observados na zona eufótica. Quanto ao gradiente horizontal, o padrão clássico de distribuição do fitoplâncton foi encontrado apenas em alguns meses. Entretanto, de maneira geral, os dois reservatórios apresentaram maior densidade e biovolume nas zonas de transição e lacustre. Resultados semelhantes, de aumento da biomassa no sentido rio – barragem foram encontrados por Borges, Train e Rodrigues (2008) nesse mesmo reservatório em junho, e no Reservatório de Capivari, em setembro. Considerando a distribuição vertical da biomassa fitoplancônica na coluna de água, na zona lacustre do reservatório de Iraí (PR), Train et al. (2005) verificaram, em junho, um acentuado gradiente quando ocorreu o maior pico de biovolume na zona epilimnética, em decorrência da floração de *Microcystis aeruginosa*. Dantas (2010), em reservatórios de Pernambuco, verificou variação vertical mais pronunciada nos reservatórios do Agreste, com valores médios mais elevados na sub-superfície.

Analisando as concentrações de clorofila **a** no reservatório Rio das Pedras (São Paulo), Padial, Pompêo e Moschini-Carlos (2009) observaram uma estratificação biológica nítida, gerada pela estratificação química do oxigênio. Em março, os organismos se distribuíram, preferencialmente, nas menores profundidades; enquanto no segundo período estudado, devido às condições mais homogêneas da coluna d'água, não evidenciou-se um padrão de distribuição preferencial da comunidade fitoplancônica, principalmente na região próxima da barragem. Moreno-Ostos et al. (2008) notaram que a distribuição da concentração de cianobactérias segue o gradiente de temperatura, com redução na superfície em direção ao fundo.

#### **4.2 Zooplâncton**

Dentre os organismos zooplancônicos que habitam os reservatórios, os rotíferos se sobressaem em riqueza e densidade. Esses organismos constituem um elo fundamental das cadeias alimentares em águas continentais, cobrindo o nicho ecológico dos pequenos filtradores. Maior riqueza total de espécies e maior diversidade de rotíferos foram encontradas na zona litorânea, em comparação com a zona limnética, do reservatório de Tapacurá (Pernambuco), provavelmente devido a sua localização no ecótono e pela presença de vegetação flutuante abundante (ALMEIDA et al., 2006).

Analisando a distribuição espacial de *Kellicottia bostoniensis* (rotífera) no reservatório de Furnas (MG), Landa, Aguila e Coelho (2002) definiram um gradiente, de montante a jusante, registrando um aumento progressivo dessa espécie à medida que o ambiente se tornava mais eutrófico. Os menores valores de densidade foram encontrados nas estações de amostragens do eixo central do reservatório, locais onde os níveis tróficos também se apresentaram mais baixos. Os maiores valores encontrados na região do rio Sapucaí foram correlacionados com os maiores valores de nitrito, nitrato e amônia; o enriquecimento por esses nutrientes é tido como umas das primeiras causas da eutrofização.

Ribeiro-Filho (2006) registrou as maiores abundâncias de zooplâncton na zona de transição do reservatório de Itaipu, o que foi explicado pelas maiores concentrações de clorofila, devido à maior ação antropogênica observada nas bacias dos rios São Francisco Verdadeiro e Falso, localizados nessa zona. Estudos conduzidos por Velho, Lansac-Toha e Bonecker (2005) em reservatórios paranaenses demonstraram que o aumento na abundância de zooplâncton em direção as áreas lânticas é um padrão comum e amplamente descrito na literatura.

Trabalhando com reservatórios em cascata no rio Paranapanema (SP/PR), Nogueira, Oliveira e Brito (2008), encontraram maior riqueza de microcrustáceos por amostra na região de transição rio/reservatório. Para esses autores estes resultados indicam que as condições hidrodinâmicas intermediárias entre ambientes lóticos e lânticos parecem favorecer as assembléias de microcrustáceos. Considerando as amostras individuais, a máxima riqueza de espécies dos organismos zooplanctônicos foi encontrada na estação localizada a jusante do reservatório de Jurumirim (24 táxons em abril de 2001). Já para os copépodos, as estações a jusante do reservatório de Chavantes e de Taquaraçu foram aquelas onde a abundância desse grupo manteve-se elevada na maioria dos períodos de amostragem. Na região de transição rio-reservatório (rio Paranapanema-Represa de Jurumirim, SP), Casanova e Henry (2004) observaram que, nos ambientes lânticos, a densidade de copépodos e calanoidas foram sempre maiores do que no sistema do rio, devido provavelmente à menor velocidade da correnteza e ao aumento da transparência e temperatura da água.

No reservatório de Emborcação (Araguari - MG) a distribuição vertical e abundância relativa das populações de rotíferos, cladoceros e copépodos, mostraram variações em números de indivíduos e composição de acordo com a profundidade. Nos diferentes horários amostrados foi verificado um processo migratório vertical conforme as variações nas características físicas e químicas da água. A distribuição vertical de copépoda, ao longo da coluna d'água, ocorreu de maneira mais heterogênea e com maior abundância do que a das

outras populações. Essa heterogeneidade ocorre em função dos estágios de desenvolvimento. Náuplios e copepoditos em seus estágios iniciais permanecem na superfície durante o dia, descendo às camadas inferiores à noite. Por outro lado, os últimos estágios de copepoditos e adultos apresentam migração noturna, permanecendo à noite no fundo e durante o dia na coluna d'água. Essa diferença quanto à distribuição é frequentemente encontrada como uma forma de evitar ou reduzir a competição intra-específica (RAMOS; MELLO; LIMA, 2008)

Padrão de migração vertical noturna também foi encontrado por Silva et al. (2009) no reservatório de Bodocongó (Campina Grande – Paraíba) para duas espécies de Cladocera (*Moina minuta* e *Diaphanosoma spinulosum*) e uma espécie de Copepoda (*Notodiptomus cearensis*) e por Previattelli, Santos-Silva e Darwich (2005), no Lago Tupé (Amazônia), para adultos e copepoditos de calanóides e cladóceros. Os outros grupos estudados por esses autores não apresentaram padrão de migração vertical. No entanto, apresentaram distribuição heterogênea, com maior densidade de indivíduos nas camadas mais profundas. O fato de não haver mistura das camadas mais profundas pode influenciar na distribuição, uma vez que se não há mistura de água, não há deslocamento de matéria ou energia para os extratos mais superficiais. Isso influencia na distribuição do alimento na coluna d'água, fazendo com que boa parte da matéria fique em extratos mais profundos, restando, conseqüentemente, aqueles organismos que utilizem desse material.

### **4.3 Zoobentos**

A abundância das comunidades bentônicas varia significativamente quando se compara os ambientes represados com aqueles não represados. As barragens induzem mudanças consideráveis na organização das comunidades ao longo de um gradiente longitudinal (GUMIERO; SALMOIRAGHI, 1998).

No reservatório de Corumbá (GO), foi encontrada alta densidade de organismos bentônicos nas margens de todas as estações de amostragens (zona lacustre, intermediária e fluvial). O desenvolvimento desses organismos nas margens é devido à baixa profundidade e alta concentração de oxigênio. Já no corpo central do reservatório, as estações diferiram quanto à abundância e riqueza de espécies, determinando um gradiente horizontal da comunidade bentônica. Os maiores valores desses atributos foram encontrados na zona fluvial (MORETTO; HIGUTI; TAKEDA, 2003). Esses autores sugerem que a menor profundidade, alta concentração de oxigênio, composição do sedimento por partículas grossas e características hidrodinâmicas dessa zona, foram os fatores que favoreceram esse resultado. Esses mesmos fatores foram usados por Jorcín, Nogueira e Belmont (2009), durante o período

de enchimento do reservatório de Porto Primavera (PR), para justificar as maiores riqueza de espécies e diversidade máxima encontradas nessa zona.

Jorcin e Nogueira (2008), em trabalho realizado com reservatórios em cascata do Rio Paranapanema, observaram aumento relativo da riqueza e abundância dos macroinvertebrados bentônicos na bacia do médio Paranapanema e indicaram que esse aumento pode estar relacionado com o grau de trofia, visto que os reservatórios da bacia do médio Paranapanema são mais eutróficos quando comparados aos oligotróficos do alto Paranapanema. Para o reservatório de Jurumirim, Santos e Henry (2001) observaram tendência de declínio montante-jusante. Segundo eles, essa diminuição e o eventual desaparecimento da fauna bentônica a jusante esta correlacionada com a profundidade. Os autores observaram ainda, que a zona lacustre apresenta condições mais oligotróficas e que a fauna zoobêntonica segue esse gradiente, visto que as maiores densidades e riqueza de gêneros foram obtidas na estação da região fluvial (eutrófica).

Estudos relatando maiores abundância e diversidade, de alguns gêneros, na zona lacustre e/ou intermediária, diferem dos acima citados. Resende, Takeda e Kobayashi (2003) afirmaram que a zona lacustre é o ambiente preferido pelos gêneros da família Chironomidae. Essa região, no reservatório de Rosana (PR), apresentou alta densidade de indivíduos, maior riqueza de gêneros e maiores valores de diversidade. Segundo os autores, a menor densidade de organismos da zona fluvial deve-se ao fato do caráter menos estável do sedimento, relacionado principalmente ao maior fluxo de água. Resultado semelhante foi constatado por Takeda et al. (2005), para larvas de Chironomidae nos reservatórios em cascata do rio Iguaçu. Os reservatórios apresentaram tendência de aumento do índice de diversidade genérica de montante para jusante, com exceção de Salto do Vau e Caxias.

Maior biomassa da espécie *Corbicula fluminea* foi encontrada na região de transição do reservatório de Rosana – Rio Paranapanema (SP/PR), por Bagatini et al. (2003). Os autores relacionaram essa distribuição aos maiores valores de clorofila encontrados nessa região, visto que se trata de um molusco bivalve de hábito filtrador. Porém, outros fatores como concentração de oxigênio, menores profundidades e o tipo de sedimento também poderiam ter contribuído.

#### 4.4 Peixes

Com a formação de reservatórios, há disponibilidade de novos habitats (como galhadas submersas, bancos de areia, macrófitas e ampla zona pelágica), e a perda de outros (como lagoas marginais, remansos, poções e corredeiras), o que pode provocar alterações profundas na estrutura e composição da ictiofauna local, geralmente com perda da biodiversidade (AGOSTINHO; GOMES; PELICICE, 2007). Com a formação do reservatório, também são originados gradientes físicos, químicos e biológicos com marcada variação espacial e temporal. Essas variações podem levar a formação de gradiente espacial da ictiofauna (OKADA; AGOSTINHO; GOMES, 2005).

Vaseck et al. (2004) observaram, para o reservatório Rímov (região Paleártica-República Checa), que a abundância e a biomassa declinaram consideravelmente de montante até a barragem durante o verão. Resultados justificados pela: i) fauna aquática ser composta por espécies do rio original, que não são bem adaptadas as condições lacustres, e ii) a região a montante ser usualmente mais eutrófica, pois nesse reservatório também foi registrado um declínio, em direção a barragem, na concentração de clorofila **a** e no zooplâncton. Assim, a distribuição de peixes seguiria um gradiente longitudinal de produtividade. Maiores abundância e número de espécies na estação mais distante da barragem também foram encontradas por Prchalova et al. (2008) para o mesmo reservatório.

No reservatório de Funil (Rio Paraíba do Sul), Santos, Terra e Araújo (2010) encontraram maior índice de diversidade de Shannon na zona de transição durante as estações chuvosa e seca. Para a abundância e riqueza de espécies os maiores valores foram observados na zona fluvial durante a estação chuvosa e situação contrária durante a seca. Esse acréscimo durante a estação chuvosa é provavelmente resultado da maior variabilidade de habitat e aumento do aporte de material alóctone, com conseqüente aumento dos recursos alimentares para os peixes e redução na competição por esses recursos. Por outro lado, na estação de seca, o declínio nos níveis de água poderia levar a zona lântica a ser usada como refúgio para a ictiofauna, por prover condições ambientais mais estáveis, aumento da profundidade e conseqüente aumento do volume de água em relação à zona fluvial.

Hoffmam, Orsi e Shibatta (2005), no reservatório UHE Escola Engenharia Mackenzie (Capivara), obtiveram os maiores índices de diversidade de Shannon e riqueza de espécies nos trechos mais distantes da barragem. Para o reservatório de Chavantes (Médio rio Paranapanema, SP/PR), Magnoni (2009) registrou maior número de espécies e diversidade de Shannon nos trechos lânticos, e maiores capturas (CPUE) nos trechos de transição. O baixo número de espécies coletadas no trecho lótico pode ser resultado da pouca efetividade das

redes de espera neste tipo de habitat, onde há uma elevada velocidade de corrente e grande aporte de material alóctone na água. Porém, pode também ser um indicativo de que as espécies que habitavam o trecho antes do barramento desapareceram devido à descontinuidade do rio. Segundo Oliveira, Goulart e Minte-Vera (2003; 2004) devido à maior disponibilidade de micro-habitats, que podem ser utilizados tanto por espécies pré-adaptadas as condições lacustres quanto por aquelas ajustadas às condições lóxicas, as zonas intermediárias dos reservatórios podem ser consideradas ecótonos entre as zonas lacustre e fluvial.

Nos seis trechos analisados do reservatório de Chavantes foram encontradas diferenças quanto à organização trófica e composição da dieta das assembléias de peixes, evidenciando uma segregação espacial das espécies nos diferentes compartimentos. As assembléias de cada um dos trechos diferiram no padrão geral de utilização dos recursos alimentares, apresentando certa tendência para o consumo de detrito/sedimento e insetos aquáticos nos trechos lóxicos, fragmentos vegetais nos trechos intermediários e peixes nos trechos lênticos. O aumento do consumo de peixes no sentido lótico - lêntico demonstra a adaptação de espécies piscívoras a esse ambiente (MAGNONI, 2009).

A hipótese de formação de gradiente longitudinal no sentido montante-barragem não foi evidenciada nos reservatórios de Salto Osório e Salto Santiago (Rio Iguaçu-PR) por Baumgartner (2010), sendo que os atributos verificados por esse autor apresentaram divergências em relação à distribuição longitudinal. Quanto à riqueza de espécies, foi observado em Salto Santiago que ela foi menor na zona de transição e maior nas zonas lacustre e fluvial; o oposto ocorreu em Salto Osório, que apresentou o maior número de espécies na zona de transição, sendo menos diversa nas regiões próximas à barragem e na porção superior do reservatório. O autor justifica que, em Salto Osório, o menor número de espécies na zona fluvial, diferente do observado em outros reservatórios, possivelmente seja decorrente do efeito da cascata de reservatórios, pois essa zona recebe água oligotrofizada do reservatório a montante. Além disso, mantém sua característica de fluxo, prejudicando as espécies com adaptações às condições fluviais pelo aumento da transparência, e daquelas com adaptações a ambientes lacustres devido ao fluxo elevado. Já em Salto Santiago, a ausência de gradiente possivelmente esteja associada à operação do reservatório, dando condições semelhantes para a manutenção das espécies, o que levaria ao mesmo número de espécies independentemente da zona. A composição não apresentou grandes divergências ao longo do reservatório. Essa condição pode estar associada à fauna simplificada encontrada em ambos os reservatórios, com poucas espécies e famílias, elevado número de espécies endêmicas,

muitas delas lambaris, com pré-adaptações às diversas condições do reservatório, dificultando assim a formação de gradientes longitudinais.

Além dos compartimentos longitudinais, é possível identificar a formação de gradiente vertical de diversidade e abundância de peixes (AGOSTINHO et al., 1999). A estratificação vertical pode criar regiões com diferentes características dentro de um lago, separando refúgios com temperaturas mais baixas no fundo e influenciando fortemente a migração sazonal de alguns peixes. A interação entre estratificação da temperatura, disponibilidade de oxigênio e profundidade nos ambientes lênticos, promove a separação de habitats pela ictiofauna (OLIVEIRA; GOULART, 2000).

A hipótese de formação de gradientes verticais na estrutura da ictiofauna foi confirmada por Baumgartner (2010) nos reservatórios de Salto Osório e Salto Santiago. Em ambos os reservatórios a análise de correspondência revelou, em seu primeiro eixo, a separação dos dois estratos, fundo e superfície, demonstrando que a fauna de peixes das duas regiões apresenta diferenças marcantes, com predomínio de Siluriformes e Gymnotiformes no fundo e Characiformes e Atheriniformes na superfície.

Para o reservatório de Rímov, Vaseck et al. (2004) observaram que os perfis ao longo da profundidade indicaram que os peixes ocupam mais o epilímnio. As espécies preferem a superfície, pois aparentemente essa região oferece melhores condições de temperatura e oxigênio. Já Prchalova et al. (2008) verificaram que a abundância, biomassa e número de espécies, de peixes adultos e juvenis, declinaram gradualmente em direção ao fundo, sendo observado que os peixes preferem a parte superior do epilímnio (4-5 m de profundidade); já a parte inferior (5-9 m) foi proporcionalmente habitada por um número muito pequeno de peixes, mesmo possuindo a mesma temperatura da água e concentração de oxigênio dissolvido. Provavelmente isso se deve à transparência e a camada eufótica a qual teve a profundidade de 4 m, indicada pelo disco de Secchi.

#### **4.4.1 Gradiente longitudinal no reservatório de Itaipu**

Estratos longitudinais (zona fluvial, transição e lacustre) ao longo do reservatório de Itaipu foram distinguidos por Agostinho et al. (1999), durante a descrição do período de colonização do reservatório, sendo registrada alta diversidade de espécies na zona fluvial. Padrões de distribuição longitudinal da ictiofauna foram também identificados por Oliveira, Goulart e Minte-Vera (2004), que encontraram maiores valores de diversidade total nas zonas fluvial e de transição. Os mesmos autores (2003) registraram diferenças significativas na

variação de espécies raras, sendo a menor proporção destas encontrada na zona lacustre, indicando perda da integridade ecológica nessa zona.

Okada, Agostinho e Gomes (2005) associaram os padrões de variação na taxa de sedimentação no reservatório de Itaipu com as variações espaciais das capturas das principais espécies da pesca artesanal confirmando, assim, a zonação do reservatório. Apenas para duas espécies de peixes sedentárias, o gradiente espacial foi insignificante. As demais espécies estudadas por esses autores apresentaram marcantes gradientes temporal e espacial sendo que *Hipophthalmus. edentatus*, principal espécie na pesca durante todo o período, ocuparam as áreas interiores do reservatório, principalmente a zona lacustre.

A pesca é uma atividade que inevitavelmente se estabelece em regiões de reservatórios, geralmente em períodos logo após sua construção. Adquire relevante papel social, envolvendo milhares de pessoas, pescadores profissionais e amadores (AGOSTINHO; GOMES; PELICICE, 2007). O reservatório de Itaipu, fechado em 1982 e com 1350 km<sup>2</sup> de área, tem uma pesca bem diversificada (aproximadamente 50 espécies), com predomínio de *Pterodoras granulosus*, *Plagioscion squamosissimus*, *H. edentatus* e *Prochilodus lineatus*, além de *Hypostomus* sp em sua porção mais alta. Os apetrechos de pesca mais utilizados pelos pescadores profissionais no reservatório de Itaipu são: redes de espera, espinhéis, anzóis de espera, linhadas, caniços e tarrafas, além de físgas, covos e anzóis de galho (AGOSTINHO; GOMES, 2005; AGOSTINHO; GOMES; PELICICE, 2007).

Segundo Okada, Agostinho e Gomes (2005) padrões de gradientes espaciais e temporais de variáveis abióticas ou bióticas verificadas nos reservatórios influenciam gradientes espaciais em sistemas de pesca, incluindo estratégias, rendimento, composição de espécies, investimentos e rentabilidade da pesca. Esses autores analisaram durante onze anos as relações entre capturas das principais espécies e as estratégias operacionais da pesca ao longo do eixo longitudinal do reservatório de Itaipu. Dentre as análises realizadas identificaram-se padrões na captura de pelo menos três das principais espécies. O uso de tarrafas na zona fluvial foi associado à captura de *R. aspera* e em menor grau de *P. granulosus*, a captura dessa última espécie junto com *P. luetkeni*, abundantes na zona fluvial, envolvem também o uso de espinhel. Já as redes de espera foram utilizadas nas capturas de *H. edentatus* nas zonas mais internas do reservatório. Variação no emprego dos diferentes apetrechos de pesca entre as zonas do reservatório de Itaipu também foram constatadas por Agostinho, Gomes e Pelicice (2007), sendo aqueles apetrechos baseados em anzóis mais



freqüentes na zona fluvial, e em rede na lacustre. Essas variações podem ser explicadas pelas diferenças na composição do pescado entre as zonas.

## **5- CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os estudos aqui apresentados confirmaram que em reservatórios as variáveis físicas, químicas e biológicas se organizam claramente ao longo de gradientes espaciais e frequentemente é observada uma reorganização na abundância e composição das comunidades biológicas em resposta aos processos interativos dessas variáveis.

Assim, para estudar a distribuição de uma comunidade específica é importante ter um conhecimento prévio de como os fatores físicos e as demais comunidades se comportam, pois isso influenciará sobremaneira a distribuição da comunidade a qual se objetiva estudar. Além disso, é importante a realização de estudos que estabeleçam relações de distribuição entre diferentes comunidades e a implantação e manutenção de programas que acompanhem o comportamento e a conservação da diversidade das comunidades biológicas. Qualquer plano de manejo a ser implantado visando à conservação de recursos pesqueiros em reservatórios deve levar em consideração que as comunidades não se distribuem aleatoriamente, mas seguem um padrão de gradientes espaciais, longitudinais, verticais e transversais. Se estes padrões não forem considerados, a possibilidade de insucesso é elevada.

## 6. REFERÊNCIAS

- AGOSTINHO, A. A.; PELICICE, F. M.; GOMES, L. C. Dams and fish fauna of the Neotropical region: impacts and management related to diversity and fisheries. **Brazilian Journal of Biology**, v.68, n.4, p.1119-1132, 2008.
- AGOSTINHO, A. A.; GOMES L.C. PELICICE, F. M. **Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil**. Maringá, EDUEM, 2007.501p.
- AGOSTINHO, A.A.; GOMES, L.C. O manejo da pesca em Reservatórios da Bacia do Alto Rio Paraná: avaliação e perspectivas. In: NOGUEIRA, M.G.; HENRY, R.; JORCIN, A. (Eds.) **Ecologia de Reservatórios**. Ed. Rima. São Carlos, 2005, 459p.
- AGOSTINHO, A. A.; MIRANDA, L. E.; BINI, L. M.; GOMES L. C.; THOMAZ, S. M.; SUZUKI, H. I. Patterns of colonization in neotropical reservoirs, and prognoses on aging. In: TUNDISI, J. G.; STRASKRABA, M. (Eds.). **Theoretical reservoir ecology and its applications**. São Carlos- SP: International Institute of Ecology, 1999.p. 227-265.
- AGOSTINHO, A. A.; OKADA, E. K.; GREGORIS, J. A pesca no Reservatório de Itaipu: Aspectos sócio-econômicos e impactos do represamento. In: HENRY, R. (Ed.). **Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais**. Botucatu: Fundação de Amparo a pesquisa do estado de São Paulo / Fundação do Instituto de Biociências (FUNDIBIO / FAPESP), 1999.p. 289-320.
- AGOSTINHO, A. A., JULIO JR., H. F.; BORGHETTI, J. R. Considerações sobre os impactos do represamento na ictiofauna e medidas para sua atenuação. Um estudo de caso: reservatório de Itaipu. **Revista Unimar**, Maringá, v.14, p. 89-107, 1992.
- AGUILA, L. M. R. **Gradiente trófico no rio Sapucaí (Reservatório de Furnas MG):Relação com a distribuição do zooplâncton e o uso do solo**. Belo Horizonte: UFMG, 2001. 82p. Tese (Mestrado) - Programa de Pós - Graduação em ecologia, manejo e conservação da vida silvestre, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2001.
- ALMEIDA, L. S.; LARRAZÁBAL, M. E. L.; MOURA, A. N.; MELO JR., M. Rotífera das zonas limnética e litorânea do reservatório deTapacurá, Pernambuco, Brasil. **Iheringia Série Zoologia**. Porto Alegre, v.96, n.4, p.445-451, 2006.
- BAGATINI, Y. M.; HIGUTI, J.; TAKAHASHI, M. A.; BENEDITO-CECILIO, E. Variação sazonal e longitudinal da biomassa de *Corbicula fluminea* (Muller, 1774) no reservatório de Rosana (Paraná/São Paulo). In: RODRIGUES, L.; AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.; THOMAZ, S. M. (Eds.). **Produtividade em reservatórios e bioindicadores**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2003. p. 161-165.
- BAUMGARTNER, D. **Zonação, variabilidade e inter-relação da fauna de peixes de dois reservatórios do rio Iguçu, Paraná, Brasil**. Maringá: UEM, 2010. 76p. Tese (Doutorado) - Programa de Pós - Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2010.
- BORGES, P. A.; TRAIN, S.; RODRIGUES, L. C. Spatial and temporal variation of phytoplankton in two subtropical Brazilian reservoirs. **Hydrobiologia**. v. 607 , p.63 – 74, 2008.

- BORGES, P. A. F. **Estrutura e dinâmica do fitoplâncton nos reservatórios de Segredo e Parigot de Souza (Estado do Paraná, Brasil)**. Maringá: UEM, 2006. 43p. Tese (Mestrado)-Programa de Pós - Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.
- CABRAL, J. B. P. Estudo do processo de assoreamento em reservatórios. **Caminhos de Geografia**.v.6, n.14, p. 62-69, 2005.
- CASANOVA, S. M. C.; HENRY, R. Longitudinal distribution of copepod populations in the transition zone of Paranapanema river and Jurumirim Reservoir (São Paulo, Brazil) and interchange with two lateral lakes. **Brazilian Journal of Biology**. v.64, n.1, p. 11-26, 2004.
- DANTAS, E. W.; ALMEIDA, V. L. S.; BARBOSA, J. E. L.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C.; MOURA, A. N. Efeito das variáveis abióticas e do fitoplâncton sobre a comunidade zooplancônica em um reservatório do Nordeste brasileiro. **Iheringia, Série Zoológica**. Porto Alegre, v.99, n.2, p. 132-141, 2009.
- ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro: Editora Interciência/ FINEP, 1998.
- FIGUEIREDO, D. M. **Padrões limnológicos e do fitoplâncton nas fases de enchimento e estabilização dos reservatórios de APM Manso e AHE Jauru (Estado de Mato Grosso)**. São Carlos: UFSCAR, 2007.285p. Tese (Doutorado) - Programa de pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2007.
- GLYMPH, L. M. Sedimentation of Reservoirs. In: ACKERMANN.W. C. et al. (Ed.). **Man – made lakes: their problems and environmental**. Washington: DC American Geophysical Union, 1973. p. 342-348.
- GUMIERO, B.; SALMOIRAGHI, G. Influence of an impoundment on benthic macroinvertebrate habitat utilization. **Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie**. v. 26, p. 2063-2069, 1998.
- HENRY, R. Amônia ou fosfato como agente estimulador do crescimento do fitoplâncton na represa de Jurumirim (Rio Paranapanema-SP). **Revista Brasileira de Biologia**. v.50, n.4, p.883-892, 1990.
- HENRY, R.; SIMÃO, C. C. Aspectos sazonais da limitação potencial por N, P. e Fe no fitoplâncton da Represa de Barra Bonita (Rio Tiete - SP). **Revista Brasileira de Biologia**. v. 48, n.1, p. 1-14, 1988.
- HOFFMANN, A. C.; ORSI, M. L.; SHIBATTA, O. A. Diversidade de peixes do reservatório da UHE Escola Engenharia Mackenzie (Capivara), Rio Paranapanema, bacia do alto rio Paraná, Brasil, e a importância dos grandes tributários na sua manutenção. **Iheringia Série Zoológica**. Porto Alegre, v. 95, n.3, p.319-325, 2005.
- HUTCHINSON, G. E. **A treatise on limnology. I Geography, physics, and chemistry**. New York: John Willey & Sons, 1957.
- JORCIN, A.; NOGUEIRA, M. G.; BELMONT, R. Spatial and temporal distribution of the zoobenthos community during the filling up period of Porto Primavera Reservoir (Paraná River, Brazil). **Brazilian Journal of Biology**. v.69, n.1, p.19-29, 2009.

- JORCIN, A.; NOGUEIRA, M. G. Benthic macroinvertebrates in the Paranapanema reservoir cascade (southeast Brazil). **Brazilian Journal of Biology**. v.68, n.4, p. 1013-1024, 2008.
- JULIO JR., H. F; BONECKER, C. C; AGOSTINHO, A. A. Reservatório de Segredo e sua inserção na bacia do rio Iguaçú. In: AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C. (Eds.). **Reservatório de Segredo bases ecológicas para manejo**. Maringá: EDUEM, 1997.p.1-17.
- KIMMEL, B. L.; LIND, O. T.; PAULSON, L. J. Reservoir Primary Production. In: THORNTON, K. W.; KIMMEL, B. L.; PAYNE, F. E. (Eds.). **Reservoir limnology:ecological perspectives**. New York: John Willey & Sons, 1990. p. 133-193.
- LAMPERT, W.; SOMMER, U. **Limnoecology: the ecology of lakes and streams**. New York: Oxford University Press, 1997.
- LANDA, G. G.; AGUILA, L. M. R.; PINTO-COELHO, R. M. Distribuição espacial e temporal de *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet, 1908) (Rotífera) em um grande reservatório tropical (reservatório de Furnas), Estado de Minas Gerais, Brasil. **Acta Scientiarum**. Maringá, v. 24, n. 2, p. 313-319, 2002.
- MAGNONI, A. P. V. **Ecologia trófica das assembléias de peixes do reservatório de Chavantes (Médio rio Paranapanema, SP/PR)**. Botucatu: UNESP, 2009.119 p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Botucatu, 2009.
- MARGALEF, R. **Limnologia**. Barcelona: Omega, 1983.
- MATTHEWS, W. J. **Patterns in Freshwater Fish Ecology**. New York: International Thomson Editors, 1998.
- MORENO-OSTOS, E.; CRUZ-PIZARRO, L.; BASANTA, A.; GEORGE, D. G. The spatial distribution of different phytoplankton functional groups in a Mediterranean reservoir. **Aquatic Ecology**. v.42, p.115 – 128, 2008.
- MORETTO, Y.; HIGUTI, J.; TAKEDA, A. M. Spatial variation of the benthic community in the Corumbá reservoir, Goiás, Brazil. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**. Maringá, v. 25, n. 1, p. 23-30, 2003.
- NOGUEIRA, M. G.; HENRY, R.; MARICATTO, F. E. Spatial and temporal heterogeneity in the Jurumirim Reservoir, São Paulo, Brazil. **Lakes & Reservoirs: Research and Management**.v.4,p.107-120, 1999.
- NOGUEIRA, M. G.; OLIVEIRA, P. C. R.; BRITTO, Y. T. Zooplankton assemblages (Copepoda and Cladocera) in a cascade of reservoirs of a large tropical river (SE Brazil). **Limnetica**. v.27, n.1, p. 151-170, 2008.
- OKADA, E. K.; AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C. Spatial and temporal gradients in artisanal fisheries of a large Neotropical reservoir, the Itaipu Reservoir, Brazil. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences** v.62, p. 714–724, 2005.
- OLIVEIRA, E. F.; GOULART, E. Distribuição espacial de peixes em ambientes lênticos: interação de fatores. **Acta Scientiarum**. Maringá, v.22, n.2, p.445-453, 2000.
- OLIVEIRA, E. F.; GOULART, E.; MINTE-VERA, C. V. Fish diversity along spatial gradients in the Itaipu reservoir , Paraná Brasil. **Brazilian Journal of Biology**.São Carlos-SP, v.64, n.3a, p. 447-458, 2004.
- OLIVEIRA, E. F.; GOULART, E.; MINTE-VERA, C. V. Patterns of dominance and rarity of fish assemblage along spatial gradients in the Itaipu Reservoir, Paraná, Brazil. **Acta Scientiarum: Biological Sciences**. Maringá, v. 25, n. 1, p. 71-78, 2003.

- PADIAL, P. R.; POMPÊO, M.; MOSCHINI-CARLOS, V. Heterogeneidade espacial e temporal da qualidade da água no reservatório Rio das Pedras (Complexo Billings, São Paulo). **Ambi-Água**. Taubaté, v. 4, n. 3, p. 35-53, 2009.
- PAGIORO, T. A.; ROBERTO, C. M.; THOMAZ, S. M.; PIERINI, S. A.; TAKA, M. Zonificação Longitudinal das variáveis limnológicas abióticas em reservatórios. In: RODRIGUES, L.; THOMAZ, S. M.; AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.(Orgs.). **Biocenose em reservatórios padrões espaciais e temporais**. São Carlos: RiMa, 2005. p. 40-46.
- PAGIORO, T. A.; THOMAZ, S. M.; ROBERTO, M. C. Caracterização Limnológica Abiótica dos Reservatórios. In: RODRIGUES, L.; THOMAZ, S. M.; AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C. (Orgs). **Biocenose em reservatórios padrões espaciais e temporais**. São Carlos: RiMa, 2005. p.17-37.
- PETTS, G. E. A perspective on the abiotic processes sustaining the ecological integrity of running waters. **Hidrobiologia**. n. 422/423, p.15-27, 2000.
- PRCHALOVA, M.; KUBECKA, J.; VASEK, M.; PETERKA, J.; SED'A, J.; JUZA, T.; RIHA, M.; JAROLIM, O.; TUSER, M.; KRATOCHVIL, M.; CECH, M.; DRASTI'K, V.; FROUZOVA, J.; HOHAUSOVA, E. Distribution patterns of fishes in a Canyon-Shaped reservoir. **Journal of Fish Biology**. v.73, p.54-78, 2008.
- PREVIATTELLI, D.; SANTOS-SILVA, E. N.; DARWICH, A. J. Distribuição vertical do zooplâncton e sua relação com as variáveis ambientais. In: SANTOS-SILVA, E. N.; APRILLE, F. M.; SCUDELLER, V. V.; MELO, S. (Orgs.). **Biotupé: Meio Físico, Diversidade Biológica e Sociocultural do Baixo Rio Negro, Amazônia Central**. Manaus: INPA, 2005. p.109-121.
- RAMÍREZ, J. J.; BICUDO, C. E. M. Diurnal and spatial (vertical) dynamics of nutrients (n, p, si) in four sampling days (summer, fall, winter, and spring) in a tropical shallow reservoir and their relationships with the phytoplankton community. **Brazilian Journal of Biology** v.65, n.1, p. 141-157, 2005.
- RAMOS, J. D.; MELLO, H. O. O; LIMA, L. Análise da composição, abundância e distribuição vertical das populações de rotífera, cladocera e copepoda, no reservatório de emborcação (Araguari - MG). **Em extensão**, Uberlândia, v. 7, n. 2, p. 80 - 94, 2008.
- RESENDE, D. L. M. C.; TAKEDA, A. M.; KOBAYASHI, J. T. Distribuição espacial de larvas de Chironomidae (Diptera) no reservatório de Rosana, rio Paranapanema, SP/PR. In: RODRIGUES, L.; AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.; THOMAZ, S. M. (Eds.). **Produtividade em reservatórios e bioindicadores**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2003. p. 137-143.
- RIBEIRO-FILHO, R. A. **Relações tróficas e limnológicas no reservatório de Itaipu: uma análise do impacto da biomassa pesqueira nas comunidades planctônicas**. São Carlos: Universidade de São Paulo, 2006. 154.p. Tese (Doutorado). Programa de pós - graduação e área de concentração em ciências da Engenharia ambiental, Escola da Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.
- RODRÍGHEZ, M. A.; LEWIS JR., W. M. Structure of fish assemblages along environmental gradients in floodplain lakes of the Orinoco River. **Ecological Monographs**. v.67, n.1, p.109-128, 1997.

- RODRIGUES, L. M. **Alterações espaciais e temporais de características limnológicas resultantes da transformação rio- reservatório na área do reservatório da usina hidrelétrica de Dona Francisca, RS, Brasil.** Porto Alegre: UFRGS, 2002.100p. Tese (Mestrado) - Curso de Pós - Graduação em Ecologia, Instituto de biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.
- SANTOS, A. B. I.; TERRA, B. F.; ARAÚJO, F. G. Influence of the river flow on the structure of fish assemblage along the longitudinal gradient from river to reservoir. **Zoologia.** v.27, n.5, p.732-740, 2010.
- SANTOS, C. M; HENRY, R. Composição, distribuição e abundancia de Chironomidae (Diptera, Insecta) na Represa de Jurumirim ( Rio Paranapanema-SP). **Acta Limnologica Brasiliensia** v.13, n.2, p.99 –115, 2001.
- SCHAFFER, A. **Fundamentos de ecologia e biogeografia das águas continentais.** Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 1984.
- SILVA, A. M. A.; MEDEIROS, P. R.; SILVA, M. C. B. C.; BARBOSA, J. E. L. Diel vertical migration and distribution of zooplankton in a tropical Brazilian reservoir. **Revista Biotemas.** v.22, n.1, p.49-57, 2009.
- TAKEDA, A. M.; BUTAKKA, C. M. M.; FUJITA, D. S.; FUJITA, R. H.; BIBIAN, J. P. R. Larvas de Chironomidae em cascata de reservatórios no Rio Iguaçu (PR). In: RODRIGUES, L.; THOMAZ, S. M.; AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C. (Eds.). **Biocenoses em Reservatórios. Padrões espaciais e temporais.** São Carlos: RiMa, 2005. p. 147-159.
- THOMAZ, S. M.; BINI, L. M.; ALBERTI, S. M. Limnologia do reservatório de segredo: padrões de variação espacial e temporal. In: AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C. (Eds). **Reservatório de Segredo bases ecológicas para manejo.** Maringá: EDUEM, 1997.p.19-37.
- THORNTON, K. W. Sedimentary Processes. In: THORNTON, K. W.; KIMMEL, B. L.; PAYNE, F. E. (Eds.). **Reservoir limnology:ecological perspectives.** New York: John Willey & Sons, 1990. p. 43-69.
- THORNTON, K. W.; KIMMEL, B. L.; PAYNE, F. E. (Eds.). **Reservoir limnology:ecological perspectives.** New York: John Willey & Sons, 1990. p. 43-69.
- TRAIN, S.; JATI, S.; RODRIGUES, L. C.; PIVATO, B. M. Distribuição espacial e Temporal do Fitoplâncton em três reservatórios da bacia do Rio Paraná. In: RODRIGUES, L.; THOMAZ, S. M.; AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C. (Orgs.). **Biocenose em reservatórios padrões espaciais e temporais.** São Carlos: RiMa, 2005. p.73-85.
- VASEK, M.; KUBECKA, J.; PETERKA, J.; CECH, M.; VLADISLAV, D.; HLATIKI, M.; PRCHALOVA, M.; FROUZOVÀ, J. Longitudinal and Vertical Spatial Gradients in the Distribution of Fish within a Canyon-Shaped Reservoir. **International Review in Hydrobiology.**v.89, n.4, p. 352–362, 2004.
- VELHO, L. F. M.; LANSAC-TOHA, F. A.; C. C. BONECKER. Distribuição longitudinal da Comunidade Zooplânctonica em Reservatórios. In: RODRIGUES, L.; THOMAZ, S. M.; AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C. (Orgs.). **Biocenose em reservatórios padrões espaciais e temporais.** São Carlos: RiMa, 2005. p.130-136.
- WETZEL, R. G. Reservoir Ecosystems: Conclusions and Speculations. In: THORNTON, K. W.; KIMMEL, B. L.; PAYNE, F. E. (Eds.). **Reservoir limnology:ecological perspectives.** New York: John Willey & Sons, 1990. p. 227-238.

WETZEL, R. G. **Limnología**. Barcelona: Ediciones Omega, 1981.

ZANATA, L. H; ESPÍNDOLA, E. L. G. Longitudinal processes in Salto Grande reservoir (Americana, SP, Brazil) and its influence in the formation of compartment system. **Brazilian Journal of Biology**. v.62, n.2, p. 347-361, 2002.

## Capítulo 2

### **INFLUÊNCIA DE GRADIENTES NA ESTRUTURAÇÃO DA ICTIOFAUNA DE UM RESERVATÓRIO DO SUL DO BRASIL**

Artigo elaborado e formatado conforme as normas para publicação científica no periódico *Environmental Biology of Fishes*.



## **Influência de gradientes na estruturação da ictiofauna de um reservatório do Sul do Brasil**

### **RESUMO**

Esse trabalho teve como objetivo determinar a existência de gradientes longitudinais (zonas fluvial, transição e lacustre) verticais (margem, superfície e fundo) e transversais (reservatório, trechos lânticos e lóticos dos tributários). Especificamente, foi avaliado o efeito de cada um deles na estrutura das assembleias de peixes (composição, número de espécies e equitabilidade) de diferentes biótopos do reservatório de Itaipu e dos seus principais tributários. As coletas foram realizadas trimestralmente no período de agosto de 2005 a maio de 2006. As coletas de peixes foram feitas nos seguintes biótopos: i) águas lânticas do reservatório, áreas lânticas dos tributários e áreas de remansos dos rios (amostrados com redes de espera); ii) áreas litorâneas não estruturadas (amostradas com redes de arrasto); iii) áreas litorâneas estruturadas (amostradas com pesca elétrica); e iv) áreas lóticas dos tributários (amostradas com tarrafas). Em todas as amostragens foram capturadas 99 espécies de peixes. As variações espaciais (longitudinal, transversal e vertical) foram satisfatoriamente identificadas. Ao longo do gradiente transversal os trechos lóticos dos tributários apresentaram maior diferenciação das assembleias de peixes. Ao longo do gradiente longitudinal as maiores riquezas foram observadas na região fluvial. O gradiente vertical foi o mais evidente com maior diferenciação da assembleia de peixes e maior riqueza nas margens. Com base nos resultados, foi possível determinar que amostragens em diferentes biótopos é fundamental para entender a zonação em reservatórios. Além disso, é recomendado que todas as ações de manejo considerem a compartimentalização da assembleia de peixes em reservatórios.

**Palavras – chave:** Gradientes. Reservatório. Biótopos. Assembleia de peixes.

## **Influence of gradients in structuring the fish fauna of a reservoir in southern Brazil**

### ***ABSTRACT***

The aim of this paper was to determine the existence of longitudinal gradients (riverine, transition and lacustrine zones) vertical (margin, surface and bottom) and transversal (reservoir, lentic and lotic stretches of tributaries). Specifically, their roles on structuring fish assemblages (composition, number of species and evenness) in different biotopes of the Itaipu reservoir and its main tributaries were determined. To achieve our objectives, quarterly samples were taken from August 2005 to May 2006. Fish sampling were conducted in various biotopes of the region i) slow waters of the reservoir, lentic areas of the tributaries and backwater areas of rivers (sampled with gill nets), ii) non-structured littoral areas (sampled with seining nets), iii) structured littoral areas (sampled with electrofishing) and iv) lotic areas of the tributaries (sampled with cast nets). A total of 99 species were captured; the spatial variations (longitudinal, transversal and vertical) were satisfactorily identified. Along the transversal gradient lotic stretches of tributaries showed greater differentiation of fish assemblages. Along the longitudinal gradient greater species richness were observed in the lotic stretches. The vertical gradient was more pronounced with greater differentiation of fish assemblages and richness in the margins of the reservoir. Based on the results it was clear that, to fully understand the gradients in reservoirs, several biotopes has to be sampled. In addition, it is recommended than any management action should consider the importance of the compartmentalization of fish assemblages in reservoirs.

***Keywords:*** Gradients. Reservoir. Biotopes. Fish assemblage.

## INTRODUÇÃO

Barragens e seus reservatórios associados são prevalentes características modernas sobre a paisagem no mundo (Falke e Gido 2006) e no Brasil (Agostinho et al. 2007). Devido à crescente demanda energética e o enorme potencial hídrico sul-americano foram construídos muitos empreendimentos hidrelétricos, resultando numa severa alteração do perfil de inúmeros rios em todo o Brasil. Os impactos dos represamentos em nível de ecossistema englobam conseqüências físicas, químicas e geomorfológicas decorrentes do bloqueio do rio e de alterações na distribuição espaço-temporal na vazão; mudanças na produtividade primária e na estrutura do canal compreendendo o trecho represado e o segmento a jusante da barragem o que resulta em modificações nas assembléias de invertebrados e peixes (WCD, 2000; Agostinho et al. 2007).

Devido ao fato dos reservatórios artificiais apresentarem conexão com um rio principal a montante, é esperada a formação de gradientes. Em geral, apresentam padrões verticais e longitudinais bem definidos das variáveis físicas, químicas e biológicas que influenciam diretamente a composição, a estrutura e a dinâmica da assembléia de peixes presentes no sistema (Thornton et al. 1990; Vašek et al. 2004; Agostinho et al. 2007), inclusive na pesca (Okada et al. 2005). As zonas nas quais o gradiente longitudinal é seccionado possuem características distintas. A zona fluvial é um ambiente tipicamente lótico com intenso fluxo e alto nível de nutrientes. A zona de transição possui uma penetração de luz relativamente alta, e maior produtividade primária e diversidade de peixes do que as outras zonas. A zona lacustre, limitada pela barragem, apresenta longa permanência de água e baixa concentração de nutrientes dissolvidos (Kimmel et al. 1990; Oliveira et al. 2004). Para o eixo vertical, a zona batipelágica é pobremente habitada, o que está diretamente relacionado a fatores físicos e químicos, especialmente a disponibilidade de oxigênio (Agostinho et al. 1999). Os gradientes transversais em maior amplitude podem aparecer no eixo secundário de um reservatório a partir do resultado hidrodinâmico e de características fisiográficas da transição reservatório-tributário. Neste gradiente cabeceira-foz dos tributários, três zonas também podem ser caracterizadas: trechos lóticos e lênticos dos tributários e margens do reservatório (Oliveira et al. 2004).

Existem vários trabalhos que consideram os gradientes verticais e longitudinais em reservatórios (Agostinho et al. 1999; Vaseck et al. 2004; Prchalova et al. 2008; Baumgartner 2010). Porém, quando se refere a gradientes transversais, que incluem os tributários, poucos são os estudos existentes (Oliveira et al. 2004). Também são escassos os estudos que

apresentam delineamento amostral que permite avaliar todos os possíveis gradientes simultaneamente, incluindo os biótopos presentes. Neste contexto o presente estudo se propôs a determinar a existência de gradientes longitudinais, verticais e transversais e seus papéis como estruturadores das assembléias de peixes (composição, número de espécies e equitabilidade) de diferentes biótopos do reservatório de Itaipu e dos seus principais tributários. Para alcançar o proposto, foi assumido que, devido à extensa área do reservatório de Itaipu, os gradientes serão prontamente identificados, e que as estações de amostragens mais próximas (nos gradientes) apresentarão composição, riqueza de espécies e equitabilidade semelhantes. Essa hipótese foi considerada para os diversos biótopos existentes na região: i) águas lânticas do reservatório, áreas lânticas dos tributários e áreas de remansos dos rios (amostrados com redes de espera); ii) áreas litorâneas não estruturadas (amostradas com redes de arrasto); iii) áreas litorâneas estruturadas (amostradas com pesca elétrica); e iv) áreas lólicas dos tributários (amostradas com tarrafas). Com esse delineamento foi possível avaliar se os biótopos apresentam assembléias de peixes distintas, e também avaliar a existência do gradiente longitudinal (biótopos i, ii, iii, e iv), transversal (biótopos i, ii, iii, e iv) e vertical (biótopo i), na composição, riqueza de espécies e equitabilidade.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Área de estudos**

O reservatório de Itaipu foi formado em Outubro de 1982. Está situado ao longo da fronteira Brasil-Paraguai entre 24°05' e 25°27' de latitude Sul (S) e 54°05' e 54°48' de longitude Oeste (W), no alto curso do Rio Paraná, e estende-se do município de Guaíra até Foz do Iguaçu. Possui 151 km de extensão, apresenta superfície de 1.350 km<sup>2</sup> em sua cota média de operação (220 m) e 1.460 km<sup>2</sup> na cota máxima (223 m). A profundidade média é de 22 m e o volume de água é de 29 x 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>. Suas margens e reentrâncias inserem-se na bacia hidrográfica do Paraná, com 8.389 km<sup>2</sup>, onde estão localizados seus afluentes, dentre eles: Arroio Guaçu, Rio São Francisco Verdadeiro e Rio Ocoí, todos da margem esquerda (Fig.1).

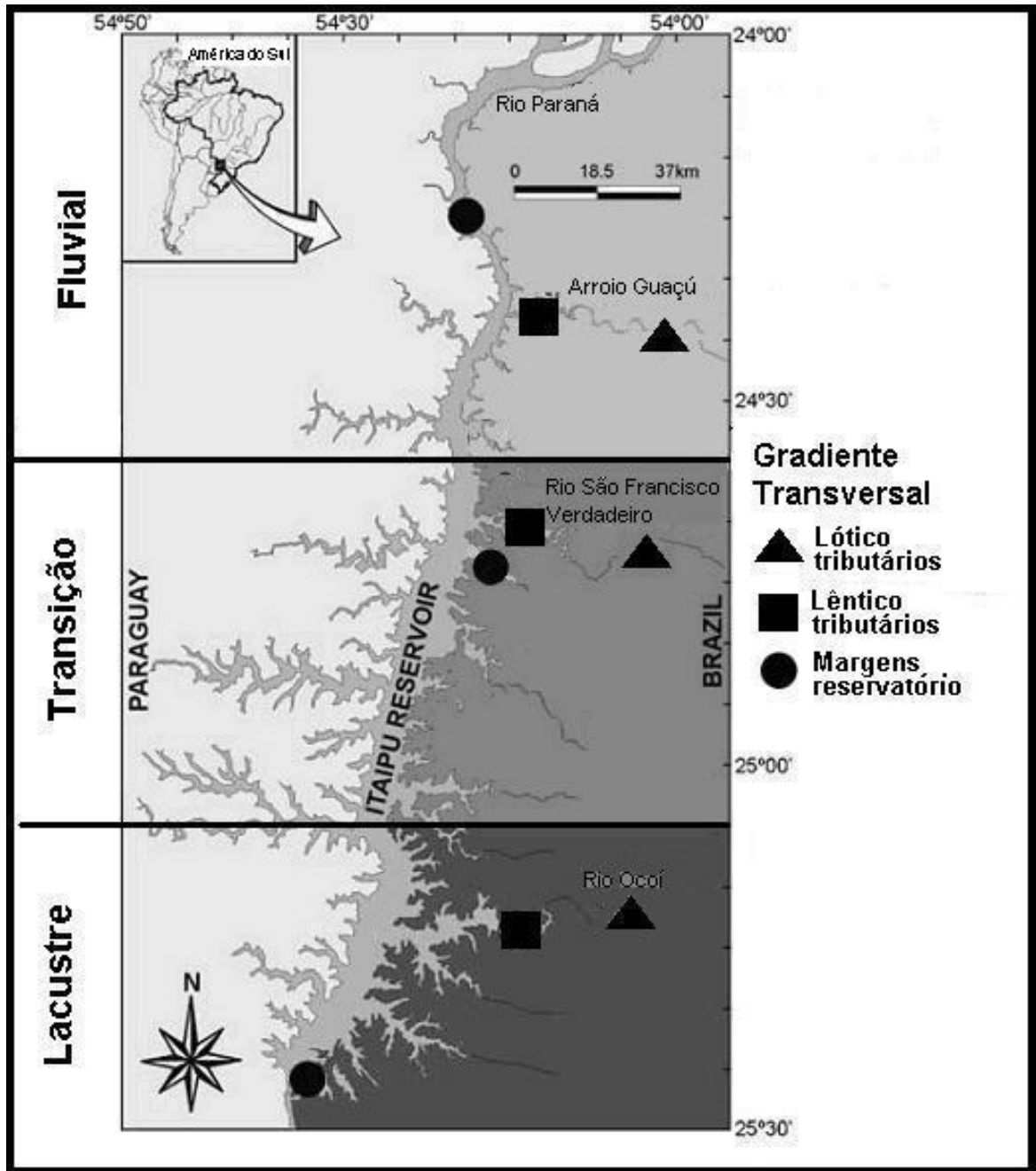


Figura 1. Mapa do reservatório de Itaipu e seus principais tributários, com as estações de amostragens (Oliveira et al. 2004)

As áreas amostradas no Arroio Guaçu apresentam corredeiras entremeadas por área de remansos. A profundidade máxima nesta área é de aproximadamente 4 m e o fundo é rochoso, alternando-se com áreas de cascalho e areia.

No rio São Francisco Verdadeiro, um dos principais tributários da margem esquerda do reservatório de Itaipu, as amostragens foram conduzidas no remanso (região lântica ou semi-lântica), na confluência com o reservatório (profundidade média de 10 m), na porção

lótica (profundidade média de 1,5 m), com corredeiras (geralmente com muitas pedras) e poços, e nas margens íngremes e com vegetação.

No rio Ocoí o trecho lótico amostrado caracteriza-se pela margem íngreme e coberta pela vegetação ciliar nativa, portanto arbórea. As culturas predominantes no entorno deste trecho são a de soja e trigo, havendo ainda, em menor grau, atividade pecuária. A profundidade alcança 2 m na área amostrada e o leito do rio é pedregoso.

### Estações de amostragem e coleta de dados

As amostragens foram realizadas trimestralmente no período de agosto de 2005 a maio de 2006 em três estações no corpo do reservatório (Guaira, Santa Helena e Foz); e duas estações de amostragem nos tributários, sendo uma em trecho lântico (com influência do reservatório) e a outra em trecho lótico do Arroio Guaçu, São Francisco Verdadeiro e rio Ocoí. Esse delineamento foi estabelecido para abranger todos os possíveis gradientes existentes no reservatório de Itaipu (Fig. 2).

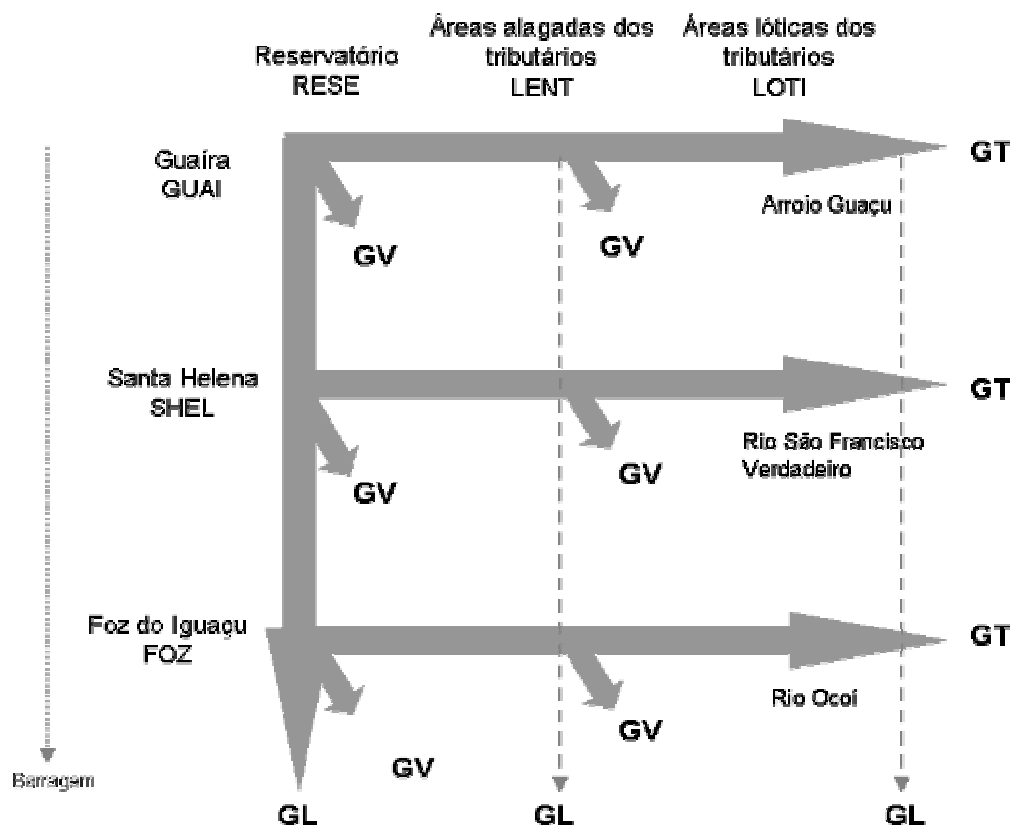


Fig. 2. Ilustração representando o delineamento amostral utilizado para a identificação dos possíveis gradientes do reservatório de Itaipu (GL: gradiente longitudinal; GV: gradiente vertical; GT: gradiente transversal; linhas pontilhadas representam outras possíveis diferenças longitudinais). O delineamento foi baseado em estudos previamente conduzidos (Agostinho et al. 1999; Oliveira et al. 2004; Oliveira et al. 2005; Okada et al. 2005; Agostinho et al. 2007).

Os peixes foram capturados usando redes de espera (simples e tresmalhos), redes de arrastos, pesca elétrica e tarrafa. Nas estações de amostragens localizadas no corpo do reservatório (Guaíra, Santa Helena e Foz - RESE), e nos trechos lênticos dos tributários (LENT) foram utilizadas três baterias de redes de espera, com malhagem variando de 2,4 a 16 cm entre nós opostos, instalados nas áreas abertas (superfície e fundo) e margens por 24 h/mês/estação, com capturas às 8h-9h; 16h-17h e 22h-23h. Nos remansos dos trechos lóticos dos tributários (Arroio Guaçu, rio São Francisco Verdadeiro e rio Ocoí - LOTI), foi utilizada apenas uma bateria de redes de espera com mesmo tamanho de malhas.

As redes de arrasto foram empregadas em áreas litorâneas sem estrutura, em todas as estações localizadas no reservatório (RESE) e nas áreas lênticas dos tributários (LENT). A pesca elétrica embarcada (conduzida durante 10 minutos) foi composta por um gerador de 220 V acoplado a dois puçás, e foi utilizada para amostragens em áreas com certa estrutura (pedras, galhos, entre outros) no reservatório (RESE - Guaíra), trechos lênticos (LENT - Santa Helena) e lóticos dos tributários (LOTI - Arroio Guaçu, São Francisco Verdadeiro e Ocoí). As tarrafas foram empregadas somente nos trechos lóticos dos tributários (LOTI). O Quadro 1 sumariza as informações dos locais de amostragens e aparelhos de pesca utilizados em cada um, para identificação dos possíveis gradientes.

Após cada revista, os peixes foram acondicionados em sacos plásticos contendo etiquetas com anotações sobre o tipo de aparelho de pesca, malhagem, ponto de amostragem e período de captura. Eles foram anestesiados, fixados, conservados em solução de formol a 4%, e posteriormente cada exemplar foi identificado, numerado, etiquetado e depositado no Museu de Ictiologia do Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aqüicultura da Universidade Estadual de Maringá.

### **Análise dos dados**

Os dados de captura com redes de espera foram expressos em número total de indivíduos por 1000 m<sup>2</sup> de rede, operadas por 24 h, utilizando-se para o cálculo a seguinte expressão:

$$CPUE_N = \sum_{m=2,4}^{14} (N_m / f) * 1000,$$

onde:

CPUE = captura por unidade de esforço em número (N);

N<sub>m</sub> = número de indivíduos capturados na malha m;

f = esforço de pesca ou área em metros quadrados das redes de malha m;

m = tamanho da malha medido entre nós não adjacentes

**Quadro 1. Aparelhos de pesca empregados nos diversos biótopos ao longo do reservatório de Itaipu, mostrando os gradientes considerados nesse estudo.**

Gradiente longitudinal (GL)	Gradiente transversal (GT)		
	Reservatório (RESE)	Áreas alagadas dos tributários (LENT)	Áreas lóxicas dos tributários (LOTI)
Guaira (GUAI)	- Redes de espera (margem - MAR, superfície - SUP, e fundo - FUN). MAR, SUP e FUN compõem o gradiente vertical (GV); - Redes de arrasto; - Pesca elétrica	- Redes de espera (margem - MAR, superfície - SUP, e fundo - FUN). MAR, SUP e FUN compõem o gradiente vertical (GV); - Redes de arrasto;	- Redes de espera nos remansos; - Pesca elétrica; - Tarrafas;
Santa Helena (SHEL)	- Redes de espera (margem - MAR, superfície - SUP, e fundo - FUN). SUP e FUN compõem o gradiente vertical (GV); - Redes de arrasto;	- Redes de espera (margem - MAR, superfície - SUP, e fundo - FUN). MAR, SUP e FUN compõem o gradiente vertical (GV); - Redes de arrasto;	- Redes de espera nos remansos; - Pesca elétrica; - Tarrafas;
Foz do Iguaçu (FOZ)	- Redes de espera (margem - MAR, superfície - SUP, e fundo - FUN). MAR, SUP e FUN compõem o gradiente vertical (GV); - Redes de arrasto;	- Redes de espera (margem - MAR, superfície - SUP, e fundo - FUN). MAR, SUP e FUN compõem o gradiente vertical (GV); - Redes de arrasto;	- Redes de espera nos remansos; - Pesca elétrica; - Tarrafas;



Como o esforço foi padronizado para os demais aparelhos (redes de arrasto, pesca elétrica e tarrafas) foi considerado para análise o número de indivíduos capturados em cada amostra..

Para avaliar possíveis gradientes na composição das assembleias de peixes do reservatório de Itaipu, nos diversos biótopos (amostrados com redes de espera, redes de arrastos, pesca elétrica, e tarrafas), a matriz de abundância foi transformada em presença (1) e ausência (0). Sobre estes dados foi aplicada a análise de correspondência (CA; Gauch Jr. 1986), como recomendado por Olden et al. (2001), controlando por amostras (estações de amostragens – posição no delineamento, biótopo, mês e profundidade quando as redes foram armadas na margem, superfície e fundo) utilizando o *software* PC-ORD 3.0® (McCune e Mefford 1997). A CA é uma técnica de ordenação e os pontos próximos no diagrama são aqueles que apresentam composição semelhante da ictiofauna, ou seja, é possível avaliar se os biótopos apresentam composição diferente. Os eixos retidos para interpretação foram os que apresentaram autovalores maiores que 0,20 (Mathews 1998). Os escores (posição das amostras na ordenação) dos eixos retidos para interpretação foram gerados e utilizados em análises posteriores, para cada biótopo em separado. Ou seja, foi feita uma única ordenação com todos os dados, da qual foram identificados os possíveis gradientes. Isso foi feito para validar os biótopos considerados e avaliar a força de cada gradiente em cada um deles. Para determinar quais as espécies que mais influenciaram na ordenação, foi calculada a correlação (Pearson  $r$ ) de cada espécie com os eixos retidos, usando o programa PcOrd (McCune e Meford 1997). Ainda foram consideradas a riqueza de espécies ( $S$ ) e a equitabilidade ( $E = H' / \ln S$ ) (Magurran 2004), calculadas a partir da matriz de dados da CPUE (redes de espera) e do número de indivíduos (demais aparelhos de pesca).

Para testar possíveis diferenças entre as médias dos escores, da riqueza de espécies e da equitabilidade, foram utilizadas análises de variância (ANOVA), conforme apresentado no Quadro 2. Os pressupostos de normalidade e homocedasticidade foram testados (Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente) e o teste de Tukey foi aplicado para identificar quais médias (níveis) diferiram, sempre que os resultados da ANOVA foram significativos. Todas as ANOVAs foram efetuadas utilizando o Software Statistica 7.0® (StatSoft 2005).

**Quadro 2. Resumo do protocolo analítico (testes de significância) aplicado aos dados (variáveis escores da análise de correspondência, riqueza de espécies e equitabilidade).**

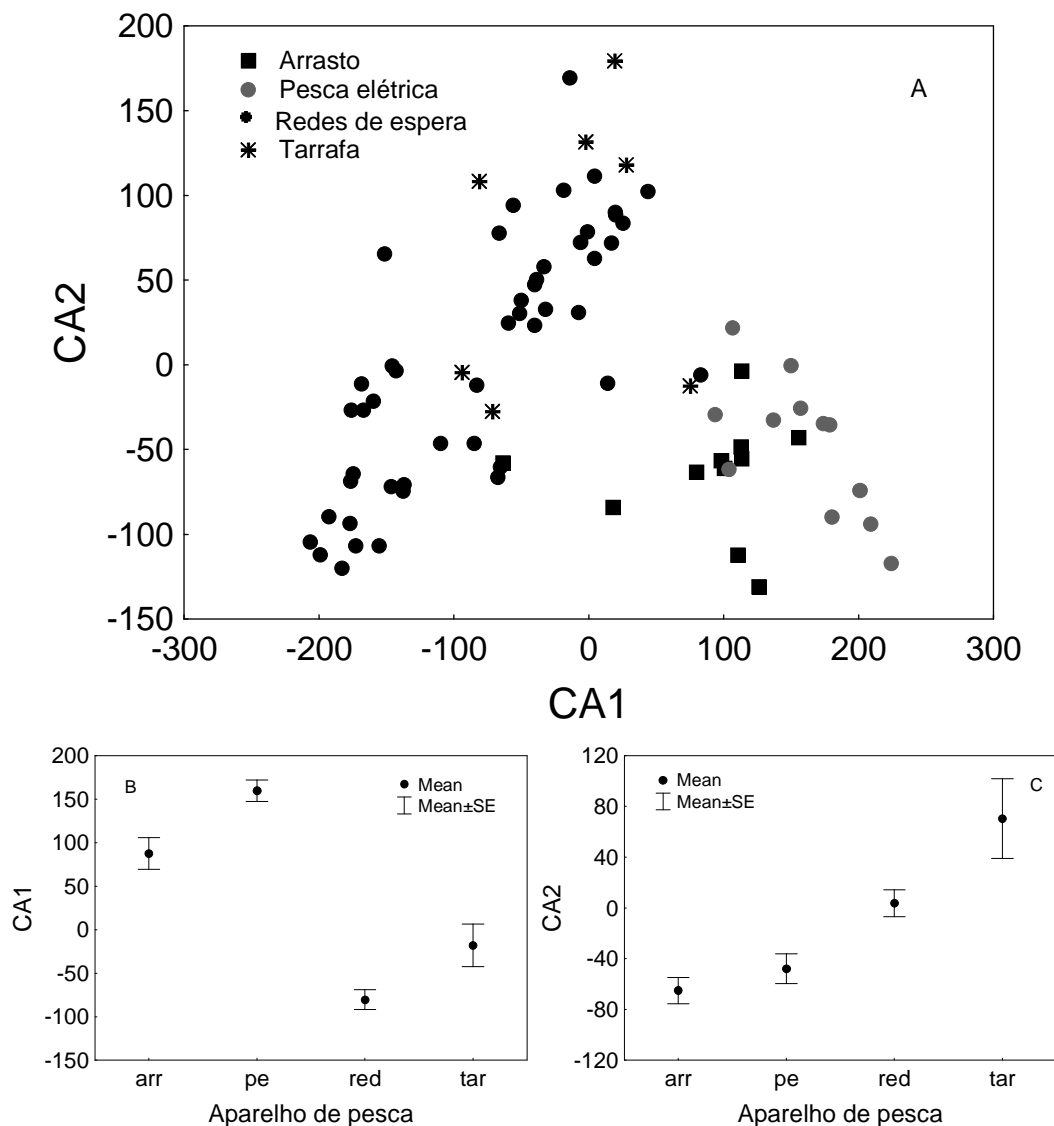
Biótopos	ANOVA (variáveis) - Objetivo	Equipamento
Todos	Unifatorial (desbalanceado) - Diferenças entre os biótopos – Fator: equipamento de pesca (níveis: rede de espera, rede de arrasto, pesca elétrica, e tarrafa).	Todos
Águas lânticas do reservatório, áreas lânticas dos tributários e remansos dos tributários.	Bifatorial (balanceado) - Gradiente transversal e longitudinal – Fator transversal (níveis RESE, LENT e LOTI) e fator longitudinal (níveis GUAI, SHEL e FOZ); - Gradiente vertical – Fator longitudinal (níveis GUAI, SHEL e FOZ) e fator vertical (níveis SUP, FUN e MAR). Nesse caso, somente as amostras obtidas em RESE e LENT foram analisadas.	Redes de espera
Áreas litorâneas não estruturadas	Bifatorial (desbalanceado) - Gradiente transversal e longitudinal – Fator transversal (níveis RESE e LENT) e fator longitudinal (níveis GUAI, SHEL e FOZ);	Redes de arrasto
Áreas litorâneas estruturadas	Apenas descritivo (gráficos) devido ao fato de o delineamento não ser balanceado, com falta de réplicas em alguns casos;	Pesca elétrica
Áreas lólicas dos tributários	Apenas descritivo (gráficos) devido a falta de réplicas em Guaíra (Arroio Guaçu).	Tarrafas

## RESULTADOS

### As assembléias de peixes do reservatório de Itaipu

Nas amostragens conduzidas nos diferentes biótopos do reservatório de Itaipu foram capturados 6.776 peixes, pertencentes a 99 espécies. As espécies mais abundantes foram *Hyphessobrycon* sp. (1.039 indivíduos), *H. marginatus* (1.106) e *B. stramineus* (454). Apenas três espécies foram capturadas em todas as estações de amostragens (*A. affinis*, *A. altiparanae* e *A. osteomystax*). Por outro lado, 24 espécies foram capturadas em apenas uma estação, sendo 10 na região de Guaíra (6 no reservatório, 1 no trecho lântico e 3 na área lótica do Arroio Guaçu), 8 na de Santa Helena (2 no reservatório, 1 no trecho lântico e 5 na área lótica do São Francisco Verdadeiro), e 6 na de Foz do Iguaçu (1 no reservatório, 3 na área lântica e 2 na área lótica do rio Ocoí) (ver Apêndice 1 para mais detalhes).

Dois eixos da análise de correspondência (CA), aplicada para avaliar diferenças na composição da assembléia de peixes nos diferentes biótopos da área de influência do reservatório de Itaipu (amostrados com diferentes aparelhos de pesca), foram retidos para interpretação. O autovalor do eixo 1 (CA1) foi 0,52 e do eixo 2 (CA2) 0,33. Na ordenação ficou evidente a separação dos biótopos (Fig. 3A), indicando que as amostras obtidas com cada aparelho de pesca foram distintas. No CA1 as amostras obtidas no biótopo litorâneo sem estrutura (amostrado com redes de arrasto) e no litorâneo estruturado (amostrado com pesca elétrica) foram mais semelhantes e localizadas mais a direita na ordenação, enquanto que as amostras obtidas nas áreas com águas mais paradas (amostradas com redes de espera) e lóticas (amostradas com tarrafas), ficaram mais a esquerda destes pontos. Os pressupostos da ANOVA foram atendidos (normalidade – Shapiro Wilk,  $p > 0,05$ ; e homocedasticidade - Teste de Levene,  $p > 0,05$ ). Para o CA1, a ANOVA foi significativa ( $F = 44,98$ ;  $p < 0,001$ ), e o teste de Tukey separou arrasto e pesca elétrica de rede de espera e tarrafa ( $p < 0,02$ ) (Fig. 3B). Para a CA2 a ordenação não separou de modo contundente os biótopos (Fig. 3A). Porém, a ANOVA também foi significativa ( $F = 7,92$ ;  $p < 0,001$ ) e o teste de Tukey ( $p < 0,02$ ) mostrou que a composição da ictiofauna das regiões litorâneas não estruturada, amostradas com arrasto, foi diferente daquelas amostradas com redes de espera e tarrafa (Fig. 3C).



**Fig. 3.** Representação da ordenação (análise de correspondência; eixo 1: CA1; eixo 2: CA2) das amostras (composição da ictiofauna: presença e ausência) obtidas com diversos aparelhos de pesca, na área de influência do reservatório de Itaipu (A). Médias dos escores de cada eixo (CA1: B; CA2: C) mostrando as diferenças entre os aparelhos de pesca (arr: arrasto- região litorânea não estruturada; pe: pesca elétrica - região litorânea estruturada; red: redes de espera - águas lânticas, braços e remansos dos tributários; tar: tarrafa - regiões lóticicas dos tributários).

As espécies mais correlacionadas com um determinado eixo são aquelas que mais explicam as diferenças verificadas na ordenação. Assim, para o CA1, as espécies mais correlacionadas positivamente foram *H. marginatus* ( $r = 0,71$ ), *Hyphessobrycon* sp. ( $r = 0,71$ ) e *A. dentatus* ( $r = 0,60$ ), mais capturadas ou exclusivas das amostras coletadas nos biótopos litorâneos (redes de arrastos e pesca elétrica). As correlacionadas mais negativamente com o CA1 foram *A. osteomystax* ( $r = -0,48$ ), *P. granulatus* ( $r = -0,45$ ) e *P. pirinampu* ( $r = -0,39$ ) que foram mais frequentes ou exclusivas das amostras obtidas nos demais biótopos (amostrados com redes de espera ou tarrafas). Para o CA2, as espécies com correlação

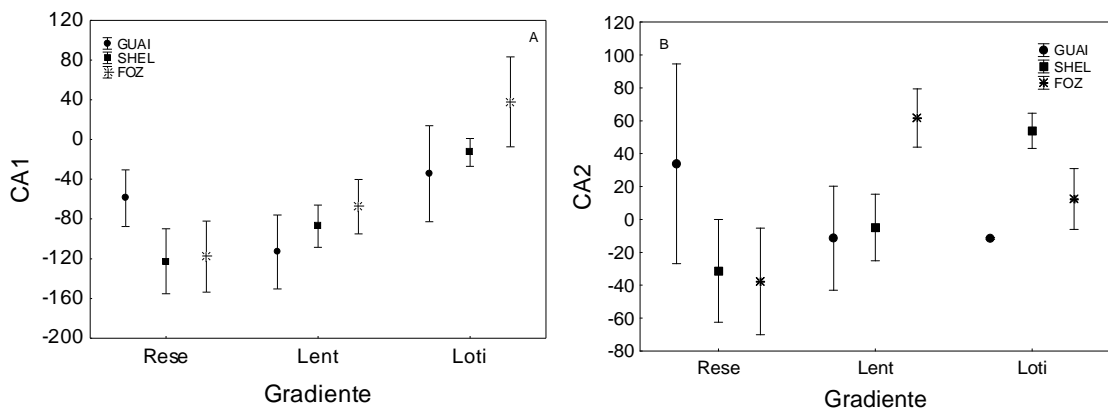
positiva foram aquelas com menor frequência nas capturas, mas, no geral, foram mais registradas nas amostras com tarrafas e redes de espera, sendo elas *C. kelberi* ( $r = 0,51$ ), *S. nasutus* ( $r = 0,44$ ) e *S. brevipina* ( $r = 0,44$ ). Por outro lado, as correlacionadas mais negativamente foram capturadas em algumas amostras obtidas com redes de espera e redes de arrasto, sendo elas *P. pirinampu* ( $r = -0,34$ ; redes de espera), *B. stramineus* ( $r = -0,34$ ; redes de arrasto) e *H. marginatus* ( $r = -0,34$ ; redes de arrasto).

## Gradientes no reservatório de Itaipu

### Águas lânticas, trechos lânticos e remansos dos tributários (redes de espera)

#### *Gradiente longitudinal e transversal*

No CA1 foi possível verificar, de maneira geral, que as médias dos escores aumentaram em relação ao gradiente transversal (RESE, LENT e LOTI) para todas as regiões amostradas (Fig. 4A). As médias desse gradiente apresentaram diferenças significativas (ANOVA;  $F = 4,57$ ;  $p < 0,02$ ) sendo RESE e LENT mais similares (teste de Tukey;  $p > 0,05$ ) e ambas diferindo de LOTI (teste de Tukey;  $p = 0,02$ ). Também foi possível notar que as médias dos escores de GUAÍ, SHEL e FOZ diferiram dentro de cada posição do gradiente transversal, mostrando, portanto, a existência um gradiente longitudinal, mas essas diferenças não foram significativas. A interação entre os dois fatores também não foi significativa. Para o CA2 não foram verificadas tendências claras (Fig. 4B) e a ANOVA não foi significativa para os dois fatores bem como para a interação entre eles ( $F < 1,90$ ;  $p > 0,30$ ).



**Fig. 4.** Médias dos escores do eixo 1 (CA1; A) e 2 (CA2; B) para os diversos ambientes amostrados com redes de espera (Rese: reservatório; Lent: trecho lântico dos tributários; Loti: trecho lântico dos tributários – gradiente transversal), considerando as diversas estações de amostragem (GUAÍ: Guairá; SHEL: Santa Helena; e Foz: Foz do Iguaçu – gradiente longitudinal).

Os valores nas médias dos atributos riqueza de espécies (S; Fig. 5A) e equitabilidade (E; Fig. 5B) não foram significativos ao longo dos gradientes transversais e longitudinais considerados (S:  $F < 2,80$ ,  $p > 0,07$ ; e E:  $F < 1,50$ ,  $p > 0,21$ ). No entanto, para as amostras localizadas no corpo do reservatório de Itaipu (RESE), foi verificado um acentuado decréscimo nas médias da riqueza de espécies no sentido barragem (FOZ) (Fig. 5A). Além disso, chamou atenção a elevada média registrada no trecho lótico do rio São Francisco Verdadeiro (próximo a Santa Helena – SHEL).

A equitabilidade foi elevada em todas as estações de amostragens (média superior a 0,70). Apesar das diferenças não terem sido significativas, foi notório que todas as áreas lóticas apresentaram maior média dos valores de equitabilidade quando comparadas as estações do reservatório e dos trechos lênticos dos tributários (Fig. 5B).

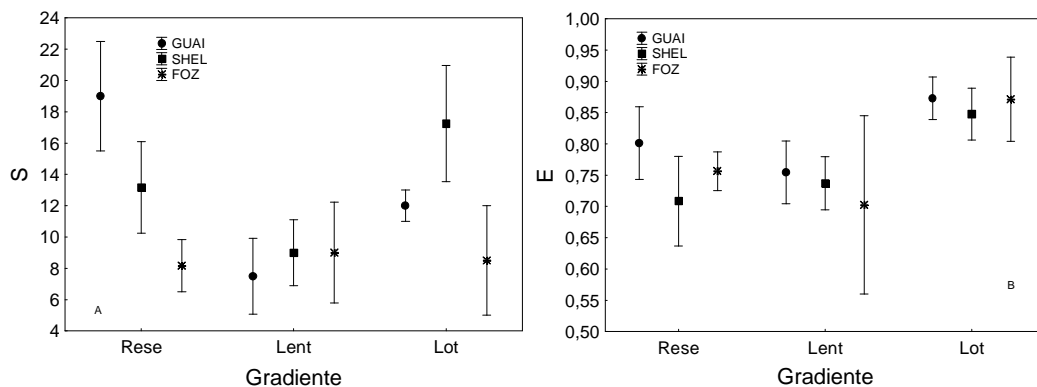
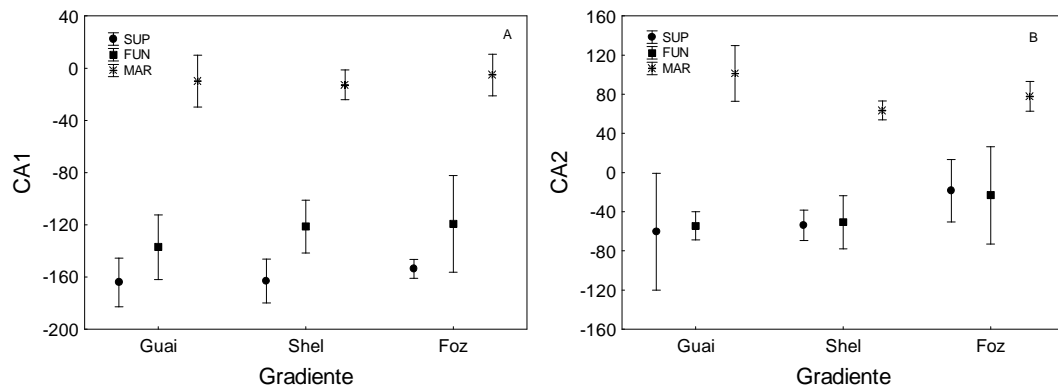


Fig. 5. Médias da riqueza de espécies (S; A) e da equitabilidade (E; B) para os diversos ambientes amostrados com redes de espera (Rese: reservatório; Lent: trecho lêntico dos tributários; Lot: trecho lótico dos tributários – gradiente transversal), considerando as diversas estações de amostragem (GUA: Guaíra; SHEL: Santa Helena; e Foz: Foz do Iguaçu – gradiente longitudinal).

### *Gradiente vertical*

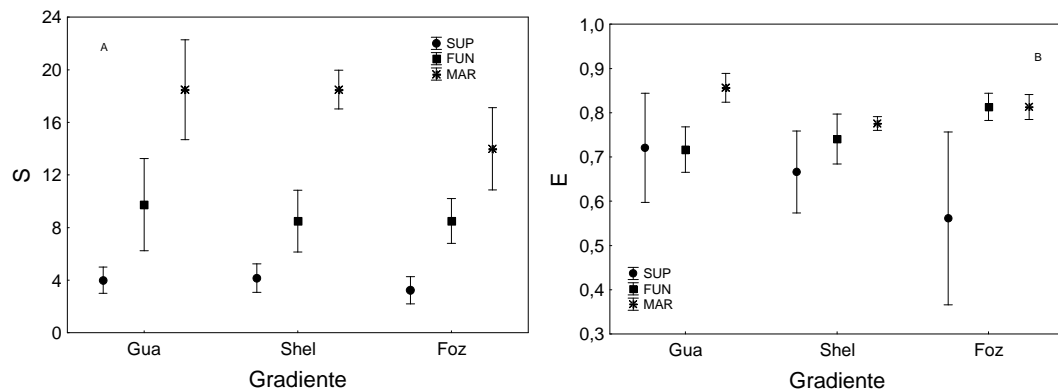
O gradiente vertical foi evidente para as estações do corpo do reservatório (RESE) e trechos lênticos dos tributários (LENT), para todas as regiões amostradas (GUA, SHEL e FOZ). A ANOVA foi significativa para o CA1 ( $F = 41,33$ ;  $p < 0,0001$ ; Fig. 6A) e para o CA2 ( $F = 21,31$ ;  $p = 0,0001$ ; Fig. 6B). Em ambos os casos, o teste de Tukey diferenciou ( $p < 0,05$ ) margem de superfície e fundo. Isso demonstra, de maneira evidente, que as áreas próximas as margens apresentam composição da ictiofauna muito diferenciada.



**Fig. 6.** Médias dos escores do eixo 1 (CA1; A) e 2 (CA2; B) para as diversas estações amostradas com redes de espera (GUAI: Guaíra; SHEL: Santa Helena; e Foz: Foz do Iguaçu – gradiente longitudinal) e as diversas profundidades amostradas (Sup: superfície; FUN: fundo; MAR: margem – gradiente vertical), para as amostras obtidas no reservatório e braços.

A riqueza de espécies apresentou o mesmo padrão, com maiores médias na margem (MAR) de todas as regiões amostradas (com menor diferença para a parte mais interna do reservatório; FOZ; Fig. 7A), seguida de fundo (FUN) e superfície (SUP). Nesse caso a ANOVA também foi significativa ( $F = 18,41$ ;  $p = 0,0001$ ) para o fator gradiente vertical e o teste de Tukey indicou que as médias dos três estratos foram diferentes ( $p < 0,05$ ).

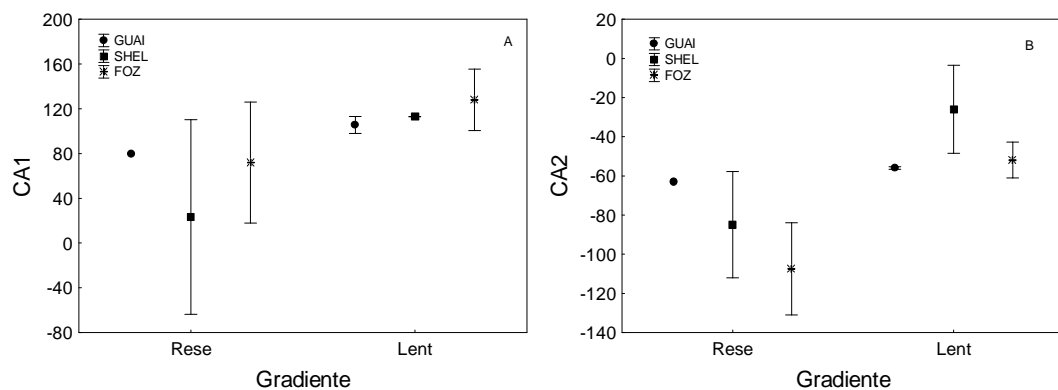
A equitabilidade foi sempre elevada (exceto para superfície de Foz do Iguaçu; Fig. 7B), e com diferenças significativas entre as médias (ANOVA;  $F = 4,62$ ;  $p = 0,02$ ). A média dos valores da equitabilidade da margem diferiu das de superfície e fundo (Teste de Tukey,  $p < 0,05$ ). O fator gradiente longitudinal bem como a interação não foram significativos.



**Fig. 7.** Médias da riqueza de espécies (S; A) e da equitabilidade (E; B) para as diversas estações amostradas com redes de espera (GUAI: Guaíra; SHEL: Santa Helena; e Foz: Foz do Iguaçu – gradiente longitudinal) e as diversas profundidades amostradas (Sup: superfície; FUN: fundo; MAR: margem – gradiente vertical), para as amostras obtidas no reservatório e braços.

### Regiões litorâneas não estruturadas (arrasto)

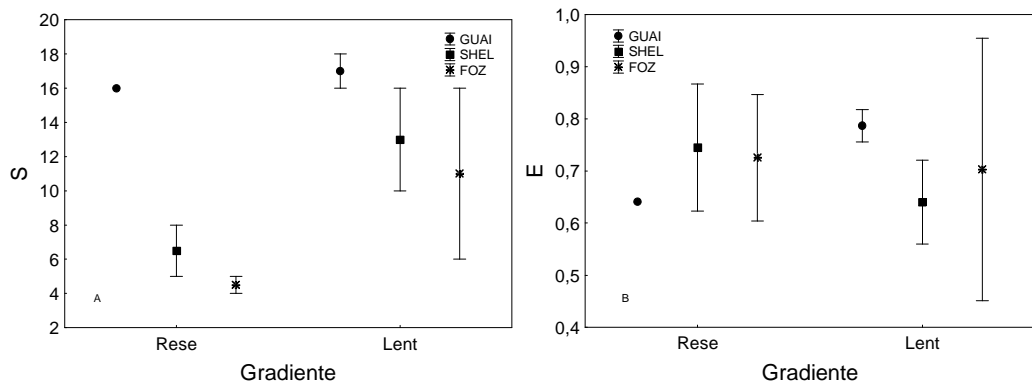
As médias dos escores do CA1 para as regiões não estruturadas apresentaram valores similares para as amostras obtidas no reservatório (RESE) e nos trechos lânticos dos tributários (LENT) (Fig. 8A). Esse fato foi representado na ANOVA, que não foi significativa ( $F < 1,87$ ;  $p > 0,23$ ). Para o CA2 a ANOVA também não foi significativa ( $F < 5,70$ ;  $p > 0,06$ ), mas foi observada tendência de decréscimo das médias das coletas dentro do reservatório (GUAI, SHEL e FOZ), demonstrando um gradiente longitudinal não conspícuo em relação às espécies que mais contribuíram para a formação desse eixo (Fig. 8B).



**Fig. 8.** Médias dos escores do eixo 1 (CA1; A) e 2 (CA2; B) para os diversos ambientes amostrados com arrasto (Rese: reservatório; Lent: trecho lântico dos tributários- gradiente transversal), considerando as diversas estações de amostragem (GUAI: Guáira; SHEL: Santa Helena; e Foz: Foz do Iguaçu – gradiente longitudinal).

Nas estações onde foi possível operar a redes de arrasto (estações do corpo do reservatório e áreas lânticas dos tributários), a riqueza de espécies não diferiu significativamente ( $F < 4,30$ ;  $p > 0,08$ ), mas as maiores médias foram registradas na parte superior do reservatório (Guáira e Arroio Guaçu lântico), com diminuição em direção a Foz do Iguaçu (Fig. 9A). A equitabilidade também não foi significativa ( $F < 0,32$ ;  $p > 0,74$ ) e não foi verificada tendência evidente nas médias dessa variável (Fig. 9B).

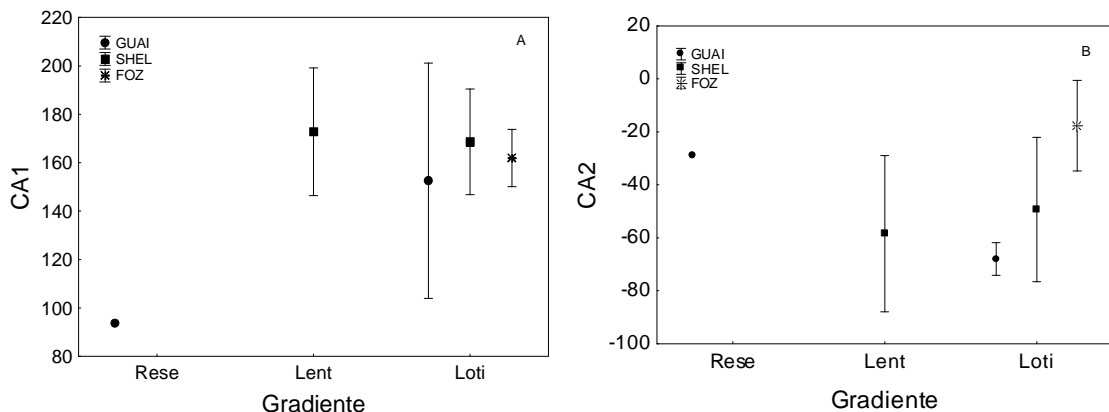




**Fig. 9. Médias da riqueza de espécies (S; A) e da equitabilidade (E; B) para os diversos ambientes amostrados com arrasto (Rese: reservatório; Lent: trecho lântico dos tributários - gradiente transversal), considerando as diversas estações de amostragem (GUAI: Guairá; SHEL: Santa Helena; e Foz: Foz do Iguaçu – gradiente longitudinal).**

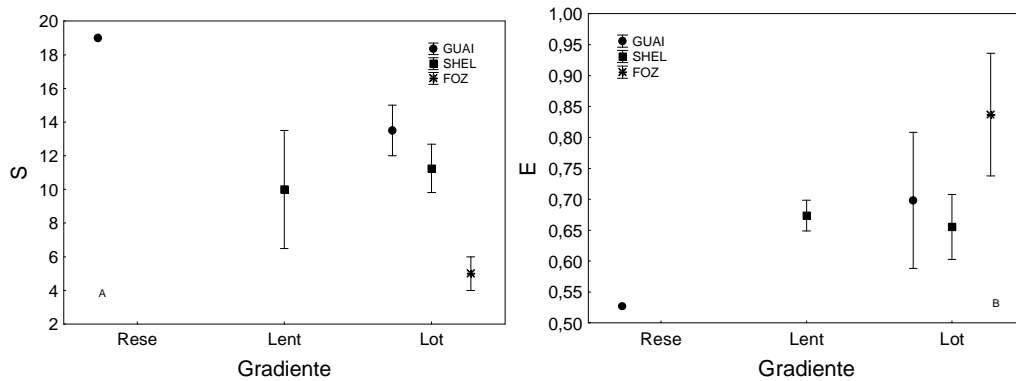
### Regiões litorâneas estruturadas (pesca elétrica)

As amostras feitas com pesca elétrica não foram testadas devido ao delineamento não balanceado (apenas 1 estação em RESE e LENT). No CA1 não foi verificada qualquer tendência nas médias dos escores (Fig. 10A). Porém, no CA 2 foi possível notar aumento das médias dos escores de Guaira a Foz do Iguaçu nas áreas lótcas dos tributários, indicando algumas diferenças na composição de espécies (Fig. 10B).



**Fig. 10. Médias dos escores do eixo 1 (CA1; A) e 2 (CA2; B) para os diversos ambientes amostrados com pesca elétrica (Rese: reservatório; Lent: trecho lântico dos tributários; Loti: trecho lântico dos tributários - gradiente transversal), considerando as diversas estações de amostragem (GUAI: Guairá; SHEL: Santa Helena; e Foz: Foz do Iguaçu – gradiente longitudinal).**

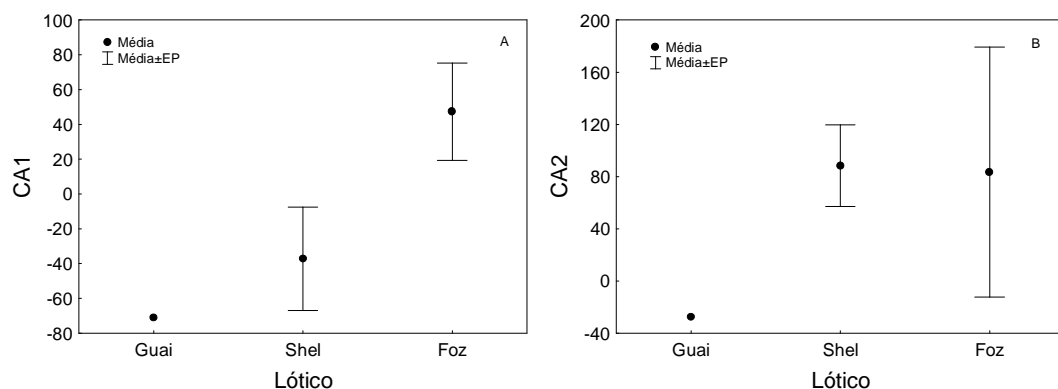
Na estação do reservatório localizada em Guairá (GUAI) a riqueza de espécies foi bastante elevada. Além disso, foi possível verificar queda acentuada dessa variável nos trechos lótcas dos tributários, no sentido Guairá – Foz do Iguaçu. A média no Arroio Guaçu foi cerca de 3 vezes maior que a do rio Ocoí (Fig. 11A). Por outro lado considerando os trechos lótcas dos três tributários a equitabilidade foi maior no rio Ocoí (Foz; Fig.11).



**Fig. 11. Médias da riqueza de espécies (S; A) e da equitabilidade (E; B) para os diversos ambientes amostrados com pesca elétrica (Rese: reservatório; Lent: trecho lântico dos tributários; Lot: trecho lânticos dos tributários - gradiente transversal), considerando as diversas estações de amostragem (GUAI: Guaíra; SHEL: Santa Helena; e Foz: Foz do Iguaçu – gradiente longitudinal).**

### Regiões lólicas dos tributários (tarrafa)

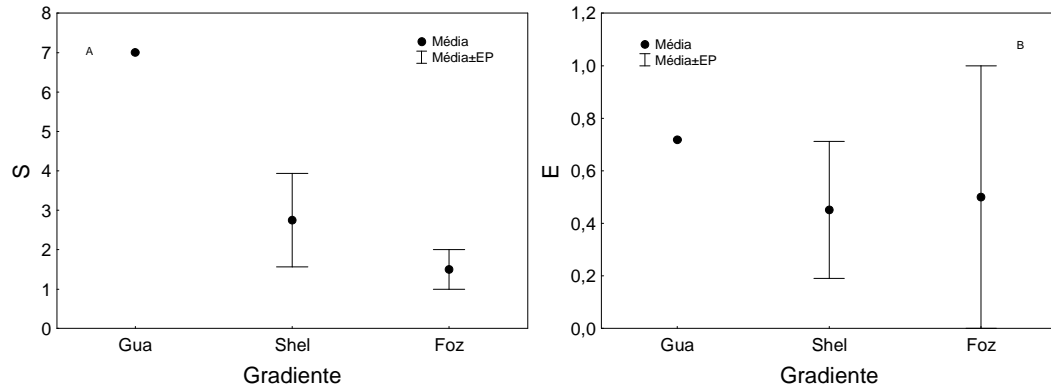
As tarrafas foram operadas apenas nas estações que apresentaram biótopos não explorados pelos outros equipamentos de pesca, ou seja, águas rasas com certa velocidade, representando as porções lólicas dos tributários. As capturas com este equipamento geralmente são baixas, mas diferente daquelas obtidas com outros aparelhos. Nesse caso também não foi possível aplicar a ANOVA devido a falta de réplicas em Guaíra. Para o CA1 foi observado uma elevação das médias dos escores de Guaíra (Arroio Guaçu) para Foz do Iguaçu (rio Ocoí) indicando diferenças na composição de espécies nesse biótopo (Fig. 12A). Porém, essa tendência não foi verificada no CA2 (Fig. 12B).



**Fig. 12. Médias dos escores do eixo 1 (CA1; A) e 2 (CA2; B) para os tributários (áreas lólicas) amostrados com tarrafas (GUAI: Guaíra; SHEL: Santa Helena; e Foz: Foz do Iguaçu – gradiente longitudinal).**

Nas amostras conduzidas na região de influência do reservatório de Itaipu, as amostragens nas áreas lólicas capturaram maior número de espécies em Arroio Guaçu

(Guaíra) e menor no rio Ocoí (Foz do Iguazu), ou seja, decrescendo no sentido barragem (Fig. 13A). Por outro lado, não foi possível verificar qualquer tendência nos valores médios da equitabilidade (Fig. 13B).



**Fig. 13. Médias da riqueza de espécies (S; A) e da equitabilidade (E; B) para os tributários (áreas lólicas) amostrados com tarrafas (GUAI: Guaíra; SHEL: Santa Helena; e Foz: Foz do Iguazu – gradiente longitudinal no biótopo áreas lólicas dos tributários).**

## DISCUSSÃO

A construção de barragens leva a grandes alterações na biota aquática tanto da fauna residente do rio submetido ao barramento quanto dos seus tributários. A formação do reservatório leva a perda de inúmeros habitats, tais como lagoas marginais, e a criação de outros novos, como bancos de areia, paliteiros e bancos de macrófitas, contribuindo para a diminuição ou aumento da abundância de determinadas espécies de peixes (Agostinho et al. 2007). O presente trabalho revela uma clara distribuição da ictiofauna do reservatório de Itaipu ao longo dos gradientes transversal, longitudinal e vertical. A compartimentalização dos reservatórios é considerada um aspecto importante na estruturação de diversos grupos de organismos aquáticos (Santos e Henry 2001) incluindo a ictiofauna (Agostinho et al. 2007).

A análise de correspondência aplicada sobre as amostras obtidas nas áreas do reservatório, áreas lenticas e áreas lólicas dos tributários (amostrados com rede de espera) demonstrou que essas últimas apresentaram composição diferenciada da assembléia de peixes em relação às demais. Esse resultado é semelhante aos encontrados por Gido et al. (2009) para 28 reservatórios da planície das bacias dos rios Missouri, Arkansas e Red, nos quais as comunidades dos reservatórios foram mais homogêneas do que as comunidades de áreas lólicas. Gido et al. (2002), em estudos sobre a ocorrência de gradientes físicos e químicos em um reservatório no Texas, constataram que as estações de amostragens localizadas nos braços

dos tributários, que chegam ao reservatório, apresentaram maior riqueza de espécies e abundância quando comparados aos locais do corpo principal.

Apesar do nítido gradiente transversal encontrado para os três tributários, em relação às médias das riquezas de espécies, foi observado divergências nos padrões. De maneira geral, as menores médias foram encontradas nas áreas lânticas dos tributários e as maiores nas estações do corpo central do reservatório, o que difere do encontrado por Oliveira et al. (2004), os quais descrevem que os trechos lânticos dos tributários (áreas alagadas) apresentaram riqueza semelhante as margens do reservatório, sendo esta zona considerada um ecótono entre o reservatório propriamente dito e os trechos lóticos dos tributários, pelo fato de haver diversos microhabitats que são explorados não só por espécies típicas de ambientes lânticos, mas também do lótico. Essa diminuição encontrada na riqueza de espécies na porção lântica dos tributários, em comparação ao encontrado por Oliveira et al. (2004), pode ser um indício da perda da qualidade de habitats nessas regiões com o passar do tempo (diferença de 14 anos entre as amostragens), devido ao intenso depósito de material em suspensão (principalmente areia). Tal possibilidade está nas predições de Agostinho et al. (1999), que chamam atenção para a perda de habitats devido a esse processo, com conseqüente diminuição da diversidade alfa.

Embora esse decréscimo seja notório nas amostras realizadas com rede de espera, quando se considera as amostras obtidas com redes de arrasto (biótopo litorâneo não estruturado) observa-se o contrário, a maior riqueza de espécies sendo encontrada nas áreas lânticas dos tributários, indicando que esse biótopo ainda é relevante para manutenção da assembléia de peixes. Magnoni (2009) encontrou resultados semelhantes e justifica que o maior número de espécies encontrado nesse biótopo pode estar relacionado à efetividade das redes de arrasto e do peneirão na amostragem de grande número de juvenis e espécies de pequeno porte, principalmente nas zonas de remansos e bancos de macrófitas.

Nas estações do corpo do reservatório (GUAI, SHEL E FOZ), nas amostras dos três biótopos considerados (RESE, LENT, LOTI) foi possível verificar um gradiente longitudinal. Gradiente longitudinal nas assembléias de peixes são comuns em grandes reservatórios (Thornton et al. 1990), e já foi amplamente discutido para o reservatório de Itaipu (Agostinho et al. 1994; Agostinho et al. 1999; Okada et al. 2005; Agostinho et al. 2007). A maior riqueza de espécies encontrada em Guaíra (GUAI), zona lótica do gradiente longitudinal, tanto com redes de espera quanto para arrasto deve-se ao fato desse trecho ser fortemente influenciado pelo rio Paraná, ou seja, um ecótono (Agostinho et al. 1999). Elevados valores na média da riqueza de espécies nas zonas lóticas e de transição foram encontrados também por Oliveira

et al. (2003/2004) para esse reservatório. A zona de transição do reservatório de Itaipu é caracterizada por apresentar bancos de macrófitas aquáticas submersas e flutuantes nas margens, sendo esses importantes habitats para os peixes por prover maior heterogeneidade espacial e recursos alimentares (Thomaz et al. 1999). Além disso, espécies de trecho lótico e lêntico podem coexistir e usar esse habitat temporariamente (Oliveira et al. 2003/2004). Trabalhos de Agostinho et al. (1999; reservatório de Itaipu), Hoffmam et al. (2005; reservatório UHE Escola Engenharia Mackenzie - Capivara), Prchalova et al. (2008) e Vaseck et al. (2004) (ambos no reservatório Rímov-Região Paleártica), Santos et al. (2010; reservatório de Funil- Rio Paraíba do Sul) entre outros, indicam que as maiores riquezas de espécies ocorreram na região mais distante da barragem, demonstrando a escassez de elementos da ictiofauna no ambiente mais lêntico, devido a falta de pré-adaptações das espécies do pool original. Essa hipótese é considerada por alguns autores como determinante da baixa riqueza de espécie e abundância de peixes nas áreas lênticas de reservatórios neotropicais (Fernando e Holcik 1990; Gomes et al. 2001). Cabe ressaltar, também, que a zona lacustre (mais interna) é diretamente influenciada por processos operacionais da barragem, profundidade e características físicas e químicas que dificultam a ocupação deste ambiente, o que é contrastante com a zona fluvial, onde é encontrada maior heterogeneidade espacial e produtividade, que favorecem a ocupação de diversas espécies, inclusive com adaptações para viver em ambientes lóticos (Oliveira et al. 2003/2004).

A hipótese de formação de gradientes verticais na estrutura da ictiofauna foi confirmada e este foi o mais evidente, quando inseridas observações de coletas próximas as margens. A análise de correspondência revelou a separação das margens dos demais estratos (superfície e fundo) demonstrando que a fauna de peixes apresenta diferenças marcantes nesse gradiente. A maior riqueza de espécies encontrada nas margens deve-se a presença de maior estruturação (vegetação submersa e bancos de macrófitas) (Ploskey 1985; Agostinho et al. 2007). A estrutura física da zona litorânea pode afetar a distribuição dos peixes entre a área marginal e a zona pelágica. Desta forma, um reservatório que tem a zona litoral bem estruturada tende a ter maior número de diferentes áreas disponíveis à ocupação pelos peixes do que um reservatório pouco estruturado (Oliveira e Goulart 2000). Maior diversidade de espécies e alta produtividade na zona litorânea foi encontrada por Agostinho et al. (1999) e foram associadas à maior entrada de nutrientes e materiais alóctones, à baixa profundidade do reservatório e a alta variabilidade de habitat encontrados nessa região.

A menor riqueza de espécies encontrada na superfície pode ser justificada por se tratar de uma região aberta com alta influência de ventos. No entanto, para a zona batipelágica

(profunda), é comum a redução no número de espécies, o que está diretamente relacionado a fatores físicos e químicos, especialmente a disponibilidade de oxigênio, estratificação térmica e atenuação da luz (Agostinho et al. 1999).

Comparando as médias da riqueza de espécies de cada biótopo ficou evidente que aqueles amostrados com redes de espera capturaram o maior número de espécies de peixes (20) e esse valor é bem superior ao daqueles obtidos com redes de arrasto (11), pesca elétrica (12) e, especialmente tarrafas (4). Porém, é importante ressaltar que os quatro métodos complementaram, de maneira relevante o levantamento ictiofaunístico, a exemplo ressalta-se os ambientes lóticos amostrados com pesca elétrica que se diferem dos coletados com os demais aparelhos. Dessa maneira, qualquer delineamento amostral que tem como objetivo a identificação de gradientes em reservatórios têm que considerar os diversos biótopos e, obrigatoriamente, usar diferentes métodos de captura para facilitar a descrição destes.

Assim, neste estudo, as variações espaciais (transversais, longitudinais e verticais) na distribuição da assembléia de peixes foram satisfatoriamente identificadas. Em se tratando do gradiente transversal, as maiores diferenças foram encontradas nos trechos lóticos dos tributários e no gradiente longitudinal as maiores riquezas foram registradas na região fluvial (GUAI), confirmando que áreas menos influenciadas pelo barramento (ou seja, com características mais semelhantes ao ambiente original) possuem maiores condições de manter elevada diversidade. O gradiente vertical foi o mais evidente e como já citado, a distribuição dos peixes ao longo desse gradiente pode estar relacionada tanto com a preferência de habitats das espécies quanto com a distribuição de fatores físicos e químicos, cabendo ressaltar a importância das margens estruturadas, onde foi encontrada a maior riqueza.

Espera-se que informações geradas com delineamento amostral semelhante ao aqui utilizado contribuam para esclarecer a formação de gradientes em reservatórios e subsidiar os gestores desses sistemas para que possam implantar estratégias de manejo que minimizem os impactos sobre os organismos aquáticos com a formação de reservatórios. Além disso, é sugerida a conservação da qualidade de habitats na porção mais superior do reservatório (zona fluvial) bem como dos tributários, para assim manter a elevada riqueza nos trechos lênticos e lóticos desses rios. Manutenção e restauração da vegetação, principalmente, nas margens do reservatório, a fim de melhorar a complexidade e diversidade de habitat também são fundamentais, como observado no reservatório de Itaipu. Além disso, qualquer ação de manejo que vise melhoria dos estoques pesqueiros, mas que não considerem a compartimentalização da assembléia de peixes tem baixa probabilidade de sucesso.

## REFERÊNCIAS

- Agostinho AA, Gomes LC, Pelicice FM. (2007) Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil. Maringá, Eduem 501p.
- Agostinho AA, Miranda LE, Bini LM, Gomes LC, Thomaz SM, Suzuki HI. (1999) Patterns of colonization in neotropical reservoirs, and prognoses on aging. p/p.227-265. In: Tundisi JG, Straskraba M. (eds.). Theoretical reservoir ecology and its applications. São Carlos- SP: International Institute of Ecology.
- Agostinho AA, Júlio Jr., Ferreira H, Petrere Jr.M. (1994) Itaipu reservoir (Brazil): impacts of the impoundment on the fish fauna and fisheries. In: Ian G. Cowx. (Org.). Rehabilitation of freshwater fisheries. Oxford, UK: Fishing News Books/Blackwell Scientific Publication, p. 171-184.
- Baumgartner D, (2010) Zonação, variabilidade e inter-relação da fauna de peixes de dois reservatórios do rio Iguçu, Paraná, Brasil. Maringá: UEM 76p. Tese (doutorado) - Programa de Pós - Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Maringá.
- Falke JA, Gido KB. (2006). Spatial effects of reservoirs on fish assemblages in great plains streams in Kansas, USA. *River research and applications*. 22: 55–68.
- Fernando CH, Holcik J. (1991) Fish in reservoirs. *International review of hydrobiologie und hydrographie*. V. 76, n. 2, p.149–292.
- Gauch Jr.HG. (1986) *Multivariate analysis in community ecology*. Cambridge, Cambridge University press (Cambridge studies in ecology, 1), 298 p.
- Gido KB, Schaefer JF, Falke JA. (2009) Convergence of fish communities from the littoral zone of reservoirs. *Freshwater biology* 54, p.1163–1177.
- Gido KB, Hargrave CW, Matthews JW, Schnell GD, Pogue DW, Sewell GW. (2002) Structure of littoral-zone fish communities in relation to habitat, physical, and chemical gradients in a southern reservoir. *Environmental Biology of fishes*, 63, p.253–263.
- Gomes LC, Miranda LE. (2001) Riverine characteristics dictate composition of fish assemblages and limit fisheries in reservoirs of the upper Paraná river basin. *Regulated rivers*, v. 17, n. 1, p. 67-76.
- Hoffmann AC, Orsi ML, Shibatta O. (2005) A diversidade de peixes do reservatório da UHE escola engenharia Mackenzie (Capivara), rio Paranapanema, bacia do alto rio Paraná, Brasil, e a importância dos grandes tributários na sua manutenção. *Iheringia, série. zoologia*. Porto Alegre, 95(3), p.319-325
- Kimmel B.L., Lind OT, Paulson JL. (1990) Reservoir ecosystems: conclusions and speculations. pp. 133–194. In: Thorton KW, Kimmel BL, Payne FE (ed.) *Reservoir Limnology: Ecological Perspectives*, John Wiley & Sons New York.

Magnoni APV. (2009) Ecologia trófica das assembléias de peixes do reservatório de chavantes (médio rio Paranapanema, SP/PR). Botucatu: UNESP 119 p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Botucatu.

Magurran AE. (2004) Ecological diversity and its measurement. Croom Helm. Sydney, 179p.

Matthews WJ. (1998) Patterns in freshwater fish ecology. Chapman & hall, New York, 756 p.

Mccune B, Mefford MJ. (1997) PC\_ORD: multivariate analysis of ecological data. Version 3.0. Oregon: mjm software design.

Okada E K, Agostinho AA, Gomes LC. (2005) Spatial and temporal gradients in artisanal fisheries of a large neotropical reservoir, the Itaipu reservoir, Brazil. Canadian journal of fisheries and aquatic sciences, 62: 714–724.

Olden JD, Jackson DA, Peres-Neto PR. (2001) Spatial isolation and fish communities in drainage lakes. Oecologia 127,p.572-585.

Oliveira EF, Minte-Vera CV, Goulart E. (2005) Structure of fish assemblages along spatial gradients in a deep subtropical reservoir (Itaipu reservoir, Brazil-Paraguay border). Environmental biology of fishes ,72,p. 283–304.

Oliveira EF, Goulart E, Minte- Vera CV. (2004) Fish diversity along spatial gradients in the Itaipu reservoir, Paraná Brasil. Brazilian journal of biology, 64(3a): 447-458.

Oliveira EF, Goulart E, Minte-Vera CV. (2003) Patterns of dominance and rarity of fish assemblage along spatial gradients in the Itaipu reservoir, Paraná, Brazil. Acta scientiarum: biological sciences. Maringá, v. 25, n. 1, p. 71-78.

Oliveira EF, Goulart E. (2000) Distribuição espacial de peixes em ambientes lênticos: interação de fatores. Acta Scientiarum 22 (2):445-453.

Prchalova M, Kubecka J, Vasek M, Peterka J, Sed'a J, Juza T, Riha M, Jarolim O, Tuser M, Kratochvil M, Cech M, Drastí KV, Frouzova J, Hohausova E. (2008) Distribution patterns of fishes in a Canyon-Shaped reservoir. Journal of fish biology. v.73, p.54-78.

Ploskey GR. (1985) Impacts of terrestrial vegetation and preimpoundment clearing on reservoir ecology and fisheries in the USA and Canada. FAO Fish. Tech. Paper 258: V+I-35.

Santos ABI, Terra BF, Araújo FG. (2010) Influence of the river flow on the structure of fish assemblage along the longitudinal gradient from river to reservoir. Zoologia. v.27, n.5, p.732-740.

Santos CM, Henry R. (2001) Composição, distribuição e abundância de chironomidae (diptera, insecta) na represa de Jurumirim (Rio Paranapanema-SP). Acta limnologica Brasiliensia v.13, n.2, p.99 –115.



Statsoft inc. (2005) Statistica (data analysis software system), version 7.1. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com).

Thomaz SM, Bini LM, Souza MC, Kita KK, Camargo AFM. (1999) Aquatic macrophytes of Itaipu reservoir, Brazil: survey of species and ecological considerations. *Braz. arch. biol. technol.*, 42(1), p. 15-22.

Thornton KW. (1990). Sedimentary processes. In: Thornton KW, Kimmel BL, Payne FE (eds.). *Reservoir limnology: ecological perspectives*. John Wiley & Sons, New York p. 43-69.

Vasek M, Kubecka J, Peterka J, Cech M, Vladislav D, Hlatiki M, Prchalova M, Frouzová J. (2004) Longitudinal and vertical spatial gradients in the distribution of fish within a Canyon-Shaped reservoir. *International review in hydrobiology*, 89 (4):352–362.

WCD. (2000) Dams and development: a new framework for decision-making. The report of the world commission on dams. Disponível online: <http://www.dams.org/report/contents.htm>.

Apêndice 1: Lista das espécies e locais coletados ao longo do reservatório de Itaipu

ESPÉCIES	GUAÍRA			SANTA HELENA			FOZ		
	RESE	LENT	LÓTI	RESE	LENT	LÓTI	RESE	LENT	LÓTI
<i>A.affinis</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>A.altiparanae</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>A.anisitsi</i>	X	X							
<i>A.caudimaculosus</i>						X			
<i>A.crassipinnis</i>				X				X	
<i>A.dentatus</i>	X	X	X		X	X			
<i>A.fasciatus</i>	X		X						X
<i>A.lacustris</i>	X	X	X	X		X	X	X	
<i>A.osteomystax</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>A.paranae</i>	X	X							
<i>A.ucayalensis</i>	X	X		X	X				
<i>Ancistrus</i> sp.									X
<i>B.exodon</i>								X	
<i>B.orbignyamus</i>		X							
<i>B.stramineus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	
<i>C.britskii</i>	X	X	X		X	X		X	X
<i>C.callichthys</i>	X					X			
<i>C.jenynsii</i>	X		X	X	X	X	X		
<i>C.monoculus</i>	X	X		X	X	X	X	X	
<i>C.niederleini</i>	X	X		X	X	X	X	X	X
<i>C.paranaense</i>	X		X						
<i>C.zebra</i>	X								
<i>Cichla</i> sp				X	X		X		
<i>E.trilineata</i>	X				X				
<i>E.virescen</i>	X			X	X			X	
<i>F.amazonas</i>			X			X			
<i>G.brasiliensis</i>			X		X				X
<i>G.inaquilabiatus</i>					X				
<i>G.knerii</i>	X				X	X	X		X
<i>G.sylvius</i>	X	X			X	X			
<i>Gymnorhamphychthys</i> sp			X						
<i>H.ancistroides</i>			X		X	X			X
<i>H.cochlioda</i>	X								
<i>H.edentatus</i>		X		X	X	X		X	
<i>H.eques</i>	X								
<i>H.littorale</i>	X				X				
<i>H.marginatus</i>	X	X	X	X	X	X		X	X
<i>H.mustelinus</i>			X		X				
<i>H.platyrrhynchus</i>				X					
<i>H.regani</i>	X		X			X			
<i>H.strigatcepis</i>	X		X		X	X	X		

<i>H.unitaeniatus</i>	X								
<i>Hisonotus</i> sp									X
<i>Hoplias</i> sp1	X	X		X	X	X	X	X	
<i>Hoplias</i> sp2	X		X		X				
<i>Hyphessobrycon</i> sp		X	X		X	X		X	X
<i>Hypostomus</i> sp1			X						
<i>Hypostomus</i> sp2			X						
<i>I.labrosus</i>	X			X	X	X	X		
<i>K.moenkhausi</i>			X						X
<i>L.elongatus</i>		X	X	X					
<i>L.friederici</i>	X	X	X	X		X	X		X
<i>L.lacustris</i>	X							X	
<i>L.obtusidens</i>	X	X	X				X		
<i>L.pectorale</i>	X					X			
<i>L.platymetopon</i>	X	x		X	X	X	X	X	
<i>L.rostratus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	
<i>L.striatus</i>						X			
<i>L.vittatus</i>						X			
<i>Loricaria</i> sp	X	X		X	X	X	X	X	
<i>M.maculatus</i>	X	X		X	X			X	X
<i>M.parananus</i>							X		
<i>M.sanctaefilomenae</i>	X	X			X	X			
<i>O.eigenmani</i>		X		X					
<i>O.niloticus</i>	X	X							
<i>P.anisitsi</i>	X				X				
<i>P.argentea</i>								X	
<i>P.argenteus</i>				X					
<i>P.corruscans</i>	X			X					
<i>P.ellisi</i>	X				X				
<i>P.galeatus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	
<i>P.gracilis</i>	X	X	X	X	X		X		
<i>P.granulosus</i>		X	X	X	X	X	X	X	
<i>P.heraldoi</i>	X								
<i>P.lineatus</i>	X	X	X				X		
<i>P.maculatus</i>				X		X	X		
<i>P.motoro</i>		X		X	X		X		X
<i>P.nasus</i>						X			
<i>P.ornatus</i>						X			
<i>P.pirinampu</i>	X			X			X		
<i>P.squamosissimus</i>	X	X		X	X	X	X	X	
<i>P.taeniops</i>	X								
<i>Potamotensis</i> sp	X			X	X				
<i>R.aspera</i>	X	X		X					
<i>R.hahni</i>	X	X		X	X				
<i>R.paranensis</i>	X	X		X	X	X	X	X	

<i>R. quelen</i>	X	X			X	X			
<i>R. vulpinus</i>	X	X		X	X	X	X	X	X
<i>S. borellii</i>	X	X		X		X			
<i>S. brasiliensis</i>	X						X		
<i>S. brevipina</i>	X	X	X		X	X		X	X
<i>S. insculpta</i>	X	X	X			X		X	
<i>S. macrurus</i>					X	X			
<i>S. maculatus</i>								X	
<i>S. marginatus</i>	X	X			X	X		X	
<i>S. nasutus</i>			X		X	X		X	X
<i>S. notomelas</i>	X		X		X	X		X	
<i>S. pappaterra</i>	X	X	X	X	X		X	X	X
<i>T. paraguayensis</i>	X	X			X	X		X	

# ANEXO

NORMAS DO PERIÓDICO PARA SUBMISSÃO DE TRABALHOS

*Environmental Biology of Fishes*

## Title Page

The title page should include:

- The name(s) of the author(s)
- A concise and informative title
- The affiliation(s) and address(es) of the author(s)
- The e-mail address, telephone and fax numbers of the corresponding author

## Abstract

Please provide an abstract of 150 to 250 words. The abstract should not contain any undefined abbreviations or unspecified references.

## Keywords

Please provide 4 to 6 keywords which can be used for indexing purposes.

## Text Formatting

Manuscripts should be submitted in Word.

- Use a normal, plain font (e.g., 10-point Times Roman) for text.
- Use italics for emphasis.
- Use the automatic page numbering function to number the pages.
- Do not use field functions.
- Use tab stops or other commands for indents, not the space bar.
- Use the table function, not spreadsheets, to make tables.
- Use the equation editor or MathType for equations.

Note: If you use Word 2007, do not create the equations with the default equation editor but use the Microsoft equation editor or MathType instead.

- Save your file in doc format. Do not submit docx files.
- [Word template](#)

Manuscripts with mathematical content can also be submitted in LaTeX.

- [LaTeX macro package](#)

## Headings

Please use no more than three levels of displayed headings.

## Abbreviations

Abbreviations should be defined at first mention and used consistently thereafter.

## Footnotes

Footnotes can be used to give additional information, which may include the citation of a reference included in the reference list. They should not consist solely of a reference

citation, and they should never include the bibliographic details of a reference. They should also not contain any figures or tables.

Footnotes to the text are numbered consecutively; those to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data).

Footnotes to the title or the authors of the article are not given reference symbols.

Always use footnotes instead of endnotes.

### **Acknowledgments**

Acknowledgments of people, grants, funds, etc. should be placed in a separate section before the reference list. The names of funding organizations should be written in full.

### **Citation**

Cite references in the text by name and year in parentheses. Some examples:

- Negotiation research spans many disciplines (Thompson 1990).
- This result was later contradicted by Becker and Seligman (1996).
- This effect has been widely studied (Abbott 1991; Barakat et al. 1995; Kelso and Smith 1998; Medvec et al. 1993).

### **Reference list**

The list of references should only include works that are cited in the text and that have been published or accepted for publication. Personal communications and unpublished works should only be mentioned in the text. Do not use footnotes or endnotes as a substitute for a reference list.

Reference list entries should be alphabetized by the last names of the first author of each work.

- Journal article

Gamelin FX, Baquet G, Berthoin S, Thevenet D, Nourry C, Nottin S, Bosquet L (2009) Effect of high intensity intermittent training on heart rate variability in prepubescent children. *Eur J Appl Physiol* 105:731-738. doi: 10.1007/s00421-008-0955-8

Ideally, the names of all authors should be provided, but the usage of “et al” in long author lists will also be accepted:

Smith J, Jones M Jr, Houghton L et al (1999) Future of health insurance. *N Engl J Med* 965:325–329

- Article by DOI

Slifka MK, Whitton JL (2000) Clinical implications of dysregulated cytokine production. *J Mol Med*. doi:10.1007/s001090000086

- Book

South J, Blass B (2001) *The future of modern genomics*. Blackwell, London

- Book chapter

Brown B, Aaron M (2001) The politics of nature. In: Smith J (ed) The rise of modern genomics, 3rd edn. Wiley, New York, pp 230-257

- Online document

Cartwright J (2007) Big stars have weather too. IOP Publishing PhysicsWeb. <http://physicsweb.org/articles/news/11/6/16/1>. Accessed 26 June 2007

- Dissertation

Trent JW (1975) Experimental acute renal failure. Dissertation, University of California

Always use the standard abbreviation of a journal's name according to the ISSN List of Title Word Abbreviations, see

- [www.issn.org/2-22661-LTWA-online.php](http://www.issn.org/2-22661-LTWA-online.php)

For authors using EndNote, Springer provides an output style that supports the formatting of in-text citations and reference list.

- [EndNote style](#)

### **Tables**

- All tables are to be numbered using Arabic numerals.
- Tables should always be cited in text in consecutive numerical order.
- For each table, please supply a table caption (title) explaining the components of the table.
- Identify any previously published material by giving the original source in the form of a reference at the end of the table caption.
- Footnotes to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data) and included beneath the table body.

### **Artwork**

For the best quality final product, it is highly recommended that you submit all of your artwork – photographs, line drawings, etc. – in an electronic format. Your art will then be produced to the highest standards with the greatest accuracy to detail. The published work will directly reflect the quality of the artwork provided.

### **Electronic Figure Submission**

- Supply all figures electronically.
- Indicate what graphics program was used to create the artwork.
- For vector graphics, the preferred format is EPS; for halftones, please use TIFF format. MS Office files are also acceptable.
- Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.
- Name your figure files with "Fig" and the figure number, e.g., Fig1.eps.



Springer accepts electronic multimedia files (animations, movies, audio, etc.) and other supplementary files to be published online along with an article or a book chapter. This feature can add dimension to the author's article, as certain information cannot be printed or is more convenient in electronic form.

### **Submission**

- Supply all supplementary material in standard file formats.
- Please include in each file the following information: article title, journal name, author names; affiliation and e-mail address of the corresponding author.
- To accommodate user downloads, please keep in mind that larger-sized files may require very long download times and that some users may experience other problems during downloading.

### **Audio, Video, and Animations**

- Always use MPEG-1 (.mpg) format.

### **Text and Presentations**

- Submit your material in PDF format; .doc or .ppt files are not suitable for long-term viability.
- A collection of figures may also be combined in a PDF file.

### **Spreadsheets**

- Spreadsheets should be converted to PDF if no interaction with the data is intended.
- If the readers should be encouraged to make their own calculations, spreadsheets should be submitted as .xls files (MS Excel).

### **Specialized Formats**

- Specialized format such as .pdb (chemical), .wrl (VRML), .nb (Mathematica notebook), and .tex can also be supplied.

### **Collecting Multiple Files**

- It is possible to collect multiple files in a .zip or .gz file.

### **Numbering**

- If supplying any supplementary material, the text must make specific mention of the material as a citation, similar to that of figures and tables.
- Refer to the supplementary files as “Online Resource”, e.g., “... as shown in the animation (Online Resource 3)”, “... additional data are given in Online Resource 4”.
- Name the files consecutively, e.g. “ESM\_3.mpg”, “ESM\_4.pdf”.

## **Captions**

- For each supplementary material, please supply a concise caption describing the content of the file.

## **Processing of supplementary files**

- Electronic supplementary material will be published as received from the author without any conversion, editing, or reformatting.

## **Accessibility**

In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your supplementary files, please make sure that

- The manuscript contains a descriptive caption for each supplementary material
- Video files do not contain anything that flashes more than three times per second (so that users prone to seizures caused by such effects are not put at risk)

## **Line Art**

- Definition: Black and white graphic with no shading.
- Do not use faint lines and/or lettering and check that all lines and lettering within the figures are legible at final size.
- All lines should be at least 0.1 mm (0.3 pt) wide.
- Scanned line drawings and line drawings in bitmap format should have a minimum resolution of 1200 dpi.
- Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.

## **Halftone Art**

- Definition: Photographs, drawings, or paintings with fine shading, etc.
- If any magnification is used in the photographs, indicate this by using scale bars within the figures themselves.
- Halftones should have a minimum resolution of 300 dpi.

## **Combination Art**

- Definition: a combination of halftone and line art, e.g., halftones containing line drawing, extensive lettering, color diagrams, etc.
- Combination artwork should have a minimum resolution of 600 dpi.

## **Color Art**

- Color art is free of charge for online publication.
- If black and white will be shown in the print version, make sure that the main information will still be visible. Many colors are not distinguishable from one another when converted to black and white. A simple way to check this is to make a xerographic copy to see if the necessary distinctions between the different colors are still apparent.
- If the figures will be printed in black and white, do not refer to color in the captions.

- Color illustrations should be submitted as RGB (8 bits per channel).

### **Figure Lettering**

- To add lettering, it is best to use Helvetica or Arial (sans serif fonts).
- Keep lettering consistently sized throughout your final-sized artwork, usually about 2–3 mm (8–12 pt).
- Variance of type size within an illustration should be minimal, e.g., do not use 8-pt type on an axis and 20-pt type for the axis label.
- Avoid effects such as shading, outline letters, etc.
- Do not include titles or captions within your illustrations.

### **Figure Numbering**

- All figures are to be numbered using Arabic numerals.
- Figures should always be cited in text in consecutive numerical order.
- Figure parts should be denoted by lowercase letters (a, b, c, etc.).
- If an appendix appears in your article and it contains one or more figures, continue the consecutive numbering of the main text. Do not number the appendix figures, "A1, A2, A3, etc." Figures in online appendices (Electronic Supplementary Material) should, however, be numbered separately.

### **Figure Captions**

- Each figure should have a concise caption describing accurately what the figure depicts. Include the captions in the text file of the manuscript, not in the figure file.
- Figure captions begin with the term **Fig.** in bold type, followed by the figure number, also in bold type.
- No punctuation is to be included after the number, nor is any punctuation to be placed at the end of the caption.
- Identify all elements found in the figure in the figure caption; and use boxes, circles, etc., as coordinate points in graphs.
- Identify previously published material by giving the original source in the form of a reference citation at the end of the figure caption.

### **Figure Placement and Size**

- When preparing your figures, size figures to fit in the column width.
- For most journals the figures should be 39 mm, 84 mm, 129 mm, or 174 mm wide and not higher than 234 mm.
- For books and book-sized journals, the figures should be 80 mm or 122 mm wide and not higher than 198 mm.

### **Permissions**

If you include figures that have already been published elsewhere, you must obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format. Please be aware that some publishers do not grant electronic rights for free and that Springer will not be able to refund any costs that may have occurred to receive these permissions. In such cases, material from other sources should be used.

**Accessibility**

In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your figures, please make sure that

- All figures have descriptive captions (blind users could then use a text-to-speech software or a text-to-Braille hardware)
- Patterns are used instead of or in addition to colors for conveying information (color-blind users would then be able to distinguish the visual elements)
- Any figure lettering has a contrast ratio of at least 4.5:1