

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA DE
AMBIENTES AQUÁTICOS CONTINENTAIS

MARIANA CRISTINA SARRAGIOTTO

Cobertura de vegetação ripária e macrófitas aquáticas nos subsistemas da
planície de inundação do alto rio Paraná: a disponibilidade influi na assimilação por
Prochilodus lineatus (Characiformes: Prochilodontidae)?

Maringá
2010

MARIANA CRISTINA SARRAGIOTTO

Cobertura de vegetação ripária e macrófitas aquáticas nos subsistemas da planície de inundação do alto rio Paraná: a disponibilidade influi na assimilação por *Prochilodus lineatus* (Characiformes: Prochilodontidae)?

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais do Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais
Área de concentração: Ciências Ambientais.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Evanilde Benedito
Co-Orientador: Prof. Dr. Edvard Elias de Souza Filho

Maringá
2010

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

S247c Sarragiotto, Mariana Cristina, 1983-.
Cobertura da vegetação ripária e macrófitas aquáticas nos subsistemas da planície de inundação do alto rio Paraná : a disponibilidade influi na assimilação por *Prochilodus lineatus* (Characiformes: Prochilodontidae)? / Mariana Cristina Sarragiotto. -- Maringá, 2010.
22 f. : il.
Dissertação (mestrado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais)-- Universidade Estadual de Maringá, Dep. de Biologia, 2010.
Orientador: Prof.^a Dr.^a Evanilde Benedito.
Co-orientador: Prof. Dr. Edvard Elias de Souza Filho.
1. *Prochilodus lineatus* (Characiformes: Prochilodontidae) "curimba" - Isótopos estáveis - Planície de inundação - Alto rio Paraná. 2. *Prochilodus lineatus* (Characiformes: Prochilodontidae) "curimba" - Fitoplâncton - Seletividade nutricional - Planície de inundação - Alto rio Paraná. I. Universidade Estadual de Maringá. Departamento de Biologia. Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais.

CDD 22. ed. -597.48171309816
NBR/CIP - 12899 AACR/2

FOLHA DE APROVAÇÃO

MARIANA CRISTINA SARRAGIOTTO

Cobertura de vegetação ripária e macrófitas aquáticas nos subsistemas da planície de inundação do alto rio Paraná: a disponibilidade influi na assimilação por *Prochilodus lineatus* (Characiformes: Prochilodontidae)?

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais do Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

COMISSÃO JULGADORA

Prof.^a Dr.^a Evanilde Benedito
Nupélia/PEA/Universidade Estadual de Maringá (Presidente)

Prof.^a Dr.^a Claudia Costa Bonecker
Nupélia/PEA/Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Cristiano dos Santos Neto
Universidade Federal de São Carlos

Aprovada em: 31 de agosto de 2010.

Local de defesa: Anfiteatro Prof. “Keshiyu Nakatani”, Nupélia, Bloco G-90, *campus* da Universidade Estadual de Maringá.

Aos

Meus avós Romeu e Mariana, exemplos de força de vontade que me dedicaram muito mais do que o amor de avó e avô, mas o somatório deste com o de pai e mãe;

Aos

Amados tios Willian e Maria Helena inspirações constantes em minha vida em todos os quesitos, agradeço enormemente por toda dedicação, cobrança, educação, direcionamento, paciência, carinho, amor, atenção, presença, credibilidade, respeito... Enfim a todo o bem-estar que vocês me proporcionam.

À

Minha amada mãe por seu amor incondicional e por sempre acreditar e exaltar as minhas capacidades, além de exemplo de dedicação, persistência e força de vontade.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Prof. Dra. Evanilde Benedito, pela orientação, pelo aprendizado, pelas conquistas, pelo incentivo, pelo apoio, pela credibilidade, pela atenção constante, por sempre acreditar que eu poderia fazer melhor e com isto me provar que eu era mais capaz do que imaginava e, sobretudo pelo exemplo inspirador de garra, dedicação, força de vontade e persistência;

Ao Programa de Pós Graduação em Ecologia em Ambientes Aquáticos Continentais, pela qualidade, competência, compromisso e enorme apoio financeiro, logístico e científico, que subsidiam e possibilitam o desenvolvimento das pesquisas;

A Capes, pela concessão da bolsa de estudo;

Aos professores do Curso de Pós Graduação em Ecologia em Ambientes Aquáticos Continentais pelo apoio, dedicação, compromisso, exemplo de profissionalismo e compreensão. A cada um, em sua particularidade, meu respeito e gratidão;

Aos amigos bibliotecários Maria Salete Ribelatto Arita e João Fábio Hildebrandt, extremamente atenciosos e empenhados no desenvolvimento da pesquisa de todos os alunos deste programa de pós-graduação, com certeza sem a ajuda de vocês o desenvolvimento seria menos brando, obrigada pela paciência!

Aos amigos do Laboratório de Ecologia Energética da Universidade Estadual de Maringá, que sempre que possível ofereceram ajuda, compreensão e amizade;

Aos amigos do curso de Pós Graduação em Ecologia pelo apoio e pelas críticas que foram de grande contribuição para o meu desenvolvimento enquanto mestranda;

A todos os funcionários do PEA e NUPÉLIA que se dedicam e contribuem enormemente para as nossas pesquisas tanto com informações preciosas quanto com trabalho árduo;

A minha amada amiga Elaine Duarte que está presente em todos os momentos, me acalmando, me confortando e muitas vezes me escutando pacientemente. A minha outra grande amiga Carolina Ciotti que esteve presente em muitos momentos de minha vida, participando de alegrias e tristezas e me confortando perante as dificuldades;

A todos aqueles, que não estão aqui mencionados, mas que fizeram grande diferença neste ou em outros momentos de minha.

Cobertura de vegetação ripária e macrófitas aquáticas nos subsistemas da planície de inundação do alto rio Paraná: a disponibilidade influi na assimilação por *Prochilodus lineatus* (Characiformes: Prochilodontidae)?

RESUMO

A variação espacial na cobertura vegetal (vegetação ripária e macrófitas aquáticas) e na composição de $\delta^{13}\text{C}$ de *Prochilodus lineatus* e suas fontes de energia foi investigada nos subsistemas Baía, Ivinheima e Paraná, no ano de 2000, para avaliar se a área de cobertura de plantas vasculares é proporcional a assimilação pelo peixe iliófago. A transferência de carbono destes produtores primários para *P. lineatus* foi de 76% na planície de inundação do alto rio Paraná, com variação espacial entre os subsistemas. O fitoplâncton foi a fonte de energia mais assimilada nos subsistemas Baía (46%) e Ivinheima (46%) e as macrófitas C_4 no subsistema Paraná (34%). A cobertura vegetal foi maior no subsistema Ivinheima (52%) e menor no subsistema Baía (13,7%). A área de cobertura de plantas vasculares não teve relação correspondente com a assimilação e a captura de *P. lineatus*. A assimilação preferencial de fitoplâncton ocorreu nos subsistemas de menor e maior área e a captura da espécie teve pouca variação entre estes. Estes resultados demonstram a seletividade na assimilação de fitoplâncton por *P. lineatus* e sugerem a dependência da abundância do peixe pela abundância do produtor. Os mecanismos que regulam a seletividade na assimilação de fitoplâncton por esta espécie não são claros até o momento e devem ser investigados para a inclusão nas estratégias de manejo, conservação e produção pesqueira de *P. lineatus*, espécie de grande importância ecológica e comercial. As alterações antrópicas e naturais são intensas na área de estudo, com efeito na disponibilidade de fontes de carbono da espécie e o monitoramento de sua assimilação de energia deve ser frequente.

Palavras-chave: Produção primária. Fitoplâncton. Landsat 5 TM. CPUE. Isótopos estáveis.

Coverage of riparian vegetation and aquatic macrophytes in the subsystems of the floodplain of the Paraná river: availability influences the assimilation of *Prochilodus lineatus* (Characiformes: Prochilodontidae)?

ABSTRACT

The spatial variation in land cover (riparian vegetation and aquatic macrophytes) and the composition of $\delta^{13}\text{C}$ of *Prochilodus lineatus* and its energy sources was investigated in subsystems Baia, Ivinheima and Paraná, in 2000, to assess whether the coverage area of vascular plants is proportional to the iliophagous assimilation. The transfer of carbon from these primary producers to *P. lineatus* was 76% in the the Paraná river floodplain, with spatial variation between the subsystems. Phytoplankton was the most assimilated energy source in Baia (46%) and Ivinheima (46%) subsystems and C_4 macrophytes in Paraná subsystem (34%). The vegetation cover was higher in Ivinheima (52%) subsystem and lowest in Baia (13.7%). The coverage of vascular plants had no corresponding relationship with assimilation and the capture of *P. lineatus*. The preferential assimilation of phytoplankton occurred in the subsystems of smaller and larger vegetation area and the fish capture demonstrated little variation between them. These results show the selectivity on phytoplankton assimilation by *P. lineatus* and suggest the dependence of the abundance of the fish by the producer's. The mechanisms that regulate the selective assimilation of phytoplankton by this specie are not clear yet and should be investigated for inclusion in the strategies of management, conservation and fisheries production of *P. lineatus*, a species of great ecological and commercial importance. Natural and anthropogenic changes are intense in the study area, with effects on the availability of carbon sources of the species and monitor their assimilation of energy must be frequent.

Keywords: Primary production. Phytoplankton. Landsat 5 TM. CPUE. Stable isotopes.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	8
2	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	10
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	11
3.1	Coleta do material biológico.....	11
3.2	Análise de Isótopos Estáveis.....	11
3.3	Dados de Sensoriamento Remoto.....	12
3.4	Dados de Captura por Unidade de Esforço (CPUE).....	12
3.5	Análises Estatísticas.....	13
4	RESULTADOS.....	13
5	DISCUSSÃO.....	15
	REFERÊNCIAS.....	18

1 INTRODUÇÃO

A construção de reservatórios influencia diretamente a ictiofauna, provocando o desaparecimento de espécies e a proliferação de outras (Agostinho et al., 1999). Os sucessivos represamentos no rio Paraná têm apresentado obstáculos aos movimentos migratórios dos peixes e alteração na intensidade e a duração das cheias (Gomes e Agostinho, 1997). Estes eventos exercem impactantes efeitos na planície de inundação, ambiente com alta heterogeneidade de habitats, complexas interações ecológicas e elevada diversidade biológica (Agostinho e Zalewski, 1995; Ward e Tockner, 2001; Aoyagui e Bonecker, 2004).

Os processos de reprodução, sobrevivência e desenvolvimento inicial da espécie migradora *Prochilodus lineatus*, vulgarmente conhecida como curimba, são altamente dependentes de sua dispersão até as áreas de várzea (Gomes e Agostinho, 1997), para as quais migram no período de cheia (Agostinho et al., 1993). A produtividade pesqueira desta espécie no reservatório de Itaipu é influenciada pelas alterações que ocorrem a mais de 150 km a montante (Okada et al., 2008), abrangendo a planície de inundação do alto rio Paraná. A construção da usina hidrelétrica de Porto Primavera (1998) reduziu a área alagável da planície de 810 km para 200 km entre os reservatórios de Porto Primavera e Itaipu (Gomes e Agostinho, 1997), afetando a dinâmica dos subsistemas Paraná, Baía e Ivinheima, com consequências nas características alimentares e nutricionais dos organismos (Luz-Agostinho et al., 2009).

Dados recentes de desembarques pesqueiros em Itaipu acusam alta captura de *P. lineatus*, o qual representou a sexta espécie mais importante em 2004, à sétima em 2005 e teve aumento de captura de 330% em 2008 (Okada et al., 2008). Em outros 77 reservatórios brasileiros o gênero foi o mais numeroso, representando até 10% da fauna dominante (Agostinho et al., 2007). Devido a seu grande porte e alto valor comercial, as alterações na abundância desta espécie afetam diretamente a rentabilidade da pesca (Okada et al., 2008). A importância de *P. lineatus* está atrelada ao rendimento de peixes carnívoros (dourado, pintado, jaú e barbado) que a utilizam como presa (Okada et al., 2008) e a aceleração na ciclagem de nutrientes contidos nos detritos (Hahn e Fugi, 2007) com a disponibilização de mais energia para os níveis tróficos superiores (Gneri e Angelescu, 1951).

O lodo é o item mais consumido pelo curimba, e é composto por detrito orgânico particulado fino de origem animal e vegetal (restos de plantas e serapilheira), algas, protozoários, invertebrados zoobentônicos e organismos que participam do *microbial loop* (Fugi et al., 1996; Lopes et al., 2009). A matéria orgânica particulada fina pode ser incorporada à biomassa dos organismos aquáticos (Chergui e Pattee, 1991). As folhas e restos

de plantas terrestres da vegetação ripária são importantes fontes de energia para estes ecossistemas, principalmente quando neste estágio de decomposição (Fisher e Likens, 1973). A ingestão de lodo por *P. lineatus* chega a 53% da dieta (Fugi et al., 1996) e, embora seja composto por nutrientes de baixo valor nutricional e difícil digestão (Agostinho et al., 1997), é altamente aproveitado pelo aparato digestivo da espécie, que a caracteriza como iliófaga (Gneri e Angelescu, 1951; Fugi et al., 1996),

A composição alimentar das espécies pode ser avaliada por análises do conteúdo estomacal e análises de isótopos estáveis. Estas técnicas diferem na identificação dos itens ingeridos e assimilados pelo consumidor, respectivamente, e contribuem na compreensão do fluxo de energia nos ecossistemas, embasando o conhecimento da estrutura das comunidades e as origens e transformações da matéria orgânica (Fry e Sherr, 1984). O conhecimento das fontes de energia utilizadas pelas espécies são informações precisas que devem subsidiar as ações de conservação, manejo e produção pesqueira, embasadas na disponibilidade de recursos para a manutenção das espécies e da diversidade biológica nos ecossistemas.

Análises isotópicas de músculos de *P. lineatus* na planície de inundação do alto rio Paraná revelaram que os produtores primários de ciclo fotossintético C₃ (fitoplâncton, perifiton e vegetação ripária) são as fontes de carbono mais utilizadas pela espécie (Lopes et al., 2007). Portanto, qualquer fator que afete a quantidade ou qualidade da matéria orgânica alóctone introduzida nos rios tem efeito na vulnerabilidade de seus consumidores (Abelho e Graça, 1996). A retirada da vegetação marginal na planície de inundação do alto rio Paraná (Agostinho e Zalewski, 1995) é elevada, em consequência da construção de reservatórios e desenvolvimento agrícola (Casatti, 2004), industrial e urbano. Em vista da importância da transferência de carbono da vegetação marginal para *P. lineatus*, espécie de grande importância ecológica e comercial, na planície e nos desembarques pesqueiros do reservatório de Itaipu, deve ser investigada a relação entre a disponibilidade destes recursos e a assimilação pela espécie.

Este estudo teve por objetivo investigar se há variação espacial na cobertura de vegetação ripária e macrófitas aquáticas entre os subsistemas Baía, Ivinheima e Paraná na planície de inundação do alto rio Paraná e se ocorre variação espacial entre estes subsistemas na composição de $\delta^{13}\text{C}$ nos músculos de *P. lineatus*. A hipótese testada é que a assimilação de plantas vasculares por *P. lineatus* seja proporcional à variação espacial na cobertura vegetal.

2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está incluída na planície de inundação do alto rio Paraná (22°40' a 22° 50' S; 53° 10' a 53°40'W) (Figura 1), localizada no último trecho livre de represamentos do rio Paraná em território brasileiro (Rocha et al., 2009). O material biológico foi coletado no rio Baía (22°43'23.16"S; 53°17' 25.5"W), rio Ivinheima (22°47'59.64"S; 53°32' 21.3"W) e rio Paraná (22°45'39.96"S; 53°15' 7.44"W) (Souza-Filho et al., 2000). A quantificação da vegetação ripária e das macrófitas aquáticas na margem dos rios foi realizada a partir de imagens Landsat 5 TM, considerando a área máxima de 20 km de distância dos pontos de coleta do material biológico (Figura 1). Esta distância é a máxima diária percorrida na migração de *P. lineatus* (Godoy, 1975). O período de estudo foi o ano de 2000, devido a disponibilidade de material biológico coletado e imagens de sensoriamento remoto da região. As coletas foram realizadas em fevereiro e março, pois os meses chuvosos são o de máximo acúmulo de reservas de *Prochilodus lineatus* (Resende, 1992), em decorrência da maior disponibilidade de lodo (Maia et al., 1999).

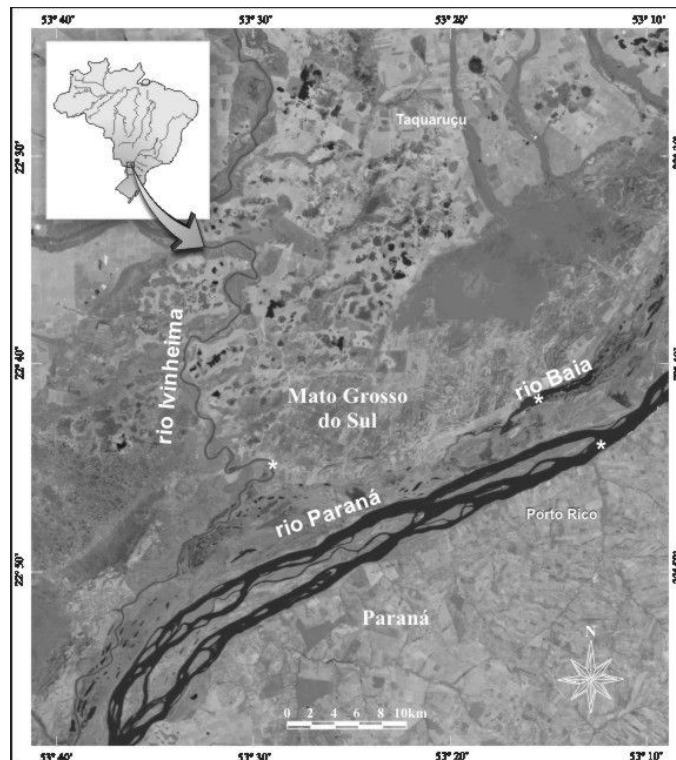


Figura 1 - Localização da área de estudo e pontos de coleta no rio Baía, Ivinheima e Paraná (*).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 COLETA DO MATERIAL BIOLÓGICO

Foram capturadas 28 exemplares adultos de *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836) com redes de malhas variando de 3 a 16 cm entre nós, expostas por 24 horas, com revistas a cada 8 horas. De cada exemplar foi obtido o comprimento padrão (cm) e extraída uma amostra de músculo (aproximadamente 4 cm²), próximo à base de inserção da nadadeira dorsal para a determinação de $\delta^{13}\text{C}$.

Foram coletadas três a cinco amostras por ponto de coleta para caracterizar as fontes alimentares potenciais de *P. lineatus* - produtores primários (vegetação ripária, macrófitas aquáticas e fitoplâncton) e zooplâncton. Foram coletadas cinco folhas de exemplares diferentes de cada espécie de vegetação ripária e macrófitas aquáticas (C₃ e C₄). As plantas vasculares amostradas foram as mais frequentes em cada ponto de coleta (Campos e Souza, 1997). Amostras de zooplâncton (cladóceros e copépodos calanóides filtradores) foram coletadas com rede de plâncton com abertura de malha de 53µm e moto-bomba, sendo filtrados 600 L por amostra. Para estimativa do fitoplâncton, considerou-se o fracionamento de 0,5‰, por nível trófico (adaptado de McCutchan-Jr et al., 2003) sobre os valores de $\delta^{13}\text{C}$ do zooplâncton.

Todas as amostras foram submetidas à secagem em estufa de ventilação forçada a 60°C por 72 horas e maceradas em moinho de esferas, até a obtenção de um pó fino e homogêneo.

3.2 ANÁLISE DE ISÓTOPOS ESTÁVEIS

Foram enviadas ao CENA (Centro de Energia Nuclear na Agricultura, USP/Piracicaba/SP) três mg do material biológico processado de cada grupo para a determinação de $\delta^{13}\text{C}$ em espectrômetro de massa. Os valores das razões isotópicas foram expressos na terminologia delta (δ) e em partes por mil ($\delta\text{‰}$) relativos aos padrões internacionais *PeeDee Belemnite* (PDB) para o ¹³C, de acordo com a equação geral:

$$R = \left[\left(R_{amostra} / R_{padrão} \right) - 1 \right] \times 10^3$$

Onde R representa a razão entre o isótopo menos abundante e o mais abundante, (¹³C/¹²C), para a amostra e o padrão, respectivamente. Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ foram analisados no *software* Isosource 1.3.1 (Epa, 2007), com incremento de 1% e tolerância de 0,05 para verificar variações nas possíveis contribuições das fontes de energia para a assinatura

isotópica dos organismos estudados e é adequado em investigações que utilizem poucos isótopos e fontes de energia (Hornung e Foote, 2008).

3.3 DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO

Foram utilizadas as cenas 223/76 e 224/76 (ponto e órbita) do satélite Landsat 5 TM (30 m de resolução) que abrangem a área de estudo, geradas em abril de 2000, disponíveis no sítio do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (www.inpe.br). No mesmo endereço eletrônico foi adquirido o *software* SPRING 5.1.5. (Inpe, 2009) para o processamento das imagens. Estas foram georreferenciadas no *software* ENVI 4.3 (Rsi, 2006) utilizando como base imagens Geocover Circa, do ano de 2004 (Nasa, 2009). Os produtos passaram por correções atmosféricas pelo método do substrato escuro e foram exportadas para o SPRING, no qual as imagens foram unidas por Mosaico e amostradas para a geração de classes de água e vegetação, segundo a classificação supervisionada pelo método de Máxima Verossimilhança, com 99% de confiabilidade.

Para quantificar a vegetação disposta a 30m (um pixel) da margem, incluindo a vegetação ripária que potencialmente representa aporte no rio e as macrófitas aquáticas, não distinguíveis devido à baixa resolução espacial do satélite, foram criadas linhas na edição vetorial com base no limite da classe água de cada subsistema. Os planos de informação (PI) contendo estas linhas sofreram crescimento de 30m pelo método de Mapas de Distância (passo fixo, inicial: 0, final: 30, passo: 30, número de pontos da curva: 180). Os Planos de Informação resultantes serviram de máscara para o recorte da classe vegetação em cada local, que após foram quantificados pela ferramenta Medidas de Classes. A vegetação das ilhas e ressacos do rio Paraná não foram quantificadas por não ser possível realizar o crescimento de 30 m em sentido oposto, ou seja, da esquerda para a direita, pois o programa não aceita o passo inicial com valor negativo.

3.4 DADOS DE CAPTURA POR UNIDADE DE ESFORÇO (CPUE)

Os dados de CPUE foram calculados com base na relação entre os valores de biomassa (kg) de *Prochilodus lineatus* divididos pelos valores das áreas de redes (km²) expostas por 24 horas em cada subsistema no ano de 2000. Estas informações foram concedidas pelos registros das Pesquisas Ecológicas de Longa Duração – PELD/CNPq, realizadas pelo Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura do Departamento de Biologia da Universidade Estadual de Maringá.

3.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

A normalidade (teste de Shapiro Wilk) e homocedasticidade (teste de Levene) foram previamente testadas para a realização dos testes de ANOVA no programa computacional Statistica 7.1 (Statisoft, 2005). O teste de Tukey foi aplicado para médias com diferenças significativas. O nível de significância assumido em todos os testes foi de $p < 0,05$.

4 RESULTADOS

Os valores mais deplecionados nas análises isotópicas das fontes autotróficas foram observados para o fitoplâncton ($-35,92 \pm 0,13\text{‰}$) e os enriquecidos para as macrófitas C_4 ($-12,54 \pm 0,76\text{‰}$) (Tabela 1). Foi constatada diferença espacial significativa nos valores de $\delta^{13}\text{C}$ no músculo dos peixes do subsistema Paraná (ANOVA, $F_{2, 25} = 12,7166$; $p = 0,00016$; Tukey $p = 0,000446$) (Figura 2).

Tabela 1 - Valores médios (%) e desvio padrão de $\delta^{13}\text{C}$ das fontes autotróficas nos diferentes subsistemas.

<i>Fonte/Local</i>	<i>Sbai</i>	<i>Siv</i>	<i>Spar</i>	TOTAL
Veg rip	-29.39 ± 0.80	-29.88 ± 1.17	-29.30 ± 1.98	-29.52 ± 1.29
Mac C₃	-28.78 ± 0.76	-29.49 ± 1.24	-28.44 ± 2.29	-28.90 ± 1.21
Mac C₄	-12.54 ± 0.76	-12.84 ± 1.42	-13.50 ± 0.21	-12.96 ± 0.93
Fitopl.	-35.92 ± 0.13	-34.14 ± 0.83	-32.32 ± 2.26	-34.13 ± 1.99

Sbai = subsistema Baía, **Siv** = subsistema Ivinheima, **Spar** = subsistema Paraná. **Veg rip** = Vegetação ripária, **Mac C₃** = Macrófitas C_3 , **Mac C₄** = Macrófitas C_4 , **Fitopl.** = Fitoplâncton.

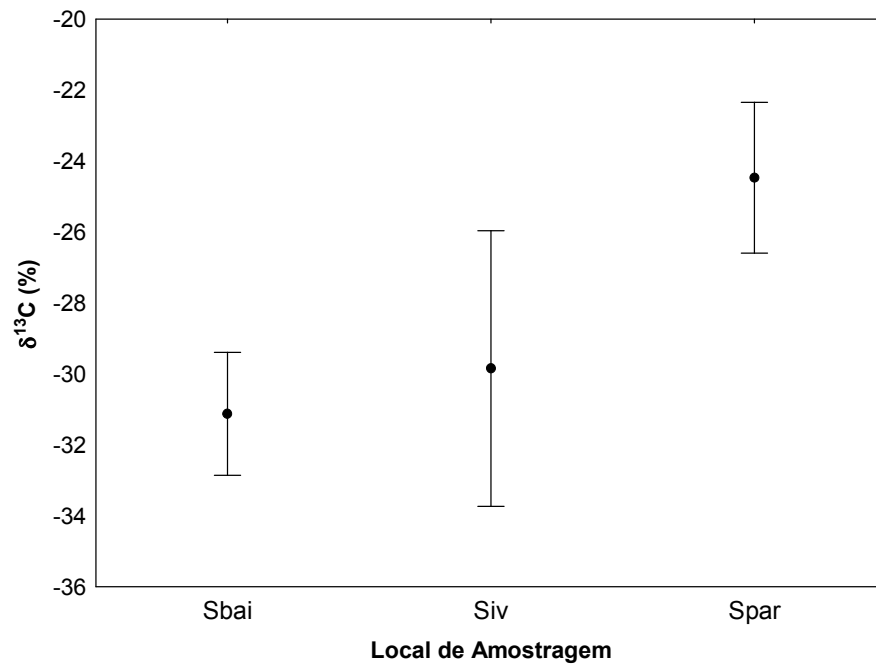


Figura 2 - Valores médios e desvio padrão de $\delta^{13}\text{C}$ para *P. lineatus* de acordo com os locais de amostragem (**Sbai** = subsistema Baía, **Siv** = subsistema Ivinheima, **Spar** = subsistema Paraná).

A contribuição média de $\delta^{13}\text{C}$ nos músculos de *P. lineatus* foi de 76% das plantas vasculares, considerando C_3 e C_4 , no balanço energético médio geral (Tabela 2). A maior contribuição destes produtores foi constatada no subsistema Paraná (82%) em relação aos subsistemas Baía (55%) e Ivinheima (54%). Nestes últimos, a assimilação de fitoplâncton atingiu 46% em média e no subsistema Paraná apenas 18% (Tabela 2).

Tabela 2 - Valores percentuais (%) mínimos (min), médios (méd) e máximos (máx) da contribuição de $\delta^{13}\text{C}$ da dieta de *P. lineatus* nos diferentes subsistemas.

<i>Local</i>	<i>Sbai (%)</i>			<i>Siv (%)</i>			<i>Spar (%)</i>			<i>TOTAL</i>		
	Méd	Min	Max	Méd	Min	Max	Méd	Min	Max	Méd	Min	Max
Mac C₃	23	0	67	22	0	65	25	0	74	33	0	96
Mac C₄	7	0	2	4	0	13	34	25	45	12	3	26
Veg. rip.	25	0	74	28	0	83	23	0	68	31	0	94
Fitopl.	46	26	78	46	17	87	18	0	54	24	0	72

Sbai = Subsistema Baía, **Siv** = Subsistema Ivinheima, **SPar** = Subsistema Paraná. **Veg rip** = Vegetação ripária, **Mac C₃** = Macrófitas C_3 , **Mac C₄** = Macrófitas C_4 , **Fitopl.** = Fitoplâncton.

No subsistema Ivinheima foi constatada a maior área de vegetação ripária e macrófitas aquáticas (52%) e biomassa (49%) de *P. lineatus*. A menor cobertura vegetal ocorreu no subsistema Baía (14%) e a menor biomassa da espécie estudada no subsistema Paraná (14%) (Tabela 3).

Tabela 3 - Valores e frequência da área de cobertura vegetal (vegetação ripária e macrófitas aquáticas) e da Captura por Unidade de Esforço (CPUE) de *P. lineatus* nos subsistemas Baía, Ivinheima e Paraná.

<i>Local</i>	<i>Cobertura vegetal (km²)</i>	<i>Frequência (%)</i>	<i>CPUE (Kg . Km⁻².1000)</i>	<i>Frequência (%)</i>
Baía	268	14	525	37
Ivinheima	1017	52	693	49
Paraná	669	34	195	14
TOTAL	1954		1413	

5 DISCUSSÃO

A principal rota do fluxo de energia e ciclagem de matéria orgânica nas grandes bacias da América do Sul é a cadeia de detritos (Bowen, 1984). Nas regiões tropicais as cadeias tróficas são caracterizadas por poucas fontes de energia, a despeito de sua complexidade (Alvim e Peret, 2004). A assimilação destes recursos influi na produção final do peixe (Forsberg et al., 1993) e os detritívoros aumentem a produção total dos ecossistemas, principalmente nos quais são o forrageio preferencial de carnívoros (Agostinho et al., 1997; Ray e Straškraba, 2001)

Na planície de inundação do alto rio Paraná foi constatada variabilidade espacial na assimilação das fontes de energia por *Prochilodus lineatus*, com a maior transferência de carbono do fitoplâncton nos subsistemas Baía e Ivinheima e das macrófitas C₄ no subsistema Paraná. A área de cobertura vegetal não teve influência na assimilação de plantas vasculares pelo peixe, pois foi constatada igual transferência de carbono nos subsistemas de maior e menor área vegetal, Ivinheima e Baía, respectivamente. Os dados de abundância de fitoplâncton no ano de 2000 constataram alta densidade nos rios Baía e Ivinheima e baixa no rio Paraná (Train et al., 2000). A relação recíproca entre a abundância de fitoplâncton e assimilação por *P. lineatus* e a indiferença quanto a disponibilidade de vegetação ripária e

macrófitas aquáticas neste processo, sugerem que a abundância das algas é o fator principal na regulação de sua seletividade como fonte de energia do curimba.

A seletividade na assimilação de fitoplâncton é característica em peixes detritívoros, embora o mecanismo exato envolvido neste processo não seja conhecido (Forsberg et al., 1993). A fácil assimilação deste item torna o seu conteúdo protéico altamente nutritivo (Waslien, 1979) e as espécies têm alto grau de seletividade por alimentos mais ricos em proteína, ainda que outros recursos estejam em quantidade aparentemente ilimitada no ambiente (Bowen, 1987), como no caso das plantas vasculares. A baixa digestibilidade de plantas C₄ aumenta a importância de fontes alimentares de fácil assimilação e é possível que esta seleção ocorra no intestino, e não anterior à ingestão (Vaz, 1992). Araújo-Lima *et al.* (1986) descartam a especificidade alimentar deste grupo trófico.

A variação na abundância de fitoplâncton na planície de inundação do alto rio Paraná é regulada por alterações no regime hidrossedimentológico, que por sua vez é dependente das alterações climáticas (*La Niña e El Niño*), e dos procedimentos operacionais do reservatório de Porto Primavera (Rodrigues et al., 2009). Estes processos também influem no regime de cheias, responsáveis pelo transporte de recursos alimentares da floresta para os ecossistemas aquáticos (Agostinho e Zalewski, 1995; Gomes e Agostinho, 1997) e pelas melhores condições nutricionais de *P. lineatus* (Gomes e Agostinho, 1997). As mudanças climáticas globais podem alterar a dinâmica dos eventos *El Niño*, embora não haja constatações precisas até o momento (Collins et al., 2010; Vecchi et al., 2010). Uma consequência esperada é o aumento nas precipitações extremas (Karl e Trenberth, 2003), o que intensificaria a estratificação e diminuiria o revolvimento de nutrientes (Geider et al., 2001), resultando em menor abundância de fitoplâncton (Falkowski et al., 1998).

A influência indireta do reservatório de Porto Primavera nos subsistemas Baía e Ivinheima, é uma condição mais favorável ao desenvolvimento de fitoplâncton (Train et al., 2000). A maior densidade deste recurso nestes subsistemas e a constatação de elevada captura de *P. lineatus*, reforça a idéia de regulação da fonte de energia sobre a abundância do peixe. Este mecanismo deve ser melhor investigado em trabalhos futuros e incluído nas estratégias de manejo, conservação e produção pesqueira da espécie.

Apesar da alta assimilação de fitoplâncton, a biomassa de *Prochilodus lineatus* na planície de inundação e nos desembarques pesqueiros de Itaipu é mais dependente da vegetação ripária e das macrófitas aquáticas da planície, visto que houve transferência de 76% de carbono destes recursos no músculo da espécie. A energia de *P. lineatus* poderia ser proveniente em 94% da vegetação ripária e 96% das macrófitas C₃, considerando as

contribuições máximas potenciais. Nestas proporções, o rendimento pesqueiro de 101,3 ton de *P. lineatus* em Itaipu em 2008 (Okada et al., 2008) seria dependente em 77 ton de carbono da vegetação ripária e das macrófitas aquáticas da planície ou 95,2 ton do primeiro recurso e 97,3 ton das macrófitas C₃. Fica claro que a preservação da floresta é fundamental para a manutenção dos estoques pesqueiros do curimba.

A substituição da floresta pelo plantio de soja, além de diminuir os recursos alimentares dos peixes, aumenta os sedimentos e os poluentes no fundo do rio (Barletta et al., 2010), com a possibilidade de ingestão e assimilação por exploradores de fundo. Em trechos paraguaios do rio Paraná foi detectada a ingestão de flocos decantados de mistura de esgoto e resíduos industriais pela espécie (Speranza e Colombo, 2009). A assimilação de materiais nocivos, sobretudo por uma espécie de grande importância comercial, tem alto risco de transferência nas cadeias alimentares, resultando em bioacumulação e biomagnificação. Estudos recentes sobre a assimilação de carbono por *P. lineatus* não foram encontrados, nem na área de estudo, nem em outras bacias hidrográficas. A intensidade de alterações ambientais, com efeito, nas fontes de energia da espécie, reforça a necessidade de monitoramento sobre o processo de assimilação.

Neste estudo, foi constatado que embora a vegetação ripária e macrófitas aquáticas sejam as fontes de energia mais importantes para *P. lineatus* na planície de inundação do alto rio Paraná, a sua disponibilidade no ambiente não é proporcional à assimilação. A transferência de carbono foi a mesma nos subsistemas Baía e Ivinheima, de menor e maior cobertura destes recursos, respectivamente. O fitoplâncton é a fonte de energia preferencialmente assimilada pela espécie nos subsistemas em que apresenta elevada abundância e a captura da espécie é maior onde há grande disponibilidade desta dieta. A investigação sobre os mecanismos que regulam a seletividade de *P. lineatus* na assimilação de fitoplâncton e a disponibilidade de fontes de energia desta espécie são necessárias, principalmente em vista das intensas alterações ambientais na área de estudo. Estas informações são importante subsídio na escolha de estratégias de manejo, conservação e produção pesqueira.

REFERÊNCIAS

- ABELHO, M. e GRAÇA, AS., 1996. Effects of eucalyptus afforestation on leaf litter dynamics and macroinvertebrate community structure of streams in Central Portugal. *Hydrobiologia*, vol. 324, p. 195-204.
- AGOSTINHO, AA. e ZALEWSKI, M., 1995. The dependence of fish community structure e dynamics on floodplain e riparian ecotone zone in the Paraná River. *Hydrobiologia*, vol. 303, p. 141-148.
- AGOSTINHO, AA., GOMES, LC. and PELICICE, FM., 2007. *Ecologia e manejo dos recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil*. Maringá: EDUEM. 501p.
- AGOSTINHO, AA., HAHN, NS., GOMES, LC. e BINI, LM., 1997. Estrutura trófica. In: VAZZOLER, AEAM., AGOSTINHO, AA. E HAHN, NS. (Eds). *A planície de Inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos*. Maringá: EDUEM. p. 229-248.
- AGOSTINHO, AA., MIRANDA, LE., BINI, LM., GOMES, LC., THOMAZ, SM. e SUZUKI, HI., 1999. Patterns of colonization in neotropical reservoirs, and prognoses on aging. In: TUNDISI, JG. e STRASKRABA, M. (Eds.). *Theoretical reservoir ecology and its applications*. Leiden: Backhuys Publishers. p. 227-265.
- AGOSTINHO, AA., VAZZOLER, AEAM., GOMES, LC. e OKADA EK., 1993. Estratificación espacial y comportamiento de *Prochilodus scrofa* en distintas fase del ciclo de vida, en la planície de inundación del alto rio Paraná y embalse de Itaipu, Paraná, Brasil. *Revue D'Hydrobiologie Tropicale*, vol. 26, p. 79-90.
- ALVIM, MCC. e PERET, AC., 2004. Food resources sustaining the fish fauna in a section of the upper São Francisco river in Três Marias, MG, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, vol. 64, p. 195-202.
- AOYAGUI, ASM. e BONECKER, CC., 2004. Rotifers in different environments of the Upper Paraná River floodplain (Brazil): richness, abundance e the relationship with connectivity. *Hydrobiologia*, vol. 522, p. 281-290.
- ARAÚJO-LIMA, CARM., FORSBERG, BR., VICTORIA, R. e MARTINELLI, L., 1986. Energy sources for detritivorous fishes in the Amazon. *Science*, vol. 234, p. 1256-1258.
- BARLETTA, M., JAUREGUIZAR, AJ., BAIGUN, C., FONTOURA, NF., AGOSTINHO, AA., ALMEIDA-VAL, VMF., VAL, AL., TORRES, AA., JIMENES-SEGURA, LF., GIARRIZZOS, T., FABRÉ, NN., BATISTA, VS., LASSO, C., TAPHORN, DC., COSTA, MF., CHAVES, PT., VIEIRA, JP. e CORRÊA, MFM., 2010. Fish and

- aquatic habitat conservation in South América: a continental overview with emphasis on neotropical systems. *Journal of Fish Biology*, vol. 76, p. 2118-2176.
- BOWEN, SH., 1984. Detritivory in neotropical fish communities. In: ZARET, TM. (Ed.), *Evolutionary Ecology of Neotropical freshwater fishes*. Dordrecht: W. Junk. p. 59-66.
- BOWEN, SH., 1987. Composition e nutritional value of detritus, pp. 192-216. In: MORIARTY, DJW. e PULLIN, RSV. (Eds), *Detritus e microbial ecology in aquaculture*. Philippines: Manila. p. 192-216.
- CAMPOS, JB. e SOUZA, MC., 1997. Vegetação. In: VAZZOLER, AEAM., AGOSTINHO AA. e HAHN, NS. (Eds.). *A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos*. Maringá: EDUEM. p. 331-342.
- CASATTI, L., 2004. Ichthyofauna of two streams (silted e reference) in the Upper Paraná River basin, southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, vol. 64, p. 757-765.
- CHERGUI, H. e PATTEE, E., 1991. Breakdown of allochthonous leaves in the catchment of the lower Moulouya river in Morocco. *Acta Oecologica-International Journal of Ecology*, vol. 12, p. 543-560.
- COLLINS, M., AN, S., CAI, W., GANACHAUD, A., GUILYARDI, E., JIN, F., JOCHUM, M., LENGAIGNE, M., POWER, S., TIMMERMANN, A., VECCHI, G. e WITTENBERG, A., 2010. The impact of global warming on the tropical Pacific Ocean and El Niño. *Nature Geoscience*, vol. 3, p. 391 – 397.
- EPA, 2007. *IsoSource*: data analyses software system. Para Windows – Versão 1.3.1. Disponível em: <<http://www.epa.gov/wed/pages/models/isosource/isosource.htm>>. Acesso em: junho de 2009.
- FALKOWSKI, P., BARBER, R., e SMETACEK, V., 1998. Biogeochemical controls e feedbacks on ocean primary production. *Science*, vol. 281, p. 200-206.
- FISHER, SG. e LIKENS, GE., 1973. Energy flow in Bear Brook, New Hampshire: an integrative approach to stream ecosystem metabolism. *Ecological Monographs*, vol. 43, p. 421-439.
- FORSBERG, BR., ARAUJO-LIMA CARM., MARTINELLI, LA., VICTORIA, RL. e BONASSI, JA., 1993. Autotrophic carbon sources for fish of the central Amazon. *Ecology*, vol. 74, p. 643–652.
- FRY, B. e SHERR, EB., 1984. $\delta^{13}\text{C}$ measurements as indicators of carbon flow in marine e freshwater ecosystems. *Contributions in Marine Science*, vol. 27, p. 13-47.

- FUGI, R., HAHN, NS. e AGOSTINHO, AA., 1996. Feeding styles of five species of bottom-feeding fishes of the high Paraná river. *Environmental Biology of Fishes*, vol. 46, p. 297-307.
- GEIDER, RJ., DELUCIA, EH., FALKOWSKI, PG., FINZI, A., GRIME, JP., GRACE, J., KANA, TM., ROCHE, J., LONG, SP., OSBORNE, BA., PLATT, T., PRENTICE, IC., RAVEN, JA., SCHLESINGER, WH., SMETACEK, V., STUART, V., SATHYENDRANATH, S., THOMAS, RB., VOGELMANN, TC., WILLIAMS, P. e WOODWARD, FI, 2001. Primary productivity of planet earth: biological determinants e physical constraints in terrestrial e aquatic habitats. *Global Change Biology*, vol 7, p. 849-882.
- GNERI, FS. e ANGELESCU, V., 1951. La nutricion de los peces iliofagos. *Revista del Instituto Nacional de Investigaciones de las Ciencias Naturales*, vol. 2, no. 1, p. 1-44.
- GODOY, MP., 1975. *Peixes do Brasil, subordem Characoidei: Bacia do rio Mogi Guaçu*, Piracicaba, Brasil. Piracicaba: Editora Franciscana. 216p.
- GOMES, LC. and AGOSTINHO, AA., 1997. Influence of the flooding regime on the nutritional state and juvenile recruitment of the curimba, *Prochilodus scrofa*, Steidachner, in upper Paraná river, Brazil. *Fisheries Management and Ecology*, vol. 4, no. 4,p. 263-274.
- HAHN, NS. e FUGI, R., 2007. Alimentação de peixes em reservatórios brasileiros: alterações e conseqüências nos estágios iniciais do represamento. *Oecologia Brasiliensis*, vol. 11, p. 469-480.
- HORNUNG, JP. e FOOTE, AL., 2008. Comparing dietary preferences of Bufflehead ducklings in Western Canada through gut content e stable isotope analysis. *Aquatic Ecology*, vol 42, p. 61-70.
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 2008. *Spring: data analysis software system*. Para Vista – Versão 1.5.1. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/download.php>>. Acessado em: dezembro de 2008.
- KARL, TR. e TRENBERTH, KE., 2003. Modern Global Climate Change. *Science*, vol. 302, p. 1719 – 1723.
- LOPES, CA., BENEDITO, E. e MARTINELLI, LA, 2009. Trophic position of bottom-feeding fish in the Upper Paraná River floodplain. *Brazilian Journal of Biology*, vol 69, p. 573-581.

- LOPES, CA., BENEDITO-CECILIO, E. e MARTINELLI, LA., 2007. Variability in the carbon isotope signature of *Prochilodus lineatus* (Prochilodontidae, Characiformes) a bottom-feeding fish of the Neotropical region. *Journal of Fish Biology*, vol. 70, p. 1649-1659.
- LUZ-AGOSTINHO, KDG., AGOSTINHO, AA., GOMES, LC., JÚLIO-JR, HF. e FUGI, R., 2009. Effects of flooding regime on the feeding activity e body condition of piscivorous fish in the Upper Paraná River floodplain. *Brazilian Journal of Biology*, vol. 69, p. 481-490.
- MAIA, EL., OLIVEIRA, CCS., SANTIAGO, FEA., HOLEA, FCA. F. e SOUSA, JA., 1999. Composição química e classes de lipídios em peixe de água doce Curimatã comum, *Prochilodus cearensis*. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, vol. 19.
- McCUTCHAN-JR., JH., LEWIS-JR., WM., KENDALL, C. e McGRATH, CC., 2003. Variation in trophic shift for stable isotope ratios of carbon, nitrogen, e sulfur. *Oikos*, vol. 102, p. 378-390.
- National Aeronautics e Space Administration - NASA, 2009. Mosaico de imagens Landsat Georreferenciadas GEOCOVER-Circa. Disponível em: <<https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/>>. Acessado em: junho de 2009.
- OKADA, EK., AGOSTINHO, AA., AMBRÓSIO, AM. e SUZUKI, HI., 2008. *Monitoramento do rendimento e da socioeconomia da pesca no reservatório de Itaipu*. Maringá: Universidade Estadual de Maringá; Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aqüicultura; Itaipu Binacional. Relatório Técnico 2008. 247p.
- RAY, S. e STRAŠKRABA, M., 2001. The impact of detritivorous fishes on a mangrove estuarine system. *Ecological Modeling*, vol. 140, p. 207-218.
- RESENDE, EK., 1992. Bioecologia do curimatã, *Prochilodus lineatus*, no pantanal do Mireia-Aquidauana, Mato Grosso do Sul, Brasil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, vol. VI, p. 261-276.
- ROCHA, RRA., THOMAZ, SM., CARVALHO, P. e GOMES, LC., 2009. Modeling chlorophyll-a e dissolved oxygen concentration in tropical floodplain lakes (Paraná River, Brazil). *Brazilian Journal of Biology*, vol. 69, p. 491-500.
- RODRIGUES, LC., TRAIN, S., BOVO-SCOMPARIN, VM., JATI, S., BORSALLI, CCJ. e MARENGONI, E., 2009. Interannual variability of phytoplankton in the main rivers of the Upper Parana River floodplain, Brazil: influence of upstream reservoirs. *Brazilian Journal of Biology*, vol. 69, p. 501-516.

- Research Systems Inc - RSI, 2006. *Envi*: data analysis software system. Para Windows - Versão 4.3. 1 CD-ROM.
- SOUZA-FILHO, EE., COMUNELLO, E., PETRY, AC., RUSSO, MR., SANTOS, AM., ROCHA, RRA. e LEIMIG, RA., 2000. *Descrição dos locais de amostragem*. Maringá; universidade Estadual de Maringá; Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aqüicultura. p. 62-74. Relatório técnico 2000. Disponível em: <http://www.peld.uem.br/Relat2000/2_2_CompBioticoDesLocAmost.PDF>. Acessado em: janeiro de 2009.
- SPERANZA, ED. e COLOMBO, JC., 2009. Biochemical composition of a dominante detritivorous fish *Prochilodus lineatus* along pollution gradients in the Paraná-Río de la Plata Basin. *Journal of Fish Biology*, vol. 74, p. 1226-1244.
- STATISOFT, 2005. *Statistica*: data analysis software system. Para Windows - Versão 7.1. Disponível em: <www.statsoft.inc>. Acessado em: 2007.
- TRAIN, S., RODRIGUES, LC., BORGES, PF., TAKEOUYEDA, A., MITIKONACAGAVA, M. e BOVO, VM., 2000. *Fitoplâncton*. Maringá; universidade Estadual de Maringá; Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aqüicultura. p. 87-98. Disponível em: <http://www.peld.uem.br/Relat2000/2_2_CompBioticoFitoplancton.PDF>. Acessado em: janeiro de 2009.
- VAZ, MM., 1992. *Estudo do regime alimentar de peixes detritívoros da bacia do rio Jacaré Pepira*. Campinas: Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, 95p. Tese de Doutorado.
- VECCHI, GA. e WITTENBERG, AT, 2010. El Niño and our future climate: where do we stand?. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, vol. 1, p. 260–270.
- WARD, JV. e TOCKNER, K., 2001. Biodiversity: towards a unifying theme for river ecology. *Freshwater Biology*, vol. 46, p. 807-819.
- WASLIEN, CI., 1979. Unusual sources of proteins for man. *Critical Reviews in Food Sciences and Nutrition*, vol 6, p. 77– 151.