

## VARIAÇÃO ESPACIAL E SAZONAL NA DENSIDADE CALÓRICA DE *LORICARIICHTHYS PLATYMETOPON* NA PLANÍCIE ALAGÁVEL DO ALTO RIO PARANÁ

Evanilde Benedito (Coordenadora)  
Daniela Aparecida Garcia (Mestranda)

### RESUMO

Com o objetivo de analisar o conteúdo energético muscular (densidade calórica) de *L. platymetopon* capturado em diferentes locais da planície alagável do alto rio Paraná, e potenciais relações deste conteúdo com variáveis ambientais (temperatura da água, oxigênio dissolvido na água, disponibilidade de alimento, abundância relativa numérica) e biológicas (tamanho corpóreo e ciclo reprodutivo) foram averiguadas. Coletas trimestrais, de set/2006 a jun/2007, em lagoas e rios, resultaram na amostragem de 739 espécimes, cuja densidade calórica muscular foi determinada em bomba calorimétrica. Diferenças entre as médias calóricas de machos e fêmeas, e dos estádios de desenvolvimento gonadal, não foram significativas. A densidade calórica variou espacial e sazonalmente, sendo verificadas duas tendências de variação sazonal. A intensidade da correlação entre densidade calórica e cada variável ambiental, assim como, a forma de correlação, variou com o local amostrado. O tamanho corpóreo e o ciclo reprodutivo não estiveram correlacionados à densidade calórica.

### INTRODUÇÃO

O conteúdo de energia é um bom indicador da condição fisiológica de um peixe. Esta condição reflete o efeito total dos fatores fisiológicos e ambientais sobre o peixe, assim como, o *status* nutricional do mesmo. Sendo o corpo de um peixe constituído de água, proteínas, lipídios, cinzas, carboidratos e compostos nitrogenados não-protéicos, seu conteúdo energético é, portanto, determinado por sua composição química (Cui & Wootton, 1988).

Os fatores que influenciam a alocação de energia em peixes e, conseqüentemente alteram seu conteúdo energético, são classificados como bióticos (sexo, estágio de desenvolvimento gonadal, atividade reprodutiva, idade, tamanho, competição, predação, parasitismo) e abióticos (disponibilidade de recurso alimentar, pH, oxigênio dissolvido,

salinidade, temperatura e velocidade de fluxo da água) (Dourado & Benedito-Cecilio, 2005), sendo que a maioria deles pode variar em escala espacial e/ou sazonal.

Diversos são os estudos existentes sobre o conteúdo de energia de peixes (Kelso, 1973; Foltz & Norden, 1977; Rogers, 1988; Bryan *et al.*, 1996; Encina & Granado-Lorencio, 1997; Paul, Paul & Brown, 1998; Vismara, Benedito-Cecilio & Faria, 2004; Dourado, Benedito-Cecilio & Latini, 2005; Hondorp, Pothoven & Brandt, 2005; Pothoven *et al.*, 2006; Tirelli *et al.* 2006). Nestes, além da determinação deste conteúdo, existe uma preocupação em relacioná-lo a fatores bióticos e/ou abióticos, com o intuito de explicar sua variabilidade intra-específica. Entretanto, a maioria dos estudos refere-se a espécies de regiões temperadas (Dourado & Benedito-Cecilio, 2005).

Loricariichthys platymetopon Isbrücker; Nijssen, 1979, uma das espécies de peixes mais abundantes na planície alagável do alto rio Paraná, região neotropical (Gaspar da Luz *et al.*, 2004), foi selecionada como objeto deste estudo. Sua presença nesta planície, a montante da cidade de Guaíra, está relacionada à construção da barragem de Itaipu, que submergiu o Salto Sete Quedas, que representava uma barreira natural à dispersão dessa espécie (Reis & Pereira, 2000). Por ser detritívora (Fugi, Agostinho & Hahn, 2001) desempenha importante papel ecológico, integrando a cadeia de detritos, principal rota do fluxo de energia e ciclagem de matéria nos ecossistemas (Bowen, 1983).

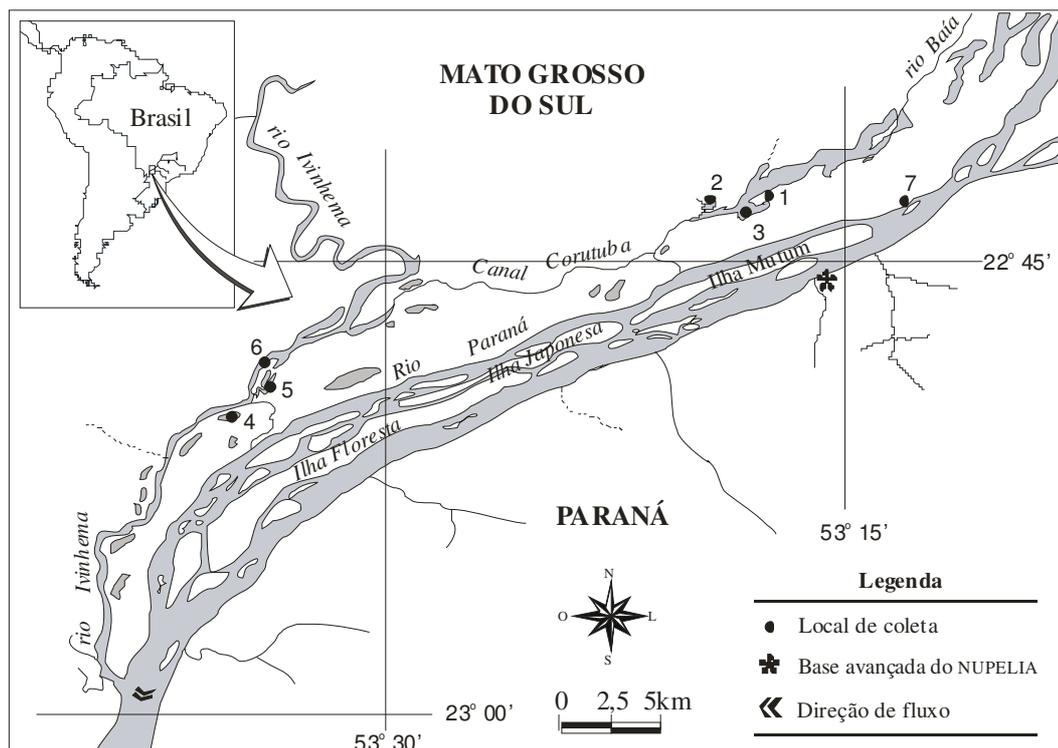
O ecossistema da planície alagável do alto rio Paraná apresenta uma elevada biodiversidade e grande variedade de habitats aquáticos, tais como, rios, lagoas conectadas e desconectadas (Thomaz *et al.*, 2004) e as flutuações dos níveis hidrométricos do rio Paraná, além de manter a conectividade rio-planície, também determina sazonalidade dos fatores abióticos e bióticos (Thomaz, Roberto e Bini, 1997). O regime de inundação é a mais importante força determinando sazonalidade em rios neotropicais (Lowe-McConnell, 1987).

Sendo assim, o conteúdo de energia, de uma dada espécie de peixe, presente dessa planície pode variar espacial e sazonalmente. Portanto, este trabalho objetivou responder às seguintes questões: Existe variação espacial e sazonal no conteúdo energético (densidade calórica) muscular de L. platymetopon? Quais fatores bióticos e/ou abióticos relacionam-se a esta variação?

## MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo compreende o trecho da planície alagável do alto rio Paraná, localizado a jusante da barragem de Porto Primavera e a montante do reservatório de Itaipu

(Thomaz, Roberto e Bini, 1997). Neste trecho, foram realizadas coletas trimestrais de setembro de 2006 a junho de 2007, em locais pertencentes a três subsistemas. No subsistema Baía foram amostrados: Lagoa Fechada (LFEC, desconectada), Lagoa do Guaraná (LGUA, conectada) e Rio Baía (RBAI). No subsistema Ivinhema: Lagoa Ventura (LVEN, desconectada), Lagoa dos Patos (LPAT, conectada) e Rio Ivinhema (RIVI) e, no subsistema Paraná: Lagoa das Garças (LGAR) (**Figura 1**).



**Figura 1** - Área de estudo e locais amostrados: (1) Lagoa Fechada, (2) Lagoa do Guaraná, (3) Rio Baía, (4) Lagoa Ventura, (5) Lagoa dos Patos, (6) Rio Ivinhema e (7) Lagoa das Garças.

Para discriminar os locais/meses amostrados, foi realizada uma análise de componentes principais (ACP). As variáveis físicas, químicas e biológica utilizadas nesta análise, foram disponibilizados pelos Laboratórios de Limnologia Básica e de Zoobentos do Núcleo de Pesquisa em Limnologia, Ictiologia e Aqüicultura (NUPELIA), sendo elas: temperatura da água (°C), oxigênio dissolvido (mg/L), pH, condutividade elétrica (uS/cm), clorofila-*a* (ug/L), nitrogênio total (ug/L), fósforo total (ug/L) e teor de matéria orgânica do sedimento (%). A seleção dos eixos a serem interpretados foi feita com base no critério de Broken-Stick. Para essa análise foi utilizado o programa PC-ORD (versão 4.0).

Para determinar o período de cheia, na planície alagável do alto rio Paraná, durante este estudo, cotas fluviométricas diárias deste rio foram obtidas através da régua

fluviométrica, localizada na Base Avançada de Pesquisa do NUPELIA, no município de Porto Rico (Paraná) ([http://www.peld.uem.br/peld-nivel\\_fluviometrico.htm](http://www.peld.uem.br/peld-nivel_fluviometrico.htm)). Sendo este período de cheia, caracterizado por apresentar níveis hidrométricos superiores a 350 cm, como sugerido por Thomaz, Roberto & Bini (1997) e Cunico *et al.* (2002).

As coletas de *L. platymetopon*, foram realizadas com auxílio de redes de espera de diferentes malhagens (variando de 2,4 a 8 cm entre nós adjacentes), expostas por 24 horas, com revistas a cada oito. De cada exemplar capturado de *L. platymetopon* foi tomado o comprimento padrão (mm) e determinado o sexo e estágio de desenvolvimento gonadal, de acordo com os critérios propostos e adaptados de Vazzoler (1996). Os estádios considerados foram: imaturo (IMT), repouso (REP), início de maturação (INI), maturação (MAT), maduro (MAD), semi-esgotado (SES), esgotado (ESG) e recuperação (REC).

Amostras da musculatura, de cada exemplar, foram extraídas da região próxima à inserção da nadadeira dorsal. As mesmas foram lavadas em água destilada e acondicionadas em papel alumínio, etiquetadas e congeladas. Posteriormente, foram secas em estufa de ventilação (60°C, 48 hr), e maceradas com auxílio de moinho de esferas, para obtenção de um pó fino e homogêneo.

A densidade calórica (conteúdo energético), medida em quilocaloria por grama de peso seco de amostra de músculo (kcal/g PS), foi determinada utilizando-se bomba calorimétrica adiabática (modelo Parr 1261), a qual permitiu medir o valor energético das mesmas, através da liberação de calor durante um processo de combustão.

Para verificar se as médias de densidade calórica diferiram entre os sexos, estádios de desenvolvimento gonadal (exceto IMT), local e mês de coleta foram realizadas análises de variância unifatorial não-paramétrica (5000 randomizações-ECOSIM) (Gotelli & Enstlinger, 2006), uma vez que os pressupostos de normalidade e homocedasticidade não foram alcançados. Adotou-se nível de significância de  $\alpha = 0,05$  com correção de Bonferroni, sendo considerado significativos valores de  $p \leq 0,0125$ .

Análises de correlação (Correlação por postos de Kendall-tau) foram realizadas, para cada local amostrado, considerando a densidade calórica, de cada indivíduo, a variável dependente, e cada variável física, química e biológica, a variável independente. As variáveis comprimento padrão e abundância relativa numérica foram incluídas nesta análise, entretanto, dados de abundância, referentes a março de 2007, foram excluídos da mesma, pois, a amostragem neste mês foi afetada pela cheia, resultando em baixas ou nenhuma captura.

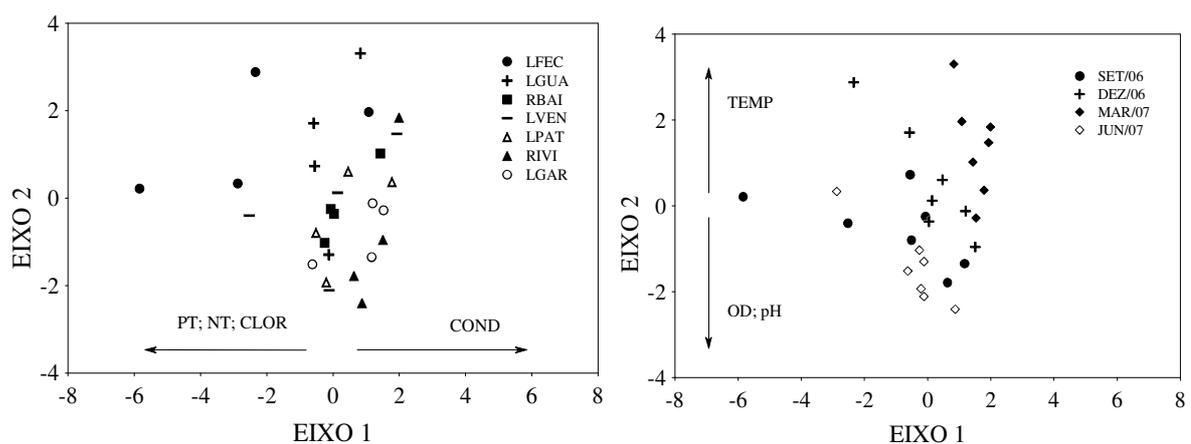
A abundância relativa numérica (número de indivíduos capturados/área da rede ( $m^2$ )\*1000 em 24 horas) foi disponibilizada pelo Laboratório de Ictiologia do NUPELIA. O

programa STATISTIC (versão 7.1) foi utilizado para realizar as análises, acima mencionadas, nas quais foi adotado  $\alpha = 0,05$ , com correção de Bonferroni, sendo significativas correlações com valor de  $p \leq 0,005$ .

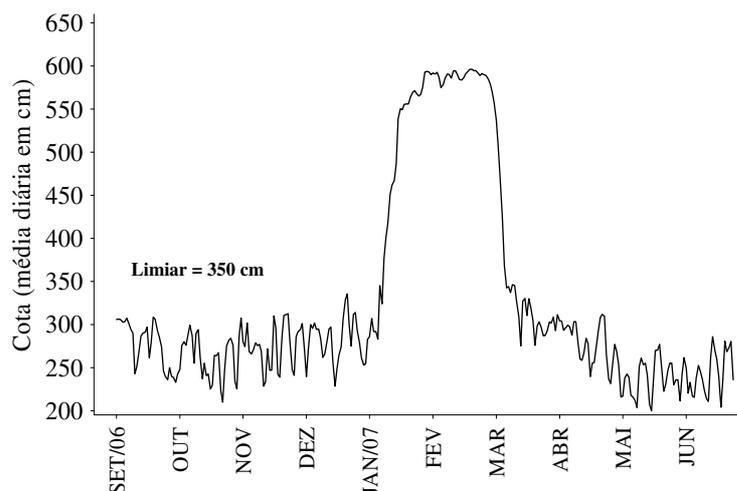
## RESULTADOS

Na ordenação dos locais/meses amostrados, foram retidos para interpretação, os dois primeiros eixos da análise de componentes principais (ACP) com autovalores 2,83 (eixo 1) e 2,13 (eixo 2). Estes eixos explicaram 62,08% (35,40 % eixo 1 e 26,68 % eixo 2) da variabilidade total dos dados. Os coeficientes de estrutura, derivados desta análise, mais correlacionados com os componentes principais 1 e 2 foram identificados, como os valores maiores que 0.38 (em módulo).

Desta maneira, a variável positivamente correlacionada com o componente principal 1 foi a condutividade elétrica. Por outro lado, fósforo total, nitrogênio total e clorofila-*a* correlacionaram-se negativamente com este componente. O componente principal 2 foi mais correlacionado, de forma positiva, com a temperatura da água e, negativamente com o oxigênio dissolvido e pH. Na ordenação, a LFEC ficou separada dos demais locais e, o mês de março de 2007, separado de junho do mesmo ano. A cheia do alto rio Paraná ocorreu entre janeiro e março de 2007 e causou sazonalidade nas variáveis físicas, químicas e biológicas consideradas (**Figura 2 e 3**).



**Figura 2** - Ordenação resultante da análise de componentes principais. COND=condutividade elétrica, PT=fósforo total, NT=nitrogênio total, CLOR=clorofila-*a*, TEMP=temperatura da água, OD=oxigênio dissolvido, pH.



**Figura 3** - Variação diária do nível hidrométrico (cota fluviométrica) do Rio Paraná, durante o período de estudo.

Na tabela a seguir (**Tabela 1**) encontram-se registradas medidas de variáveis abióticas e bióticas referentes aos locais amostrados na planície, durante o período deste estudo.

**Tabela 1** Valores obtidos para as variáveis físicas, químicas e biológica por local e data de coleta.

Local	Data	TEMP (° C)	OD (mg/L)	pH	COND (uS/cm)	CLOR (ug/L)	NT (ug/L)	PT (ug/L)	MO (%)
LFEC	SET/06	24,8	8,34	6,85	21,5	44,4	2891,5	129,2	24,83
	DEZ/06	29,1	4,37	6,12	21,2	9,3	1286,8	137,7	27,33
	MAR/07	29,4	2,48	6,57	60,4	9,3	905,0	42,3	24,57
	JUN/07	21,7	6,82	6,56	40,1	10,9	1775,2	158,8	22,43
LGUA	SET/06	24,4	6,50	6,31	38,6	3,9	1222,0	39,4	22,90
	DEZ/06	29,1	4,76	6,55	36,6	8,4	780,3	50,8	43,13
	MAR/07	29,3	0,20	6,22	48,2	3,8	1184,5	69,0	12,30
	JUN/07	21,3	7,51	6,89	43,1	7,2	521,6	43,3	18,87
RBAI	SET/06	24,1	7,05	6,60	29,0	1,7	972,5	31,1	5,33
	DEZ/06	29,2	6,70	7,13	27,5	9,7	626,3	55,8	3,33
	MAR/07	29,9	3,95	6,79	50,4	5,7	1183,4	16,8	4,00
	JUN/07	21,6	7,57	6,77	31,9	3,3	399,6	41,9	18,53
LVEN	SET/06	24,0	7,99	7,01	42,5	3,8	2585,1	154,3	11,23
	DEZ/06	29,0	5,72	7,15	42,5	2,7	1151,0	81,9	12,73
	MAR/07	29,9	2,91	6,67	50,5	2,2	600,4	20,6	11,17
	JUN/07	21,6	8,08	7,29	52,3	12,8	548,8	42,0	23,60
LPAT	SET/06	24,2	7,67	6,88	33,4	6,4	859,8	56,7	11,77
	DEZ/06	28,4	4,72	6,87	39,1	4,4	618,2	80,2	7,90
	MAR/07	29,9	5,56	6,83	53,0	3,8	520,2	20,3	9,93
	JUN/07	21,8	7,83	7,25	43,4	9,0	568,7	53,9	16,57
RIVI	SET/06	23,0	7,91	7,19	46,5	1,0	937,6	31,4	7,13
	DEZ/06	29,0	6,20	7,40	43,5	2,5	378,8	50,4	0,20
	MAR/07	29,7	2,67	6,44	47,0	1,7	551,7	12,8	7,40
	JUN/07	21,2	8,26	7,23	42,8	0,9	235,5	34,4	5,97
LGAR	SET/06	25,3	7,84	7,15	57,8	2,0	815,9	10,9	21,03
	DEZ/06	28,6	5,90	7,07	45,1	2,2	393,1	24,4	23,53
	MAR/07	29,3	6,58	7,06	49,9	1,2	472,2	16,0	20,23
	JUN/07	21,5	7,50	7,06	52,6	19,5	513,4	55,7	24,27

TEMP=temperatura da água, OD=oxigênio dissolvido, pH, COND=condutividade elétrica, CLOR=clorofila-a, NT=nitrogênio total, PT=fósforo total, MO=matéria orgânica.

Um total de 741 espécimes de *L. platymetopon* foi amostrado na planície alagável do alto rio Paraná: LFEC (96), LGUA (192), RBAI (182), LVEN (64), LPAT (41), RIVI (30) e LGAR (136) (**Tabela 2**). O comprimento padrão médio e a amplitude de tamanho dos espécimes são apresentados, separados por local, nesta mesma tabela. Informações sobre a abundância relativa numérica e o número espécimes amostrados por local, data de coleta e sexo, encontram-se registradas na **Tabela 3**.

**Tabela 2** Número de espécimes de *Loricariichthys platymetopon* (n), média±desvio-padrão ( $\bar{X} \pm DP$ ) e amplitude (amp) do comprimento padrão, dos mesmos, amostrados na planície alagável do alto rio Paraná, por local.

Local	n	$\bar{X} \pm DP$ (mm)	amp (mm)
LFEC	96	236±22,24	155-294
LGUA	192	229±24,91	140-307
RBAI	182	210±30,40	130-278
LVEN	64	225±30,84	128-298
LPAT	41	229±23,24	187-281
RIVI	30	209±35,17	130-266
LGAR	136	222±23,15	145-273
Total	741		

**Tabela 3** Abundância relativa numérica da espécie *Loricariichthys platymetopon* por local e data de coleta e número de espécimes, amostrados por sexo, na planície alagável do alto rio Paraná.

Local	Data	CPUE num	F	M	Total
LFEC	SET/06	103,26	22	13	35
	DEZ/06	51,63	14	2	16
	MAR/07	76,09	19	7	26
	JUN/07	114,13	10	9	19
LGUA	SET/06	225,54	34	35	69
	DEZ/06	304,35	52	35	87
	MAR/07	8,15	3	-	3
RBAI	JUN/07	141,30	13	20	33
	SET/06	328,80	44	55	99
	DEZ/06	263,59	29	22	51
	MAR/07	27,17	6	1	7
LVEN	JUN/07	190,22	14	11	25
	SET/06	40,76	3	6	9
	DEZ/06	29,89	4	4	8
	MAR/07	10,87	1	2	3
LPAT	JUN/07	179,35	23	21	44
	SET/06	32,61	5	3	8
	DEZ/06	59,78	14	3	17
	MAR/07	-	-	-	-
RIVI	JUN/07	54,35	4	12	16
	SET/06	29,89	8	2	10
	DEZ/06	67,93	12	5	17
	MAR/07	-	-	-	-
LGAR	JUN/07	19,02	2	1	3
	SET/06	228,26	54	17	71
	DEZ/06	138,59	26	3	29
	MAR/07	-	-	-	-
Total	JUN/07	323,37	15	21	36
			431	310	741

CPUEnum=abundância relativa numérica. SET/06=setembro de 2006, DEZ/06=dezembro de 2006, MAR/07=março de 2007 e JUN/07=junho de 2007. F=fêmeas, M=machos.

Quanto às análises calorimétricas, diferenças significativas não foram constatadas para médias calóricas, entre os sexos (**Figura 4**), nem entre os estádios de desenvolvimento gonadal, em nenhum dos locais amostrados (**Figuras 5**).

Entre as médias calóricas dos locais nos meses de dezembro de 2006 e junho de 2007 foi registrada diferença significativa (variação espacial), não ocorrendo o mesmo em setembro de 2006 e março de 2007 (**Figura 6**). A diferença entre as médias calóricas dos meses foi significativa (variação sazonal) na LFEC, LGUA, RBAI, LVEN e LPAT, sendo que em RIVI e na LGAR essa diferença não foi significativa. As maiores médias calóricas foram detectadas em dezembro 2006 ou março de 2007, dependendo do local considerado (**Figura 7**).

Apesar de verificada significativa variação espacial e sazonal na densidade calórica, nenhum padrão de variação espacial pode ser estabelecido, enquanto que, pelo menos dois padrões sazonais foram reconhecidos. (**Figuras 6 e 7**).

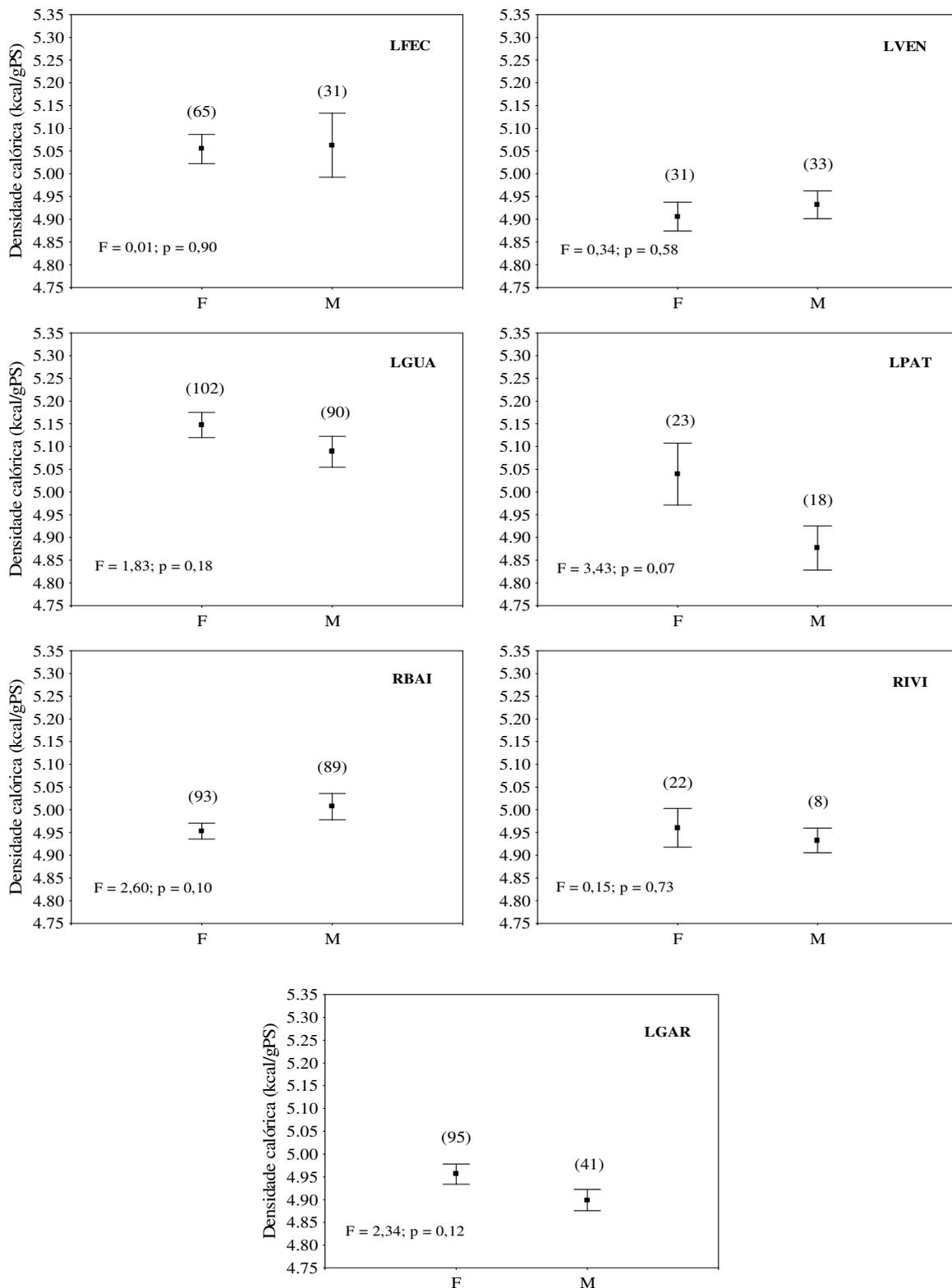
A partir do resultado das análises de correlação de Kendall (**Tabela 4**) foram verificadas correlações bem fracas ( $|0,00| \geq r \leq |0,19|$ ), fracas ( $|0,20| \geq r \leq |0,39|$ ) e moderadas ( $|0,40| \geq r \leq |0,69|$ ). A temperatura da água esteve correlacionada, de forma positiva, com a densidade calórica dos músculos de L. platymetopon. Entretanto, esta correlação não foi significativa na LVEN, RIVI e LGAR. Fato similar foi verificado para o oxigênio dissolvido, porém, a correlação quando ocorreu foi negativa.

O pH esteve correlacionado negativamente à densidade calórica, apenas na LPAT, nos demais locais as correlações não foram significativas. A condutividade elétrica correlacionou-se à densidade calórica, também negativamente, apenas na LGUA e LPAT. As variáveis clorofila-a, nitrogênio total, fósforo total, matéria orgânica e abundância relativa numérica estiveram correlacionadas à densidade calórica de forma positiva e negativa, dependendo do local considerado, e em alguns locais a correlação não foi significativa. O comprimento padrão, por sua vez, não apresentou correlação significativa com a densidade calórica, em nenhum dos locais amostrados (**Tabela 4**).

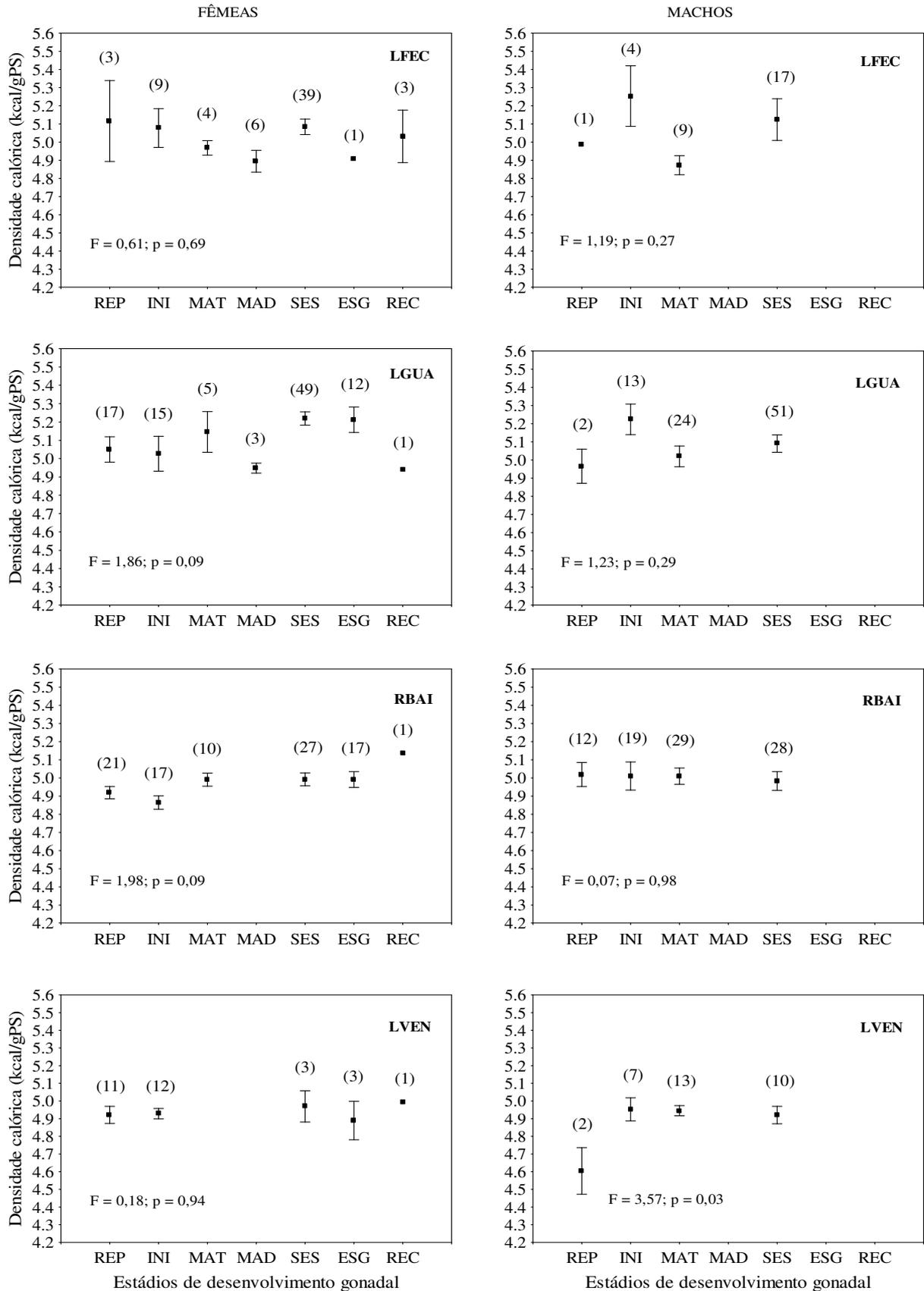
**Tabela 4** Valores do coeficiente de correlação de Kendall-tau ( $\tau$ ), por local amostrado na planície alagável do alto rio Paraná.

Variável	Local						
	LFEC	LGUA	RBAI	LVEN	LPAT	RIVI	LGAR
TEMP	0,45*	0,57*	0,19*	0,18	0,50*	-0,12	0,05
OD	-0,21*	-0,57*	-0,19*	-0,18	-0,50*	0,12	0,08
pH	-0,04	-0,05	0,04	-0,21	-0,50*	-0,23	0,11
COND	-0,06	-0,60*	-0,12	-0,13	-0,39*	0,32	0,08
CLOR	-0,25*	0,33*	0,04	-0,18	-0,50*	-0,12	-0,11
NT	-0,22*	0,06	0,11	0,14	0,39*	0,32	0,08
PT	-0,30*	0,30*	-0,02	-0,04	0,50*	-0,23	-0,11
MO	0,27*	0,60*	-0,18*	-0,21	-0,50*	0,23	-0,11
Ls	-0,09	-0,06	-0,04	0,07	-0,03	0,35	0,06
CPUEnum	-0,52*	0,61*	0,09	-0,06	0,22	-0,12	-0,05

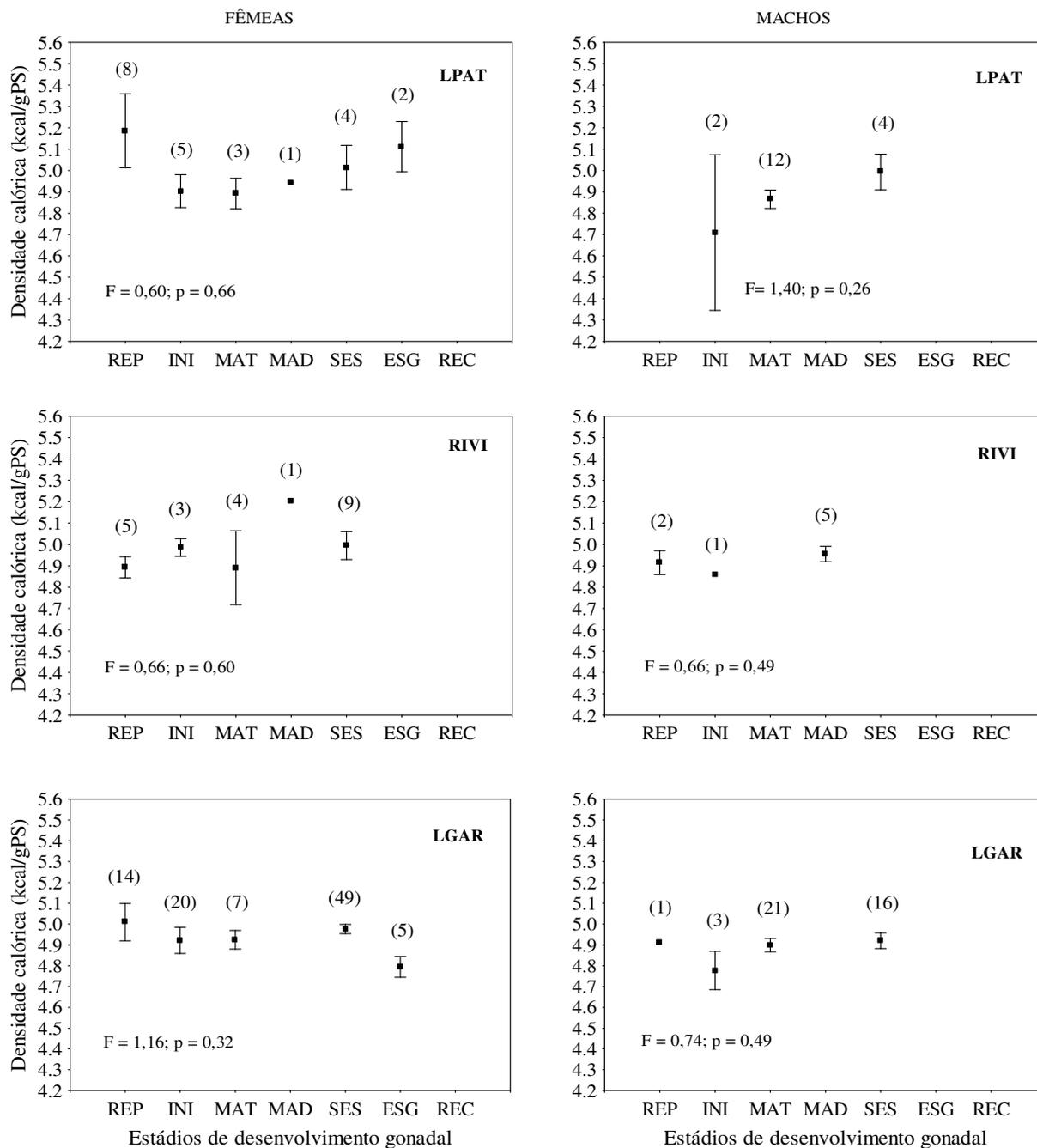
TEMP=temperatura da água, OD=oxigênio dissolvido, pH, COND=condutividade elétrica, CLOR=clorofila-a, NT=nitrogênio total, PT=fósforo total, MO=matéria orgânica, Ls=comprimento padrão e CPUE num=abundância relativa numérica. (\*) =  $p \leq 0,005$ .



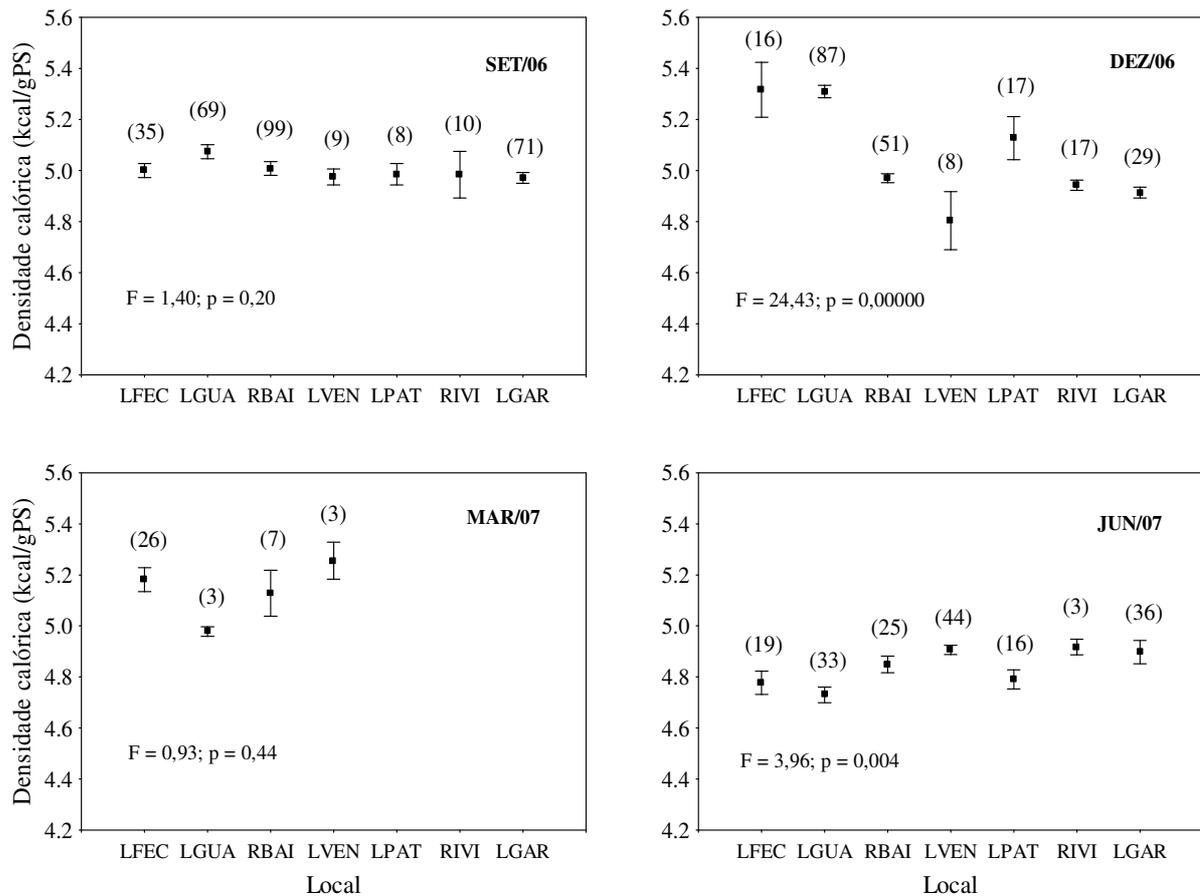
**Figura 4** - Média ( $\square$ )  $\pm$  erro padrão (I) da densidade calórica de fêmeas (F) e machos (M) de *Loricariichthys platymetopon* na planície alagável do alto rio Paraná, (número de espécimes amostrados entre parênteses).



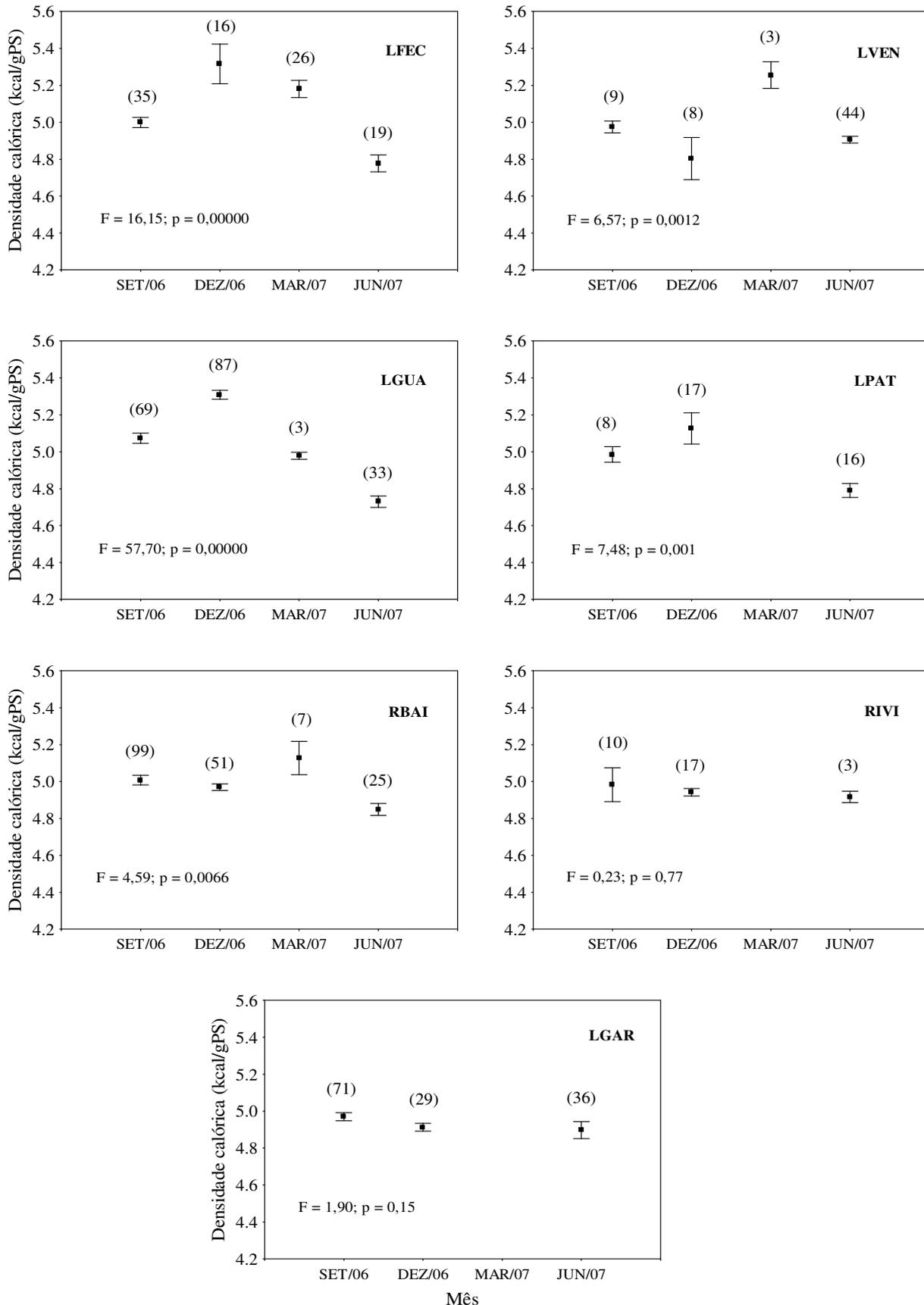
**Figura 5** - Média ( $\square$ )  $\pm$  erro padrão (I) densidade calórica de fêmeas e machos de *Loricariichthys platymetopon*, por estágio de desenvolvimento gonadal, na planície alagável do alto rio Paraná, (número de espécimes amostrados entre parênteses). (continua)



**Figura 5** - Média ( $\square$ )  $\pm$  erro padrão (I) densidade calórica de fêmeas e machos de *Loricariichthys platymetopon*, por estágio de desenvolvimento gonadal, na planície alagável do alto rio Paraná, (número de espécimes amostrados entre parênteses). (conclusão)



**Figura 6** - Média ( $\square$ )  $\pm$  erro padrão (I) da densidade calórica de *Loricariichthys platymetopon*, por local de coleta, na planície alagável do alto rio Paraná (número de espécimes amostrados entre parênteses).



**Figura 7:** Média ( $\square$ )  $\pm$  erro padrão (I) da densidade calórica de *Loricariichthys platymetopon*, por mês de coleta, na planície alagável do alto rio Paraná, (número de espécimes amostrados entre parênteses).

## DISCUSSÃO

As variações espaciais e sazonais na densidade calórica de L. platymetopon registradas neste estudo, foram independentes do tamanho do peixe. Pois, as correlações entre comprimento padrão e densidade calórica, não foram significativas. Entretanto, alguns autores (Paul, Paul & Brown, 1998; Tirelli *et al.*, 2006) registraram correlação positiva entre a densidade calórica corporal e o tamanho do peixe.

Provavelmente, se tivesse sido amostrado um maior número de indivíduos menores de L. platymetopon, a correlação acima mencionada, seria significativa. Pois, de acordo com a fase da vida na qual o peixe se encontra (fase juvenil ou adulta), a energia assimilada do alimento é dividida de forma distinta entre a produção somática, reprodução e manutenção do metabolismo. Na fase juvenil/imaturo, a maior parte dessa energia é destinada ao metabolismo e produção somática (crescimento linear e desenvolvimento de estruturas somáticas), acarretando menor densidade energética de seu corpo em comparação com um peixe adulto. Na fase adulta, mais energia é direcionada ao processo reprodutivo e metabólico (armazenamento de reservas e desenvolvimento das estruturas reprodutivas) com redução na alocação de energia para o crescimento somático (Calow, 1985; Vazzoler, 1996).

No presente estudo, a ausência de diferença significativa entre os sexos e os estádios de desenvolvimento gonadal, permitiu inferir que a variação espacial e sazonal registrada, na densidade calórica dos músculos estriados esqueléticos de L. platymetopon, também foi independente do sexo e do ciclo reprodutivo dessa espécie.

Quando a demanda de energia associada com a reprodução (crescimento e maturação gonadal, caracteres sexuais secundários e comportamento reprodutivo) excede a energia fornecida pelo alimento disponível, os peixes utilizam reservas presentes na carcaça e nas vísceras, que foram acumuladas quando houve alimento em abundância (Foltz & Norden, 1977; Eliassen & Vahl, 1982; Santana, Benedito-Cecilio & Domingues, 2005; Santos, Benedito-Cecilio & Domingues, 2006).

Como não houve diferença significativa na densidade calórica dos músculos de L. platymetopon entre os estádios de desenvolvimento gonadal, pode-se afirmar que a energia presente nos mesmos, sob a forma de reserva, não foi mobilizada para o processo reprodutivo, assim como foi observado para fêmeas Schizodon borellii e Pimelodus maculatus, na planície alagável do alto rio Paraná (Doria & Andrian, 1997). Para as três espécies tropicais, não se descarta a possibilidade de energia armazenada em outras partes do corpo (reservas de

gordura no fígado e vísceras e, de glicogênio no fígado) (Jonsson, Jonsson & Hansen, 1997) ter sido alocada para este processo.

A variação espacial na densidade energética, verificada neste estudo, foi registrada para espécies de região temperada. De acordo com Hondorp, Pothoven & Brandt (2005) a densidade de energia corporal dos peixes planctívoros, Alosa pseudoharengus e Myoxocephalus thompsonii, capturados em três locais (St. Joseph, Muskegon e Little Sable Point) no sudeste do Lago Michigan (EUA), variou espacialmente com a abundância de um invertebrado (Diporeia) constituinte de suas dietas. Em St. Joseph a menor densidade de energia destes peixes, foi atribuída a menor abundância numérica deste invertebrado, o que acarretou menor porcentagem do mesmo na dieta em comparação com os outros dois locais, e o consumo de outras presas de menor teor energético.

Para os juvenis de Theragra chalcogramma, do oeste do Golfo do Alaska (EUA), a densidade calórica corporal também variou espacialmente (Semidi, Shumagin e Kodiak), sendo as mais elevadas densidades registradas em Kodiak e atribuídas a maior proporção de eufasídeos na dieta de juvenis desse local, em comparação com a dos outros (Buchheister *et al.*, 2006).

Entre os lagos Huron (Canadá/EUA) e Michigan foi constatada diferença na densidade energética corporal de Coregonus clupeaformis. No lago Michigan, Mysis e Diporeia, itens alimentares com conteúdo energético mais elevado, em comparação com outros consumidos por este peixe, representavam de 28 a 40% de sua dieta, enquanto que no lago Huron estes dois itens representam menos de 7%. Neste segundo lago, a abundância relativa numérica de C. clupeaformis foi maior, o que possivelmente gerou uma maior competição intra-específica pelo alimento, resultando em densidade de energia corporal inferior no lago Huron (Pothoven *et al.*, 2006).

De acordo com os estudos sobre variação espacial, acima mencionados, disponibilidade de alimento, conteúdo energético da presa e competição intra-específica foram fatores, que isolados ou em conjunto, explicaram a variabilidade no conteúdo energético das espécies de peixes. Entretanto, no presente estudo, o conteúdo de energia do recurso alimentar (detrito) para L. platymetopon não foi determinado, e a disponibilidade desse recurso (% de matéria orgânica no sedimento) associado ou não a competição intra-específica (CPUEnum), não permitiu explicar a variação observada na densidade calórica de seus músculos.

Neste estudo, também foi registrada variação sazonal na densidade de energia de L. platymetopon, na maioria dos locais amostrados. Para espécies de peixes de clima temperado

e polar, variações sazonais no conteúdo energético corporal, ou de partes do mesmo, são comuns. Kelso (1973), por exemplo, observou que indivíduos da espécie Stizostedion vitreum, habitantes do lago West Blue (Canadá), apresentaram sazonalidade na densidade calórica de sua carcaça, sendo o maior valor registrado no outono e o menor na primavera. Atribui-se essa variação a mudanças temporais na dieta dessa espécie e na densidade energética de suas presas.

Esta sazonalidade também foi verificada por Foltz & Norden (1977), para Osmerus mordax no lago Michigan. De acordo com estes autores, esta espécie passou por um período de armazenamento de energia na carcaça e nas vísceras antes do inverno e desova. A mesma apresentou densidade calórica da carcaça mais elevada no verão e mais baixa na primavera, entretanto a densidade das vísceras foi maior no outono. O decréscimo na densidade energética da carcaça e das vísceras foi conseqüente da utilização de energia armazenada nas mesmas na maturação gonadal e em processos metabólicos durante o inverno, quando os níveis alimentares foram baixos.

Eliassen & Vahl (1982), por sua vez, analisando a densidade energética de indivíduos maduros de Gadus morhua em Balsfjorden (Noruega), detectaram que esta espécie acumulou energia no fígado e no músculo durante o outono e começo do inverno (janeiro). Entretanto, a partir de janeiro essa energia foi deplecionada, ao mesmo tempo em que havia o crescimento das gônadas. Para estes autores este crescimento explicou 1/3 do decréscimo de energia observado no fígado e músculo.

Encina & Granado-Lorencio (1997) registraram que a densidade de energia da carcaça de adultos de Leuciscus pirenaicus, na cabeceira do Rio Guadalete River (Espanha), foi superior na primavera, quando suprimento de alimento no ambiente era elevado, sendo principalmente neste período, que ocorreu o desenvolvimento gonadal. No fim desta estação e durante o verão esta densidade começou a declinar, para os autores esse declínio foi devido a duas razões: mobilização de energia somática para concluir o crescimento gonadal (fim primavera/início do verão) e, uso das reservas somáticas em outras necessidades metabólicas. Entretanto, durante o outono estas reservas foram recuperadas. Concluíram então que, a densidade de energia somática desta espécie, foi afetada tanto pela reprodução quanto por fatores ambientais.

Para a espécie Perca flavescens do lago Erie (Canadá/EUA), a densidade de energia da carcaça aumentou marcadamente durante o verão até o início do outono, então declinou ao mais baixo nível na primavera seguinte. Este declínio coincidiu com a acentuada diminuição

na temperatura da água neste lago, redução no consumo de alimento, aumento da alocação de energia para o desenvolvimento gonadal e desova (Hederson, Trivedi & Collins, 2000).

Pedersen & Hislop (2001) registraram variação sazonal na densidade energética da carcaça, de várias espécies de peixes do Mar Norte (Europa), sendo mais pronunciada para as espécies Trisopterus esmarki e Clupea harengus. De acordo eles esta variação, geralmente, está associada a mudanças sazonais no consumo de alimento e na dieta do peixe, assim como, ao ciclo reprodutivo.

No Mar Adriático (Europa), Tirelli *et al.* (2006) verificaram essa sazonalidade na densidade energética corporal de Engraulis encrasicolus, sendo a mais elevada densidade detectada no outono, pois, provavelmente os espécimes capturados neste período haviam comido mais durante o verão do que aqueles coletados após o inverno.

Nos estudos supramencionados, a variação temporal na disponibilidade e consumo de alimento, na dieta, no conteúdo energético das presas, na temperatura e, o processo reprodutivo das espécies de peixe em questão, explicam a variação sazonal no conteúdo energético dos mesmos. Porém, para a espécie L. platymetopon não foram verificadas fortes correlações entre a densidade calórica de seus músculos e as variáveis: temperatura, oxigênio dissolvido, pH, condutividade elétrica, clorofila-*a*, nitrogênio total, fósforo total, porcentagem de matéria orgânica no sedimento e abundância relativa numérica.

Entretanto, estas variáveis estiveram correlacionadas à densidade calórica dos músculos de L. platymetopon, em pelo menos um dos locais amostrados. Como estas correlações foram consideradas no máximo moderadas e, como para as variáveis clorofila-*a*, nitrogênio total, fósforo total, porcentagem de matéria orgânica no sedimento e abundância relativa numérica, o tipo de correlação com a densidade calórica foi ora positiva, ora negativa, supõe-se que a densidade energética dos músculos de L. platymetopon e, sua variabilidade espacial e sazonal resulte de influência multifatorial.

Pode-se reconhecer diferentes perfis de variação sazonal, desenvolvidas pelas espécies de peixe das regiões temperada e polar, pois, nem sempre a maior densidade de energia é verificada no outono. Entretanto, para L. platymetopon mesmo havendo estes diferentes perfis, a maior densidade calórica foi registrada no verão (dezembro de 2006 e março de 2007) e a interação dos fatores bióticos e abióticos impede a identificação da fonte de variação

Cabe ressaltar que a variação sazonal na densidade energética corporal de, provavelmente não seja independente de seu ciclo reprodutivo, como retratado para algumas espécies durante a discussão, pois, como mencionado, reservas de energia não são

concentradas apenas nos músculos. Pela mesma razão, não pode-se afirmar que houve ausência de variação sazonal, no conteúdo de energia do corpo inteiro, dos indivíduos dessa espécie, em RIVI e na LGAR.

Em síntese, o conteúdo de energia, de L. platymetopon na planície alagável do alto rio Paraná variou espacial e sazonalmente. Entretanto, os fatores bióticos (tamanho, sexo e maturação gonadal) não afetaram a densidade calórica, enquanto que os ambientais correlacionaram-se com a densidade calórica de diferentemente em cada um dos ambientes investigados. Destaca-se que a competição intraespecífica, investigada pela abundância (CPUE) de indivíduos não apresentou correlação negativa em

### AGRADECIMENTOS

Agradecemos a CNPq/CAPES/UEM pelo suporte financeiro e logístico. As equipes de campo e laboratório do projeto PELD (UEM-NUPELIA) pela ajuda nas coletas dos materiais biológicos. Ao Programa de Pós-graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais (PEA-UEM). A CAPES pela concessão da bolsa de mestrado. A Jaime Luiz Lopes Pereira pela confecção do mapa. A Maria Salete Ribellato Arita, João Fabio Hildebrandt e Márcia Regina Paiva pelo auxílio na revisão bibliográfica. Ao Dr. Sidinei Magela Thomaz, a bióloga Maria do Carmo Roberto, Dra. Alice Michiyo Takeda e Dr. Angelo Antonio Agostinho por disponibilizarem dados abióticos e bióticos.

## REFERÊNCIAS

- BRYAN, S. D. *et al.*, 1996, Caloric densities of three predatory fishes and their prey in Lake Oahe, South Dakota. *J. Freshw. Ecol.*, 11: 153-161.
- BOWEN, S. H., 1983, Detritivory in neotropical fish communities. *Environ. Biol. Fishes*, 9: 137-144.
- BUCHHEISTER, A. *et al.*, 2006, Seasonal and geographic variation in condition of juvenile walleye pollock in the Western Gulf of Alaska. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 135: 897-907.
- CALOW, P., 1985, Adaptive aspects of energy allocation, pp. 1-31. *In*: P. Tytler & P. Calow (eds.), *Fish energetics: news perspectives*, 349 p., Croom Helm, Sydney.
- CUI, Y. & WOOTTON, R. J., 1988, Effects of ration, temperature and body size on the body composition, energy content and condition of the minnow *Phoxinus phoxinus* (L.). *J. Fish Biol.*, 32: 749-764.
- CUNICO, A. M. *et al.*, 2002, Influência do nível hidrológico sobre a assembléia de peixes em lagoa sazonalmente isolada da planície de inundação do alto rio Paraná. *Acta Sci.*, 24: 383-389.
- DORIA, C. R. & ANDRIAN, I. F., 1997, Variation in energy content somatic and reproductive, tissues related to the reproductive cycle and feeding female *Pimelodus maculatus* Lacépède, 1803 (Siluriformes, Pimelodidae) and *Schizodon borelli* Boulenger, 1895 (Characiformes, Anostomidae). *Rev. UNIMAR*, 9: 421-437.
- DOURADO, E. C. dos S. & BENEDITO-CECILIO, E., 2005, *Ecologia energética de peixes: influência de fatores abióticos e bióticos*, 53 p.: il; graf.; tabs., EDUEM, Maringá.
- DOURADO, E. C. dos S., BENEDITO-CECILIO, E. & LATINI, J. D., 2005, O grau de trofia do ambiente influencia a quantidade de energia dos peixes?, pp. 211-222. *In*: L. Rodrigues, S. M. Thomaz, A. A. Agostinho, L. C. Gomes (orgs.), *Biocenoses em reservatórios: padrões espaciais e temporais*, 321 p., RIMA, São Carlos.
- ELIASSEN, J. E. & VAHL, O., 1982, Seasonal variations in biochemical composition and energy content of liver, gonad and muscle of mature and immature cod, *Gadus morhua* (L) from Balsfjorden, northern Norway. *J. Fish Biol.*, 20:707-716.
- ENCINA, L. & GRANADO-LORENCIO, C., 1997. Seasonal variations in the physiological status and energy content of somatic and reproductive tissues of chub. *J. Fish Biol.*, 50: 511-522.
- FOLTZ, J. W. & NORDEN, C. R., 1977, Seasonal changes in food consumption and energy content of smelt (*Osmerus mordax*) in Lake Michigan. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 106: 230-234.

FUGI, R., AGOSTINHO, A. A. & HAHN, N. S., 2001, Trophic morphology of five benthic-feeding fish species of a tropical floodplain. Rev. Bras. Biol., 61: 27-33.

GASPAR da LUZ, K. D. et al., 2004, Fish assemblages in the Upper Paraná River floodplain, pp. 107-115. In: A. A. Agostinho, L. Rodrigues, L. C. Gomes, S. M. Thomaz & L. E. Miranda (eds.), Structure and functioning of the Paraná River and its floodplain: LTER – site 6, 275 p., EDUEM: NUPELIA, Maringá.

GOTELLI, N. J. & ENTSMINGER, G. L., 2007, EcoSim: Null models software for ecology. Version 7. Acquired Intelligence Inc. & Kesy-Bear. Jericho, VT 05465. Disponível em <<http://garyentsminger.com/ecosim.htm>>. Acesso em 25 fev. 2008.

HENDERSON, B. A., TRIVEDI, T. & COLLINS, N., 2000, Annual cycle of energy allocation to growth and reproduction of yellow perch. J. Fish Biol., 57: 122-133.

HONDORP, D. W., POTHOVEN, S. A. & BRANDT, S. B., 2005, Influence of Diporeia density on diet composition, relative abundance, and energy density of planktivorous fishes in southeast Lake Michigan. Trans. Am. Fish. Soc., 134: 588-601.

ISBRÜCKER, I. J. H. & NIJSSEN, H., 1979, Three new south american mailed catfishes of the genera Rineloricaria and Loricariichthys (Pisces, Siluriformes, Loricariidae). Bijdr. Dierkd., 48: 151-211.

JONSSON, N., JONSSON, B. & HANSEN, L. P., 1997, Changes in proximate composition and estimates of energetic costs during upstream migration and spawning in Atlantic salmon Salmo salar. J. Anim. Ecol., 66: 425-436.

KELSO, J. R. M., 1973, Seasonal energy changes in walleye and their diet in West Blue Lake, Manitoba. Trans. Amer. Fish. Soc., 102: 363-368.

LOWE-McCONNELL, R. H., 1987, Ecological studies in tropical fish communities, 382 p., Cambridge University Press, Cambridge.

PAUL, A. J., PAUL, J. M. & BROWN, E. D., 1998, Fall and spring somatic energy content for Alaskan Pacific herring (Clupea pallasii Valenciennes 1847) relative to age, size and sex. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 223: 133-142.

PEDERSEN, J. & HISLOP, J. R. G., 2001, Seasonal variation in the energy density of fishes in the North Sea. J. Fish Biol., 59: 380-389.

POTHOVEN, S. A. et al., 2006, Energy density of lake whitefish Coregonus clupeaformis in Lakes Huron and Michigan. Environ. Biol. Fishes, 76: 151-158.

REIS, R. E. & PEREIRA, E. H. L., 2000, Three new species of the Loricariid catfish genus Loricariichthys (Teleostei: Siluriformes) from the Southern South America. Copeia, (4): 1029-1047.

ROGERS, S. I., 1988, The seasonal partitioning of energy in an estuarine fish, the common goby, Pomatoschistus microps Krøyer. J. Fish Biol., 33: 45-50.

SANTANA, A. R. A., BENEDITO-CECILIO, E. & DOMINGUES, W. M., 2005, Conteúdo energético de peixes do reservatório do rio Manso: variações espaciais e por grupo trófico. Acta Sci. Biol. Sci., 27: 391-395.

SANTOS, M. H. dos, BENEDITO-CECILIO, E. & DOMINGUES, W. M., 2006, Efeito da maturação gonadal sobre a energia dos músculos de duas espécies de piranhas do reservatório do rio Manso, MT. Acta Sci. Biol. Sci., 28: 227-236.

THOMAZ, S. M., ROBERTO, M. do C. & BINI, L. M., 1997, Caracterização limnológica dos ambientes aquáticos e influência dos níveis fluviométricos, pp. 73-102. In: A. E. A. M. Vazzoler, A. A. Agostinho & N. S. Hahn (eds.), A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos, 460 p.: il, EDUEM: NUPELIA, Maringá.

THOMAZ, S. M. et al., 2004, Limnological characterization of the aquatic environments and the influence of hydrometric levels, pp. 75-102. In: S. M. Thomaz, A. A. Agostinho & N. S. Hahn (eds.), The Upper Paraná River and its floodplain: physical aspects, ecology and conservation, 393 p., Backhuys Publishers, Leiden.

VAZZOLER, A. E. A. de M., 1996, Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática, 169 p.: il., EDUEM: NUPELIA, Maringá, SBI, São Paulo.

VISMARA, M. R., BENEDITO-CECILIO, E. & FARIA, A. C. E. A. 2004. Efeito da maturação gonadal sobre o conteúdo calórico e condição geral de peixes da planície de inundação do alto rio Paraná. Acta Sci., 26: 189-199.

Disponível em <[http://www.peld.uem.br/peld-nivel\\_fluviometrico.htm](http://www.peld.uem.br/peld-nivel_fluviometrico.htm)>. Acesso em 28 abr. 2008.