

BIOCENOSSES EM RESERVATÓRIOS

PADRÕES ESPACIAIS E TEMPORAIS

Liliana Rodrigues
Sidinei Magela Thomaz
Angelo Antonio Agostinho
Luiz Carlos Gomes
(organizadores)

RiMa

2005

Copyright© 2005 dos autores

Direitos reservados desta edição:

RiMa Editora

Proibida a reprodução total ou parcial

Revisão, diagramação e fotolitos:

RiMa Artes e Textos

Relação dos Referees

Dr. Alex Prast (UFRJ)

Dra. Ana Luiza Burliga Miranda (Univali)

Dr. Antonio Carlos Beaumord (Univali)

Dr. Cristiano dos Santos Neto (UFSCar)

Dra. Gecely Rodrigues Alves Rocha (UESC)

Dr. Irineu Bianchini Junior (UFSCar)

Dr. Jansen Zuanon (INPA)

Dr. José Gonçalves Junior (UFMG)

Dr. José Luis Luque (UFRRJ)

Dr. Marcos Callisto (UFMG)

Dr. Marcos Nogueira (UNESP)

Dra. Maria do Carmo Calijuri (USP)

Dra. Maria José Tavares Ranzani de Paiva
(Instituto de Pesca)

Dr. Miguel Petrere Jr. (UNESP)

Dr. Ricardo Pinto Coelho (UFMG)

Dr. Ronaldo Angelini (UFG)

Dr. Rosseval Galdino Leite (INPA)

Dra. Sirlei Terezinha Bennemann (UEL)

Dra. Valéria de Oliveira Fernandes (UFES)

Dr. Willian Severi (UFPE)

B615b

Biocenoses em reservatórios: padrões espaciais e temporais/organizado por Liliana Rodrigues, Sidinei Magela Thomaz, Angelo Antonio Agostinho e Luiz Carlos Gomes – São Carlos: RiMa, 2005.

333 p.

ISBN – 85-7656-067-6

1. Ecologia. 2. Limnologia. I. Título.

CDD: 574.9

RiMa

Editora

www.rimaeditora.com.br

DIRLENE RIBEIRO MARTINS

PAULO DE TARSO MARTINS

Rua Oscar de Souza Geribelo, 232 – Santa Paula

13564-031 – São Carlos, SP

Fone: (0xx16) 3372-5269

Fax: (0xx16) 3372-3264

Capítulo 24

Predição e Mecanismos Reguladores da Biomassa de Peixes em Reservatórios

Pitágoras Augusto Piana
Karla Danielle Gaspar da Luz
Fernando Mayer Pelicice
Rodrigo Silva Costa
Luiz Carlos Gomes
Angelo Antonio Agostinho

Introdução

Diferentes mecanismos podem regular a biomassa e as interações tróficas de comunidades aquáticas (Carpenter et al., 1985; Gerking, 1994c) atuando na base (produtores), no meio (consumidores) ou no topo da cadeia trófica (predadores). Dessa forma, diversas hipóteses têm sido formuladas para explicar a biomassa de peixes e o rendimento pesqueiro em lagos e reservatórios, incluindo características físicas, químicas, de produtividade primária e das assembléias (Hanson & Leggett, 1982; Downing & Plante, 1993; Gomes & Miranda, 2001). Alguns estudos destacam a produtividade primária fitoplanctônica como o principal fator limitante à produção de peixes em lagos e reservatórios (Melack, 1976; Gomes et al., 2002). No entanto, considerando a bacia do rio Paraná, caracterizada por baixo número de espécies primariamente planctívoras e muitas detritívoras e piscívoras (Agostinho et al., 1995; Gomes & Miranda, 2001), é provável que diferentes mecanismos reguladores possam atuar em conjunto, resultando em um sistema de interações mais complexo. Na tentativa de caracterizar melhor os fatores determinantes da biomassa de peixes em reservatórios, este trabalho procurou elaborar um modelo preditivo a partir de variáveis abióticas, dados de produtividade primária e zooplâncton, investigando, inclusive, a provável mecanística reguladora da biomassa de peixes em 29 reservatórios do Estado do Paraná e bacias limítrofes.

Banco de Dados e Protocolo de Análise

As coletas foram realizadas em 29 reservatórios do Estado do Paraná e bacias limítrofes, durante 2001. Os reservatórios estudados pertencem a 6 diferentes bacias

(Iguaçu, Tibagi, Paranapanema, Ivaí, Piquiri e Leste). Redes de espera de diferentes malhagens foram utilizadas (variando de 2,4 a 14 cm entre nós adjacentes), sendo expostas por um período de 24 horas na região lacustre dos reservatórios (*sensu* Thornton et al., 1990c). A contribuição em peso (aqui chamada biomassa) das espécies de peixes capturadas foi expressa em captura média por unidade de esforço (CPUE, kg/1000 m² de rede por 24 horas). Para os reservatórios foram obtidos dados referentes ao pH, à condutividade elétrica (μS/cm), à alcalinidade (μEq./L), à turbidez (NTU), à transparência (profundidade do disco de Secchi), ao fósforo total (μg/L), ao ortofosfato (μg/L), ao nitrogênio total (μg/L), ao n-nitrito (μg/L), ao n-amoniaco (μg/L), à clorofila-*a* (μg/L), ao material em suspensão total (μg/L) e ao zooplâncton (ind./1000 L, considerando somente cladóceros e copépodos com maior abundância de jovens). Essas variáveis foram utilizadas para obter um modelo de regressão múltipla, como variáveis explanatórias, tendo por variável resposta a biomassa de peixes. Para esta análise utilizou-se o protocolo de regressão múltipla do software *Statistica*® (Statsoft, 2003), definindo *a priori* o método *Backward stepwise* para seleção das variáveis (F de entrada = 11; F de saída = 10). Transformações \log_{10} foram realizadas para linearizar as relações e os pressupostos da análise de regressão (linearidade, normalidade e homocedasticidade) foram checados por meio da análise de resíduos do modelo final. Além disso, foi avaliada a possível multicolinearidade entre as variáveis explanatórias do modelo final por meio do fator de inflação da variância (VIF). Valores de VIF maiores que 10 indicam casos graves de multicolinearidade, sendo as estimativas dos parâmetros incorretas (Myers, 1990).

O Modelo

De acordo com o método de seleção adotado, as variáveis clorofila-*a* e zooplâncton foram significativas para o modelo de predição da biomassa de peixes, assim como o intercepto. A primeira apresentou influência positiva (coeficiente de correlação parcial = 0,76) e a segunda, negativa (coeficiente de correlação parcial = -0,67) (Tabela 1). As demais variáveis não foram significativas para o modelo e, portanto, não são apresentadas. O modelo com essas variáveis, apresentado a seguir, explicou 59% da variabilidade total da biomassa de peixes:

$$\text{Log}_{10}(\text{BT}) = 2,007 + 0,600 * \text{Log}_{10}(\text{Clor-}a) - 0,288 * \text{Log}_{10}(\text{Zoo})$$

em que:

BT = biomassa de peixes

Clor-*a* = clorofila-*a*

Zoo = Zooplâncton

Tabela 1 – Resultado da análise de regressão múltipla entre a biomassa de peixes (variável resposta) e os valores de clorofila-*a* e zooplâncton (variáveis explanatórias); t corresponde ao

teste t de significância dos parâmetros e p, à probabilidade de encontrar um t maior que o obtido.

	Parâmetros (β)	Correlação parcial	t (26)	P-valor
Intercepto	2,007		8,740	< 0,001
Clorofila-a	0,600	0,763	6,030	< 0,001
Zooplâncton	-0,288	-0,673	-4,635	< 0,001

O pressuposto de linearidade foi alcançado ($F_{2,26} = 19,10$; $p < 0,05$) e a análise do resíduo-padrão (Figura 1) evidenciou distribuição normal (Shapiro-Wilk, $p > 0,05$) e ausência de possíveis tendências, indicando que os resíduos são homocedáticos.

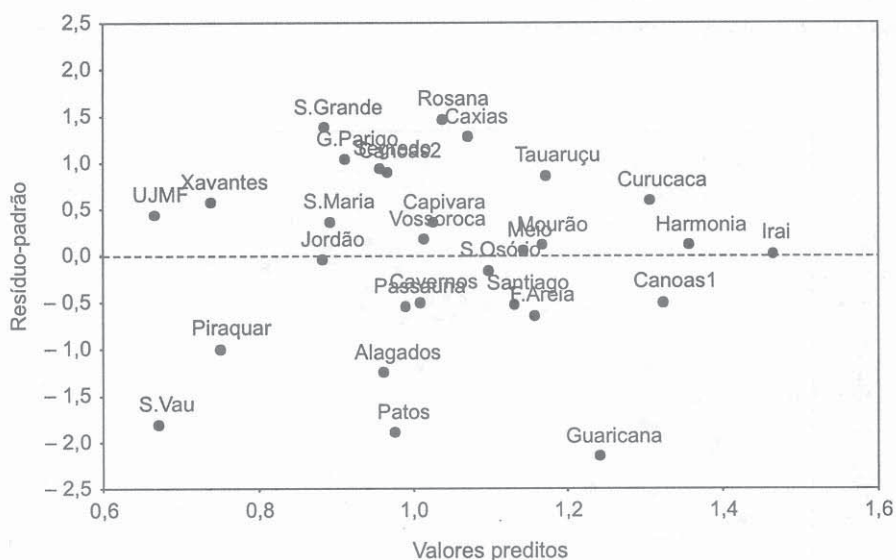


Figura 1 – Gráfico de dispersão representando os valores preditos e o resíduo-padrão do modelo de regressão múltipla entre a biomassa de peixes (variável resposta) e os valores de clorofila-a e zooplâncton (variáveis explanatórias). Os nomes representam os reservatórios estudados.

Mecanismos Reguladores

A relação positiva com a clorofila-a pode estar associada ao fato de que, em ambientes tropicais e subtropicais, a biomassa de peixes e o rendimento pesqueiro são mantidos principalmente pela cadeia de detritos, em especial por aquelas provenientes da decomposição das comunidades fitoplanctônicas e perifíticas (Araújo-Lima et al., 1986; Benedito-Cecílio et al., 2000; Gomes et al., 2002). Os

detritos podem ser transformados em biomassa de peixes via consumo direto (peixes detritívoros) ou pelo consumo de invertebrados detritívoros (Gerking, 1994). Os resultados da alimentação natural das espécies nos reservatórios estudados (ver Capítulo 15) e dos obtidos por outros autores que estudaram a bacia do rio Paraná (Agostinho et al., 1995; Gomes & Miranda, 2001) evidenciam a ausência de espécies de peixes primariamente planctívoras, sendo o recurso gerado pelo plâncton aproveitado indiretamente pela ictiofauna.

No entanto, o zooplâncton influenciou negativamente a biomassa total de peixes (inclinação negativa = $-0,288$). Esse resultado pode ser decorrente de dois fatores. Primeiro, pode estar ocorrendo multicolinearidade entre as variáveis independentes, que se apresentaram altamente correlacionadas ($R^2 = 0,77$), sendo essa relação apresentada na Figura 2. Um dos efeitos da colinearidade nos resultados de regressão múltipla é a inversão de sinais nas inclinações (Zar, 1999c), uma vez que se esperava uma relação positiva entre o zooplâncton e a biomassa de peixes.

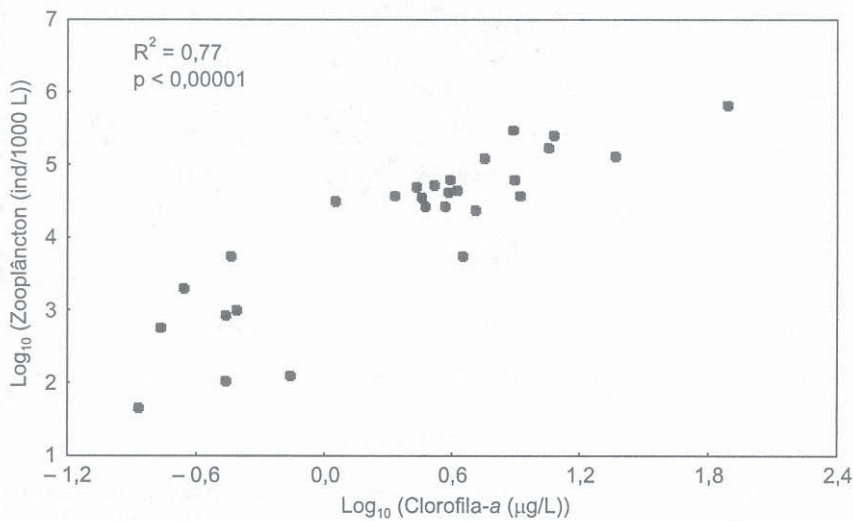


Figura 2 – Relação entre os valores de clorofila-a e zooplâncton em 29 reservatórios do Estado do Paraná e bacias limítrofes.

Com uma análise mais detalhada do efeito da colinearidade na estimativa dos parâmetros, por meio do VIF, percebe-se que ele não é grave ($\text{VIF} = 4,33$; Myers, 1990). Assim, a relação negativa do zooplâncton com a biomassa de peixes não parece ser espúria e, portanto, deve ser interpretada. De fato, a correlação simples entre o zooplâncton e a biomassa de peixes não foi significativa ($R^2 = 0,028$; $p > 0,05$), o que indica efeito indireto por meio da clorofila-a.

Assim, parece que o zooplâncton realmente contribui negativamente para o modelo. Dessa forma, esse efeito pode ser resultado indireto de pastagem do compartimento zooplâncton sobre o fitoplâncton (ver Capítulos 15 e 25 para mais detalhes). Em decorrência disso, cresce a perda de carbono e/ou energia com o incremento de um nível trófico, diminuindo a contribuição para os detritos a partir do fitoplâncton e, conseqüentemente, a biomassa de peixes. Como mencionado, os detritos de origem fitoplancônica são a principal fonte de carbono para a biomassa de peixes nos sistemas estudados (Figura 3).

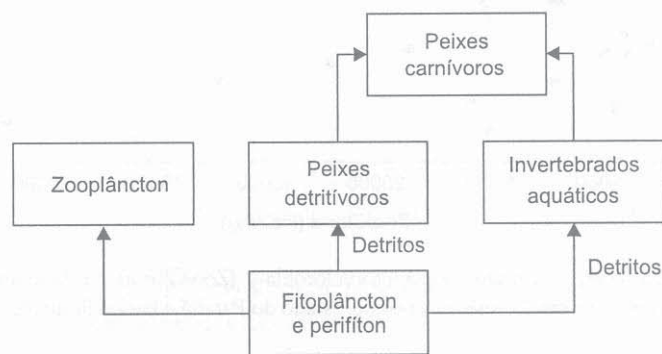


Figura 3 – Modelo conceitual evidenciando a possível mecanística pela qual o zooplâncton afeta negativamente a biomassa de peixes.

De acordo com a hipótese gerada neste trabalho, espera-se que haja uma relação inversamente proporcional entre a razão zooplâncton/clorofila-*a* e a biomassa de peixes, o que realmente foi verificado (Figura 4). Além disso, foi observada ampla variabilidade nos valores de biomassa de peixes para as razões Zoo/Clor-*a* inferiores a 15000 ind./mg. Acima desse limite, a biomassa de peixes diminui abruptamente, podendo ser um indicativo da influência indireta do zooplâncton.

O mecanismo descrito explica somente cerca de 60% da variabilidade ocorrida na produção de peixes nesses reservatórios. As demais fontes de variação, provavelmente, podem ser entendidas com a inserção de outras variáveis que não foram exploradas neste estudo. Assim, levando em consideração que a biomassa de peixes se sustenta pela cadeia detritívora, fatores como o aporte alóctone de nutrientes (Quirós, 1990) e as características morfométricas, incluindo canais secundários ligados ao reservatório e à conformação dendrítica (Quirós & Baigún, 1985), estão potencialmente ligados à produção de espécies de peixes iliófago-detritívoras.

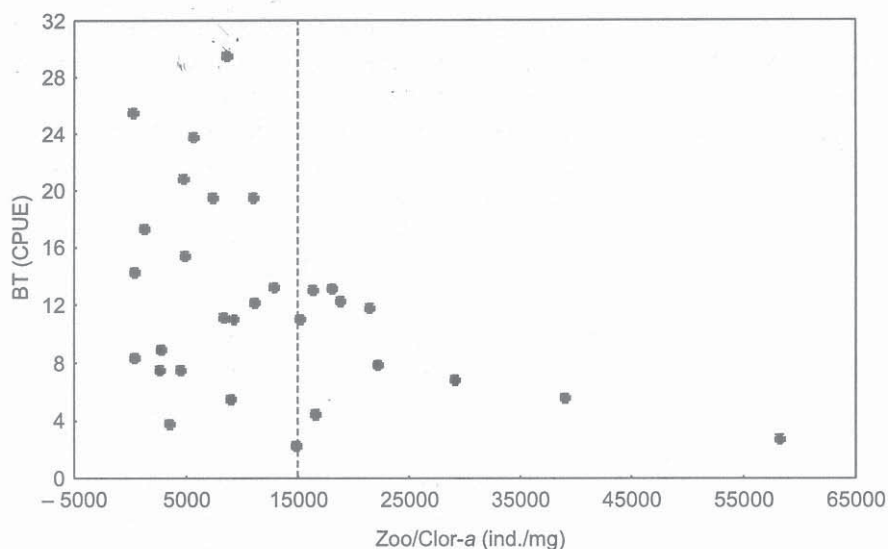


Figura 4 – Relação entre a razão zooplâncton/clorofila-*a* (Zoo/Clor-*a*) e a biomassa (CPUE) de peixes (BT) em 29 reservatórios do Estado do Paraná e bacias limítrofes.

Considerações Finais

Miranda & Gu (1998) evidenciaram um complexo mecanismo influenciando as relações tróficas em um reservatório de ambiente temperado, onde a regulação da comunidade ocorreu pelo meio da cadeia trófica. Considerando isso, as relações observadas neste trabalho parecem ser reguladas por um mecanismo semelhante, ou seja, a biomassa total de peixes é mantida principalmente por detritos gerados pela produtividade primária fitoplanctônica, que é influenciada pela predação zooplanctônica, podendo refletir-se negativamente na biomassa de peixes. Porém, cabe ressaltar que o zooplâncton é um item importante na dieta de larvas e juvenis de peixes, além de ser potencialmente consumido por espécies de pequeno porte (ver Capítulo 15), podendo, inclusive, ser aproveitado indiretamente na forma de detritos.

Assim, pode-se concluir que a produtividade primária do fitoplâncton (indexada pela clorofila-*a*) e o zooplâncton foram os melhores preditores da biomassa de peixes. A mecanística mais razoável parece ser a de que o zooplâncton estaria influenciando negativamente a biomassa de peixes, de maneira indireta, por meio do fitoplâncton. Assim, aparentemente, a biomassa de peixes para as regiões lacustres desses reservatórios é determinada, de maneira discreta, por processo *bottom-up* (correlação significativa com a clorofila-*a*). Porém, os processos

middle-out (Stein et al., 1995; controle a partir do zooplâncton, identificado neste trabalho) e *top down* (ver Capítulo 23) parecem ser os mais efetivos.

Referências Bibliográficas

- AGOSTINHO, A. A.; VAZZOLER, A. E. A. de M.; THOMAZ, S. M. The high river Paraná basin: limnological and ichthyological aspects. In: TUNDISI, J. G.; BICUDO, C. E. M.; MATSUMURA-TUNDISI, T. (Eds.). *Limnology in Brazil*. Rio de Janeiro: ABC/SBL, 1995. p. 59-104.
- ARAÚJO-LIMA, C. A. R. M. et al. Energy sources for detritivorous fishes in the Amazon. *Science*, Washington, D.C., v. 234, p. 1256-1258, Dec. 1986.
- BENEDITO-CECÍLIO, E. et al. Carbon sources of Amazonian fisheries. *Fisheries Management and Ecology*, Osney Mead, v. 7, n. 4, p. 305-315, June 2000.
- CARPENTER, S. R.; KITCHELL, J. F.; HODGSON, J. R. Cascading trophic interactions and lake ecosystem productivity. *Bioscience*, Washington, D.C., v. 35, n. 10, p. 634-639, Nov. 1985.
- DOWNING, J. A.; PLANTE, C. Production of fish populations in lakes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, Ottawa, v. 50, n. 1, p. 110-120, Jan. 1993.
- GERKING, S. D. *Feeding ecology of fish*. San Diego: Academic Press, 1994c. 416 p.
- GOMES, L. C.; MIRANDA, L. E. Riverine characteristics dictate composition of fish assemblages and limit fisheries in reservoirs of the Upper Paraná river basin. *Regulated Rivers: Research & Management*, Chichester, v. 17, n. 1, p. 67-76, Jan.-Feb. 2001.
- GOMES, L. C.; MIRANDA, L. E.; AGOSTINHO, A. A. Fishery yield relative to chlorophyll *a* in reservoirs of the Upper Paraná river, Brazil. *Fisheries Research*, Amsterdam, v. 55, n. 1-3, p. 335-340, Mar. 2002.
- HANSON, J. M.; LEGGETT, W. C. Empirical prediction of fish biomass and yield. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, Ottawa, v. 39, n. 2, p. 257-263, Feb. 1982.
- MELACK, J. M. Primary productivity and fish yields in tropical lakes. *Transactions of the American Fisheries Society*, Lawrence, v. 105, n. 5, p. 575-580, Sept. 1976.
- MIRANDA, L. E.; GU, H. Dietary shifts of a dominant reservoir planktivore during early life stages. *Hydrobiologia*, Dordrecht, v. 377, p. 73-83, 1998.
- MYERS, R. H. *Classical and modern regression with applications*. 2nd ed. Belmont: Duxbury Press, 1990.
- QUIRÓS, R. Predictors of relative fish biomass in lakes and reservoirs of Argentina. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, Ottawa, v. 47, n. 5, p. 928-939, May 1990.

QUIRÓS, R.; BAIGÚN, C. Fish abundance related to organic matter in the Plata river basin, South America. *Transactions of the American Fisheries Society*, Lawrence, v. 114, n. 3, p. 377-387, May 1985.

STATSOFT. INC. *Statistica (data analysis software system)*. Version 6. Tulsa, USA, 2003.

STEIN, R. A.; DeVRIES, D. R.; DETTMERS, J. M. Food-web regulation by a planktivore: exploring the generality of the trophic cascade hypothesis. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, Ottawa, v. 52, n. 11, p. 2518-2526, Nov. 1995.

THORNTON, K. W.; KIMMEL, B. L.; PAYNE, F. E. (Eds.). *Reservoir limnology: ecological perspectives*. New York: J. Wiley & Sons, 1990c. 246 p.

ZAR, J. H. *Biostatistical analysis*. 4th ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, 1999c. 663 p. + appendix.