

Avaliação de sistemas aquáticos em condições controladas

Ricardo Pereira Ribeiro, Carmino Hayashi* e Elias Nunes Martins

Departamento de Zootecnia, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil.
*Autor para correspondência. e-mail: rpribeiro@uem.br

RESUMO. O presente trabalho teve o objetivo de avaliar sistemas aquáticos em condições controladas. Foram testadas três diferentes dietas para pós-larvas de *Leporinus macrocephalus*, (Garavello & Britski) (Characiformes, Anostomidae) por meio do procedimento do coeficiente de trilha, que consiste em uma expansão da regressão múltipla quando são envolvidas inter-relações complexas. As variáveis dependentes selecionadas foram o grau de repleção estomacal, biomassa de organismos fitoplanctônicos e biomassa de organismos invertebrados mais ovo de odonata. Os resultados obtidos permitiram concluir que a metodologia utilizada apresentou-se eficiente na avaliação dos complexos sistemas apresentados. A seleção das variáveis, bem como a adequada e precisa coleta dos dados, apresentam significativa importância na qualidade dos resultados.

Palavras-chave: *Leporinus macrocephalus*, análise de trilha, sistemas aquáticos.

ABSTRACT. Aquatic systems evaluation under controlled conditions. The present experiment was conducted to evaluate three different diets for *Leporinus macrocephalus* post-larvae (Garavello & Britski) (Characiformes, Anostomidae) in controlled aquatic systems. Data were subjected to path coefficient analysis, consisting of multiple regression expansion, when complex interrelations are involved. The selected dependent variables were gut repletion degree (GR), phytoplanktonic organisms biomass (FITV) and spineless organisms biomass, plus odonata egg (ZOOV). The results allow the conclusion that the methodology was efficient to evaluate the diets inside the complex aquatic system, and the variables' selection, as well as the proper data collection, show relevance in the results quality.

Key words: *Leporinus macrocephalus*, path analysis, aquatic systems.

Introdução

Após a construção de reservatórios destinados à geração de energia hidrelétrica, ocorrem alterações drásticas nos grandes corpos de água acarretam transformações traumáticas em suas características físicas, químicas e biológicas, bem como mudanças climáticas na região. No tocante à fauna aquática, essas mudanças geram efeitos diferenciados, dependendo da comunidade, família ou mesmo espécie, favorecendo, desfavorecendo, ou mesmo não causando efeito em determinadas espécies. De modo geral, todas as espécies que existiam no rio antes do barramento sofreram modificações em suas vidas, alterando a composição das populações, tamanho e a capacidade de ocupação de nichos.

O conhecimento dessas alterações é vital para que se tomem medidas corretamente fundamentadas, visando ao manejo racional dessas áreas e de seus recursos sem o risco de danos irreparáveis a esses ecossistemas. Para isso, é

importante o estudo das espécies que compõem esses ambientes, seja em condições naturais ou controladas, visto que algumas alterações que o homem causa ao ambiente comprometem a sobrevivência de determinadas espécies, como, por exemplo, a reprodução de espécies reofílicas em rios com grande número de barragens.

Barbosa (1981) e Esteves *et al.* (1988) ressaltaram que os ambientes aquáticos tropicais parecem responder química, física e biologicamente também às alterações ambientais observadas em um curto espaço de tempo, como o ciclo diário de 24h. Essa característica lhes conferem peculiaridades que possivelmente só sejam detectáveis através da análise diária das variáveis ambientais. Essas variações nictemerais dos fatores abióticos e bióticos do sistema assumem papel fundamental na caracterização dos corpos d'água tropicais.

Esteves *et al.* (1988) também salientaram que os estudos dos ambientes que considerem as variações diárias (24h) são muito importantes, pois permitem

a detecção de fenômenos não observáveis ou detectáveis em análises sazonais e, ainda, auxiliam o desenvolvimento de uma abordagem limnológica que instrumentaliza as análises adaptadas às regiões tropicais. Estes autores também enfatizaram que trabalhos de variação nictemeral integrando fitoplâncton, zooplâncton e peixes, quando acompanhados de variáveis físicas e químicas do meio, possibilitam a discussão mais aprofundada dos dados e contribuem para melhor compreensão da dinâmica dos processos que ocorrem em sistemas aquáticos.

O uso de modelos, segundo Goh (1980), serve como elo de discussão entre pesquisadores de diferentes áreas, sendo a maneira precisa e objetiva de transmitir avanços obtidos no conhecimento da dinâmica do comportamento do ecossistema, e, por conseguinte, um forte aliado aos estudos ecológicos, produzindo novas indagações pertinentes ao ecologista. Verani (1980) acrescentou que a obtenção de resultados embasados em modelos matemáticos possibilita extrair informações dentro de uma metodologia padronizada de estudo, propiciando indispensáveis e importantes comparações entre as pesquisas, com conduções cientificamente apoiadas.

O presente estudo teve como objetivo contribuir para o melhor conhecimento da biologia do piavuçu *Leporinus macrocephalus* (Garavello e Britski) (Characiformes Anostomidae) por meio do cultivo de pós-larvas com diferentes fontes alimentares através do estabelecimento e avaliação de modelos pelos quais possam ser determinadas as relações existentes entre as características quantitativas dos peixes associadas às alterações ambientais, provocadas por causas naturais.

Material e métodos

O experimento foi conduzido de fevereiro a abril de 1997 no Laboratório de Aqüicultura do Departamento de Biologia da Universidade Estadual de Maringá, Estado do Paraná. Foram utilizados 18 tanques de cimento amianto, revestidos internamente (tinta epoxi), com capacidade para até 1.000 litros de água. Esses foram preparados segundo as técnicas usuais em larvicultura, utilizando duas adubações consecutivas, com intervalo de uma semana cada, 14 dias de antecedência ao povoamento.

Para a preparação dos tanques, a adubação inicial foi efetuada com esterco fresco de bovinos leiteiros, na seguinte proporção:

1^a adubação - 50 g/tanque, 14 dias antes do povoamento;

2^a adubação - 50 g/tanque, 7 dias antes do povoamento.

A partir do povoamento, foram estabelecidos os seguintes tratamentos:

- tratamento A (fornecimento de dietas formuladas com proteína de origem animal);
- tratamento B (fornecimento de dietas formuladas com proteína de origem vegetal);
- tratamento C (sem fornecimento de dieta artificial - Testemunha).

As diferentes dietas foram oferecidas com base na biomassa dos tanques, quantidade correspondente a 20% ao dia, ministradas em comedouros de PVC instalados subsuperficialmente em cada tanque. A adubação foi aplicada de maneira uniforme em toda a superfície do tanque, 50 g de esterco fresco de bovinos leiteiros a cada 15 dias. Na Tabela 1 é apresentada a composição percentual aproximada de cada dieta e na Tabela 2 sua composição bromatológica aproximada.

As pós-larvas com idade de 10 dias, comprimento inicial médio de 27,83 mm e peso médio inicial de 0,32 g, foram colocadas nos tanques, em uma densidade de 400 pós-larvas/m³. Os tanques foram preparados de maneira sincronizada, de forma que, ao serem povoados, estivessem do 12^o ao 14^o dia após a primeira adubação, garantindo-se, assim, produção de plâncton em todos os tanques.

Tabela 1. Composição percentual aproximada de cada uma das dietas (A e B)

Ingrediente	Dieta A (%)	Dieta B (%)
Farelo de soja	0,00	55,03
Levedura desidratada de álcool	70,05	0,00
Fubá de milho	16,98	36,60
Casca de arroz	1,41	0,00
Proteinose	0,00	2,53
Farinha de peixe	5,00	0,00
BHT (antioxidante)	0,01	0,01
Calcário calcítico	2,42	0,28
DL-metionina - 99	0,26	0,04
Fosfato bicálcico	0,00	4,24
L-lisina HCL	0,00	0,27
Óleo vegetal	2,87	0,00
Suplemento vitamínico/mineral	0,50	0,50
Sal (NaCl)	0,50	0,50

Tabela 2. Composição bromatológica aproximada das dietas A e B

Nutriente	Dieta A	Dieta B
Proteína Bruta (%)	30,00	30,00
Energia Bruta (kcal/kg)	4000	4000
Matéria Seca (%)	92,24	89,50
Fibra Bruta (%)	1,50	4,02
Lisina (%)	2,04	2,00
Metionina + cistina (%)	0,95	0,95
Fósforo total (%)	1,16	1,16
Cálcio (%)	1,30	1,30

A cada seis dias, foi feita uma variação nictemeral, por meio da coleta de 1,28 litros de água, utilizando-se um tubo coletor com capacidade para retirar uma amostra de toda a coluna de água. Tomaram-se as medidas das variáveis físicas e químicas e biológicas: temperatura do ambiente; temperatura da água; transparência da água; condutividade elétrica da água; oxigênio dissolvido; pH; amônia; nitrito; fitoplâncton e zooplâncton (qualitativa e quantitativa). Realizou-se, juntamente, coleta de cinco peixes de cada tratamento em cada horário, utilizando-se seis tanques, e duas repetições de cada tratamento. Cada variação iniciou-se às 6h, com coletas a cada quatro horas durante o dia: à noite, às 23h, e novamente às 6h do dia seguinte, totalizando seis coletas no período de 24 horas.

As análises das estimativas de biomassa de fitoplâncton (Fitovolume = FITV), feitas com os espécimes medidos sob microscopia óptica e os valores de biovolume de cada um, foram multiplicados pelo número de indivíduos de cada amostra analisada para estimar o biovolume total do tanque no horário da coleta. A identificação dos organismos e sua frequência relativa, foi feita segundo Ward e Wipple (1959), Bourrely (1966), Bicudo e Bicudo (1970), Boney (1975, 1989), Hino e Tundisi (1977), Sobue (1980), Needham e Needham (1982) e Lopretto e Tell (1995). Para a contagem dos rotíferos e microcrustáceos (Cladocera e Copepoda), seguiu-se a metodologia proposta por Sobue (1980), e para a identificação dos mesmos foi realizada a contagem segundo Donner (1966), Ward e Whipple (1959), American Workers Association (1965), Koste (1972), Rocha e Tundisi (1976), Needham e Needham (1982) e Lopretto e Tell (1995). O biovolume dos organismos foi estimado a partir de sua forma geométrica aproximada, após a medição do seu comprimento, altura e largura em μm , em microscópio ótico.

A avaliação dos conteúdos estomacais foram feitas pelos métodos de ocorrência e volumétrico, como descrito por Hynes (1950) e Hyslop (1980), com o auxílio de microscópio ótico, sendo os organismos presentes nos estômagos identificados ao menor nível taxonômico possível. As coletas de dados bióticos e abióticos nos tanques, associadas às análises de conteúdo estomacal e aos dados de desempenho das larvas, permitiram a análise, avaliação e determinação de algumas diretrizes referentes à alimentação e conseqüente produção de alevinos dessa espécie que, posteriormente, poderão ser reintroduzidos em ambientes naturais ou utilizados em cultivo racional.

O referido experimento foi estabelecido na forma de um delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos e seis repetições. Para a análise dos dados, utilizou-se o Sistema de Análise Estatística e Genética, Saeg (Euclides, 1983).

Efetou-se a seleção das variáveis independentes utilizando-se o procedimento de regressão "Stepwise", em conformidade com Draper e Smith (1981). Nesse procedimento, a ordem de inserção de uma variável no modelo foi determinada usando-se o coeficiente de correlação parcial das variáveis que ainda não estavam incluídas no modelo. Aquela que exibiu maior coeficiente de correlação parcial e significância em nível de 10% de probabilidade era adicionada ao modelo. Uma variável permaneceu no modelo somente com significância em nível de até 10% de probabilidade. As variáveis independentes, consideradas na regressão, foram: temperatura do ambiente; temperatura da água; transparência; condutividade elétrica; oxigênio dissolvido; pH; amônia; nitrito; fitoplâncton e zooplâncton (qualitativa e quantitativa).

O estudo das variáveis selecionadas sobre as variáveis bióticas foi realizado utilizando-se o procedimento do coeficiente de trilha, de acordo com Silva (1980) e Cruz e Regazzi (1994). De acordo com os autores, os coeficientes de correlação, apesar de grande utilidade na quantificação da magnitude e direção das influências de fatores na avaliação de variáveis complexas, não dão a exata importância relativa dos efeitos diretos e indiretos desses fatores. Os desdobramentos do coeficiente de correlação são feitos pela análise de trilha. Essa análise consiste no estudo dos efeitos diretos e indiretos de variáveis independentes sobre uma variável dependente, cujas estimativas são obtidas por meio de equações de regressão, em que as variáveis são previamente padronizadas. Os autores afirmam, ainda, que a análise de trilha constitui-se de uma expansão da regressão múltipla quando são envolvidas inter-relações complexas, como ocorreu no presente estudo. Outra vantagem é que todas as variáveis presentes no modelo estão expressas na mesma unidade, facilitando a interpretação dos resultados.

Resultados e discussão

O grau de repleção estomacal (GR) para os três tratamentos analisados conjuntamente sofreram efeitos de quatro variáveis, conforme a equação:

$$\text{GR} = 2,2556 - 0,5996 \text{ PER} - 0,2001 \text{ pH} + 0,06987 \text{ TAR} + 0,3356 \text{ AM}$$
$$R^2 = 0,6705$$

em que:

PER: Período (dia ou noite);
pH: Potencial hidrogeniônico;
TAR: Temperatura do Ar;
AM: Concentração da Amônia .

Os coeficientes de correlação entre essas variáveis e o GR apresentaram-se altos (acima de 70%), apenas para as variáveis período ($r = -0,768$) e temperatura do ar ($r = 0,737$). Foram significativos, também, para a concentração de amônia ($r = 0,220$), apesar de ser menor a probabilidade, não apresentando correlação significância com o pH ($r = -0,420$).

Esse modelo resumido apresentou coeficiente de determinação intermediário ($R^2 = 0,6705$), indicando que existem uma ou mais variáveis que não foram mensuradas, que também geram efeito sobre o GR. Isso foi confirmado pelos baixos valores dos efeitos diretos, indicando que o efeito dessas variáveis dão-se através de outras variáveis. Os efeitos das diferenças entre tratamentos talvez expliquem melhor as variações no GR. A seguir, os diferentes tratamentos são tratados separadamente:

Para o tratamento A, o GR foi influenciado significativamente por três variáveis, como mostra a equação:

$$GR = 2,7744 - 0,7875 \text{ PER} - 0,0803 \text{ TÁGUA} + 0,0861 \text{ TAR}$$

$$R^2 = 0,9571$$

em que:

PER: Período (dia e noite);
TÁGUA: Temperatura da Água;
TAR: Temperatura do Ar.

O GR no tratamento A apresentou correlação acima de 90% para as variáveis período ($r = -0,958$) e temperatura do ar ($r = 0,934$). Apesar da correlação não ter sido alta com a temperatura da água ($r = 0,404$), essa também apresentou-se significativa. Analisando os efeitos diretos aliados às correlações significativas, pode-se afirmar que essas variáveis são determinantes para a estimativa do GR. A correlação inversa com período indicou que os indivíduos dessa espécie alimentam-se preferencialmente durante o dia, como a maioria das espécies da família Anostomidae. As variáveis temperatura da água e temperatura do ar apresentaram efeito positivo sobre o GR, indicando que, com o aumento da temperatura, houve maior consumo de alimento. Observa-se, também, que houve um aumento expressivo no coeficiente de

determinação comparando-se os resultados da análise dos três tratamentos conjuntamente.

Para o tratamento B, o GR foi influenciado significativamente por três variáveis:

$$GR = -2,8969 + 0,1806 \text{ TMP} + 0,1646 \text{ TAR} - 12,4296 \text{ NIT}$$

$$R^2 = 0,9048$$

em que:

TMP: Tempo (dia de coleta);
TAR: Temperatura do Ar;
NIT: Concentração de Nitrito.

Para o tratamento B, apenas a temperatura do ar apresentou alta correlação com o GR ($r = 0,934$), tendo sido a única variável com correlação significativa. Juntamente com alto efeito direto para esse tratamento, a temperatura do ar foi determinante na estimativa do GR.

Foi observado que, apesar do coeficiente de correlação baixo e não-significativo ($r = -0,154$), a concentração de nitrito gerou efeito no tratamento B e não no tratamento A. Isso talvez possa ser explicado pela permanência maior da dieta com proteína de origem vegetal no comedouro, indicando menor palatabilidade dessa matéria prima. Esse fato condiciona maior deterioração da qualidade da água em função da degradação dessa ração, o que explica a maior concentração de nitrito e, conseqüentemente, certa sensibilidade a esse composto por parte dos peixes. Analisando-se o baixo coeficiente de correlação para TMP e NIT, e o baixo efeito direto dessas variáveis, pode-se afirmar que estas pouco estimam o GR, e seus efeitos só são importantes quando aliados à TAR.

Para o tratamento C, o GR foi significativamente influenciado por duas variáveis, porém, com redução no coeficiente de determinação:

$$GR = -0,6245 + 0,1111 \text{ TMP} + 0,0559 \text{ TAR}$$

$$R^2 = 0,5414.$$

Nesse tratamento, as duas variáveis que geraram efeito sobre o GR apresentaram coeficientes de correlação baixos (TMP com $r = 0,367$ e TAR com $r = 0,560$); no entanto, os dois coeficientes foram significativos. Dessas duas variáveis, apenas TAR apresentou efeito direto relativamente alto, indicando, como já observado no tratamento B, ser importante na estimativa do GR, apesar desses valores não a caracterizarem como determinante. O baixo coeficiente de determinação observado pelo modelo encontrado pode ser devido à ausência de

oferta de ração completa, o que condicionou a ingestão de alimento à disponibilidade de alimento natural. Como observado no modelo completo, o período do dia claro foi quando os peixes mais ingerem alimentos, fazendo com que o alimento natural fosse consumido nesse período, fator que pode estar influenciado o GR nesse tratamento.

Os resultados da análise de trilha, com os efeitos diretos e indiretos dos modelos completos e resumidos das variáveis analisadas para GR, em conjunto e para cada tratamento individualmente, estão apresentados nas Tabelas 3 a 6. As Figuras 1, a 4 apresentam, de forma esquemática, os modelos resumidos para GR dos três tratamentos conjuntamente: tratamentos A, B e C, respectivamente.

Tabela 3. Estimativas dos efeitos diretos e indiretos das variáveis do modelo resumido sobre o grau de repleção estomacal (GR) para os três tratamentos, conjuntamente

Variável	Descrição do Efeito		
	Efeito Direto	Efeito Indireto	Total
Período	-0,4165	-0,3514	-0,7679
PH	-0,2256	0,1839	-0,0417
Temperatura do Ar	0,4228	0,3139	0,7367
Amônia	0,1354	0,0843	0,2198
R ²	-----	-----	0,6705

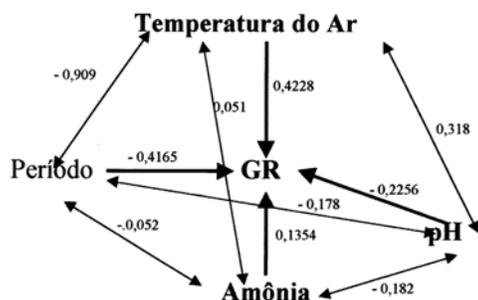


Figura 1. Diagrama esquemático dos efeitos das variáveis independentes sobre o GR e as respectivas correlações no modelo resumido, para os três tratamentos

Tabela 4. Estimativas dos efeitos diretos e indiretos das variáveis do modelo resumido sobre o grau de repleção estomacal (GR) para o tratamento A

Variável	Descrição do Efeito		
	Efeito Direto	Efeito Indireto	Total
Período	-0,5316	-0,4259	-0,9576
Temperatura do Ar	0,5537	0,3858	0,9340
Temperatura da Água	-0,1712	0,5752	0,4040
R ²	-----	-----	0,9571

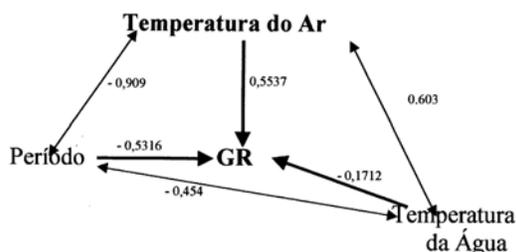


Figura 2. Diagrama esquemático dos efeitos das variáveis independentes sobre o GR e as respectivas correlações no modelo resumido, para o tratamento A

Tabela 5. Estimativas dos efeitos diretos e indiretos das variáveis do modelo resumido sobre o grau de repleção estomacal (GR) para o tratamento dois

Variável	Descrição do Efeito		
	Efeito Direto	Efeito Indireto	Total
Tempo	0,3678	-0,1755	0,1924
Temperatura do Ar	0,9346	-0,0748	0,8598
Nitrito	-0,1975	0,0434	-0,1541
R ²	-----	-----	0,9047

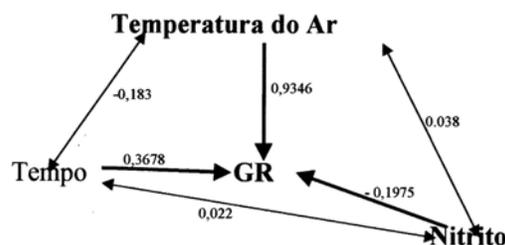


Figura 3. Diagrama esquemático dos efeitos das variáveis independentes sobre o GR e as respectivas correlações no modelo resumido, para o tratamento B

Tabela 6. Estimativas dos efeitos diretos e indiretos das variáveis do modelo resumido sobre o grau de repleção estomacal (GR) para o tratamento C

Variável	Descrição do Efeito		
	Efeito Direto	Efeito Indireto	Total
Tempo	0,4858	-0,1187	0,3671
Temperatura do Ar	0,6487	-0,0889	0,5598
R ²	-----	-----	0,5414

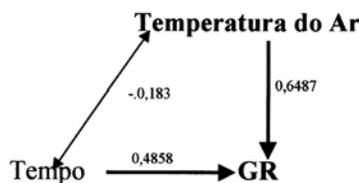


Figura 4. Diagrama esquemático dos efeitos das variáveis independentes sobre o GR e as respectivas correlações no modelo resumido, para o tratamento C

Os valores de biovolume de cada gênero estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7. Valores de biovolume dos organismos fitoplanctônicos encontrados

Gênero	Biovolume (μm^3)
<i>Chlorella</i>	1,1382
<i>Coelastrum</i>	1,6338
<i>Scenedesmus</i>	1,0000
<i>Treubaria</i>	12,4964
<i>Golenkinia</i>	21,5938

Quando analisados os dados dos três tratamentos, conjuntamente, com respeito ao FITV, observou-se que essa variável foi significativamente afetada por duas variáveis, ou seja, Tempo (dia de coleta - TMP) e Grau de Repleção Estomacal (GR), o que pode estar relacionado ao comportamento sucessional do fitoplâncton. A equação a seguir apresenta uma relação:

$$\text{FITV} = 7975,2493 + 438862,0311 \text{ TMP} + 689039,9155 \text{ GR}$$

$$R^2 = 0,2585.$$

Para o tratamento A, observou-se efeito significativo sobre o FITV apenas da variável pH, com correlação negativa e significativa ($r = -0,477$). Como o efeito direto de pH foi baixo, pode-se afirmar que seu efeito ocorreu sobre o FITV através de outras variáveis, sendo seu uso de pouca utilidade, confirmado pelo baixo coeficiente de determinação. Oliveira *et al.* (1992) afirmaram que as variações da densidade fitoplanctônica, estimadas a partir da concentração de pigmentos, estavam relacionadas às concentrações de O_2 dissolvido; entretanto, não avaliaram estatisticamente essa relação. A equação a seguir apresenta o modelo:

$$\text{FITV} = 13755515,7040 - 1363689,4497 \text{ pH}$$

$$R^2 = 0,2273.$$

Em relação ao tratamento B, observou-se aumento considerável no coeficiente de determinação do modelo obtido, o qual, por sua vez, incluiu três variáveis; Tempo (dia de coleta - TMP), com correlação significativa ($r = 0,748$), sendo essa variável determinante para estimar o FITV no tratamento B; Temperatura do Ar (TAR); e Concentração de Amônia (AM), ambas com coeficiente de correlação baixo e não-significativo com FITV ($r = 0,288$ e $r = 0,187$, respectivamente), aliado aos efeitos diretos baixos. Usadas isoladamente, essas variáveis pouca utilidade tiveram nas estimativas do GR. As correlações positivas, aqui observadas, explicam as variações do FITV, pois à

medida que avançou o dia de coleta, houve incorporação maior de matéria orgânica no tanque, observada pelo aumento nas concentrações de amônia. Com o aumento na temperatura do ar, houve, conseqüente, aumento no volume de fitoplâncton no tanque, o que pode ser devido à aceleração do metabolismo do sistema. À medida que aumentou o FITV, houve um decréscimo na concentração da amônia, devido, provavelmente, ao aumento da produtividade primária, o que está de acordo com o verificado por Durigan *et al.* (1992). Estes autores encontraram relação inversa entre essas variáveis, provavelmente devido à absorção dos nutrientes pelo fitoplâncton. A equação a seguir apresenta a relação existente entre essas variáveis com o FITV:

$$\text{FITV} = -487893,653 + 917801,2418 \text{ TMP} + 183030,736 \text{ TAR} - 739455,81 \text{ AM}$$

$$R^2 = 0,7764.$$

No tratamento C, observou-se novamente redução no coeficiente de determinação e apenas uma variável (período - PER) apresentou correlação significativa sobre o FITV ($r = 0,529$). Tanto no tratamento C quanto no 1, pode-se inferir que uma ou mais variáveis, que não foram avaliadas neste trabalho, gera(m) efeito(s) sobre o FITV, fato confirmado pelo baixo efeito direto de PER sobre o FITV. O contrário do tratamento B, pois a permanência de ração no comedouro pode ser indicador de que a água dos tanques do tratamento B apresentava maior volume de matéria orgânica, matéria-prima para a produtividade primária. A seguir, são apresentadas a equação da relação entre FITV e as variáveis no tratamento C:

$$\text{FITV} = 3629117,44 - 1068923,69 \text{ PER}$$

$$R^2 = 0,2802.$$

Os resultados da análise de trilha, com os efeitos diretos e indiretos dos modelos completos e resumidos das variáveis analisadas para FITV, conjuntamente e para cada tratamento individualmente, estão apresentados nas Tabelas 8 e 9. As Figuras 5 a 8 apresentam, de forma esquemática, os modelos resumidos para FITV dos três tratamentos conjuntamente; tratamento A, B e C, respectivamente.

Os valores do biovolume de organismos invertebrados e ovo de Odonata (Zoovolume = ZOOV) estão apresentados na Tabela 10.

Tabela 8. Estimativas dos efeitos diretos e indiretos das variáveis do modelo resumido sobre o biovolume de fitoplâncton (FITV) para os três tratamentos

Variável	Descrição do Efeito		
	Efeito Direto	Efeito Indireto	Total
TMP	0,3655	0,0581	0,4236
GR	0,4349	0,0488	0,4837
R ²			0,2585

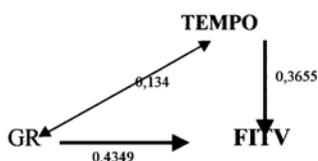


Figura 5. Diagrama esquemático dos efeitos das variáveis independentes sobre o FITV e as respectivas correlações no modelo resumido, para os três tratamentos

Tabela 9. Estimativas dos efeitos diretos e indiretos das variáveis do modelo resumidos sobre o biovolume de fitoplâncton (FITV) para o tratamento B

Variável	Descrição do Efeito		
	Efeito Direto	Efeito Indireto	Total
Tempo	0,8939	- 0,1460	0,7479
Temperatura do Ar	0,4969	- 0,2085	0,2884
Amônia	- 0,1901	0,3767	0,1866
R ²			0,7764

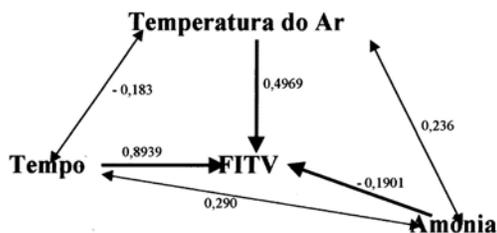


Figura 6. Diagrama esquemático dos efeitos das variáveis independentes sobre o FITV e as respectivas correlações no modelo resumido para o tratamento B.

Tabela 10. Valores de biovolume dos organismos invertebrados e ovo de Odonata, encontrados

Taxons	Biovolume (µm ³)
Arcella	7,9562
Vorticella	2,9227
Centropyxix	118,3007
Lecane	115,8865
Lepadella	15,5205
Bdelloidea	187,7030
Plathionus	62,0820
Macrotrix	109,8508
Diaphanosoma	109,8505
Mesocyclops	557,1626
Copepodito	434,6690
Náuplio	338,6928
Chaoboridae	8753,7875
Hydracarina	434,5744
Chironomídeo	1382,1768
Nematoda	460,7256
Ovo de Odonata	115,8865

Para o ZOOV, observou-se, também, que os coeficientes de determinação foram baixos, em todos os casos analisados, indicando que a variação da variável dependente deveu-se, em grande parte, a outros fatores que não foram quantificados neste trabalho. No entanto, não invalida a análise, pois esse trabalho tem grande importância na avaliação de metodologias de análise e respostas. Na avaliação dos dados em conjunto, com os três tratamentos, observou-se que duas variáveis apresentaram efeitos significativos sobre o ZOOV; são elas: TMP e TÁGUA, de acordo com o modelo abaixo:

$$ZOOV = - 1637270,833 + 126816,418 \text{ TMP} + 60427,813 \text{ TÁGUA}$$

$$R^2 = 0,2574.$$

Os valores dos coeficientes de correlação para essas variáveis com o ZOOV foram baixos, $r = 0,461$ e $r = -0,147$, respectivamente para TMP e TÁGUA, sendo que para TÁGUA foi altamente significativo ($p < 0,01$). A variável TMP, com correlação baixa e alto efeito direto sobre ZOOV, indica que, se aliada a outras variáveis não analisadas, pode ser determinante na estimação do ZOOV. Já TÁGUA, com efeito direto baixo, é de pouca utilidade para estimar ZOOV. Em populações isoladas, Oliveira *et al.* (1992) afirmaram que existem padrões característicos de flutuação sazonal para as diferentes espécies, sendo isso controlado pelo tempo de colonização e pelo ciclo de vida das espécies.

Para o tratamento A, o ZOOV foi afetado significativamente por essas duas variáveis (TMP e TÁGUA), mas com coeficiente de determinação baixo. Apenas a variável TMP apresentou correlação significativa ($r = 0,461$). As duas variáveis, porém, apresentaram efeito direto relativamente alto. Isso indica que a TMP foi determinante para a estimativa de ZOOV, e a variável TÁGUA, aliada a outras variáveis, pode ser de muita validade na estimativa de ZOOV, apesar de não determinante. Bonecker e Lansac-Toha (1996) encontraram que a escala temporal e a temperatura da água, aliadas a outros fatores, foram determinantes na variação da densidade de rotíferos. A influência da temperatura sobre a densidade de rotíferos foi também destacada por Lebedera e Gerasimova (1985) e Miskshi (1989).

A equação abaixo apresenta a equação que representa ZOOV com as variáveis analisadas:

$$ZOOV = - 4238282,1064 + 195634,908 \text{ TMP} + 60427,813 \text{ TÁGUA}$$

$$R^2 = 0,3869.$$

No tratamento B, apenas uma variável, a TMP, com efeito direto alto e correlação significativa ($r = 0,619$), indicou, como no tratamento A, ser determinante para a estimação da variável ZOOV. A equação abaixo apresenta a equação que representa essa relação:

$$\text{ZOOV} = -130113,621 + 122824,109 \text{ TMP}$$

$$R^2 = 0,3826.$$

Finalmente, para o tratamento C, duas outras variáveis apresentaram relação significativa com ZOOV, GR e AM ($r = 0,402$ e $r = 0,625$, respectivamente), sendo a AM, com efeito direto alto e correlação significativa, determinante na estimação de ZOOV. Isto talvez possa ser explicado pela alta mortalidade de peixes ocorrida ao longo do experimento, disponibilizando maior quantidade de nutrientes no meio, possibilitando, assim, maior produtividade primária, como informado por vários autores, os quais afirmaram que a disponibilidade de nutrientes propicia maior produtividade primária (Sandgren, 1988; Reynolds, 1993; Silva e Thomaz, 1995 e Esteves, 1988).

Outro fato que pode explicar a relação entre AM e o ZOOV é que alguns autores, como Winner e Hart (1969) e Matsumura-Tundisi *et al.* (1989), relataram que algumas espécies de rotíferos, dominantes no ZOOV neste trabalho, podem ser indicadoras da condição eutrófica do sistema. Essa hipótese, contudo, é refutada por Beach (1960) e Willians (1966).

A variável GR, com baixo efeito direto e correlação significativa, indicou que seus efeitos sobre ZOOV ocorreram através de outras variáveis. Neste caso especificamente, os dados mostraram que, no tratamento C, os peixes passaram a ser muito mais predadores de zooplâncton do que competidores, talvez em função da ausência de dietas completas, o que justifica a influência do GR sobre o ZOOV.

A equação a seguir apresenta a relação existente entre essas variáveis e ZOOV:

$$\text{ZOOV} = -69400,499 + 10129,375 \text{ GR} + 573411,443 \text{ AM}$$

$$R^2 = 0,5209.$$

Os resultados da análise de trilha, com os efeitos diretos e indiretos dos modelos completos e resumidos das variáveis analisadas para ZOOV, conjuntamente e para cada tratamento individualmente, estão apresentados nas Tabelas 11 a 13. As Figuras 7 a 9 apresentam, de forma

esquemática, os modelos resumidos para FITV dos três tratamentos conjuntamente: tratamento A, dois e três, respectivamente.

Tabela 11. Estimativas dos efeitos diretos e indiretos das variáveis do modelo resumido sobre o biovolume de organismos invertebrados e ovo de Odonata (ZOOV) para os três tratamentos

Variável	Descrição do Efeito		
	Efeito Direto	Efeito Indireto	Total
Tempo	0,6502	-0,1896	0,4606
Temperatura da água	0,2851	-0,4325	-0,1474
R ²			0,2574

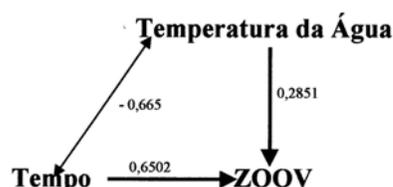


Figura 7. Diagrama esquemático dos efeitos das variáveis independentes sobre o ZOOV e as respectivas correlações no modelo resumido, para os três tratamentos

Tabela 12. Estimativas dos efeitos diretos e indiretos das variáveis do modelo resumido sobre o biovolume de organismos invertebrados e ovo de Odonata (ZOOV) para o tratamento A

Variável	Descrição do Efeito		
	Efeito Direto	Efeito Indireto	Total
Tempo	0,7694	-0,3559	0,4135
Temperatura da Água	0,5954	-0,4779	0,1175
R ²			0,3869

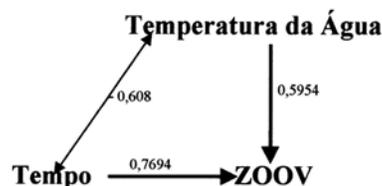


Figura 8. Diagrama esquemático dos efeitos das variáveis independentes sobre o ZOOV e as respectivas correlações no modelo resumido, para o tratamento A

Tabela 13. Estimativas dos efeitos diretos e indiretos das variáveis do modelo resumido sobre o biovolume de organismos invertebrados e ovo de Odonata (ZOOV) para o tratamento C

Variável	Descrição do Efeito		
	Efeito Direto	Efeito Indireto	Total
GR	0,3619	0,0405	0,4024
Amônia	0,6005	0,0244	0,6249
R ²			0,5209

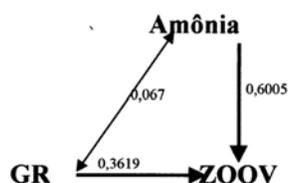


Figura 9. Diagrama esquemático dos efeitos das variáveis independentes sobre o ZOOV e as respectivas correlações no modelo resumido, para o tratamento C.

A partir desses resultados, pode-se considerar que a metodologia utilizada se apresentou eficiente no estabelecimento de modelos que incluam grande número de variáveis para a avaliação de sistemas complexos. A metodologia, portanto, é útil e aplicável, fornecendo, desta forma, informações conclusivas e convincentes.

Referências

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION & AMERICAN WORKERS ASSOCIATION *Standart methods of examination of waster-water*. 12. ed. 1965.
- BARBOSA, F.A.R. *Variação diurna (24h) de parâmetros limnológicos básicos e da produtividade primária do fitoplâncton da lagoa Carioca - Parque Florestal do Rio Doce, MG, Brasil*. 1981. Tese (Doutorado em Ecologia) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1981.
- BEACH, N.W. A study of the plaktonik rotifers of the Ocqueoc River system. Presque Isle Cauntry. *Michigan Ecol. Monogr.*, Michigan, 30:339-357, 1960.
- BICUDO, C.E.M.; BICUDO, R.M.T. *Algas de águas continentais brasileiras*. São Paulo: Fundação Brasileira de Desenvolvimento do Ensino de Ciências. 1970.
- BONECKER, C.C.; LANSAC-TÔHA, F.A. Community structure of rotifers in two enviroments of the river Paraná floodplain (MS), Brazil. *Hydrobiologia*, Dordrecht, v.325, p.137-150, 1996.
- BONEY, A.D. *Phytoplankton*, 2. ed. London: Chapman and Hall inc.. 1989.
- BONEY, A.D. *Phytoplankton - studies in biology*. London, Nº 52, Edward Arnold Publ. 1975.
- BOURRELLY, P. *Les algues d'eau douce*. Initiation à la systematique. I. Les Algues vertes. Paris: Ed I. Boubee & Cie. 1966.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Imp. Univ. 1994.
- DONNER, J. *Rotifers*. London: Frederick Warne. 1966.
- DRAPER, N. R.; SMITH, H. *Applied regression analysis*, 2ª ed., New York: John Wiley & Sons. 1981.
- DURIGAN, J.G. *et al*. Estudo liminológico em tanques de piscicultura: variação nictemeral de fatores físicos, químicos e biológicos. *Acta Limnologica Brasiliensia*, Rio de Janeiro, v.4, p.211-223, 1992.
- ESTEVES, F.A. *Fundamentos de limnologia*. 2.ed. Rio de Janeiro, FINEP: Interciência, 1998.

- ESTEVES, F. A. *et al*. Variação diária (24h) de temperatura, O₂ dissolvido, pH e alcalinidade em duas lagoas costeiras do Estado do Rio de Janeiro e suas implicações no metabolismo destes ecossistemas. *Acta Limnologica Brasiliensia*, Rio de Janeiro, v.2, p.99-127, 1988.
- EUCLYDES, R.F. *Manual de utilização do programa Saeg (sistema de análises estatísticas e genéticas)*. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, Centro de Processamento de Dados. 1983.
- GOH, BEAN-SAN. Management and analysis of biological populations. Amsterdam: Elsevier. 1980.
- HINO, K.; TUNDISI, J.G. Atlas de algas da represa do Broa. São Carlos. Universidade Federal de São Carlos, v.3. 1977.
- HYNES, H.B.N. The food of freshwater slicklbacks (*Gasterosteus aculeatus* and *Pygosteus pungitius*), with o review of methods used in studies of the food of fishes. *J. Anim. Ecol.*, London, v.19, n.1, p.36-56, 1950.
- HYSLOP, E.J. Stomach contents analysis a review of methods and their application. *J. Fish Biol.*, London, v. 17, p.411-429, 1980.
- KOSTE, W. Rotatorien aus Gewasse. *Amazoniana*, Kiel, v.3, n.3/4, p.258-505, 1972.
- LEBEDERA, L.I.; GERASIMOVA, T.N. Peculiarities of *Philodina roseola* (Ehrbg.) (Rotatoria, Bdelloidea) - growth and reproduction under various temperature conditions. *Int. Rev. Ges. Hydrobiol.*, Dordrecht, v.70, n.4, p.509-525, 1985.
- LOPRETTO, E.C.; TELL, G. *Ecosistemas de águas continentales*. metodologías para su estudio. La Plata: Ed. Sur. 1995.
- MATSUMURA-TUNDISI, T. *et al*. Biomass (dry weight and carbon content) of plankton Crustacea from Broa reservoir (São Carlos, SP-Brazil) and its fluctuation across one year. *Hydrobiologia*, Dordrecht, v.79, p.229-236, 1989.
- MIKSCHI, E. Rotífer distribution in relation to temperature and oxygen content. *Hydrobiologia*, Dordrecht, v. 186/187, p.209-214, 1989.
- NEEDHAM, J.G.; NEEDHAM, P. R. *Guia para el estudio de los seres vivos de las aguas doces*. Barcelona: Reverté. 1982.
- OLIVEIRA, D.B.S. *et al*. Estudo limnológico em tanques de piscicultura. Parte II: variação semanal de fatores físicos, químicos e biológicos. *Acta Limnologica Brasiliensia* Rio de Janeiro, v.4, p.123-137, 1992.
- REYNOLDS, C.S. *The ecology of freshwater phytoplankton*. Cambridge: Cambridges Studies in Ecology. 1993.
- ROCHA, O.; TUNDISI, T.M. *Atlas de zooplâncton, I. Copepoda* São Carlos. Universidade Federal de São Carlos, v.1, 1976.
- SANDGREN, C.D. *Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton*. 1. ed. Cambridge: Cambridge University Press. 1988.
- SILVA, L.; THOMAZ, S.M. Dinâmica nictemeral de nutrientes inorgânicos e da clorofila em uma lagoa de várzea do alto rio Paraná. *In: SEMANA DE ESTUDOS DE BIOLOGIA*, 10, Maringá, Resumos. Maringá-PR. 1995. p.28.

- SILVA, M.A. *Melhoramento animal* (conceitos básicos da análise de dados). Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 1980.
- SOBUE, S. *Efeitos de diferentes fertilizantes orgânicos na produção de tanques de criação de peixes*. 1980. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 1980.
- THOMAZ, S.M. Comunicação pessoal (Universidade Estadual Maringá, DBI/Nupelia, AV. Colombo, 5.790 - Zona 07 PR).
- VERANI, J.R. *Controle populacional em cultivo intensivo consorciado entre tilápia do nilo, Sarotherodon niloticus, Lineaus, 1757 e o tucunaré comum, Cichla ocellaris, Schneider, 1801*. 1980. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 1980.
- WARD, H.B.; WHIPPLE, G.C. *Fresh water biology*, 2. ed., New York: John Wiley & Sons Inc., 1959.
- WILLIAMS, L.G. Dominant plankton rotifers of major waterways of the United States. *Limnol. Oceanogr.*, Waco, v. 11, p.83-91, 1966.
- WINNER, J.M.; HART, J.P. A limnological study of River Canard. Essex Country, Ontario. *Proc. Conf. Great Lakes Res.*, Ontario, v.12, p.103-115, 1969.

Received on January 19, 2002.

Accepted on March 14, 2002.