

Efeitos de fertilização na biomassa e qualidade nutricional do zooplâncton utilizado para alimentação de alevinos na estação de hidrobiologia e piscicultura de Furnas, MG

Rachel Magalhães Santeiro* e Ricardo Motta Pinto-Coelho

Departamento de Biologia Geral, ICB, Universidade Federal de Minas Gerais, Fax: (031)499 2605, 31270-010, Belo Horizonte-Minas Gerais, Brazil. *Author for correspondence. e-mail: rachel@caunesp.unesp.br

RESUMO. O estudo objetivou avaliar os efeitos da adição intensiva de dejetos orgânicos e de nutrientes na qualidade do zooplâncton obtido em tanques de plâncton, empregado na alimentação de alevinos de “trairão” (*Hoplias lacerdae*). Os teores de lipídeos totais do zooplâncton bem como sua abundância e biomassa foram acompanhados, através de duas coletas semanais, em dois tanques de produção de plâncton durante dois meses seguidos. Foram medidos ainda a temperatura, pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica na coluna de água. As concentrações de clorofila-a, fósforo total, amônia e nitrogênio total (TKN) foram acompanhadas semanalmente. Nos primeiros trinta dias, foi feita a adubação a cada cinco dias e, nos últimos trinta dias, não houve qualquer adubação em ambos os tanques. A interrupção da fertilização causou uma notável e rápida mudança na qualidade físico-química da água bem como na estrutura da comunidade zooplancônica. Houve um decréscimo nos teores de condutividade, amônia, nitrogênio total, fósforo total e clorofila-a. Em contraste, houve um aumento nos níveis de oxigênio dissolvido e pH. Logo após a parada da fertilização, houve um pico na biomassa total do zooplâncton que perdurou por cerca de 20 dias, em ambos os tanques. Nesse período, o cladóceros *Moina reticulata* e o rotífero *Brachionus calyciflorus* foram os mais abundantes. No entanto, ao final do período de estudos, os ciclopóides voltaram a ser os organismos dominantes, embora com predominância de formas imaturas. Os teores de lipídeos totais do zooplâncton permaneceram baixos durante todo o período de estudos (6-10%), sugerindo a má qualidade do seu alimento dentro dos tanques. O estudo demonstra que a fertilização é necessária para que seja obtido um zooplâncton com maiores valores nutricionais mas a baixa qualidade da água causada pela hipereutrofização e os baixos níveis de lipídeos encontrados no zooplâncton também sugerem que a qualidade, a dosagem e a freqüência dessa adubação devem ser amplamente revistas.

Palavras-chave: lipídeos, alevinos, zooplâncton, biomassa, fertilização, aquíicultura.

ABSTRACT. Fertilization effects on biomass and nutritional quality of zooplankton in feeding of fry in the Furnas (MG, Brazil) hydrobiology and pisciculture station. This investigation aimed to evaluate the effects of organic matter (pig manure) and nutrients on the structure of zooplankton in plankton tanks at Furnas hatchery station. Zooplankton is commonly used as food resource of *Hoplias lacerdae* fry. Total lipid levels, density and biomass of zooplankton were analyzed in two plankton tanks twice a week during 60 days. Water temperature, pH, dissolved oxygen and electric conductivity were also monitored daily. Chlorophyll-a, total phosphorus, ammonium and total kejdahl nitrogen (TKN) were measured on a weekly basis. In the first thirty days, nutrient fertilization was performed every five days. In the last thirty days, there was no external input of nutrient or organic material. The interruption of external nutrient load caused a clear and conspicuous modification in most physical and chemical variables as well as in the zooplankton. There was an abrupt and conspicuous reduction in the conductivity, ammonium, TKN, total phosphorus and chlorophyll. On the other hand, dissolved oxygen and pH increased. Biomass of total zooplankton also showed a brief peak following the interruption of external nutrient flux. During this period, the cladocera *Moina* and the

rotífer *Brachionus calyciflorus* became the dominant zooplanktons. At the end of the study, the cladocods became once more the dominant organisms, although there was a higher proportion of immature stages. Levels of total lipids of zooplankton remained at lower levels (6-10%) throughout the covered period, suggesting that zooplankton was eating food particles of lower nutritional quality. Nevertheless, the study demonstrates that nutrient input is essential for maintaining zooplankton at adequate levels. However, lower lipid levels also suggest that the quality, quantity and frequency of this nutrient input should be thoroughly revised.

Key words: lipid, zooplankton, biomass, nutrient input, aquaculture.

A maioria das espécies de peixes utiliza o zooplâncton como alimento nas primeiras fases de seu ciclo de vida e, muitas delas continuam a se alimentar de organismos planctônicos durante a fase adulta (Oliveira *et al.*, 1992). Os estágios mais jovens de pós-larvas consomem indivíduos de pequeno porte, tais como protozoários, rotíferos e náuplios de copépodes. Em poucos dias, os alevinos passam a consumir organismos maiores, dando preferência a microcrustáceos, principalmente cladóceros. Mais tarde, eles passarão a se alimentar de copépodes ou mesmo larvas de insetos, dependendo da espécie considerada. Dessa forma, a obtenção do zooplâncton em abundância e de boa qualidade nutricional é um requisito básico em qualquer projeto de piscicultura (Pinto-Coelho *et al.*, 1997).

Dentre os vários fatores limitantes da taxa de sobrevivência das larvas de peixes, o alimento destaca-se como aquele de maior importância (Sipaúba-Tavares e Rocha, 1994).

Como a dieta das larvas geralmente é muito seletiva, dietas específicas são requeridas. Normalmente são usados organismos vivos ou ração formulada (Watanabe e Kiron, 1994). Sendo assim, conhecer a qualidade nutricional do zooplâncton utilizado na alimentação de alevinos poderá minorar a sua elevada mortalidade nas primeiras semanas de alimentação exógena.

A quantidade de lipídeo estocada no corpo do animal tem sido usada como uma estimativa do *status* nutricional desses organismos (Tessier e Goulden, 1982). Dentre os principais grupos do zooplâncton, os copépodes e cladóceros são conhecidos por acumularem reservas energéticas normalmente visíveis como gotículas de gordura situadas nas hemocélulas. Essas reservas podem ser usadas pelos próprios adultos para suas necessidades metabólicas imediatas, tais como durante os períodos de limitação de alimento, ou mesmo serem repassadas para a prole (Goulden e Henry, 1988).

Os cladóceros, principalmente os gêneros *Daphnia* e *Moina*, são de grande importância na piscicultura por apresentarem alto teor nutritivo e facilidade de produção, sendo normalmente bem aceitos pela maioria dos alevinos (Blanco e Tacon,

1989). Para tanto, vêm se desenvolvendo estudos para produção em massa desses organismos como alimento vivo para alimentação de larvas e alevinos de peixes (Paggi, 1975; Macedo, 1999). No entanto, há ainda uma aguda falta de conhecimentos sobre muitos aspectos da biologia de muitas dessas espécies, particularmente no que se refere ao conteúdo nutricional e à composição bioquímica (Sargent *et al.*, 1989). Essa situação agrava-se em relação às espécies neotrópicas.

Na maioria das estações de piscicultura, o manejo de tanques para a produção de zooplâncton consiste basicamente na adição de nutrientes sob a forma de detritos orgânicos (dejetos de suínos ou de frangos) associados ou não a adubos químicos. Os adubos químicos mais usados são o superfosfato simples associado a sulfato de amônia. Essa adição de nutrientes e de matéria orgânica normalmente visa a um aumento da produção primária, dentro da pressuposição de que esse aumento vá garantir a existência de um zooplâncton adequado para a alimentação dos alevinos.

O presente estudo objetivou avaliar os efeitos da mudança do regime de fertilização orgânica na qualidade da água e na estrutura do zooplâncton obtido em dois tanques de plâncton, empregados na alimentação de alevinos de "trairão" (*Hoplias lacerdae*). Assim, o estudo procura responder a duas perguntas básicas.

1. Em que medida a interrupção da fertilização regular afeta a qualidade da água e do zooplâncton presentes nos tanques de plâncton?
2. A adição de nutrientes e matéria orgânica nas proporções usuais do manejo dos tanques de plâncton garante um zooplâncton de boa qualidade nutricional?

Material e métodos

O presente estudo foi realizado na Estação de Hidrobiologia e Piscicultura da Usina Hidroelétrica de Furnas, situada no Rio Grande, município de Alpinópolis, Minas Gerais (Lat. 20°39'53.32654 S, Long. 46°19'12.98007W). Na estação, existem seis tanques de cultivo de zooplâncton que possuem,

cada um deles, uma área de 200 m² e um volume aproximado de 320 m³. A profundidade média é de 1,4 metros. O fundo dos tanques é recoberto por argila compacta. O estudo cobriu somente dois desses tanques (A9 e A11), onde foram realizadas amostragens complementares de nutrientes e zooplâncton. O presente estudo refere-se, portanto, a esses dois tanques. As coletas foram realizadas entre os meses de março e maio de 1998.

O regime de adubação dos tanques A9 e A11 foi drasticamente alterado durante o período de estudos. Entre os dias 10 de março de 1998 e 3 de abril de 1998, as adubagens nos tanques seguiram uma frequência de uma fertilização a cada cinco dias. A partir do dia três de abril, as fertilizações rotineiras cessaram por completo em ambos os tanques até o final das amostragens, em 15 de maio.

A temperatura da água, pH, oxigênio dissolvido e condutividade elétrica foram medidos diariamente "in situ" na superfície e no fundo (1,2 m) com um analisador eletroquímico portátil multiparâmetros HORIBA, modelo U-10. Foram ainda coletadas amostras de água, semanalmente, para as análises colorimétricas em laboratório, como amônia, nitrogênio total (TKN), fósforo total, clorofila.

As amostras para análise do zooplâncton foram coletadas duas vezes por semana pela manhã, através de arrastos verticais de 1,2 metros de comprimento, utilizando-se uma rede de 25 cm de diâmetro e 90 µm de abertura de malha. Em seguida, fixadas com uma solução formol/sacarose.

Amostras adicionais de zooplâncton foram coletadas para análises dos lipídeos totais e congeladas. Para retirar o excesso de água adotou-se o seguinte procedimento: no laboratório, as amostras foram descongeladas, em forno de microondas convencional de 900 watts, sob baixa potência (< 10%), tomando-se o cuidado de que as amostras ficassem sempre a temperaturas próximas de 0°C e evitando-se exposição prolongada à luz. Em seguida, os organismos foram transferidos para telas de inox de 160 µm, sofrendo um novo congelamento por 24 horas. As telas contendo os organismos foram transferidas para um liofilizador *Edwards*, onde foram liofilizadas por 24 horas a 10⁻⁶ mbar, à temperatura ambiente. A análise do rendimento nutricional dos organismos zooplânctônicos foi feita pelo método da sulfosfosvanilina proposto por Zollner e Kirsch (1962) e modificado por Meyer e Walther (1988).

Para a análise qualitativa e quantitativa microscópica do zooplâncton utilizou-se um microscópio ótico no aumento 40X. As identificações foram feitas sempre que possível ao nível específico. Para as contagens, foram utilizadas

cubetas quantitativas do tipo Sedgwick Rafter com gradeamento reticulado, onde subamostras de 1ml obtidas com uma pipeta de Hensen eram totalmente enumeradas. O número de subamostras contadas garantiu a contagem mínima de 400 organismos por amostra. Foram tomadas ainda medidas de comprimento de cada indivíduo contado. Os cálculos de densidades de organismos nas amostras foram executados pelo programa "Calc-bio2.exe" escrito em TURBO-PASCAL.

Medidas de peso seco também foram realizadas para biomassa zooplânctônica, de acordo com a metodologia descrita acima. A filtração foi feita a vácuo em uma eletrobomba Fabe-Primar, modelo 141, com potência de 2CV, em filtros de fibra de vidro previamente tarados. Os filtros foram colocados em estufa comum Ética a 100°C por aproximadamente 30 minutos e em seguida foram mantidos em dissecador contendo sílica-gel azul por 24 horas. Posteriormente, o peso seco das amostras foi determinado em balança analítica Bosch S2000 (capacidade máxima de 200g e precisão igual a 0,1mg), de acordo com a técnica gravimétrica proposta por Masson e Pinel-Alloul (1998).

Resultados e discussão

Houve um sensível decréscimo da temperatura durante o período de estudos. A temperatura nos tanques de plâncton passou de 29,0°C a 21,5°C. No entanto, foi constatada uma estratificação permanente nos tanques somente durante breves períodos (Figura 1). Esse decréscimo de temperatura já era esperado, considerando-se a época do ano (final do verão), quando diminuem as temperaturas médias na região de estudo.

Ao contrário do que foi observado para a temperatura, as concentrações de oxigênio passaram a ser consistentemente mais elevadas a partir de abril de 1998. No tanque A9, as concentrações de oxigênio dissolvido haviam permanecido em patamares abaixo de 1,0 mg.l⁻¹ durante todo o mês de março, sofreram uma abrupta elevação dos valores na primeira semana de abril. No tanque A11, as oscilações foram bem mais amplas para os valores do oxigênio dissolvido, mas, ainda assim, pôde-se observar que, a partir de abril, os valores raramente ficaram abaixo de 1,5 mg.l⁻¹ (Figura 1).

Em ambos os tanques, houve um incremento contínuo do pH durante o período de estudo. Em março, o pH permaneceu próximo ao neutro, mas a partir da segunda semana de abril, os valores dessa variável subiram muito ultrapassando a faixa de 8,0 e chegando mesmo a atingir o valor de 10 em algumas ocasiões (Figura 1). O incremento dos valores de pH

e oxigênio verificado no mês de abril reflete possivelmente a maior atividade fotossintética das algas nesse período. Na realidade, em sistemas hipereutróficos e pouco tamponados em carbonatos é comum que os organismos fotossintéticos exerçam

forte influência sobre a disponibilidade de oxigênio, pH e nutrientes limitantes, tais como N e P (Pinto-Coelho, 1983). Esses sistemas são instáveis e podem sofrer abruptas oscilações dessas variáveis, dependendo das condições climatológicas reinantes.

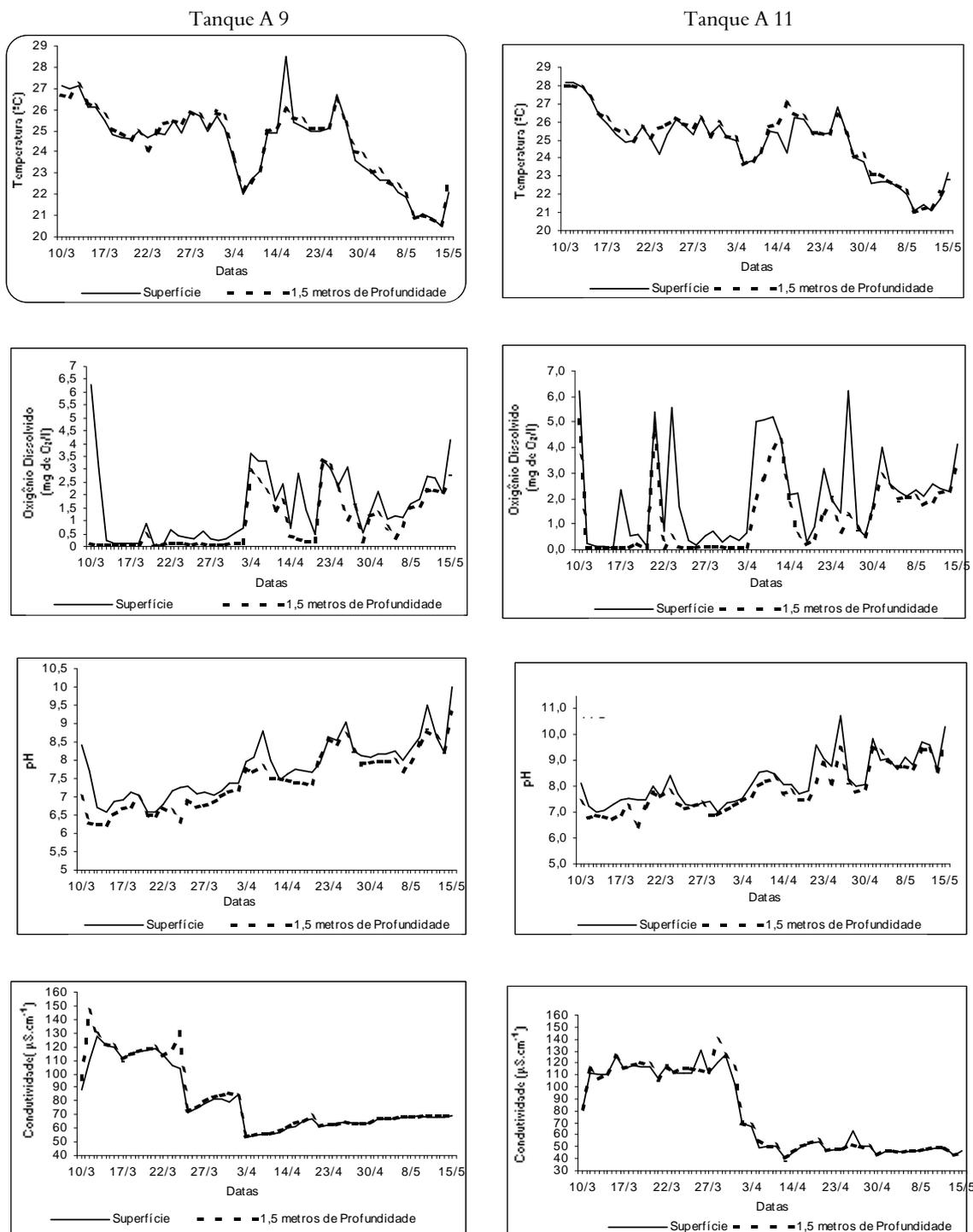


Figura 1. Variação temporal da temperatura ($^{\circ}\text{C}$), oxigênio dissolvido ($\text{mg de O}_2/\text{l}$), condutividade elétrica ($\mu\text{cm.S}^{-1}$), nos tanques A 9 e A 11 da Estação de Hidrobiologia e Piscicultura de Furnas, MG, no período de março a maio de 1998

A condutividade elétrica refletiu, de forma muito nítida, a interrupção da fertilização regular nos tanques. Essa variável, assim como o oxigênio dissolvido no tanque A9, apresentou um padrão temporal caracterizado por duas fases distintas. Em ambos os tanques houve um nítido decréscimo dos valores a partir da primeira semana de abril, embora, para o tanque A 11, esse decréscimo tenha sido mais abrupto (Figura 1). Em março, os valores de condutividade estiveram relativamente elevados, sempre acima de $70 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, na maioria das ocasiões acima de $110 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ e, em algumas ocasiões, atingindo $150 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Quando a fertilização foi interrompida, a condutividade se reduziu, oscilando entre 50 e $90 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ tanto no tanque A9 quanto no A11.

A interpretação dos dados sobre os pigmentos clorofilianos ficou um pouco prejudicada não somente porque tais mensurações não obedeceram a uma frequência diária de coletas mas também devido ao fato de que algumas amostras foram ainda perdidas durante as análises. No entanto os dados são claros em mostrar que a clorofila-a apresentou amplas oscilações em suas concentrações (0 a $400 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$) em ambos os tanques no intervalo de poucos dias. Os "picos" não foram igualmente coincidentes para os dois tanques estudados (Figura 2). Essas oscilações abruptas da clorofila-a confirmam o caráter de instabilidade ecológica existente dentro desses tanques, fato já apontado acima. Essa instabilidade é uma característica comum em ambientes hipereutróficos, onde ocorrem repetidos ciclos de biomassa e produção da comunidade planctônica em breves períodos de tempo. Essa é uma característica indesejável em um tanque de produção de plâncton, uma vez que dificulta enormemente os procedimentos rotineiros da estação.

O fósforo total seguiu um padrão análogo ao da condutividade elétrica em ambos os tanques, embora o tanque A9 tenha apresentado valores mais elevados no período inicial de estudo (Figura 2). No tanque A9, as concentrações de fósforo total chegaram a $3100 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ de P-PO₄ em 24/03/98. A partir do dia 07 de abril elas diminuíram para valores próximos a $700 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ e nos dias seguintes para a faixa de $500 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, aí permanecendo até o final das amostragens. No tanque A11, foram registradas concentrações de até $1560 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ no mês de março de 1998. A partir do dia 07/04/98, essas concentrações oscilaram entre 160 e $560 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$.

A amônia também apresentou um decréscimo de seus valores após a interrupção da fertilização, mesmo considerando-se que os dois tanques tenham apresentado níveis bem diferenciados dessa forma de nitrogênio (Figura 2). Ao contrário do que foi

verificado para o fósforo-total, a amônia apresentou concentrações menores no tanque A9. Nesse tanque, o valor inicial da amônia foi de $515 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ de N-NH₄. Após um abrupto decréscimo em 24/03/98, houve um breve ciclo de aumento com o máximo por volta dos $350 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ de N-NH₄ em 14 de abril. No entanto, a partir de 22 de abril, as concentrações de amônia ficaram sempre abaixo dos $100 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ de N-NH₄. Já no tanque A11, as concentrações iniciais foram muito superiores, atingindo a faixa de $1600 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ de N-NH₄ em 18/03/98. No entanto, após o dia 7 de abril, as concentrações de amônia no tanque A11 ficaram restritas à faixa 0- $150 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ de N-NH₄, excetuando-se um valor acima de $300 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ ocorrido no dia 14 de abril.

As diferenças entre os teores de amônia existentes nos dois tanques sugerem que as magnitudes de certos processos ecológicos desses ambientes são, em determinados momentos, mais importantes para definir a disponibilidade interna desse nutriente do que o aporte externo. Em termos de amônia, os principais processos ecológicos envolvidos são a atividade de bactérias aeróbicas e a excreção do zooplâncton. Em primeira linha, as concentrações de amônia irão depender da atividade das bactérias aeróbicas *Nitrosomonas* e *Nitrobacter* que oxidam a amônia a nitrito e nitrato, respectivamente (Pinto-Coelho, 2000). Se houver déficit em oxigênio, essas bactérias ficam impedidas de metabolizar a amônia e essa forma de nitrogênio acumula-se na água. Outro fator muito importante nesse processo oxidativo da amônia é a luz, que inibe a ação dessas bactérias (Torres, 1998). A biomassa de zooplâncton, peixes e outros invertebrados presentes na água também podem influenciar os teores de amônia. Esses organismos são amoniotéticos, ou seja, excretam o nitrogênio sob a forma de amônia. Estudos recentes conduzidos em sistemas tropicais revelaram que o zooplâncton exerce um papel fundamental na ciclagem interna de nitrogênio em lagos eutróficos (Pinto-Coelho *et al.*, 1997).

O nitrogênio total também foi muito afetado pela interrupção das fertilizações (Figura 2). O tanque A9 apresentou as maiores concentrações iniciais e durante o período de fertilizações, com concentrações de TKN na faixa de 10 a $20 \text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Esses valores foram gradualmente diminuindo, atingindo valores próximos a $2 \text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ no dia 28 de abril, permanecendo nesse patamar até o final das amostragens. O tanque A11, embora tenha apresentado valores iniciais menores, na faixa de 6 a $12 \text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ de TKN também apresentou uma tendência de queda gradual dos teores de TKN, de modo similar ao que foi visto para o tanque A9.

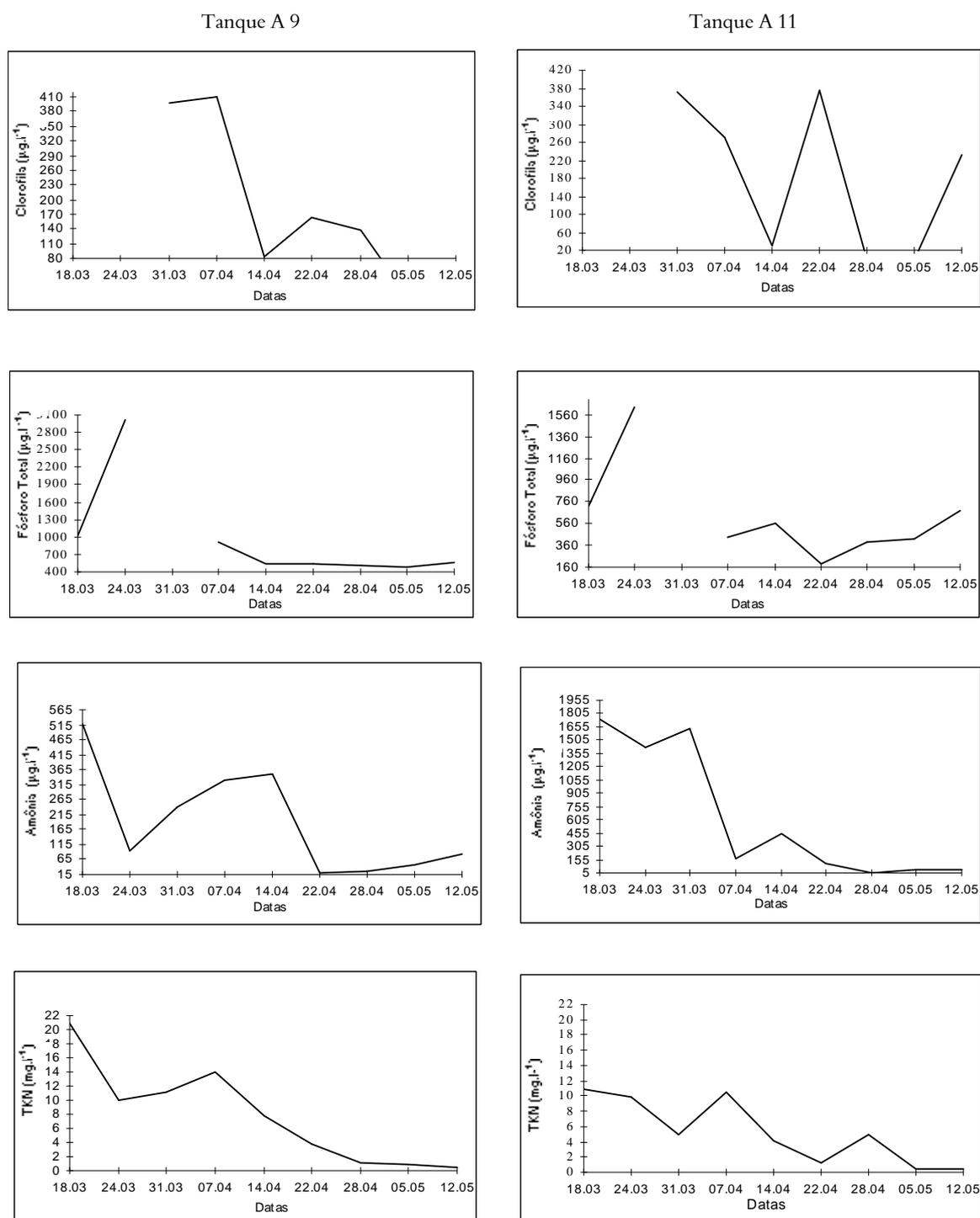


Figura 2. Variação temporal clorofila-a ($\mu\text{g.l}^{-1}$), fósforo total ($\mu\text{g.l}^{-1}$), amônia ($\mu\text{g.l}^{-1}$), TKN (mg.l^{-1}) nos tanques A 9 e A 11 da Estação de Hidrobiologia e Piscicultura de Furnas, MG, no período de março a maio de 1998

O nitrogênio total engloba várias formas de nitrogênio orgânico normalmente presente no seston. Ele é o somatório de todas as formas de moléculas inorgânicas e orgânicas onde o nitrogênio seja um elemento constituinte de relevância tais como proteínas,

aminoácidos e ácidos nucleicos, principalmente. Normalmente existe uma alta associação entre os valores de TKN e os valores de proteínas totais (Costa, 1994). A queda dos níveis de TKN reflete mais do que uma mera diminuição do aporte de nutrientes. Ela reflete também

um gradual abaixamento da atividade microbiológica dentro dos tanques e revela que esses sistemas necessitam de um aporte de nutrientes para manter sua elevada produção biológica.

O zooplâncton apresentou amplas oscilações de biomassa no período de estudos (Figura 3). A interrupção da fertilização causou um notável aumento dos valores de biomassa em ambos os tanques. No período da fertilização, os valores de biomassa total em ambos os tanques foi sempre inferior a $0,5 \text{ mg.l}^{-1}$ mas,

por volta do dia 13 de abril, a biomassa nos tanques aumentou para os patamares de $1,0$ a $1,5 \text{ mg.l}^{-1}$, nos tanques A9 e A11, respectivamente. Esse aumento, no entanto, não permaneceu por muito tempo e, por volta do dia 04 de maio, as concentrações de biomassa voltaram a níveis comparáveis ao início de março. Um segundo e breve ciclo de aumento nos valores de biomassa pode ser observado nos dois tanques no início de maio mas os valores máximos ficaram próximos a $1,0 \text{ mg.l}^{-1}$.

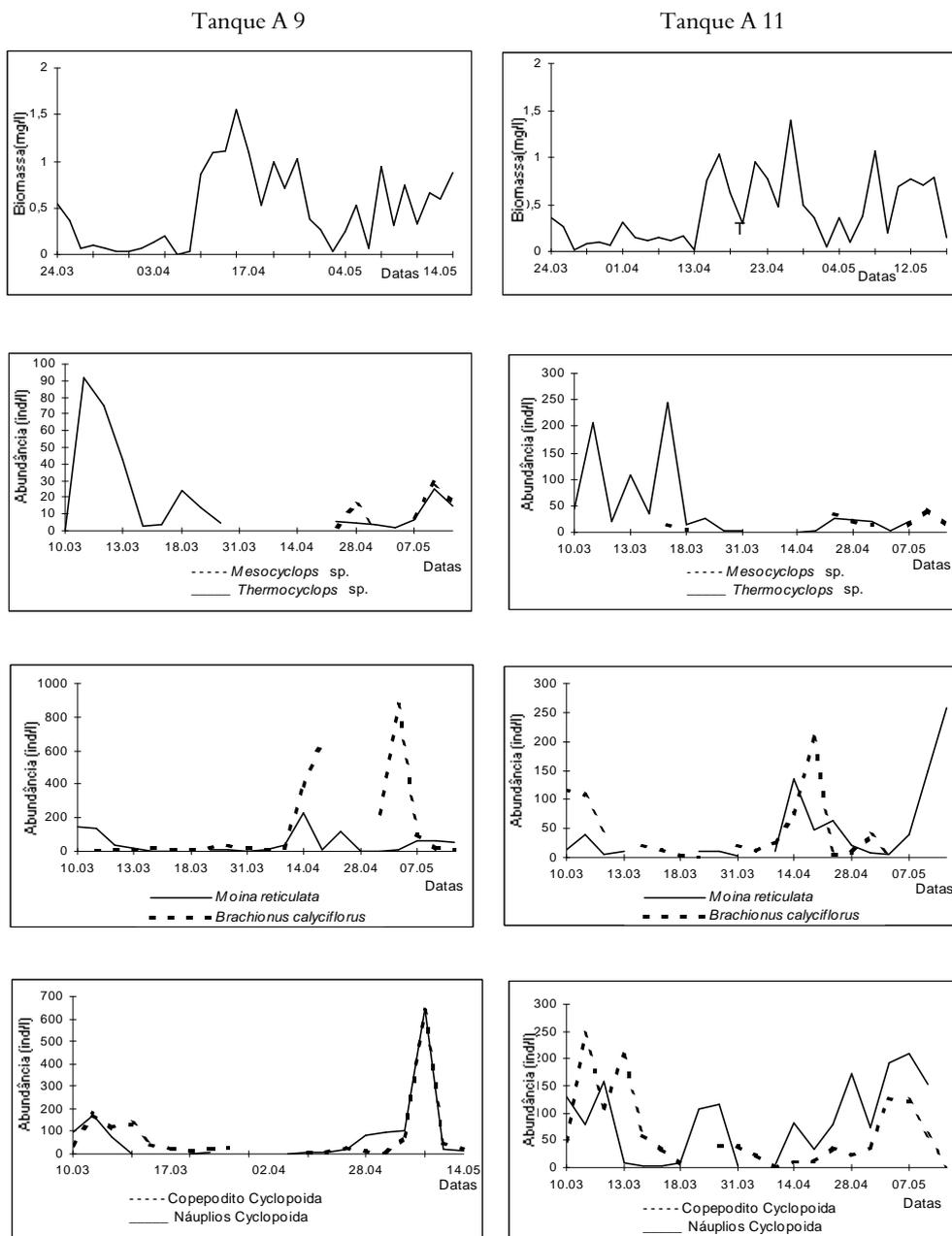


Figura 3. Variação temporal da biomassa total do zooplâncton, abundância relativa dos gêneros *Mesocyclops* e *Thermocyclops*, das espécies *Moina reticulata* e *Brachionus calyciflorus* e dos estágios de desenvolvimento de Náuplios e Copepodito, nos tanques A 9 e A 11 da Estação de Hidrobiologia e Piscicultura de Furnas, MG, nos meses de março, abril e maio de 1998

Durante o período de fertilização intensiva, o zooplâncton foi dominado em ambos os tanques por ciclopóides, especialmente *Thermocyclops* sp (Figura 3). Esses organismos são muito comuns na maioria dos reservatórios eutróficos brasileiros, sendo muito resistentes a condições hipereutróficas da água, tais como déficit de oxigênio, valores elevados de condutividade e altas concentrações de amônia (Pinto-Coelho, 1998). Todas essas condições foram observadas nesses tanques durante a primeira fase dos estudos. Pouco se sabe sobre a dieta desses organismos a não ser sua habilidade em conviver com *blooms* de cianobactérias (Pinto-Coelho, 1983). Mas devido ao seu pequeno porte, habilidade em fugir de ataques de predadores visuais e complexidade no ciclo de vida, com possíveis mudanças em seu nicho trófico ao longo de seu desenvolvimento ontogenético, é bem provável que não sejam organismos muito adequados para a alimentação de alevinos.

Após a interrupção do período de fertilização, três organismos se destacaram na comunidade do zooplâncton dos dois tanques: *Moina* sp, o rotífero *Brachionus calyciflorus* e *Mesocyclops* sp (Figura 3). Nesse período, as formas imaturas de copépodes ciclopóides (náuplios e copepoditos) também se destacaram (Figura 3). As populações de *Moina* parecem estar associadas a maior disponibilidade de concentrações de clorofila-a, como por exemplo, nos dias 07/04 para o tanque A 9 e dias 07/04/98 e 12/05/98 para o A 11.

Não existem dúvidas de que grandes cladóceros e rotíferos são organismos muito mais desejáveis para um tanque de cultivo de plâncton do que *Thermocyclops*, devido a sua capacidade de escape, grande tamanho e baixo valor nutricional. Os cladóceros, principalmente os gêneros *Daphnia* e *Moina*, são de grande importância na piscicultura. Esses organismos são muito estudados quanto às condições ótimas de cultivo, devido ao alto teor nutritivo e facilidade de produção (Blanco e Tacon, 1989; Macedo, 1999).

O alimento comumente usado na larvicultura comercial de peixes tropicais é mesozooplâncton, principalmente *Moina* sp, *Daphnia* sp e *Artemia* nauplii (Lim e Wong, 1997). Observações sobre a dieta alimentar de alevinos de trairão (*Hoplias lacerdae*) na própria estação de piscicultura de Furnas indicam que organismos grandes, tais como copépodes e cladóceros, fazem parte comumente da dieta desses alevinos, e são, portanto, normalmente oferecidos aos alevinos de “trairão” a partir do quinto dia de vida até os 60 dias após o nascimento (Sá Júnior, 1994).

Os cladóceros e rotíferos não puderam estabelecer populações minimamente estáveis juntamente com *Thermocyclops* nos tanques, enquanto as condições da água estiveram particularmente ruins, principalmente em março, quando as concentrações de oxigênio foram particularmente baixas (comparar, por exemplo as figuras 1 e 3). Embora a predação seja largamente aceita como um dos principais fatores reguladores da comunidade zooplancônica, existem vários estudos experimentais indicando a existência de fortes interações competitivas entre rotíferos, cladóceros e copépodes principalmente em relação a certos tipos de algas, tais como os fitoflagelados (Dodson, 1974, Lynch, 1979, Gilbert, 1985, Gilbert e Stemberger, 1985 e Rothhaupt, 1990). Os cladóceros e rotíferos apenas passaram a dominar o zooplâncton dos tanques decorridas uma a duas semanas após a última fertilização. Mesmo assim, todos os organismos que vieram a dominar o zooplâncton são típicos habitantes de águas eutróficas a hipereutróficas em muitos reservatórios brasileiros (Pinto-Coelho, 1998).

É importante destacar a ocorrência do predador *Mesocyclops* em ambos os tanques, ao final do período de estudos (Figura 3). *Mesocyclops* sp é um predador voraz, capaz de predação rotíferos e pequenos cladóceros. Sua presença nos tanques deve ter sido um fator importante para o decréscimo das populações de *Moina* sp e *B. calyciflorus* nos tanques. A presença de predadores ciclopóides pode ser vista como um problema para o cultivo de zooplâncton em larga escala a céu aberto. O papel de *Mesocyclops* como predador já é bem conhecido (Williamson, 1980). Além disso, outros estudos indicam que esse organismo é capaz de regular até mesmo populações de grandes invertebrados de herbívoros aquáticos, tais como *Anopheles albimanus* (Marten, 1989). Assim sendo, esses organismos podem facilmente regular ou mesmo dizimar populações de organismos desejáveis, tais como os cladóceros, e representam, na realidade, um importante fator de perda (e prejuízos comerciais) em qualquer estação de piscicultura.

Em relação à variação no *status* nutricional da comunidade de zooplâncton estudada nos dois tanques de plâncton, deve ser observado que a faixa de valores observada para os lípidos totais (6-10%) coloca as comunidades estudadas dentro da categoria de baixo valor nutritivo (Figura 4). Um estudo recente na própria estação de piscicultura de Furnas, conduzido em outubro de 1996, que utilizou os mesmos protocolos metodológicos, constatou que, quando os tanques estão em melhores condições

para produção e qualidade da água e, sob dominância de *Diaphanosoma birgei*, os valores podem chegar a 25% do peso seco (Pinto-Coelho *et al.*, 1997), valores bem maiores que os encontrados nesse estudo. No entanto, pode-se observar no tanque A9 que houve um pequeno aumento nos teores de lipídeos quando houve uma diminuição da abundância relativa de copépodes adultos e aumento das formas jovens ainda em março de 1998. No tanque A11, os valores mais elevados de lipídeos totais foram obtidos no final de abril e início de maio quando eram abundantes as formas imaturas de copépodes ciclopoídes. Segundo Goulden e Henry (1988), formas jovens de copépodes e cladóceros acumulam uma grande quantidade de lipídeo como reserva energética que pode ser usada, no caso de indivíduos adultos para suprir necessidades metabólicas durante períodos de limitação na alimentação ou para alocação na prole.

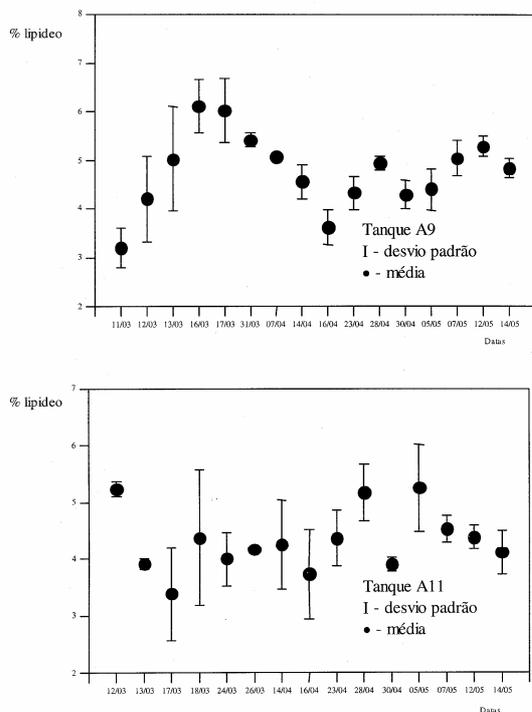


Figura 4. Variação temporal da porcentagem de lipídeo total do zooplâncton dos tanques A 9 e A 11 da Estação de Hidrobiologia e Piscicultura de Furnas, MG, no período de março a maio de 1998

Pode-se concluir com o estudo que a frequência de adubação adotada na estação de piscicultura de Furnas garante que valores elevados de condutividade, amônia, fósforo total e TKN sejam mantidos. A adubação garante, por exemplo, a existência de grandes quantidades de amônia (valores máximos de até $1800 \mu\text{g.l}^{-1}$ de N-NH_4) e fósforo total (máximo de $3100 \mu\text{g.l}^{-1}$ P-PO_4), um

quase que permanente déficit de oxigênio dissolvido no fundo dos tanques (mínimo de 0 mg.l^{-1}), aliadas a valores muito elevados de clorofila-a (máximo de até $410 \mu\text{g.l}^{-1}$) e de consumidores heterotróficos (máximo de até $1,5 \text{ mg peso seco.l}^{-1}$ de zooplâncton). Os tanques, no entanto, são mantidos em um estado de hipereutrofia avançada, condição essa por definição muito instável. Essa instabilidade acarreta abruptas modificações na comunidade zooplânctônica e dominância de organismos pouco propícios como alimentos de alevinos. A interrupção da fertilização causou uma rápida reversão desse quadro.

Apesar da alta oferta de nutrientes (N e P), o zooplâncton manteve valores baixos de lipídeos totais durante todo o período de estudos, demonstrando, possivelmente pouca eficiência de absorção e assimilação desses nutrientes pela comunidade. Existiu, no entanto, uma discreta variação desses valores, sendo que os maiores valores de lipídeos, por sua vez, não coincidiram com períodos os maiores valores de biomassa total do zooplâncton. Essa constatação sugere que o zooplâncton esteja consumindo partículas de baixo valor nutricional, tais como detritos e bactérias. A baixa eficiência de assimilação (A/I) de cadeias tróficas baseadas em bactérias ou detritos é bem estabelecida na literatura, seja em ambientes marinhos ou epicontinentais (Begon *et al.* 1986).

As variações no *status* nutricional da comunidade estudada foram caracterizadas por oscilações no conteúdo de lipídeos totais do zooplâncton de acordo com a abundância relativa de cladóceros e copépodes diferenciado quanto a seus estágios larvais e formas adultas. O máximo observado indica que cladóceros e copépodes jovens acumulam maior quantidade de lipídeo.

A pesquisa conclui que o regime de adubação dos tanques de plâncton deve ser profundamente revisto. Em primeiro lugar, o aporte de matéria orgânica deve ser drasticamente reduzido ou mesmo cancelado. A frequência de adubação deve ser revista com a ampliação em pelo menos 50% do intervalo entre duas adubações sucessivas. Finalmente, os teores de nitrogênio e fósforo também podem ser reduzidos em pelo menos uma ordem de magnitude.

Agradecimentos

Este trabalho foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG), convênio CRA 1897/96, em convênio estabelecido entre a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e a Estação de Hidrobiologia e Piscicultura

da Usina Hidroelétrica de Furnas. Os autores ainda agradecem ao Biólogo Dirceu M. Ribeiro, Diretor desta estação, pelo apoio logístico e pelo estímulo dado ao estudo.

Referências bibliográficas

- Blanco, L.T.; Tacon, A.G.J. La produccion de alimento vivo y su importancia en acuicultura. PROGRAMA COOPERATIVO EXPERIMENTAL, FAO. 90p. 1989
- Begon, M.; Harper, J.L.; Townsend, C.R. Ecology: individuals, populations and communities. Blackwell: Oxford. 945 p. 1986
- Costa, A.R.G. *Parâmetros bioquímicos do zooplâncton no reservatório da Pampulha: comparação de métodos de determinação protéica*. Belo Horizonte, 1994. (Monografia de Bacharelado C. Biológicas) – Universidade Federal de Minas Gerais. 39 p.
- Dodson, S.I. Zooplankton competition and predation: an experimental test of the size efficiency hypothesis. *Ecology*, 55:605-613, 1974.
- Gilbert, J.J. Competition between rotifers and Daphnia. *Ecology*, 66(6):1943-1950, 1985.
- Gilbert, J.J.; R.S. Stemberger. Control of Keratella populations by interference competition from Daphnia. *Limnol. Oceanogr.*, 30(1):180-188, 1985.
- Goulden, C.E.; Henry, L.L. Lipid energy reserves and their role in cladocera. In: Meyers, D.G.; Stricker, J.R. (eds). *Trophic interactions within aquatic ecosystems*. Selected Symposium AAAS, Washington, AAAS, 1988. p. 167-185, 1988.
- Lim, L.C.; Wong, C.C. Use of the rotifer *Brachionus calyciflorus* Pallas, in freshwater ornamental fish larviculture. *Hydrobiologia*, 358:269-273. 1997
- Lynch, M. Predation, competition and zooplankton community structure *Limnol. Oceanogr.*, 24(2):253-272, 1979.
- Macedo, C.F. *O estudo da qualidade nutricional de duas espécies de cladóceros em relação às clorófitas Ankistrodesmus gracilis e Scendesmus quadricauda*. Belo Horizonte, 1999. (Master's Thesis in Ecology) - Universidade Federal de Minas Gerais.
- Marten, G.G.; Astasia, R.; Suarez, M.F.; Monje, C.; Reid, J.W. Natural control of larval *Anopheles albimanus* (díptera:culicidae) by the predator *Mesocyclops* (copepoda:cyclopoida). *J. Med. Entomol.*, 26(6):624-627, 1989.
- Masson, J.; Pinel-Alloul, B. Spatial distribution of zooplankton biomass size fractions in a bog lake: abiotic and (or) biotic regulation? *Can. J. Zool.*, 76:805-823, 1998.
- Meyer, E.; Walther, A. Methods for estimation of protein, lipid, carbohydrate and chitin levels in freshwater invertebrates. *Archiv fur Hydrobiologie*, 113:161-77, 1988
- Oliveira, D.B.S de; Sipaúba-Tavares, L.H; Durigan, J.G. Estudo limnológico em tanques de piscicultura. Parte II: Variação semanal de fatores físicos, químicos e biológicos. *Acta Limnol. Brasil.*, 4:123-137, 1992.
- Paggi, J.C. Las pulgas d'água: os Cladocera. *Rev. Assoc. Cienc. Nat. Litoral*, 6:85-107, 1975.
- Pinto-Coelho, R.M. Effects of eutrophication on seasonal patterns of mesozooplankton in a tropical reservoir: a four years study in Pampulha Lake, Brazil. *Freshwater Biol.*, 39:173-187, 1998.
- Pinto-Coelho, R.M. *Efeitos do zooplâncton na composição qualitativa e quantitativa do fitoplâncton no lago Paranoá, Brasília, DF*. Brasília, 1983. (Master's Thesis in Ecology) - Universidade de Brasília.
- Pinto-Coelho, R.M. *Fundamentos em Ecologia*. Porto Alegre : Artes Médicas, 2000. 252 p.
- Pinto-Coelho, R.M., Sa Júnior, W.P.; Corgosinho, P.H. Variação nictemeral do status nutricional do zooplâncton em tanques de cultivo de plâncton. *Rev. Unimar*, 19(2):521-535, 1997.
- Pinto-Coelho, R.M., Moura, R.T.; Moreira A. Zooplankton and bacteria contribution to phosphorus and nitrogen internal cycling in a tropical and eutrophic reservoir: Pampulha Lake, Brazil. *Int. Revue Ges. Hydrobiol.* 82(2):185-200. 1997.
- Rothhaupt, K.O. Resource competition of herbivorous zooplankton: a review of approaches and perspectives. *Arch. Hydrobiol.*, 118:1-29, 1990.
- Sá Junior, W.P. Production of planktonic biomass for feed alevines at the Furnas Hydrobiology and Hatchery station. In: Pinto-Coelho, R.M.; Giani, A.; Sperling, E.V. *Ecology and human impact on lakes and reservoirs in Minas Gerais.*, Belo Horizonte: MG Segrac, 1994. p. 133-142.
- Sargent, J; Henderson, R.J.; Tocher, D.R. The lipids. In: Halver, J.E. *Fish nutrition*. 2.ed. Academic Press, 1989. p. 154-218.
- Sipaúba-Tavares, L.H. e Rocha, O. Sobrevivência de larvas de *Piaractus mesopayamicus* (Holmberg, 1887) (Pacu) e *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) (Tambaqui), cultivados em laboratório. *Biotemas*, 7:46-56, 1994.
- Tessier, A.J. ; Goulden, C.E. Estimating food limitation in cladoceran populations. *Limnol. Oceanogr.*, 27(4):707-717, 1982.
- Torres, I.C. *Determinação da influência dos tributários na qualidade de água da represa da Pampulha*. Belo Horizonte, 1998. (Master's Thesis in Ecology) - Universidade Federal de Minas Gerais.
- Watanabe, T.; Kiron, K. Prospects in larval fish dietetics. *Aquaculture*, 124:223-251, 1994.
- Williamson, C.E. The predatory behaviour of *Mesocyclops* edax: predator preference, prey defences, and starvation induced changes. *Limnol. Oceanogr.*, 25(5):903-909, 1980.
- Zollner N; Kirsch, K. Uber die quantitative bestimmung von lipoiden (Mikromethode) mittels der vilen naturlichen lipoiden (allen bekannten Plasmalipoiden) gemeinsamen sulphosphovanillin-reaktion. *Zeitschrift fur die gesamte experimentelle. Medizin*, 135:545-561. 1962.

Received on May 17, 2000.

Accepted on July 13, 2000.

