

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES NÍVEIS DE ALCALINIDADE DA ÁGUA DE VIVEIROS SOBRE O CRESCIMENTO DE LARVAS DE *Prochilodus lineatus* *

Nilton Eduardo Torres ROJAS ^{1,5}; Odete ROCHA ²; Cleide Schmidt Romeiro MAINARDES PINTO ³; Alexandre Livramento da SILVA ⁴

RESUMO

As relações entre a alcalinidade e outras variáveis químicas da água têm importante papel na produtividade global dos ecossistemas aquáticos, por fazerem parte de importantes processos químicos e fisiológicos. Os procedimentos de calagem, que alteram a alcalinidade da água e promovem uma reorganização biológica, resultam, freqüentemente, em respostas favoráveis da biota em curto período de tempo. Assim, o crescimento de larvas de curimatá (*Prochilodus lineatus* Valenciennes, 1836, Characiformes, Prochilodontidae) e variáveis limnológicas foram estudadas em viveiros com diferentes níveis de alcalinidade da água. O experimento, com duração de 60 dias, consistiu de três tratamentos: **A** - sem correção da alcalinidade natural; **B** - com correção semanal da alcalinidade para 30 mg de CaCO₃/L; **C** - com correção semanal da alcalinidade para 60 mg de CaCO₃/L, com duas repetições cada um. Foram monitorados os valores de temperatura máxima e mínima do ar e da água, alcalinidade, dureza, cálcio, pH, condutividade, oxigênio dissolvido, sólidos em suspensão, transparência, amônia, nitrito, nitrato, fósforo total, fosfato dissolvido, clorofila a e peso da fração orgânica do zooplâncton. Foram determinados o crescimento em comprimento total e em peso seco e a relação peso seco-comprimento total das larvas nos diferentes tratamentos. Os resultados permitem concluir que a manutenção de larvas de curimatá sob o valor médio de alcalinidade de 34,67±3,75 mg CaCO₃/L (tratamento B), que proporciona valor médio de cálcio de 4,68±0,97 mg Ca²⁺/L, é recomendada por promover melhor desempenho em crescimento e condições limnológicas mais apropriadas para as larvas.

Palavras-chave: larvicultura; curimatá; *Prochilodus lineatus*; crescimento de peixe; calagem

INFLUENCE OF DIFFERENT LEVELS OF POND WATER ALKALINITY ON THE GROWTH OF *Prochilodus lineatus* LARVAE

ABSTRACT

The relations between alkalinity and other chemical variables play an important role in the global productivity of aquatic ecosystems, due to their influence on vital chemical and physiological processes. Liming procedures, that alter water alkalinity, promote a biological reorganization, frequently resulting in favorable response of the biota in a short period of time. Thus, the growth of curimatá (*Prochilodus lineatus* Valenciennes, 1836, Characiformes, Prochilodontidae) larvae and limnological variables were studied in ponds with different levels of water alkalinity. The experiment was carried out over a period of 60 days and consisted of three treatments: **A** - without any correction of natural alkalinity; **B** - with weekly alkalinity correction to 30 mg CaCO₃/L; **C** - with weekly alkalinity correction to 60 mg CaCO₃/L, each one with two repetitions. The following variables were monitored: maximum and minimum air and water temperature, alkalinity, hardness, calcium, pH, conductivity, dissolved oxygen, suspended solids, transparency, ammonia, nitrite, nitrate, total phosphorus, dissolved phosphate, chlorophyll *a* and organic fraction weight of zooplankton. The growth in total length and dry weight was determined, as well as the relation between dry weight and total length of the larvae in the different treatments. The results indicate that the maintenance of curimatá larvae under mean alkalinity value of 34.67±3.75 mg CaCO₃/L (treatment B), which provides mean calcium value of 4.68±0.97 mg Ca²⁺/L, is recommended for promoting better larvae performance in growth and more appropriate limnological conditions.

Key words: larviculture; curimatá; *Prochilodus lineatus*; fish growth; liming

Artigo Científico: Recebido em 29/01/2004 - Aprovado em 09/08/2004

¹ Pesquisador Científico - Instituto de Pesca - APTA - SAA - e-mail: niltonrojas@uol.com.br

² Profa. Dra. - Universidade Federal de São Carlos - DEBE

³ Pesquisador Científico - APTA - Vale do Paraíba - SAA

⁴ Médico Veterinário - Treinamento - APTA Vale do Paraíba - SAA

⁵ Endereço/Address: Instituto de Pesca - Av. Francisco Matarazzo, 455 - Água Branca - CEP: 05001-900 - São Paulo/SP/Brasil

* Trabalho financiado parcialmente pelo "Criando Peixe - curso sobre piscicultura"

INTRODUÇÃO

A calagem é considerada um procedimento de manipulação de ecossistemas aquáticos (BOYD, 1990) e uma das práticas mais comumente empregada na aqüicultura (ARANA, 2004), que melhora a qualidade da água do viveiro e dos efluentes (BOYD e QUEIROZ, 2004), devido a mudanças da alcalinidade e da concentração de cálcio na água, que promovem alterações de outros parâmetros químicos e da comunidade biótica.

Com a calagem, a biomassa de fitoplâncton é inicialmente reduzida, podendo retornar, após algum tempo, em níveis até mais elevados (BENGTSON *et al.*, 1980), devido à redução da toxicidade do alumínio e da concentração de íons H^+ e à mudança da composição de nutrientes (HASSELROT e HULTBERG, 1984; WEATHERLEY, 1988). Conseqüentemente, o aumento da disponibilidade de alimento para espécies filtradoras geralmente leva a incrementos da abundância de rotíferos, cladóceros e copépodes, na ausência de peixes predadores (ERIKSSON *et al.*, 1983).

Incremento da sobrevivência de alevinos de *Morone saxatilis* foi obtido com maiores concentrações de cálcio na água, devido à facilitação da osmorregulação, à redução da toxicidade dos íons hidrogênio, amônio e metálicos (GRIZZLE *et al.*, 1985), assim como ao fato de proporcionar maior resistência à despesca, em razão de uma melhor formação dos ossos dos peixes (MALDLIN II *et al.*, 1986). BOYD (1990) verificou que a dureza da água, que pode ser modificada pelos procedimentos de calagem, interfere na eclosão dos ovos de *Hypophthalmichthys molitrix*, enquanto que larvas de *Ictalurus punctatus* não se desenvolvem bem em baixos valores desta variável. O crescimento e a sobrevivência de larvas de *Rhamdia quelen* também foram maiores em valores de dureza mais elevados (TOWNSEND *et al.*, 2003).

Ensaio preliminares mostraram que a calagem do solo de viveiros ou a correção da alcalinidade da água, antes do início do povoamento e através dos procedimentos tradicionalmente utilizados, não fornecem adequadas reservas alcalinas para o desenvolvimento das comunidades bióticas.

Assim, neste trabalho procurou-se analisar a influência da manutenção de diferentes níveis de alcalinidade da água sobre as características limnológicas de viveiros e sobre o crescimento de larvas de curimatá, *Prochilodus lineatus*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no Núcleo de Aqüicultura do Instituto de Pesca, em Pindamonhangaba, SP, em seis viveiros escavados na terra, com 180 m² de espelho d'água (6 m X 30 m) cada um.

Os tratamentos empregados foram: A - sem correção da alcalinidade natural; B - com correção semanal da alcalinidade para 30 mg $CaCO_3/L$; C - com correção semanal da alcalinidade para 60 mg $CaCO_3/L$. Para a correção da alcalinidade empregou-se cal hidratada ($CaCO_3 \cdot 2H_2O$), oxidada por um período de 12 horas antes de ser utilizada para evitar bruscas variações do pH da água. Cada tratamento teve duas repetições. A definição dos tipos de tratamento baseou-se na alcalinidade natural da água (ao redor de 20 mg de $CaCO_3/L$) e em resultados de ensaios preliminarmente realizados.

Anteriormente ao início do experimento, os viveiros foram mantidos sem água por um período de sete dias, sendo submetidos, após este período, a uma calagem inicial com 100 g/m² de cal hidratada. Os viveiros não foram fertilizados.

Antes do povoamento, os viveiros foram preenchidos com água, sendo o fluxo controlado para manutenção do nível da água e da alcalinidade desejados.

As larvas de curimatá utilizadas nos tratamentos, obtidas através de reprodução induzida de 10 ternos (um macho e duas fêmeas), permaneceram em incubadoras por três dias depois da eclosão e, após estimativa numérica, foram transferidas para os viveiros de experimentação. Em uma amostra de 20 larvas verificaram-se os comprimentos totais, pesos úmidos e pesos secos.

A contagem do número total de larvas e alevinos, no início e no término do experimento, foi realizada por amostragem. As larvas de 20 amostras, coletadas em béqueres de 200 ml, foram contadas, obtendo-se o número médio de larvas/mililitro. Em função do volume de água retirado da incubadora e empregado no povoamento, estimou-se o número total de larvas de cada viveiro. Para o cálculo do número de alevinos procedeu-se de maneira semelhante, mas empregando-se o número médio de indivíduos contidos em 0,5 kg de peixe coletado com peneira, processo esse realizado 20 vezes (peneiradas). A densidade inicial média de indivíduos foi 131,8; 155,0 e 128,9 larvas/m², para os tratamentos A, B e C, respectivamente.

Após a primeira semana, as larvas passaram a receber, *ad libitum* e duas vezes ao dia, ração com 40% de proteína bruta.

Diariamente foram registrados valores de temperatura, máxima e mínima do ar e da água, e da transparência por meio do disco de Secchi.

O zooplâncton foi coletado, semanalmente, por arrasto em toda a extensão do viveiro, utilizando-se rede de plâncton de 60 mm de abertura de malha. Os organismos foram fixados em formalina 4%, para determinação posterior do peso da fração orgânica, feita através do método gravimétrico. A concentração de clorofila *a* foi determinada, semanalmente, através da metodologia descrita em GOLTERMAN e CLYMO (1969), com as modificações propostas por WETZEL e LIKENS (1991).

As concentrações de amônia, nitrito, nitrato, fósforo total e fosfato dissolvido foram determinadas a cada 12 horas, e as medidas de pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido (O.D.), alcalinidade, dureza, cálcio, a cada 6 horas, durante um período de 24 horas e em intervalos de uma semana. Os valores de sólidos em suspensão (S.S.) foram verificados uma vez por semana. Essas análises seguiram a metodologia descrita em APHA (1975) e foram realizadas na água dos viveiros e naquela de abastecimento.

A cada quinze dias foram medidos e pesados 40 indivíduos de cada viveiro. O experimento teve duração de 60 dias.

As equações de crescimento em comprimento total e em peso seco em função do tempo e as relações peso seco-comprimento total foram obtidas pelo ajustamento das curvas através do método indutivo (SANTOS, 1978). A existência ou não de diferença significativa entre os tratamentos para o crescimento em comprimento total e em peso seco, concentração de clorofila *a*, peso da fração orgânica do zooplâncton

e variáveis químicas da água, foi verificada, inicialmente, pelo Teste de Kruskal-Wallis. Havendo diferença entre os resultados dos tratamentos, os mesmos foram comparados pelo teste não-paramétrico de Dunn (ZAR, 1999). Para comparação das relações peso seco-comprimento total foi empregada a combinação das análises de variância e de regressão, denominada Análise de Covariância (ANCOVA), através do "Teste de Homogeneidade" (AYRES *et al.*, 2000).

Para as análises estatísticas foram empregados níveis de significância de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As larvas de *P. lineatus* utilizadas no experimento apresentaram, no início, em média, 0,701±0,029 cm de comprimento total; 1,0±0,2 mg de peso úmido e 0,10±0,04 mg de peso seco (n = 20). Por terem sido transferidas para os viveiros apenas três dias após a eclosão, as larvas eram de pequeno tamanho e possuíam órgãos ainda em diferenciação.

As densidades iniciais de estocagem estimadas foram 131,8; 155,0 e 128,9 larvas/m², para os tratamentos A, B e C, respectivamente (Tabela 1). A maior densidade final foi 24,8 alevinos/m², no tratamento A, e a menor, 17,6 alevinos/m², no tratamento B. As taxas de sobrevivência ao final do experimento variaram entre 10 e 20% e podem ter sido influenciadas pela fragilidade das larvas, que morrem principalmente nos primeiros dias após a soltura no viveiro. No entanto, podem ser consideradas satisfatórias, uma vez que o período de larvicultura foi de 60 dias e os alevinos produzidos tinham tamanho apropriado para venda (acima de 5 cm). Também, a densidade de estocagem não deve ter influenciado nos resultados de crescimento dos peixes, pois seu valor inicial assim como aquele ao final do experimento podem ser considerados baixos.

Tabela 1. Valores médios da densidade inicial de estocagem de larvas, número total de larvas no início do experimento, número final de alevinos, densidade final de alevinos e taxa de sobrevivência e valores (±SD) do comprimento total, peso seco e úmido na última semana de experimentação com *Prochilodus lineatus* mantido em viveiros com diferentes níveis de alcalinidade da água

Tratamento	Densidade inicial (larvas/m ²)	Número inicial de larvas	Número final de alevinos	Densidade final (alevinos/m ²)	Sobrev. (%)	Compr. total (cm)	Peso seco (g)	Peso úmido (g)
A	131,8	23.724	4.461	24,8	18,80	5,21 ± 0,80	0,43 ± 0,21	3,66 ± 3,33
B	155,0	27.900	3.168	17,6	11,35	6,49 ± 1,06	1,13 ± 0,66	7,76 ± 6,04
C	128,9	23.202	3.546	19,7	15,27	5,53 ± 0,70	0,57 ± 0,22	4,93 ± 2,94

Acredita-se que, para maximizar o número de alevinos obtidos, os procedimentos de larvicultura que empregam, no povoamento de viveiros, larvas recém-eclodidas poderiam ser constituídos de técnicas mais refinadas, o que permitiria a proteção das larvas em seus primeiros dias de vida. O emprego de tanque de lona coberto, por exemplo, em uma larvicultura inicial de uma semana, possibilitaria às larvas, após serem soltas no viveiro, melhores condições para procurar alimento e evitar predadores.

Na figura 1 são apresentadas as curvas ajustadas e as equações de crescimento em comprimento total e em peso seco e das relações peso seco-comprimento total, para as larvas de *Prochilodus lineatus* nos três tratamentos, A, B e C.

A aplicação inicial do Teste de Kruskal-Wallis e, posteriormente, do Teste de Dunn, demonstra haver diferença significativa entre os tratamentos, sendo o desempenho dos peixes em crescimento em comprimento total e em peso seco melhor no tratamento B, em que as larvas foram mantidas em alcalinidade de $34,67 \pm 3,75$ mg de CaCO_3/L , que nos tratamentos A e C, em que os desempenhos foram semelhantes.

Segundo DURAN e LOUBENS (1969), o crescimento em comprimento é o melhor indicador do desenvolvimento dos peixes, pois está intimamente relacionado às modificações das estruturas do esqueleto, enquanto o crescimento em peso pode sofrer alterações temporárias de ordem fisiológica.

A análise da relação peso-comprimento, que pode ser usada como parâmetro para identificação de subespécie, população ou raça e época de reprodução, fornece informações sobre ritmo e tipo de crescimento (VAZZOLER, 1971; WEATHERLEY, 1972). Porém, neste trabalho, o Teste de Homogeneidade, através do qual se analisaram as relações peso seco-comprimento total, revela que os coeficientes de regressão (*b*) e os interceptos (*a*) provieram do mesmo universo, não havendo diferença significativa entre eles, indicando, então, igualdade no estado nutricional das larvas.

Os valores médios de temperatura do ar, máxima ($32,0 \pm 3,6$ °C) e mínima ($19,8 \pm 1,8$ °C), e da temperatura da água, máxima ($29,5 \pm 2,7$ °C) e mínima ($27,5 \pm 1,4$ °C), indicam que a temperatura esteve dentro dos limites favoráveis para o desenvolvimento de peixes tropicais, conforme sugerido por ARANA (2004).

Os valores dos parâmetros químicos e biológicos analisados permitem constatar a amplitude de variação destas variáveis a que as larvas foram expostas. A aplicação do teste de Kruskal-Wallis e, posteriormente, do teste de Dunn, nos casos em que ocorreu diferença significativa entre os tratamentos, permite

concluir que os tratamentos empregados alteraram a qualidade da água, principalmente com relação aos valores de alcalinidade, dureza e cálcio (Tabela 2).

Os valores de alcalinidade da água foram significativamente diferentes entre os tratamentos e estiveram próximo aos previstos no planejamento inicial. Os níveis de alcalinidade no tratamento em que a alcalinidade deveria ter sido corrigida para 60 mg CaCO_3/L (tratamento C) decresceram rapidamente nas primeiras semanas após a correção e estabilizaram nas últimas, indicando que a preparação dos viveiros deveria ser iniciada duas semanas antes da realização do experimento. Contudo, períodos maiores de preparação de viveiros poderiam favorecer o aparecimento de predadores.

A metodologia comumente utilizada em piscicultura sugere que uma única calagem inicial, antes do povoamento, é suficiente para a manutenção de adequadas reservas alcalinas na água. O tratamento em que não foi realizada correção semanal da alcalinidade (tratamento A), que representa essa metodologia, consistiu em uma calagem inicial com 100 g/m² (1.000 kg/ha) de cal hidratada. Convém ressaltar que este tratamento resultou em menor crescimento das larvas de curimatá.

PROENÇA e BITTENCOURT (1994) recomendam um método empírico, através do qual, utilizando o valor do pH do solo, determina-se a quantidade de cal a ser empregada na calagem, que pode variar de 1.000 a 3.000 kg/ha, para manutenção de uma alcalinidade ideal entre 20 e 300 mg $\text{CaCO}_3/\text{litro}$. ARANA (1997) sugere a realização de uma correção inicial da alcalinidade da água para valores acima de 60 mg CaCO_3/L , a fim de tornar possível o controle das variações do pH, mas não recomenda nenhuma periodicidade na manutenção do valor desta variável. Entretanto, os resultados do presente trabalho indicam menor crescimento das larvas de curimatá em valores de alcalinidade acima de 30 mg $\text{CaCO}_3/\text{litro}$. KUBITZA (1999) recomenda a correção da acidez através do valor do pH da mistura de solo com água destilada, que poderia resultar em quantidades de cal hidratada que variam de 750 a 2.200 kg/ha, para que a alcalinidade seja corrigida para 30 mg $\text{CaCO}_3/\text{litro}$. Este autor sugere que a alcalinidade seja verificada e, caso necessário, corrigida uma ou duas semanas após o enchimento do viveiro, com 500 a 1.000 kg/ha de cal. CECCARELLI *et al.* (2000) recomendam, para água de viveiros com pH em torno de $5,5$ e alcalinidade abaixo de 10 mg CaCO_3/L , a aplicação de 300 a 500 kg/ha de calcário dolomítico, mas não sugerem os níveis de correção desta variável.

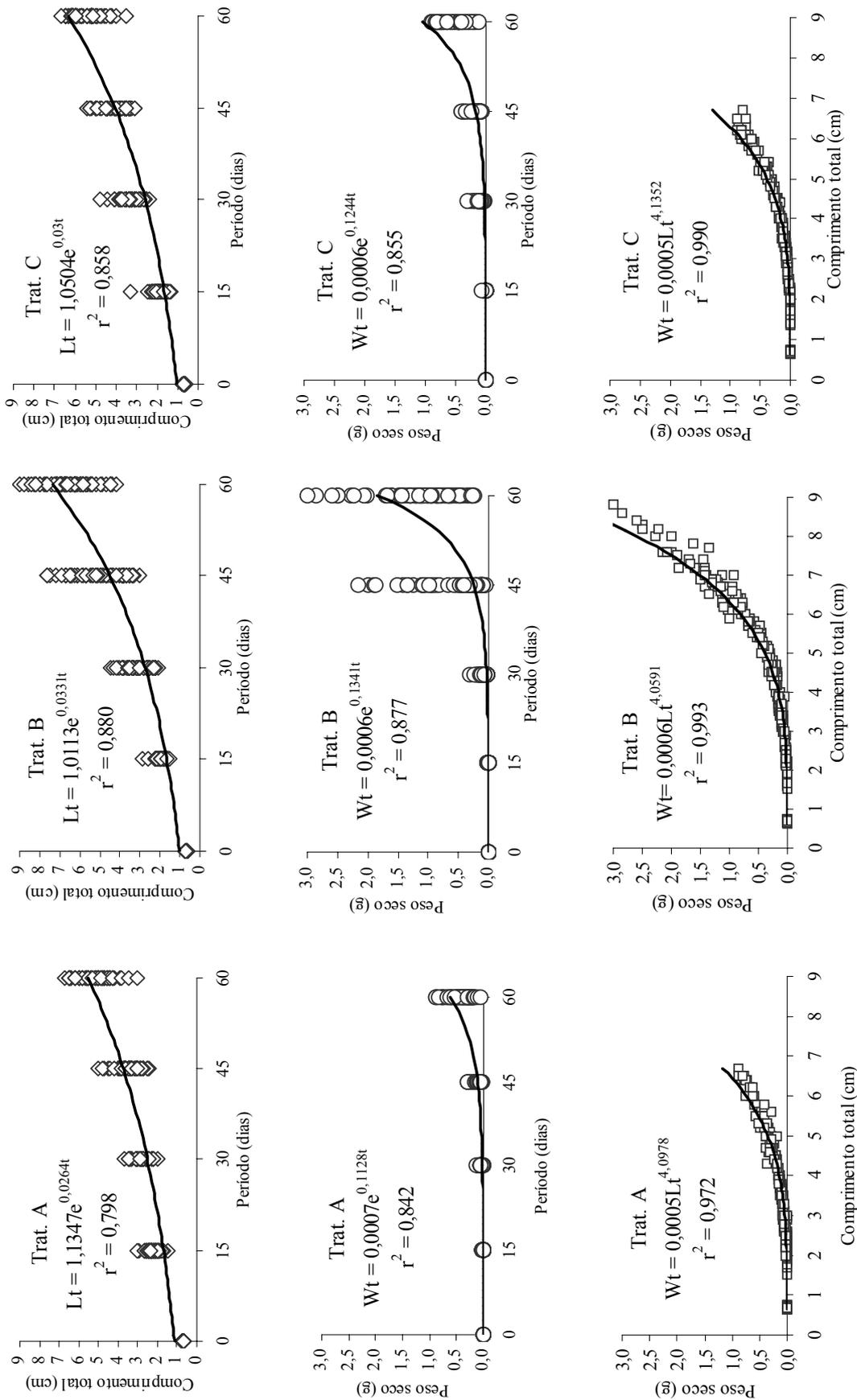


Figura 1. Crescimento em comprimento total e em peso seco, e equações de ajuste exponencial, e relação peso seco-comprimento total e equações de ajuste potencial das larvas de curimbatá, *P. lineatus*, mantidas sob diferentes níveis de alcalinidade da água em três tratamentos: A, B, C

Tabela 2. Valores médios (\pm SD) das variáveis abióticas e bióticas da água de abastecimento e dos viveiros dos três tratamentos de larvicultura de *Prochilodus lineatus*, submetido a diferentes níveis de alcalinidade da água. A água de abastecimento não foi comparada à dos tratamentos.

Variável	Abastecimento	Tratamento A	Tratamento B	Tratamento C
Alcalinidade (mg CaCO ₃ /L)	22,94 \pm 3,39	22,19 \pm 3,79 a*	34,67 \pm 3,75 b	49,74 \pm 6,50 c
Dureza (mg CaCO ₃ /L)	17,20 \pm 2,10	24,75 \pm 5,11 a	28,38 \pm 4,03 b	42,66 \pm 5,67 c
Cálcio (mg Ca ²⁺ /L)	2,87 \pm 0,77	3,93 \pm 0,77 a	4,68 \pm 0,97 b	8,74 \pm 1,99 c
PH	6,79 \pm 0,45	6,92 \pm 0,53 a	7,11 \pm 0,60 a	7,34 \pm 0,69 b
Condutividade (μ S/cm)	41,86 \pm 3,19	56,69 \pm 11,27 a	60,19 \pm 8,94 a	85,89 \pm 11,51 b
O.D. (mg O ₂ /L)	5,78 \pm 0,84	5,81 \pm 1,59 a	5,86 \pm 1,73 a	5,21 \pm 1,54 a
S.S. (mg/L)	6,39 \pm 1,99	8,44 \pm 2,67 a	5,09 \pm 1,93 b	10,81 \pm 9,14 ab
Transparência (cm)	-	70,27 \pm 12,68 a	94,05 \pm 16,42 b	74,09 \pm 24,63 c
Amônia total (mg NH ₄ ⁺ /L)	0,38 \pm 0,11	0,51 \pm 0,20 a	0,37 \pm 0,11 b	0,50 \pm 0,24 a
Nitrito (μ g N-NO ₂ /L)	5,09 \pm 3,32	5,86 \pm 2,55 a	4,14 \pm 2,00 b	6,89 \pm 4,53 a
Nitrato (mg N-NO ₃ /L)	0,10 \pm 0,03	0,10 \pm 0,03 a	0,09 \pm 0,02 a	0,10 \pm 0,02 a
Fósforo total (μ g P-PO ₄ /L)	39,34 \pm 19,32	93,55 \pm 45,52 a	75,65 \pm 34,16 ab	113,17 \pm 68,06 ac
Fosfato dissol. (μ g P-PO ₄ /L)	16,88 \pm 8,40	57,79 \pm 26,94 a	46,62 \pm 29,08 a	71,63 \pm 52,66 a
Clorofila <i>a</i> (μ g/L)	-	6,37 \pm 3,57 a	4,10 \pm 2,87 a	6,73 \pm 6,25 a
Peso zooplâncton (g.10 ⁻²)	-	4,55 \pm 4,14 a	4,37 \pm 3,62 a	4,92 \pm 5,11 a

* Letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos ($p \leq 0,05$).

Na literatura consultada não constam recomendações de correção periódica da alcalinidade da água e nem a indicação para manutenção de valores específicos desta variável. Neste trabalho, os resultados sugerem que, para *P. lineatus*, a alcalinidade da água deve ser corrigida e mantida ao redor de 30 mg de CaCO₃/L, pois proporciona valores de dureza e cálcio próximos a 28 mg CaCO₃/L e 5 mg Ca²⁺/L, respectivamente. SIPAÚBA-TAVARES *et al.* (1999) constataram importantes relações entre a variação da alcalinidade da água, a presença de íons no ambiente e a decomposição bacteriana, a qual pode produzir grandes quantidades de CO₂, aumentando a solubilidade do carbonato de cálcio presente no sedimento. Outras relações foram observadas entre os valores de pH e da alcalinidade da água, que mostraram significativa diferença durante o período de utilização de aerador mecânico, quando comparados com os valores registrados em outros dois períodos, antes e depois do uso desse tipo de equipamento (SIPAÚBA-TAVARES *et al.*, 1999).

BOYD (1990) e MILSTEIN (1992) demonstram a

importância da realização de pesquisas sobre a dinâmica dos fatores físicos, químicos e biológicos do viveiro, a fim de conhecer e, conseqüentemente, potencializar aqueles que favorecem o desenvolvimento dos peixes. TOWNSEND *et al.* (2003) observaram valores mais elevados de sobrevivência de larvas de *Rhamdia quelen* mantidas em água com dureza de 30 mg CaCO₃/L e maiores ganhos de biomassa em água com valores desta variável entre 30 e 70 mg CaCO₃/L, confirmando que o crescimento de outras espécies nativas também pode ser influenciado pelo manejo de parâmetros químicos da água, passíveis de sofrerem alterações provocadas pelo procedimento de calagem.

O pH é uma variável que, ao mesmo tempo em que atua sinergicamente sobre determinadas variáveis químicas, interfere nos processos de permeabilidade da membrana celular e nas relações entre os organismos e o meio (ESTEVES, 1988). Nos viveiros dos três tratamentos, os valores do pH da água variaram entre 6 e 8, encontrando-se, portanto, na faixa considerada favorável por BOYD (1990).

A condutividade elétrica da água verificada no tratamento C ($85,89 \pm 11,51 \mu\text{S}/\text{cm}$) foi maior e significativamente diferente daquela registrada nos tratamentos A ($56,69 \pm 11,27 \mu\text{S}/\text{cm}$) e B ($60,19 \pm 8,94 \mu\text{S}/\text{cm}$), devido à adição semanal de carbonato de cálcio necessário para a correção da alcalinidade da água.

Em relação ao oxigênio dissolvido (O.D.), apenas no tratamento com alcalinidade corrigida para $60 \text{ mg CaCO}_3/\text{L}$ (tratamento C) verificaram-se valores abaixo do limite inferior aceitável desta variável, que é de $4 \text{ mg O}_2/\text{L}$ (BOYD, 1990), indicando um provável aumento da atividade microbiana, possivelmente relacionado a maiores níveis de alcalinidade, provocado pela redução da quantidade de oxigênio dissolvido na água. No entanto, os valores médios desta variável não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos.

As concentrações de sólidos em suspensão na água dos viveiros dos tratamentos B ($5,09 \pm 1,93 \text{ mg}/\text{L}$) e C ($10,81 \pm 9,14 \text{ mg}/\text{L}$), com alcalinidade acima de $30 \text{ mg CaCO}_3/\text{L}$, foram significativamente semelhantes. Entretanto, evidencia-se, através dos valores do desvio padrão, que esta variável esteve mais estabilizada no tratamento B, sugerindo que a manutenção de alcalinidade adequada favorece a precipitação de partículas em suspensão. Os valores das concentrações desta variável, em todos os viveiros, foram inferiores aos da faixa de 25 a $80 \text{ mg}/\text{L}$, considerada aceitável por ALABASTER e LLOYD (1980).

Segundo BOYD (1990), se a transparência da água estiver acima de 60 cm, a produtividade será inadequada e o sistema aquático poderá apresentar problemas. RODRIGUES *et al.* (1991) recomendam a manutenção da transparência da água entre 30 e 40 cm e comentam que, em valores de transparência acima desta faixa, a produção planctônica poderá ser aumentada através de adubação. No entanto, no presente trabalho, o melhor resultado de crescimento dos peixes foi verificado no tratamento em que a alcalinidade da água foi corrigida para $30 \text{ mg CaCO}_3/\text{L}$ e no qual se registrou o maior valor médio da transparência da água, ou seja, 94 cm, diferindo significativamente dos demais tratamentos e sugerindo que a transparência da água, por si só, não seria indicador de uma maior disponibilidade de plâncton no ambiente. Como os pesos das frações orgânicas do zooplâncton em todos os tratamentos foram significativamente semelhantes, o melhor

aproveitamento do alimento natural e da ração estaria relacionado, também, com a manipulação de outros parâmetros, como a alcalinidade da água que promoveria um melhor desempenho fisiológico.

O desenvolvimento de peixes é dependente da manutenção de baixos valores do nitrogênio amoniacal, pois altos valores podem alterar o equilíbrio fisiológico dos animais, prejudicando o seu crescimento ou levando-os à morte (COLT e ARMSTRONG, 1979), como também reduzindo o teor de oxigênio dissolvido na água (ESTEVES, 1988). Assim, BOYD (1990) recomenda como aceitável que, na água de cultivos, o teor de amônia seja de até $0,6 \text{ mg NH}_4^+/\text{L}$ e o de nitrito, de $1,0 \text{ mg N-NO}_2/\text{L}$. Quando a concentração de amônia na água está acima do valor recomendado, o peixe diminui a excreção desse produto metabólico, acumulando-o no sangue e tecidos, podendo, então, ocorrer auto-intoxicação. Neste trabalho, em todos os viveiros, os níveis de amônia e nitrito estiveram abaixo dos valores máximos considerados por BOYD (1990) como aceitáveis em criações, e os menores valores dessas variáveis foram observados nos viveiros onde a alcalinidade foi corrigida para $30 \text{ mg CaCO}_3/\text{L}$, sendo significativamente diferentes daqueles registrados nos demais tratamentos.

Os valores de nitrato estiveram abaixo de $10,0 \text{ mg N-NO}_3/\text{L}$, valor este recomendado como aceitável para a criação de peixes (BOYD, 1990), não havendo diferença significativa entre os valores nos diferentes tratamentos.

A concentração de amônia não ionizada, calculada a partir da maior concentração de amônia total, a qual foi verificada no tratamento A, esteve ao redor de $0,18 \text{ mg NH}_3/\text{L}$ e, portanto, abaixo do valor $0,20 \text{ mg NH}_3/\text{L}$, considerado por ARANA (2004) como aceitável.

Em piscicultura, estudos que relacionam a concentração de fósforo e a produção de peixes são escassos, não existindo, portanto, recomendação dos teores mais adequados dessa variável. BOYD (1973) informa que a concentração de fosfato dissolvido na água de viveiros de peixes é, em média, $20 \mu\text{g P-PO}_4/\text{L}$, e a de fósforo total, $170 \mu\text{g P-PO}_4/\text{L}$. Nos três tratamentos aplicados neste trabalho, os valores de fosfato dissolvido foram superiores e os de fósforo total, inferiores aos mencionados por BOYD (1973).

BOYD (1973), estudando a concentração de clorofila *a*, observou que nos viveiros fertilizados, o valor médio foi $62,7 \mu\text{g}/\text{L}$ e nos não fertilizados, $7,4 \mu\text{g}/\text{L}$. Resultados semelhantes, sem o emprego de

fertilização, foram obtidos no presente trabalho, nos viveiros dos três tratamentos utilizados, em que os valores de clorofila *a* variaram de 4,10 µg/L (tratamento B) a 6,73 µg/L (tratamento C).

O zooplâncton natural apresenta, normalmente, valor nutricional adequado a larvas de peixes, pois possui altos teores de proteína e balanceamento adequado de aminoácidos (OGINO, 1963) e, também, constitui boa fonte de minerais e lipídios (WATANABE, 1988).

As populações zooplânctônicas estão sujeitas a amplas alterações de densidade em função da disponibilidade de oxigênio dissolvido na água (HEISEY e PORTER, 1977), da dureza (LEWIS e MATRI, 1981), do pH (ALIBOME e FAIR, 1981), de interações bióticas, como a predação (GEIGER, 1983), e da disponibilidade de alimento (SOMMER, 1989).

Objetivando maximizar a produção de alevinos, OPUSZYNSKI *et al.* (1984) e FURUYA *et al.* (1999) comentam que a chave do sucesso parece ser o fornecimento de alimento vivo em quantidade e qualidade adequadas às larvas, imediatamente após o início da alimentação exógena. Entretanto, nesta pesquisa, a abundância do zooplâncton parece não ter sido o fator determinante do crescimento das larvas de curimatã, *P. maculatus*, tendo em vista que se verificou maior crescimento no tratamento B, apesar de não haver ocorrido diferença significativa entre os tratamentos com relação ao peso da fração orgânica do zooplâncton. Além disso, o oferecimento de ração balanceada pode ter garantido as necessidades nutricionais das larvas. Como a densidade de peixes não foi elevada em nenhum dos tratamentos, a qualidade da água, em termos de nível de alcalinidade, pode ter proporcionado condições fisiológicas mais adequadas, maximizando o uso da energia e do alimento, e, conseqüentemente, favorecido o crescimento dos peixes.

CONCLUSÕES

O procedimento comumente recomendado em piscicultura, que constitui no emprego de apenas uma calagem inicial do solo do viveiro, não resultou, no presente trabalho, em adequada reserva alcalina para a água, a fim de favorecer o crescimento de larvas de *Prochilodus lineatus*.

O manejo da qualidade da água de viveiros de larvicultura de *P. lineatus*, com relação à alcalinidade, deve ser realizado através da correção periódica dos valores dessa variável, para teores de

34,67±3,75 mg CaCO₃/L, que proporcionam valores de cálcio de 4,68±0,97 mg Ca²⁺/L e favorecem o crescimento das larvas.

AGRADECIMENTOS

Aos funcionários do Núcleo de Aqüicultura de Pindamonhangaba, José Menino Corrêa, José Chavone, João Roberto Resende, Benedito Francisco Resende e José Francisco Bueno Machado (*in memoriam*), pela colaboração na manutenção dos viveiros de larvicultura, e aos técnicos, Sandra Aparecida dos Santos Evangelista e Luiz Cláudio dos Santos Evangelista, pela colaboração nas análises de água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALABASTER, J.S. e LLOYD, R. 1980 *Water quality criteria for fresh water fish*. Boston: Buttersworth Inc. 361p.
- ALIBONE, M.R. e FAIR, P. 1981 The effects of low pH on the respiration of *Daphnia magna* strans. *Hidrobiologia*, Netherlands, 85: 185-191.
- APHA (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION) 1975 *Standard methods for the examination of water and wastewater*. New York: United Book Press Inc. 1193p.
- ARANA, L.A.V. 1997 *Princípios químicos de qualidade da água em aqüicultura: Uma revisão para peixes e camarões*. Florianópolis: UFSC. 166p.
- ARANA, L.A.V. 2004 *Princípios químicos de qualidade da água em aqüicultura: Uma revisão para peixes e camarões*. 2.ed. Florianópolis: UFSC. 231p.
- AYRES, M.; AYRES, JR. M.; AYRES, D. L.; SANTOS, A. S. dos 2000 *BioEstat 2.0 – Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas*. Belém: Lithera Maciel Editora Gráfica. 272p.
- BENGTSON, B.; DICKSON, W.; NYBERG, P. 1980 Liming acid lakes in Sweden. *Ambio*, Sweden, 9(1): 34-36.
- BOYD, C.E. 1973 Summer algal communities and primary productivity in fishponds. *Hydrobiologia*, Netherlands, 41: 357-390.
- BOYD, C.E. 1990 *Water quality in ponds for aquaculture*. Alabama: Birmingham Publishing Co. 482p.

- BOYD, C.E. e QUEIROZ, J.F. 2004 Manejo das condições do sedimento do fundo e da qualidade da água e dos efluentes de viveiros. In: CYRINO, J.E.P.; URBINATI, E.C.; FRACALOSSO, D.M.; CASTAGNOLLI, N. (Ed.) *Tópicos Especiais em Piscicultura de Água Doce Tropical Intensiva*. São Paulo: TecArt. 533p.
- CECCARELLI, P.S.; SENHORINI, J.A.; VOLPATO, G. 2000 *Dicas em Piscicultura - Perguntas e Respostas*. Botucatu: Santana. 247p.
- COLT, J. e ARMSTRONG, D. 1979 *Nitrogen toxicity to fish, crustaceans and mollusks*. California: Dep. Civil Eng. Univ. 30p.
- DURAN, J.R. e LOUBENS, G. 1969 Croissance en longueur d'*Alestes baremoze* (Joannis, 1835) Poissons, Characidae dans le bas Chari et la Lac Tchad. *Hydrobiologia*, Netherlands, 3(1): 59-105.
- ESTEVES, F.A. 1988 *Fundamentos de Limnologia*. São Paulo: Interciência/FINEP. 575p.
- ERIKSSON, F.; HÖRNSTRÖM, E.; MOSSBERG, P.; NYBERG, P. 1983 Ecological effects of lime treatment of acidified lakes and rivers in Sweden. *Hydrobiologia*, Netherlands, 101: 145-164.
- FURUYA, V.R.B.; HAYASHI, C.; FURUYA, W.M.; SOARES, C.M.; GALDIOLI, E.M. 1999 Influência de plâncton, dieta artificial e sua combinação, sobre o crescimento e a sobrevivência de larvas de curimatá (*Prochilodus lineatus*). *Acta Scientiarum*, Maringá, 21(3): 699-703.
- GEIGER, J.B. 1983 Zooplankton production and manipulation in striped bass rearing ponds. *Aquaculture*, Amsterdam, 35(4): 331-351.
- GRIZZLE, J.M.; MAUDLIN II, A.C.; YOUND, D.; HENDERSON, E. 1985 Survival of juvenile striped bass (*Morone saxatilis*) and morone hybrid bass (*Morone chrysops x Morone saxatilis*) increased by addition of calcium to soft water. *Aquaculture*, Amsterdam, 46: 167-171.
- GOLTERMAN, H. e CLYMO, R.S. 1969 *Methods for chemical analysis of freshwater*. London: International Biological Programme. 172p.
- HASSELROT, B. e HULTBERG, H. 1984 Liming of acidified Swedish lakes and streams and its consequences for aquatic ecosystems. *Fisheries*, Wisconsin, 9(1): 4-9.
- HEISEY, D. e PORTER, J.K.G. 1977 The effects of ambient oxygen concentration on filtering and respiration rates of *Daphnia galeata mendotae* and *Daphnia magna*. *Limnol. Oceanogr.*, 22: 839-845.
- KUBITZA, F. 1999 *Qualidade da água na produção de peixes*. Jundiaí: Degaspari. 97p.
- LEWIS, M.A. e MATRI, A.W. 1981 Effects of water hardness and diet on productivity of *Daphnia magna* Strass in laboratory culture. *Hydrobiologia*, Netherlands, 85: 175-179.
- MALDLIN II, A.C.; GRIZZLE, J.M.; YOUND, D.; HENDERSON, E. 1986 Use of additional calcium in soft-water ponds for improved striped bass survival. In: ANNU. CONF. SOUTHEAST ASSOC. FISH AND WILDL, 40, Estados Unidos, 1986. *Proceedings (Anais)*... Estados Unidos, SEAFWA. p.163-168.
- MILSTEIN, A. 1992 Ecological aspects of fishes species interactions in polyculture ponds. *Hydrobiologia*, Netherlands, 231: 177-186.
- OGINO, C. 1963 Studies on the chemical composition of some natural foods of aquatic animals. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, Tokyo, 29: 459-462.
- OPUSZYNSKI, K.; SHIREMAN, J.V.; ALDRIDGE, F.J.; ROTTMANN, R.W. 1984 Environmental manipulation to stimulate rotifers in fish rearing ponds. *Aquaculture*, Amsterdam, 42(3/4): 343-348.
- PROENÇA, C.E.M. e BITTENCOURT, P.R.L. 1994 *Manual de piscicultura tropical*. Brasília: IBAMA. 195p.
- RODRIGUES, J.B.R.; RODRIGUES, C.C.B.; MACCHIAVELLO, J.G.; GOMES, S.Z.; BEIRÃO, L.H. 1991 *Manual de Cultivo do Camarão de Água Doce *Macrobrachium rosenbergii* na Região Sul do Brasil*. Santa Catarina: ACARESC. 76p.
- SANTOS, E.P. dos 1978 *Dinâmica de populações aplicada à pesca e piscicultura*. São Paulo: Universidade de São Paulo. 128p.
- SIPAÚBA-TAVARES, L.H.; FREITAS, A.M.; BRAGA, F.M.S. 1999 The use of mechanical aeration and its effects on water mass. *Rev. Brasil. Biol.*, São Paulo, 59(1): 33-42.

- SIPAÚBA-TAVARES, L.H.; MORAES, M.A.G.; BRAGA, F.M.S. 1999 Dynamics of some limnological characteristics in Pacu (*Piaractus mesopotamicus*) culture tanks as function of handling. *Rev. Brasil. Biol.*, São Paulo, 59(4): 543-551.
- SOMMER, R.V. 1989 *Plankton Ecology*. Berlin: Springer-Verlag. 369p.
- TOWNSEND, C.R.; SILVA, L.V.F.; BALDISSEROTTO, B. 2003 Growth and survival of *Rhamdia quelen* (Siluriformes, Pimelodidae) larvae exposed to different levels of water hardness. *Aquaculture*, Amsterdam, 215: 103-108.
- VAZZOLER, A.E.A.M. 1971 Diversificação fisiológica e morfológica de *Micropogon furnieri* (Desmarest, 1822) ao sul de Cabo Frio, Brasil. *Bolm Inst. oceanogr.*, São Paulo, 20(2): 1-70.
- WATANABE, T. 1988 *Fish nutrition and mariculture*. Tokio: JICA. 178p.
- WEATHERLEY, A.H. 1972 *Growth and ecology of fish populations*. London: Academic Press. 293p.
- WEATHERLEY, N.S. 1988 Liming to mitigate acidification in freshwater ecosystems: A review of the biological consequences. *Water, Air and Soil Pollut.*, Wales, 39: 421-437.
- WETZEL, R.G. e LIKENS, G.E. 1991 *Limnological analyses*. Estados Unidos: W.B. Saunders Co. 391p.
- ZAR, J.H. 1999 *Bioestatistical analysis*. New Jersey: Prentice Hall. 663p.