

A AMÔNIA NOS SISTEMAS DE CRIAÇÃO DE PEIXES E SEUS EFEITOS SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA. UMA REVISÃO

Lilian Paula Faria PEREIRA ¹ e Cacilda Thais Janson MERCANTE ²

RESUMO

O nitrogênio é considerado um dos elementos mais importantes no metabolismo de ecossistemas aquáticos, em razão de sua participação na formação de proteínas, podendo atuar como fator limitante da produção primária desses ecossistemas e, em determinadas condições, tornar-se tóxico para os organismos aquáticos. Dentre os compostos nitrogenados dissolvidos na água, encontra-se uma forma ionizada, NH_4^+ , denominada íon amônio, ou simplesmente amônio, e outra não ionizada, NH_3 , amplamente conhecida como amônia. As duas formas juntas constituem a amônia total, ou nitrogênio amoniacal total. Quanto mais elevado for o pH, maior será a porcentagem da amônia total presente na forma NH_3 , não ionizada (forma tóxica). Os compostos nitrogenados incorporados à água, na piscicultura intensiva, provêm, principalmente, da alimentação. A amônia é um composto resultante do catabolismo de proteínas, sendo encontrada em baixos níveis no início das criações, quando a biomassa é ainda pequena. Com o aumento da biomassa, o nível de amônia aumenta proporcionalmente ao aumento da quantidade de alimento fornecido. O controle da quantidade e da qualidade do alimento, bem como o controle adequado do fluxo da água, são de fundamental importância para a manutenção da qualidade da água de um sistema artificial de criação. Nesta revisão reúnem-se informações extraídas de diversos trabalhos, enfatizando a importância da amônia na qualidade da água em sistemas de criação de peixes.

Palavras-chave: nitrogênio; amônia; qualidade da água; piscicultura; toxicidade

AMMONIA IN FISH BREEDING SYSTEMS AND ITS EFFECTS ON THE WATER QUALITY - A REVIEW

ABSTRACT

Nitrogen is one of the most important elements of the metabolism of aquatic ecosystems, acting on the synthesis of proteins as a limiting factor of the primary productivity, and, eventually, as a toxic element to aquatic organisms. Total ammonium is composed by ammonium ion, NH_4^+ , and ammonia, NH_3 . At high pH values, a higher proportion of toxic NH_3 , in the form of total ammonium, is present. Food remains are the main source of dissolved nitrogen compounds in intensive fisheries. Ammonia, found at low levels at the beginning of the culture, when biomass is small, is a compound resulting from the protein catabolism. As biomass increases, the total ammonium level increases accordingly to the increase of the amount of food available. The control of the quantity and quality of food, as well as an adequate water flow control, are of fundamental importance to maintain a water of good quality in an artificial culture system. This review comments several papers emphasizing the important role of ammonia on the water quality of fish culture systems.

Key words: nitrogen; ammonia; water quality; fish culture; toxicity

Artigo de Revisão: Recebido em 23/02/2005 - Aprovado em 17/06/2005

¹ Graduada em Zootecnia - USP - e-mail: alfel_98@yahoo.com

² Pesquisador Científico do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Recursos Hídricos
Endereço/Address: Instituto de Pesca - Av. Francisco Matarazzo, 455 - CEP: 05001-900
Água Branca, São Paulo - SP - Brasil - e-mail: cthais@pesca.sp.gov.br

INTRODUÇÃO

Inúmeros fatores interferem na qualidade da água, o que exige a realização de estudos detalhados dos processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem tanto em sistemas naturais quanto em artificiais, destacando-se a importância dos ciclos biogeoquímicos para o entendimento do ecossistema aquático (CARMOUZE, 1994).

No ambiente aquático, o nitrogênio pode ser encontrado sob diferentes formas, dentre outras, a de nitrito, nitrato, amônia, óxido nitroso e amoníaco. A quantidade e a natureza de seus compostos muitas vezes determinam a produtividade total do sistema aquático, e, em alguns casos, a disponibilidade desses compostos controla a biomassa algal. (SIPAÚBA-TAVARES, 1998).

Segundo BOYD (1992), os fertilizantes utilizados em tanques de criação geralmente contêm nitrogênio nas formas de amônia e nitrato. A acumulação dessas formas inorgânicas constitui um dos principais obstáculos para o desenvolvimento intensivo de peixes (KOCHBA *et al.*, 1994). OLÁH e SZABÓ (1986) estudaram o ciclo do nitrogênio em tanques de peixes cobertos com macrófitas aquáticas e verificaram que, quantitativamente, a fonte mais importante de nitrogênio para a síntese de proteína foi a amônia assimilada pelo plâncton.

A assimilação de compostos nitrogenados pelo fitoplâncton pode acarretar crescimento descontrolado dessa comunidade, provocando florações de algas no ambiente. Como discutem PAERL e TUCKER (1995), tais florações, que ocorrem devido ao manejo inadequado de fertilizantes químicos, provocam graves problemas à qualidade da água.

De acordo com KUBITZA (1999), florações de algas ocorrem porque fertilizantes nitrogenados amoniacais, como sulfato de amônia, nitrato de amônia, fosfatos e uréia, contribuem para o aumento da concentração de amônia na água.

Neste trabalho adotou-se o termo “amônia” para a forma não ionizada (NH_3); íon amônio, para a forma ionizada (NH_4^+); e amônia total, ou nitrogênio amoniacal, para a soma das duas primeiras formas.

Esta revisão tem como objetivo discutir os efeitos da amônia sobre a qualidade dos sistemas artificiais de criação de peixes, contribuindo para a melhoria do manejo empregado nesses locais.

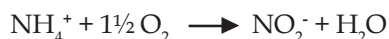
RESULTADOS

FORMAÇÃO DA AMÔNIA

Conforme consta em ESTEVES (1998), a formação de compostos nitrogenados reduzidos, como, por exemplo, a amônia, ocorre como resultado da decomposição aeróbia e anaeróbia da matéria orgânica. A oxidação biológica desses compostos a nitrato é denominada nitrificação. A nitrificação é, na realidade, um processo que se caracteriza pela utilização de compostos inorgânicos reduzidos, por exemplo, o íon amônio, como doadores de hidrogênio, sendo que, através de sua oxidação, os microrganismos obtêm os equivalentes de redução para o processo de síntese.

Da transformação de íon amônio para nitrato (nitrificação) participam dois gêneros de bactérias:

Nitrossomonas – que oxidam amônio a nitrito:



Nitrobacter – que oxidam nitrito a nitrato:

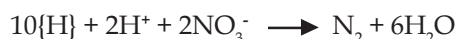


As bactérias nitrificantes são gram-negativas e pertencem à família Nitrobacteriaceae.

A nitrificação é um processo predominantemente aeróbio e, como tal, ocorre somente nas regiões onde há oxigênio disponível (geralmente a coluna d'água e a superfície do sedimento).

A denominada respiração de nitrato apresenta duas variações:

1ª) Desnitrificação, que consta da redução do nitrato a nitrogênio molecular:



2ª) Amonificação do nitrato, que consta da redução do nitrato a íon amônio



A desnitrificação ocorre principalmente em condições anaeróbias. Nos ecossistemas aquáticos, o principal local de sua ocorrência é o sedimento, pois, além das baixas condições de oxigenação, há disponibilidade de grande quantidade de substrato orgânico.

Nitrificação e desnitrificação são processos acoplados. Assim, no hipolimnion, no final de um período em condições anaeróbias, ocorre, em geral, grande quantidade de nitrogênio amoniacal. Com a oxigenação do meio aquático, inicia-se um intenso processo de nitrificação, que resulta no consumo de grande parte da amônia acumulada.

Quando o meio se torna anaeróbico observa-se fenômeno inverso, isto é, forte redução da concentração de nitrato, devido à sua utilização nos processos de desnitrificação e amonificação do nitrato.

Como mencionado, o nitrogênio amoniacal dissolvido na água encontra-se sob as formas ionizada, NH_4^+ , e não ionizada, NH_3 , que se relacionam entre si por uma reação ácido-básica (CARMOUZE, 1994):

$$\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NH}_3 + \text{H}^+$$

A razão $[\text{NH}_3]/[\text{NH}_4^+]$ depende do pH e do valor de uma constante de equilíbrio (K), sendo esta, função da temperatura e da composição iônica da água.

Quando o pH é inferior a 8,5, ou seja, quando o meio passa de alcalino a neutro ou ácido, verifica-se que NH_4^+ predomina, enquanto NH_3 prevalece quando o pH está acima de 10, ou seja, quando o meio é alcalino. Por essa razão, quanto mais elevado for o pH, maior será a porcentagem da amônia total presente como NH_3 , forma não ionizada (forma tóxica).

ESTEVES (1998) explica que no meio aquático, especialmente quando o pH é ácido ou neutro, a amônia formada é instável, sendo convertida por hidratação a íon amônio (NH_4^+). Em meio alcalino, a

possibilidade de ocorrência desse processo é muito reduzida, podendo causar aumento da concentração da forma não ionizada (NH_3).

Em sistemas de criação, o alimento introduzido na água é o principal fator condicionante da dinâmica do nitrogênio. Fertilizantes nitrogenados amoniacais, como sulfato de amônia, nitrato de amônia, fosfatos e uréia, contribuem para o aumento da concentração de amônia na água (KUBITZA, 1999). Conforme demonstrado na figura 1, esses compostos serão metabolizados a partir dos processos anteriormente mencionados, tais como, a nitrificação e a desnitrificação. Assim, o alimento (matéria orgânica) não aproveitado passará pelos processos de decomposição, assimilação e mineralização, e parte desses produtos poderá ser assimilado pelas algas, muitas vezes promovendo desenvolvimento descontrolado das algas e, possivelmente, o surgimento de florações. Após a morte das algas, os compostos nitrogenados retornam ao sistema graças aos processos de decomposição e mineralização da matéria orgânica das algas. Uma maneira importante de retirar da água o excesso de nitrogênio, é a desnitrificação, através da qual o nitrogênio é liberado para a atmosfera sob a forma de gás.

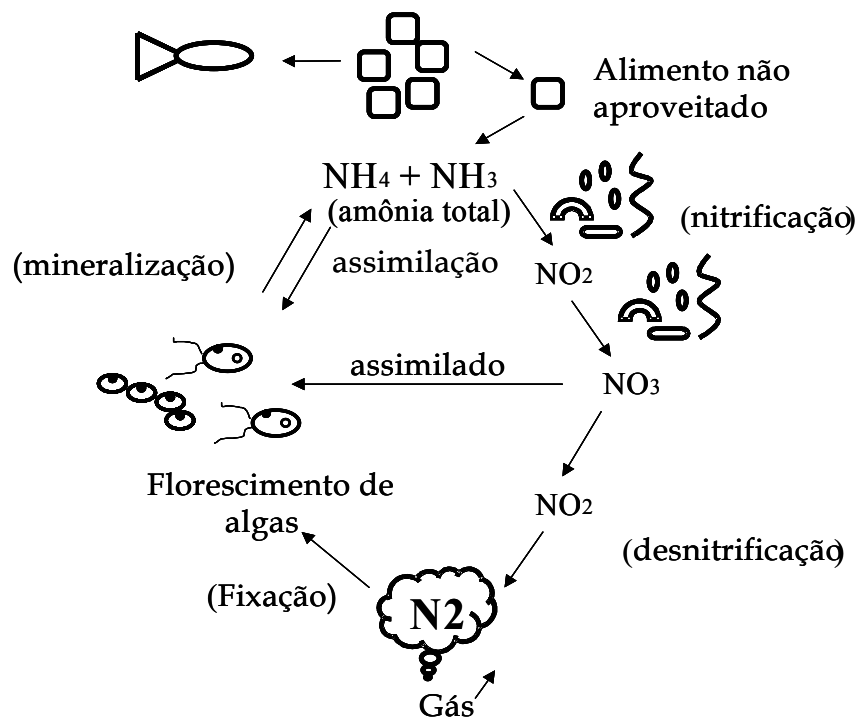


Figura 1. Ciclo do nitrogênio em tanques de criação de peixes (Adaptado de DURBOROW *et al.*, 1997)

CONSEQÜÊNCIA DE ELEVADAS CONCENTRAÇÕES DE AMÔNIA NOS SISTEMAS DE CRIAÇÃO DE PEIXES

A criação de peixes, apesar de integralmente dependente da utilização de água sem poluentes, é uma atividade que causa degradação da qualidade da água, sendo classificada pela agência norte-americana de proteção ambiental (EPA), de acordo com Bastian (1991), *apud* ZANIBONI-FILHO (1997), como fonte potencialmente significativa de poluição das águas.

A instalação de unidades de piscicultura, embora totalmente dependente da qualidade e quantidade de água disponível, é, por si mesma, uma atividade que causa modificações na qualidade da água. O impacto causado no ambiente varia de acordo com o sistema de cultivo utilizado e, certamente, com as características do corpo d'água que recebe o efluente (ZANIBONI-FILHO, 1997).

Na piscicultura intensiva, a principal fonte de compostos nitrogenados incorporados à água é a alimentação. No início das criações, quando a biomassa é ainda pequena, observam-se baixos níveis de amônia - compostos resultantes do catabolismo das proteínas, que aumentam proporcionalmente ao aumento da quantidade de alimento fornecido e da biomassa (Hurvitz *et al.*, 1997, *apud* CAVERO *et al.*, 2004). Na criação de peixes carnívoros, essa situação pode ser agravada pelos elevados níveis de proteína das rações.

Altas concentrações do íon amônio podem influenciar fortemente a dinâmica do oxigênio dissolvido do meio, uma vez que para oxidar 1,0 mg do íon amônio são necessários cerca de 4,3 mg de oxigênio, o que, por sua vez, influi sobre a comunidade de peixes, pois, em pH básico, o íon amônio se transforma em amônia (NH₃ livre, gasoso), que pode ser tóxica para esses organismos (TRUSSEL, 1972).

A amônia na forma não-ionizada (NH₃) e em concentração elevada pode prejudicar a transformação da energia dos alimentos em ATP, com isso inibindo o crescimento dos peixes e provocando a desaminação dos aminoácidos, o que, por sua vez, impede a formação de proteínas, elemento essencial no crescimento dos animais (Parker e Davis, 1981, *apud* CAVERO *et al.*, 2004).

De acordo com KUBITZA (1999), valores de amônia não ionizada acima de 0,20 mg/L já são suficientes para induzir toxicidade crônica e levar à

diminuição do crescimento e da tolerância dos peixes a doenças. Níveis de amônia entre 0,70 e 2,40 mg/L podem ser letais para os peixes, quando expostos por curto período. Exposição contínua ou freqüente a concentrações de amônia tóxica acima de 0,02 mg/L pode causar intensa irritação e inflamação nas brânquias. Mesmo na ausência de níveis detectáveis de amônia total na água, grande elevação do pH da água durante períodos de intensa fotossíntese prejudica a excreção da amônia. Tal condição invariavelmente resulta na auto-intoxicação dos peixes pela amônia gerada em seus próprios processos metabólicos. A intoxicação por amônia é a condição principal para o estabelecimento da Doença Ambiental das Brânquias (DAB), doença esta (ou síndrome) que geralmente causa grande mortalidade de peixes em piscicultura intensiva.

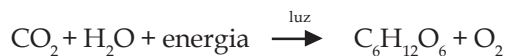
Em tanques e viveiros de grandes dimensões e com pouca disponibilidade de água para renovação rápida em situações de emergência, a melhor maneira de reduzir o potencial tóxico da amônia é evitar que o fitoplâncton desencadeie grandes elevações do pH da água. Para tanto, é necessário a aplicação de estratégias de controle da população fitoplanctônica e melhoria do poder tampão da água. De acordo com KUBITZA (1999), as estratégias de controle do crescimento da população fitoplanctônica podem ser classificadas em duas categorias:

- 1) Estratégias baseadas no uso de produtos algicidas;
- 2) Estratégias que utilizam a manipulação da disponibilidade de nutrientes, principalmente aquela que conduz à redução dos teores de ortofosfatos solúveis na água e da penetração de luz na água.

Ainda, KUBITZA (1999) comenta que um bom crescimento de peixes pode ser obtido quando a água das unidades de produção apresentar, dentre outras, as seguintes características: a) oxigênio dissolvido superior a 5 mg/L; b) gás carbônico abaixo de 10 mg/L; c) concentração de amônia não ionizada inferior a 0,05 mg/L; d) pH entre 6,5 e 8,5 e variação diária inferior a 2.

Segundo SIPAÚBA-TAVARES (1995), o gás carbônico é de fundamental importância para o metabolismo das algas e de outros vegetais fotossintetizantes, mas a distribuição desse gás na massa d'água é exatamente oposta à do oxigênio dissolvido.

A fotossíntese é um processo de produção de matéria orgânica pelos vegetais.



Conforme demonstrado na figura 2, durante o dia, as algas removem gás carbônico da água para uso na fotossíntese, e, com a diminuição da concentração desse gás no sistema, o valor do pH da água pode aumentar, provocando elevação do teor de oxigênio dissolvido na água. Durante a noite, a atividade respiratória pode exceder à fotossintética, resultando em aumento da concentração de CO_2 , assim como em bruscas quedas dos valores de oxigênio dissolvido.

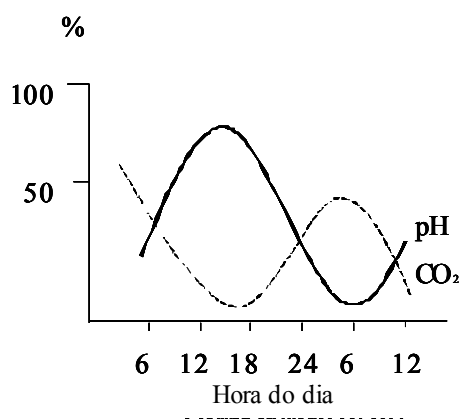


Figura 2. Variação do pH e CO_2 da água ao longo do dia (Fonte: SIPAÚBA-TAVARES, 1995)

A doação de gás carbônico da respiração ou a retirada dele pela fotossíntese resulta em alteração no pH, o que leva à formação de carbonatos ou bicarbonatos. Porém o gás carbônico nunca é totalmente consumido na reação com carbonatos e a quantidade restante é responsável pela estabilidade do teor de bicarbonatos existente. Se o gás carbônico for, por qualquer processo, retirado da água, parte do HCO_3^- converte-se em CO_3^{--} . Quando ocorre o inverso, é provável haver, além da parcela de equilíbrio, excesso de CO_2 livre ou agressivo, que pode reagir com novas quantidades de CO_3^{--} que sejam adicionadas no meio (SIPAÚBA-TAVARES, 1995).

Ainda, SIPAÚBA-TAVARES (1995) relata que menos de 1% do CO_2 da água forma ácido carbônico (H_2CO_3). Em criações de peixes, em que o valor do pH da água é o ideal (6,5 a 9,5), o bicarbonato (HCO_3^-) é predominante na água. Quando o pH é igual ou superior a 8,3 não se verifica a presença do CO_2 e, abaixo desse valor, é nula a ocorrência de carbonato (CO_3^{--}) (Figura 3).

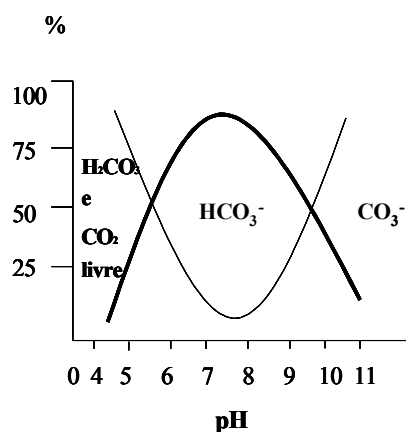


Figura 3. Variação das formas de carbono na água, em função do pH (Fonte: Golterman *et al.*, 1978, *apud* SIPAÚBA-TAVARES, 1995)

ESPÉCIES DE PEIXES TOLERANTES À AMÔNIA

ISMIÑO-ORBE *et al.* (2003), em experimento com tambaqui (*Colossoma macropomum*), observaram que a excreção de amônia por essa espécie variou com periodicidade de aproximadamente quatro horas. O maior pico de excreção ocorreu quatro horas após a ingestão de alimento, sendo o mais freqüente entre os indivíduos. Após esse pico houve menos sincronia no ritmo de excreção entre os indivíduos. Nesse experimento, a quantidade de amônia excretada pelo tambaqui esteve diretamente proporcional à massa do peixe e inversamente à temperatura.

Outros fatores que poderiam influenciar a excreção, como a quantidade de alimento e a porcentagem de proteína no mesmo, foram mantidos constantes e dentro do intervalo de valores normalmente utilizados na criação da espécie (Araujo-Lima e Goulding, 1997, *apud* ISMIÑO-ORBE *et al.*, 2003).

Existem registros de espécies de peixes que toleram altos níveis de amônia na água, como *Opsanus beta*, *Opsanus tau* e *Porichthys notatus*, todos da família Batrachoididae (Wang e Walsh, 2000, *apud* CAVERO *et al.*, 2004). Essa tolerância às adversidades ambientais pode estar relacionada à capacidade dos peixes de desenvolverem estratégias para suportar níveis elevados de amônia na água, principal produto nitrogenado da excreção dos organismos aquáticos (ADAMS *et al.*, 2001), e também ao fato de minimizarem a ação da amônia produzindo compostos derivados, como é o caso de *Clarias batrachus*, que produz uréia (Saha *et al.*, 2002, *apud* CAVERO *et al.*, 2004), e de *Oncorhynchus mykiss*, que produz glutamina (Wicks e Randall, 2002, *apud* CAVERO *et al.*, 2004).

CAVERO *et al.* (2004), realizando trabalho com juvenis de pirarucu (*Arapaima gigas*), os quais foram expostos a aproximadamente 2,0 mg/L de amônia NH_3 (25 mg/L de NAT), em condições de temperatura e pH constantes, observaram que os peixes continuaram alimentando-se normalmente, com 100% de sobrevivência.

Na maioria dos peixes, a excreção da amônia ocorre por difusão passiva através das brânquias, quando o gradiente de concentração é favorável (HARGREAVES e KUCUK, 2001).

A capacidade do pirarucu de tolerar situações adversas do ambiente é atribuída à respiração aérea, a qual é realizada principalmente quando os níveis de oxigênio dissolvido são baixos (Brauner e Val, 1996, *apud* CAVERO *et al.*, 2004). BALDISSEROTTO (2002) enfatiza que peixes de respiração aérea, dentre eles, o pirarucu, toleram águas com baixos níveis de oxigênio dissolvido, fato comum em ambientes lênticos da várzea amazônica (Junk *et al.*, 1983, *apud* CAVERO *et al.*, 2004). A tolerância do pirarucu a elevadas concentrações de amônia na água é uma característica de grande importância para sua criação em sistema intensivo (CAVERO *et al.*, 2004).

AMÔNIA E FLORAÇÃO DE ALGAS

O enriquecimento de tanques de piscicultura com nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, é bastante comum, sendo causado, principalmente, pela entrada de compostos que contêm tais elementos. Entretanto, o uso inadequado desses nutrientes, associado a uma série de outros fatores bióticos e abióticos, pode ocasionar prejuízos, tanto ambientais, quanto financeiros (MERCANTE *et al.*, 2004). Segundo PAERL e TUCKER (1995), devido a um manejo inadequado dos fertilizantes químicos, a entrada de amônia e de nitrato em quantidades muito elevadas pode acarretar crescimento descontrolado do fitoplâncton, que assimila esses elementos, provocando florações de algas, as quais ocasionam sérios distúrbios na qualidade da água.

A manutenção da qualidade de água em viveiros de piscicultura é requisito básico para o sucesso econômico do sistema produtivo e pode ser influenciada por vários fatores, dentre eles, a origem da fonte de abastecimento de água e o manejo alimentar. Entretanto, o emprego de alimentos industrializados é o maior responsável pela queda da qualidade de água (ELER, 2001). No período das

florações de algas, a comunidade é dominada por espécies, geralmente pertencentes às cianobactérias, sendo os gêneros mais comuns: *Microcystis*, *Anabaena*, *Aphanizomenon* e *Oscillatoria* (ELER, 2001).

Algas *Anabaena* e *Oscillatoria* conferem sabor desagradável à carne do peixe, devido à produção de geosmina e de 2-metilisoborneol, comprometendo o valor de mercado do peixe (BOYD, 1990; PAERL e TUCKER, 1995).

XAVIER *et al.* (1991) avaliaram a influência da floração de *Euglena sanguinea* Ehrenb. em tanque adubado, ocorrida na Estação de Piscicultura do Instituto de Pesca em Pindamonhangaba, Estado de São Paulo, e constataram asfixia e perda de peso de alguns peixes, sugerindo que o excesso de adubo e a intensa respiração das algas contribuíram para a redução dos valores de oxigênio no tanque. Ainda nesse estudo, XAVIER *et al.* (1991) observaram que a amônia, cujos valores da concentração variaram entre 0,77 e 1,58 mg/L, favoreceu o crescimento das algas, já que os compostos de nitrogênio são nutrientes essenciais para a produtividade primária. Sabe-se também que altas concentrações de amônia diminuem a capacidade de combinação da hemoglobina com o oxigênio, causando morte dos peixes por asfixia. Segundo BRANCO (1986), uma concentração de 0,30 mg/L de nitrogênio é suficiente para promover floração de algas.

A acumulação do nitrogênio na forma de amônia é um dos principais obstáculos para o desenvolvimento intensivo de peixes (KOCHBA *et al.*, 1994). Segundo SIPAÚBA-TAVARES (1994), as principais fontes desse elemento em viveiros de criação são os fertilizantes, os excrementos e os produtos resultantes da decomposição microbiana de compostos nitrogenados.

No Brasil, poucos são os relatos de mortandade de peixes em viveiros de piscicultura, causada por florações de algas. XAVIER *et al.* (1991) relatam a ocorrência de floração de *Euglena sanguinea* Ehrenberg em tanque com tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus), em Pindamonhangaba, Estado de São Paulo, tanque esse adubado com excrementos de ave e de suíno e com fertilizante químico, atribuindo o fato às condições físicas e químicas da água, como as baixas concentrações de oxigênio e os elevados teores de amônia (MAINARDES-PINTO e MERCANTE, 2003).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diferentemente do que ocorre em ambientes naturais, em que o nitrogênio advém da chuva, do material orgânico e inorgânico de origem alóctone e da fixação de nitrogênio molecular dentro do próprio lago, o principal fator responsável pela presença de amônia nos sistemas de criação de peixes é a entrada de grandes quantidades de compostos orgânicos e inorgânicos, através de adubos, fertilizantes e rações, os quais contêm níveis elevados de nitrogênio e fósforo, entrada essa favorecida pela velocidade do fluxo da água.

Esses elementos contribuem com o incremento dos níveis de nitrogênio e fósforo na água, os quais, em situação de temperatura e pH elevados, promovem a formação de amônia não ionizada (NH₃), tóxica para os organismos aquáticos. Além disso, a entrada de quantidades excessivas de fósforo e nitrogênio promoverá o crescimento de algas que, indiretamente, irão ocasionar elevação do pH, o qual, novamente associado a altas temperaturas, fará com que ocorra aumento da concentração de amônia na água. Outro aspecto importante a ser considerado é o de que a amônia não ionizada pode elevar-se no período da tarde, devido ao metabolismo do fitoplâncton (processo de fotossíntese e respiração). Assim, com base nesse conjunto de fatores anteriormente mencionados, recomenda-se o controle da quantidade e da qualidade do alimento fornecido aos organismos aquáticos, bem como o controle adequado do fluxo da água, para evitar acúmulo da matéria orgânica em sistemas de criação. Tais recomendações visam à manutenção da qualidade da água nos sistemas de criação de peixes.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Dra Susana Sendacz, Pesquisadora Científica do Instituto de Pesca, pela gentileza em realizar a versão do *Resumo* do presente artigo para o inglês.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, M.B; POWELL, M.D.; PURSER, G.J. 2001 Effect of acute and chronic ammonia and nitrite exposure on oxygen consumption and growth of juvenile big billed seahorse. *J. Fish Biol.*, 58: 848-860.
- BALDISSEROTTO, B. 2002 *Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura*. Santa Maria: UFSM. 212p.
- BOYD, C.E. 1990 *Water quality in ponds for aquaculture*. Auburn: Auburn University Press/Birmingham publishing Co. Alabama. 482p.
- BOYD, C. 1992 Water quality management for ponds fish culture. In: *Developments in aquaculture and fisheries science*. 9. ed. Elsevier. 318p.
- BRANCO, S.M. 1986 *Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária*. 3. ed. São Paulo: CETESB/ASCETESB. 640p.
- CARMOUZE, J.P. 1994 *O metabolismo dos ecossistemas aquáticos*. 1. ed. São Paulo: Edgard Blücher / Fapesp. 253p.
- CAVERO, B.A.S.; PEREIRA-FILHO, M.; BORDINHON, A.M.; FONSECA, F.A.L.; ITUASSÚ, D.R.; ROUBACH, R.; ONO, E.A. 2004 Tolerância de juvenis de pirarucu ao aumento da concentração de amônia em ambiente confinado. *Pesq. Agropec. bras.*, 39(5): 513-516. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2004000500015&Ing=pt&nrm=iso Acesso em: 15/set./2004.
- DURBOROW, R.M.; CROSBY, D.M.; BRUNSON, M.W. 1997 Nitrite in fish ponds. *Southern Regional Aquaculture Center*, 462.
- ESTEVEES, F.A. 1998 *Fundamentos da limnologia*. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência. 602p.
- ELER, M.N.; CECARELLI, P.S.; BUFON, A.G.M.; ESPÍNDOLA, E.L.G. 2001 Mortandade de peixes (matrinxã, *Brycon cephalus*, e pacu, *Piaractus mesopotamicus*) associada a uma floração de cianobactérias em pesque-pague, município de Descalvado, Estado de São Paulo, Brasil. *Boletim Técnico do CEPTA*, Pirassununga, 14: 35-45.
- HARGREAVES, J.A. e KUCUK, S. 2001 Effects of diel un-ionized ammonia fluctuation on juvenile hybrid striped bass, channel catfish, and blue tilapia. *Aquaculture*, 195: 163-181.
- ISMÍÑO-ORBE, R.A.; ARAUJO-LIMA, C.A.R.M.; GOMES, L. de C. 2003 Excreção de amônia por tambaqui (*Colossoma macropomum*) de acordo com variações na temperatura da água e massa do peixe. *Pesq. Agropec. bras.*, Brasília, 38(10): 1243-1247.

- KOCHBA, M.; DIAB, S.; AVNIMELECH, Y. 1994 Modeling of nitrogen transformation in intensively aerated fish ponds. *Aquaculture*, 120: 95-104.
- KUBITZA, F. 1999 *Qualidade da água na produção de peixes*. 3. ed. Jundiaí: Degaspari. 97p.
- MAINARDES-PINTO, C.S.R. e MERCANTE, C.T.J. 2003 Avaliação de variáveis limnológicas e suas relações com uma floração de Euglenaceae pigmentada em viveiro povoado com Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus), São Paulo, Brasil. *Acta Scientiarum*, Maringá, 25(2): 323-328.
- MERCANTE, C.T.J.; CABIANCA, M.A; SILVA, D.; COSTA, S.V.; ESTEVES, K.E. 2004 Water quality in fee-fishing ponds located in the São Paulo metropolitan region, Brazil: analysis of the eutrophication process. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 16(1): 95- 102.
- OLÁH, J. e SZABÓ, P. 1986 Nitrogen cycle in a macrophyte covered fish pond. *Aquacultura hungarica* (szarvas), 5: 165-177.
- PAERL, H.W. e TUCKER, C.S. 1995 Ecology of blue-green algae in aquaculture ponds. *Journal of the Aquaculture Society*, 26(2).
- SIPAÚBA-TAVARES, L.H. 1994 Limnologia aplicada à aqüicultura. *Boletim Técnico FUNEP*, São Paulo, 1: 1-72.
- SIPAÚBA-TAVARES, L.H. 1998 Limnologia dos sistemas de cultivo. In: *Carcinicultura de água doce*. São Paulo: FUNEP. p.47-75.
- TRUSSEL, R.P. 1972 The percent un-ionized ammonia in aqueous ammonia solutions at different pH level and temperatures. *J. Fish. Res. Board Can.*, 29:10
- XAVIER, M.B.; MAINARDES-PINTO, C.S.R.; TAKINO, M. 1991 *Euglena sanguinea* Ehrenberg bloom in a fish-breeding tank (Pindamonhangaba, São Paulo, Brazil). *Algological Studies*, Stuttgart, 62: 133-142.
- ZANIBONI-FILHO, E. 1997 O desenvolvimento da piscicultura brasileira sem a deterioração da qualidade da água. Brasil. *Rev. Brasil. Biol.*, 57(1): 3-9.