



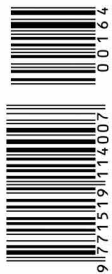
Panorama da **AQUICULTURA**



SEMENTES DE MEXILHÃO

O aprimoramento da técnica de assentamento remoto

ISSN 1519-1141



00164
9 771519 114007

A água na aquicultura | Parte 3

O impacto da amônia, do nitrito e do nitrato sobre o desempenho e a saúde dos peixes e camarões.



Por:
Fernando Kubitza, Ph.D.
Acqua Imagem Serviços em Aquicultura
fernando@acquaimagem.com.br

A mônia (NH_3), nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-) são compostos nitrogenados que se acumulam na água e podem colocar em risco o desempenho, a saúde e a sobrevivência dos peixes e camarões. Problemas com amônia e nitrito geralmente ocorrem em cultivos intensivos com altas taxas de alimentação, seja em viveiros, em sistemas com recirculação de água (SRA's) ou em sistemas com a tecnologia de bioflocos (BFT). Problemas com excesso de nitrato são raros nos cultivos em viveiros, mas podem ocorrer em SRA's e BFT's. A amônia tem origem na excreção dos peixes e camarões e na decomposição do material orgânico nos ambientes de cultivo. O nitrito e o nitrato são produtos da oxidação da amônia por bactérias nitrificadoras. O uso excessivo de fertilizantes nitrogenados também pode causar aumento na concentração de amônia, nitrito e nitrato na água. A susceptibilidade dos peixes e camarões à intoxicação por esses compostos varia em função da espécie, das condições de qualidade de água e de saúde dos animais, entre outros fatores. Esse artigo reúne os efeitos da amônia, nitrito e nitrato no desempenho e saúde dos peixes e camarões, e sugere boas práticas de manejo para minimizar problemas relacionados a esses compostos.

A origem da amônia, do nitrito e do nitrato

As fontes de amônia (e, conseqüentemente, de nitrito e de nitrato) nos cultivos de organismos aquáticos são: a) o metabolismo dos aminoácidos dos próprios peixes e camarões; b) a decomposição dos resíduos orgânicos (microalgas e bactérias mortas, fezes, sobras de ração, carapaças, muco e adubos orgânicos) por bactérias no solo e na água; c) os fertilizantes nitrogenados que contêm amônia, ureia e nitrato (**Figura 1**).

Nos cultivos intensivos, os peixes e camarões são alimentados com rações ricas em proteínas. As proteínas são formadas por aminoácidos, que têm esse nome por possuírem um grupo amino (NH_2). Uma parte dos aminoácidos da ração é assimilada (60 a 85%), enquanto outra é excretada nas fezes (15 a 40%). O quanto de aminoácidos é assimilado pelos animais ou excretado nas fezes depende da qualidade dos ingredientes usados, do equilíbrio (balanço) entre os aminoácidos e da quantidade de proteína (aminoácidos) na ração. Também é influenciado pela qualidade do processamento ao qual a ração foi submetida. Dos aminoácidos assimilados na digestão, uma parte é usada na síntese de proteínas e tecidos corporais. O excedente é metabolizado para gerar energia. A amônia (gerada a partir do grupo amino dos aminoácidos) é um resíduo resultante do uso dos aminoácidos como fonte de energia. A amônia produzida tem que ser rapidamente excretada do sangue para a água. Isso ocorre em grande parte por difusão através das brânquias. Uma pequena fração da amônia é excretada via urina.

Os aminoácidos excretados nas fezes dos animais (não digeridos e ou não assimilados) e presentes em outros resíduos orgânicos (microalgas mortas, muco, adubos orgânicos, animais mortos, carapaças, sobras de ração, etc.) são usados como alimento por bactérias, que também excretam amônia como um resíduo final do metabolismo dos aminoácidos.

Na água, a amônia pode seguir dois caminhos: a absorção por microalgas (ou fitoplâncton) ou a oxidação a nitrito e nitrato, um processo realizado por algumas bactérias, autotróficas ou nitrificadoras (entre elas as bactérias dos gêneros *Nitrosomonas*, *Nitrobacter* e *Nitrospira*).

ORIGEM DA AMÔNIA E NITRITO

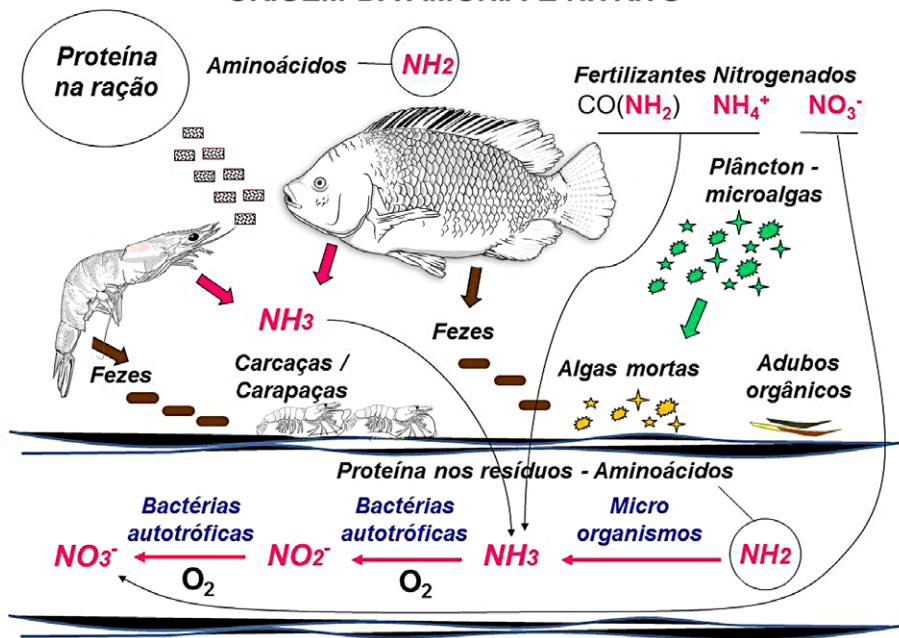


Figura 1 - Principais fontes de amônia, e consequentemente de nitrito e nitrato, nos tanques de cultivo de peixes e camarões

As diferentes formas de amônia, nitrito e nitrato na água

A amônia pode estar presente na água como um íon NH_4^+ (forma pouco tóxica) ou como um gás NH_3 (forma muito tóxica). Com os kits de análise de água mensuramos a concentração total de amônia (amônia total), ou seja, NH_4^+ e NH_3 juntos. O pH da água determina o percentual da amônia total que está na forma de NH_3 ou de NH_4^+ (ver a **Tabela 1**). A forma não ionizada NH_3 é uma molécula de menor tamanho e sem carga. Assim, consegue atravessar membranas celulares mais facilmente (por simples difusão). Por esse motivo o NH_3 é tido como mais tóxico que o NH_4^+ quando presentes na água. Mas, no sangue e tecidos dos peixes e camarões, onde o pH é de 7,4 a 8,0, a maior parte do gás amônia (NH_3) gerado no metabolismo ou absorvido da água, se converte em NH_4^+ . Em excesso no sangue e nos tecidos, o íon NH_4^+ ocupa o lugar do íon K^+ e assim interfere na transmissão dos impulsos nervosos (entre os neurônios) e na contração dos músculos. Distúrbios nervosos e espasmos musculares são alguns dos principais sintomas da intoxicação por amônia nos peixes e camarões. Mais informações sobre o risco de toxidez por amônia em peixe e camarões podem ser encontradas em artigo publicado nessa revista (*Panorama da AQUICULTURA*, 160, 2017).

De acordo com o pH da água, o nitrito pode estar presente em duas formas: HNO_2 (ácido nitroso) e NO_2^- (íon nitrito). Sob valores de pH acima de 5,5 praticamente não existe a forma de HNO_2 na água. Portanto, em ambientes de cultivo de peixes e camarões, onde o pH da água geralmente está entre 6,0 e 10,0, a toxidez por nitrito, se ocorrer, será provocada exclusivamente pelo íon NO_2^- . Em relação ao nitrato, esse composto somente está presente na água na forma de íon NO_3^- .

Tabela 1 - Porcentagem de amônia na forma tóxica (NH_3) em relação à amônia total de acordo com o pH na água doce (0 ppt) e na água do mar (36 ppt) a 28°C

pH da água	Porcentagem de (NH_3) sobre a amônia total (a 28°C) ¹	
	Água doce 0 ppt	Água mar 36 ppt
6,5	0,22%	0,18%
7,0	0,71%	0,58%
7,5	2,2%	1,8%
8,0	6,6%	5,5%
8,5	18,4%	15,6%
9,0	41,7%	36,8%
9,5	69,2%	64,8%
10,0	87,7%	85,4%

¹Ambient Water Quality Criteria for Ammonia in Saltwater - 1989, EPA 440/5-88-004.

Análises de amônia, nitrito e nitrato

No mercado há kits de análises de amônia, de nitrito e de nitrato que se baseiam em métodos colorimétricos (**Figura 2**) com boa precisão para as necessidades dos cultivos aquícolas. Ao utilizar esses testes de campo, muitas vezes a cor da amostra testada se iguala ou excede a cor de maior concentração na escala

de cores. Quando isso acontece é recomendável diluir a amostra com água limpa (água deionizada, por exemplo, ou mesmo água de chuva) e refazer o teste novamente, até que a cor obtida se aproxime a uma das cores mais centrais da escala. Quando a amostra foi diluída, é necessário multiplicar o resultado pelo fator de diluição. Veja exemplos na **Tabela 2**. Para diluir uma amostra pela metade ou 50%, colete 10 ml da água a ser analisada e misture com 10 ml de água limpa. Dessa amostra diluída, retire o volume que precisa para fazer o teste. O fator para a multiplicação do resultado do teste com a amostra diluída nesse caso será 2.

Formas de expressão da concentração de amônia, nitrito e nitrato – é preciso atenção à forma como as concentrações são apresentadas nos testes colorimétricos. Geralmente a concentração é expressa em ppm (“parte por milhão”), ou em mg/l (miligrama por litro). Um “ppm” é igual a um “mg/l”. Porém, os resultados podem em ser ppm de equivalentes de nitrogênio (N-NH₃, ou N-NO₂⁻ ou N-NO₃⁻) ou em ppm da substância medida (NH₃, NO₂⁻ ou NO₃⁻). Por

Tabela 2 - Preparo de 20 ml de amostras diluídas e seus respectivos fatores de multiplicação

Diluição	Fator de multiplicação	Vol. água do tanque (ml)	Vol. água deionizada (ml)
50%	2,0	10	10
25%	4,0	5	15
20%	5,0	4	16
10%	10,0	2	18
5%	20,0	1	19

exemplo, a amônia (NH₃) tem aproximadamente 82% de N. Dessa forma 1 mg de NH₃/l equivale a 0,82 mg de N-NH₃/l (fator 0,82). O nitrito (NO₂⁻) tem 30% de nitrogênio em sua composição. Portanto, 1 mg de NO₂⁻/l equivale a 0,30 mg de N-NO₂⁻/l (fator 0,30). E o nitrato (NO₃⁻) tem 23% de N em sua composição, assim 1 mg de NO₃⁻/l equivale a 0,23 mg de N-NO₃⁻/litro (fator 0,23), conforme resumido na **Tabela 3**. Note que para o nitrito e o nitrato, que possuem percentuais menores de nitrogênio em sua composição, as concentrações quando expressas em equivalentes de N são muito menores do que quando expressas para as substâncias nitrito ou nitrato.



Figura 2 - Tabelas de cores de alguns testes colorimétricos para amônia total, nitrito e nitrato

Tabela 3 - Fator de equivalência entre as formas de expressão das concentrações de amônia, nitrito e nitrato

Amônia	mg/l	Nitrito	mg/l	Nitrato	mg/l
NH ₃	1,00	NO ₂ ⁻	1,00	NO ₃ ⁻	1,00
N-NH ₃	0,82	N-NO ₂ ⁻	0,30	N-NO ₃ ⁻	0,23
Fator x	0,82	Fator x	0,30	Fator x	0,23

Concentrações seguras e tóxicas de amônia, nitrito e nitrato para os peixes e camarões

Concentrações de amônia, nitrito e nitrato que matam 50% dos animais em 96 horas de exposição contínua (sigla LC₅₀-96h) foram determinadas para diversas espécies de peixes e camarões de interesse para aquicultura (**Tabela 4**). Essas concentrações podem apresentar consideráveis variações entre um estudo e outro, refletindo a influência de diversos fatores relacionados à qualidade da água (salinidade, dureza total, concentração de cloretos, temperatura, entre outros) e à condição geral dos animais no momento das pesquisas. Embora haja algumas discordâncias, em geral os especialistas consideram como seguras as concentrações de até 10% dos valores de LC₅₀-96h. Desse modo, para peixes tropicais como a tilápia e o bagre do canal (catfish americano), os seguintes níveis seguros ou de atenção podem ser considerados: amônia 0,14 mg/l de N-NH₃ (ou 0,17 mg/l NH₃); nitrito 0,7 mg/l N-NO₂⁻ (2,2 mg/l NO₂⁻) e nitrato 140 mg/l N-NO₃⁻ (ou 620 mg/l NO₃⁻). Para o camarão marinho *L. vannamei*: amônia 0,06 mg/l de N-NH₃ (ou 0,07 mg/l NH₃); nitrito 0,6 a 7,6 mg/l N-NO₂⁻ (2 a 23 mg/l NO₂⁻) e nitrato 220 mg/l N-NO₃⁻ (620 mg/l NO₃⁻).

"Para a maioria dos peixes de águas quentes cultivados no Brasil, podemos considerar como um valor de atenção uma concentração de NH₃ entre 0,1 e 0,2 mg/l. Concentrações acima desses limites podem resultar em irritação e danos às brânquias, dificuldades respiratórias e, conseqüentemente, prejuízos ao crescimento dos peixes."

espasmos musculares, natação errática e descoordenada. As brânquias ficam inflamadas e os peixes têm dificuldade de respirar, mesmo com adequados níveis de oxigênio na água. Para a maioria dos peixes de águas quentes cultivados no Brasil, podemos considerar como um valor de atenção uma concentração de NH₃ entre 0,1 e 0,2 mg/l (10% do valor de LC₅₀-96h). Concentrações acima desses limites podem resultar em irritação e danos às brânquias, dificuldades respiratórias e, conseqüentemente, prejuízos ao crescimento.

Juvenis de tilápia-do-Nilo expostos a concentrações de amônia tóxica de 0,1 mg/l apresentaram redução de 28% no ganho de peso (**Tabela 5**). Embora a tilápia possa suportar concentrações relativamente elevadas de amônia, os dados apresentados na Tabela 5 indicam ser necessário evitar que a concentração de amônia tóxica na água de cultivo supere 0,05 mg de NH₃/l de modo a não prejudicar demasiadamente o crescimento. Com uma temperatura de 28°C na água, o valor de 0,05 mg NH₃/l é atingido a uma concentração de amônia total próxima de 7 mg NH₃/l a pH 7,0; ou 0,76 mg NH₃/l a pH 8,0; ou 0,12 mg NH₃/l a pH 9,0 (ver Tabela 1 para os percentuais de NH₃ na amônia total em função do pH da água).

Não foi observado aumento na mortalidade em juvenis de catfish americano (bagre-do-canal) expostos a níveis subletais de amônia (0,43 mg N-NH₃/l) e em seguida desafiados com a bactéria *Flavobacterium columnare* (Farmer et al 2011). Da mesma forma, também não se observou aumento na mortalidade de juvenis de tilápias que foram expostos a 0,37 mg N-NH₃/l antes do desafio com a bactéria *Streptococcus agalactiae*, em comparação com peixes desafiados e que não foram previamente ex-

Efeito da amônia no desempenho e saúde dos peixes

A amônia interfere com a transmissão de impulsos nervosos e com a contração muscular nos peixes. Peixes intoxicados por amônia apresentam distúrbios nervosos,

Tabela 4 - Concentrações letais (LC₅₀-96h) de amônia (N-NH₃), nitrito (N-NO₂) e nitrato (N-NO₃) para algumas espécies de peixes e camarões cultivadas no Brasil ⁽¹⁾. Entre parênteses os limites máximos considerados como seguros para a espécie. Esses valores devem servir como valores de atenção e equivalem a 10% do valor LC₅₀-96h

	mg/l N-NH ₃	mg/l N-NO ₂	mg/l N-NO ₃
Tilápia do Nilo	1,4 a 2,6 (0,14)	⁽²⁾ 8 a 338 (0,8)	ND (500) ⁽⁵⁾
Tambacu	1,34 (0,13)	ND	ND
Pacu	0,7 (0,07)	ND	ND
Bagre do canal	1,4 a 3,1 (0,14)	7,1 (0,7)	1.400 (140)
Lambari	0,54 (0,05)	ND	ND
Carpa comum	1,13 a 1,30 (0,11)	20,0 (2,0)	1.075 (107)
Truta arco-íris	0,08 a 0,9 (0,008)	⁽²⁾ 0,24 a 11 (0,024)	ND (< 30 a 80) ⁽⁵⁾
Camarão L. vannamei	0,6 a 2,8 (0,06)	⁽³⁾ 5,7 a 15,0 (0,57) ⁽⁴⁾ 76,0 a 321,0 (7,6)	ND (220) ⁽⁵⁾
Camarão P. monodon	0,96 a 1,08 (0,10)	38 - 171 (3,8)	1.450 - 2.320 (145)

⁽¹⁾ Valores obtidos nos estudos de Rice e Stokes, 1974; Colt e Tchobanoglous 1976; Colt e Tchobanoglous 1978; Tomasso et al 1980; Reinbold e Pescitelli 1982; Palachek and Tomasso 1984; Chen e Lei 1990; Abdala e McNabb 1998; Atwood et al 2001; Tsai and Chen (2002); Lin and Chen 2003; Avilez et al 2004; Costa et al. 2004; Gross et al 2004; Sowers et al 2004; Abbas, 2006; Máchová et al 2006; Matinez et al 2006; Yanbo et al 2006; Wang et al 2006; Tilak et al 2007; Schuler 2008; Brinkman et al 2009; Silva 2013; Davidson et al 2014; Kuhn et al 2014; Quaresma 2016; Monsees et al 2017; Ramirez-Rochin et al 2017.

⁽²⁾ tolerância ao nitrito aumenta com a elevação nos níveis de cloreto na água. Valores mais baixos em águas com pouco cloreto;

⁽³⁾ salinidades de 0,6 a 2 ppt. A tolerância ao nitrito aumenta com a elevação da salinidade da água;

⁽⁴⁾ salinidades de 15 a 35 ppt. A tolerância ao nitrito aumenta com a elevação da salinidade da água;

⁽⁵⁾ ND = valores de LC₅₀-96h ainda não determinados. Os valores de atenção foram sugeridos com base em resultados de experimentos de crescimento com diferentes níveis de nitrato.

Tabela 5 - Efeito da exposição contínua a diferentes concentrações de amônia tóxica (em mg/l de NH_3) sobre o peso final e ganho de peso (GDP) da Tilápia-do-Nilo. Peixes com peso médio inicial de 19 g. (Adaptado de El-Sherif e El-Feky, 2008)

NH_3 (mg/l)	P final (g)	GDP (g)	GDP Relativo
0,004	37,7	18,7	100%
0,01	37,2	18,2	97%
0,05	36,4	17,4	93%
0,10	32,5	13,5	72%
0,15	26,9	7,9	42%

postos à amônia (Evans et al 2006). Apesar disso, é razoável acreditar que peixes expostos à concentrações subletais de amônia sejam menos tolerantes a enfermidades, diante da diversidade de espécies de peixes e patógenos presentes nos empreendimentos aquícolas.

Efeitos da amônia sobre o desempenho, saúde e sobrevivência dos camarões

Concentrações de amônia que matam 50% dos camarões marinhos são apresentadas nas **Tabelas 6 e 7**. Em geral, os camarões são mais sensíveis à amônia nos estágios mais jovens e em águas de baixa salinidade.

Concentrações subletais são aquelas que, embora não provoquem diretamente a morte, acabam prejudicando o desempenho e a saúde dos animais. Camarões expostos a concentrações subletais de amônia geralmente apresentam baixo consumo de alimento, crescimento reduzido e podem apresentar menor sobrevivência durante

Tabela 6 - Concentrações letais (LC_{50} -24 h) de amônia (NH_3) para diferentes estágios de vida do camarão *Litopenaeus vannamei*, a uma temperatura de 26°C e salinidade de 34 ppt na água (Adaptado de Cobo et al 2012)

Estágio de desenvolvimento	NH_3 (mg/l)
Zoea 1	0,73
Zoea 2	1,82
Zoea 3	2,92
Mysis 1	3,40
Mysis 2	3,04
Mysis 3	3,16
PL-1d	2,31
PL-22 mm*	1,94

*Lin e Chen (2001), água com salinidade de 35 ppt e 23°C

Tabela 7 - Concentrações letais (LC_{50} -96h) de amônia não ionizada (NH_3) em mg de N-NH_3 /l para camarões *Litopenaeus vannamei* com 22 mm de comprimento (Lin e Chen, 2001) e *Litopenaeus schmitti* com 15 mm (Barbieri, 2010) sob diferentes salinidades

Salinidade	15 ppt	25 ppt	35 ppt
<i>L. vannamei</i> (23°C; 22 mm)	1,20	1,57	1,60
Salinidade	5 ppt	20 ppt	35 ppt
<i>L. schmitti</i> (20°C; 15 mm)	0,69	0,86	1,20
Nível de atenção (10% LC_{50})	0,12	0,16	0,16

o cultivo. A intoxicação por amônia reduz a capacidade de transporte de oxigênio na hemolinfa dos camarões e causa inflamação nas brânquias. Isso faz com que os animais apresentem dificuldade respiratória e de osmorregulação. Há relatos de que a intoxicação por amônia também aumenta a frequência de mudas nos camarões. Da mesma forma como nos peixes, a amônia apresenta efeitos neurotóxicos nos camarões, levando a natação errática e espasmos musculares.

Na **Tabela 8** são resumidos os resultados de um experimento realizado por Yang (1990) e relatado por Chien (1992). A partir de 0,1 mg/l de amônia na forma tóxica (NH_3) o crescimento de *Penaeus chinensis* foi de 60% em relação aos animais mantidos em águas praticamente sem amônia tóxica (controle). Com 0,6 a 0,8 mg NH_3 /l os camarões cresceram apenas 46% comparados ao grupo controle. Animais expostos a 1,5 mg NH_3 /l tiveram crescimento de apenas 22% em relação ao grupo controle.

Portanto, no cultivo de camarões marinhos deve ser respeitado um nível de atenção de amônia tóxica (NH_3) de 0,1 mg NH_3 /l. Nos cultivos intensivos de camarões em viveiros com baixa renovação de água e elevadas taxas de alimentação (acima de 150 a 200 kg de ração/ha/dia) a concentração de amônia total pode chegar a 4 a 6 mg/l, resultando em amônia tóxica entre 0,24 e 0,36 mg/l em águas de pH 8,0. Caso o pH se eleve para 8,5 em função da fotossíntese, 6 mg/litro de amônia total

Tabela 8 - Crescimento de *Penaeus chinensis* com 4 cm, mantidos 10 dias sob diferentes concentrações de amônia não ionizada - NH_3 em água de pH 8,4 (Adaptado de Chien, 1992)

Amônia total	NH_3 (pH 8,4)	Crescimento em 10 dias
Controle	Praticamente zero	1,15 cm
0,6 a 2 mg/l	0,07 a 0,2 mg/l	0,70 cm
5,0 a 7 mg/l	0,6 a 0,8 mg/l	0,54 cm
14,0 mg/l	1,5 mg/l	0,26 cm

"Concentrações subletais embora não provoquem diretamente a morte, acabam prejudicando o desempenho e a saúde dos animais. Camarões expostos a concentrações subletais de amônia geralmente apresentam baixo consumo de alimento, crescimento reduzido e menor sobrevivência durante o cultivo."

equivaleriam a 0,9 mg de NH₃/l. Níveis elevados assim de NH₃ prejudicam o crescimento e ainda podem reduzir a resistência dos camarões aos patógenos.

Jia et al 2017 observaram redução na contagem de hemócitos e na atividade das enzimas PO (fenoloxidase) e SOD (superóxido dismutase) em camarões marinhos *Litopenaeus vannamei* de 8,7 g expostos por 48 horas a concentrações subletais de amônia tóxica de 0,1 ou 0,5 mg N-NH₃/l, comparados a um grupo controle de camarões mantidos em água com 0,001 mg de N-NH₃/l (Tabela 9). Os hemócitos e as enzimas PO e SOD têm ação importante nos mecanismos de defesa e na resistência dos camarões contra os patógenos.

Tabela 9 - Contagem total de hemócitos (THC), atividade das enzimas fenoloxidase (PO) e superóxido dismutase (SOD) na hemolinfa e no hepatopâncreas, e sobrevivência do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* após 48 horas de exposição a diferentes concentrações de amônia tóxica (Adaptado de Jia et al 2017)

N-NH ₃	Hemolinfa (U/mg de proteína)			Hepatopâncreas (U/mg de proteína)		Sobrevivência (%)	
	THC	PO	SOD	PO	SOD	5 ppt	30 ppt
0,001 mg/l	78	0,68	1,45	17,80	7,10	100%	100%
0,1 mg/l	43	0,46	0,95	10,40	4,70	100%	100%
0,5 mg/l	32	0,44	0,70	7,20	4,00	86%	95%

Liu e Chen (2004) observaram menor intensidade de respostas imunológicas e maior mortalidade após infecção experimental por *Vibrio alginolyticus* em grupos de camarões marinhos *Litopenaeus vannamei* que foram mantidos em águas com amônia total acima de 5 mg/l (Tabela 10).

Efeitos do nitrito no desempenho, saúde e sobrevivência dos peixes

Uma vez presente no sangue dos peixes, o nitrito se liga a hemoglobina. A hemoglobina é a proteína responsável pelo transporte de oxigênio para as células, tecidos e órgãos do corpo. O nitrito oxida o íon ferro (do estado Fe₂₊ para Fe₃₊) presente na hemoglobina, e assim ela perde a capacidade de transportar o oxigênio. A hemoglobina combinada ao nitrito e com o seu íon ferro oxidado é chamada “ferrihemoglobina” ou “metehemoglobina”.

Tabela 10 - Mortalidade acumulada de camarões marinhos *Litopenaeus vannamei* desafiados com uma injeção contendo a bactéria *Vibrio alginolyticus* e em seguida mantidos em água com diferentes concentrações de amônia (Adaptado de Liu e Chen (2004))

Amônia Total (mg/l)	N-NH ₃ (mg/l)	Mort. acumulada 7 dias após o desafio
0,01	0,00	23,3%
1,10	0,06	20,0%
5,24	0,28	40,0%
11,10	0,85	43,3%
21,60	1,14	50,0%
21,60 (não injetados)	1,14	0,0%

O grau de toxidez por nitrito pode ser determinado pela abundância de metehemoglobina no sangue dos peixes. Boyd (1990) relata o resultado de diversos estudos sobre a toxidez do nitrito com o bagre-do-canal. Em um destes experimentos foi registrado que 21% da hemoglobina estava na forma de metehemoglobina após os peixes serem submetidos a 1 mg/l de N-NO₂⁻ por 24 horas. Esse percentual foi de 60% em peixes mantidos por 24 horas em água com 2,5 mg N-NO₂⁻/l. Quando a porcentagem de metehemoglobina ultrapassa a 5% da hemoglobina, os peixes podem sofrer déficits de oxigênio, mesmo com adequados níveis de oxigênio na água. Por esse motivo, a mortalidade de peixes intoxicados por nitrito tende a ser maior sob baixas concentrações de oxigênio.

A metemoglobina confere ao sangue uma coloração marrom. No bagre-do-canal, níveis de metemoglobina entre 25 a 30% já resultam em uma coloração ligeiramente marrom do sangue. Com 50% ou mais de metemoglobina, o sangue desse peixe apresenta uma coloração marrom escuro, como chocolate. Esta coloração marrom pode ser observada examinando as brânquias ou a cor do sangue que sai de um corte do pedúnculo caudal do peixe.

Em água doce (salinidade zero), a exposição contínua a concentrações subletais de nitrito (0,3 a 0,5 mg/l) pode causar redução no crescimento e na resistência dos peixes às doenças. A presença de íons cloreto na água reduz o risco de toxidez por nitrito. Por isso a tolerância dos peixes ao nitrito aumenta com o aumento da salinidade da água. Na **Tabela 11** são resumidas informações sobre a toxidez de nitrito para algumas espécies de peixes cultivadas no Brasil.

Na **Tabela 11** podemos observar que a tilápia-do-Nilo é uma das espécies mais tolerantes ao nitrito. Para alevinos ao redor de 4 g a LC_{50} -96 h se elevou de 81 para 338 mg/l de $N-NO_2^-$ com a elevação da concentração de íons cloretos de 6 para 375 mg/l. Interessante observar que tilápias menores parecem tolerar concentrações mais elevadas de nitrito do que tilápias de maior tamanho, contrariando o padrão de que peixes menores (formas mais jovens) geralmente são mais sensíveis a substâncias tóxicas. Peixes nativos como a matrinxã e o tambaqui parecem ser bem menos



Figura 3 - Pilha de sal ao lado de um viveiro em fazenda de cultivo de catfish no Alabama, USA. Aplicações de sal são usadas como medida preventiva para minimizar o risco de toxidez por nitrito

tolerantes ao nitrito do que as tilápias. Assim, no cultivo dessas espécies em viveiros com altas taxas de alimentação e baixa renovação de água (condições que podem favorecer o aumento na concentração de nitrito) é importante elevar a concentração de cloreto na água, reduzindo o risco de toxidez por nitrito.

Os íons cloreto competem com o nitrito pelos mesmos receptores presentes nas membranas das células branquiais, reduzindo assim a absorção de nitrito pelos peixes. Nos cultivos de peixes podemos elevar as concentrações de íons

Cl^- com a aplicação de sal marinho (cloreto de sódio) nos viveiros. A quantidade de sal aplicada deve ser suficiente para manter uma proporção entre 6 a 10 unidades de cloreto (Cl^-) para cada unidade de NO_2^- . Por segurança, alguns especialistas sugerem uma proporção de 20:1, considerando o baixo custo do sal e seus benefícios na aquicultura (ver matéria *Panorama da AQUICULTURA*, 103 (17): p 14 a 23). A concentração de íons Cl^- já existente na água e a expectativa de possíveis níveis de nitrito devem ser consideradas nesse cálculo. Alguns kits de análises oferecem opções para a análise da concentração de cloreto na água. Assim é possível calcular a dose de sal necessária para prevenir ou amenizar a toxidez por nitrito, conforme a equação a seguir:

$$\text{Sal (g/m}^3\text{)} = [(6 \text{ a } 10) \times (\text{NO}_2^- \text{ mg/l)} - (\text{Cl}^- \text{ mg/l})] / 0,6$$

Por exemplo, consideremos que a concentração de nitrito possa chegar a valores próximo de 5 mg de NO_2^-/l (que equivale a 1,5 mg de $N-NO_2^-/l$) durante um cultivo intensivo de peixes em viveiros com alta taxa de alimentação e baixa renovação de água. E que a água não contém cloreto (água doce).

Tabela 11 - Concentrações letais (LC_{50} -96h) de nitrito (em mg/l de NO_2^- ou mg/l de $N-NO_2^-$) para diferentes espécies de peixes cultivadas no Brasil. Concentrações de cloreto na água (Cl^- em mg/l)

Espécie	Peso (g)	LC_{50} -96h (mg/l)		Cl^- (mg/l)	Referências
		NO_2^-	$N-NO_2^-$		
Jundiá cinza	8	21,0	6,3	3,9	Lima et al 2011
Tilápia-do-Nilo	0,09	544,7	163,4	ND	Silva 2013
Tilápia-do-Nilo	4,4	270,0	81,0	6,0	Atwood et al 2001
Tilápia-do-Nilo	90,7	26,7	8,0	ND	Atwood et al 2001
Tilápia-do-Nilo	4,4	1.126,7	338,0	375,0	Atwood et al 2001
Tilápia-do-Nilo	1,8	93,9	28,2	35,0	Yanbo et al 2006
Tilápia-do-Nilo	1,8	148,9	44,7	70,0	Yanbo et al 2006
Matrinxã	45	2,9	0,9	ND	Avilez et al 2004
Tambaqui		6,1	1,8	ND	COSTA et al., 2004
Bagre-do-canal		23,7	7,1	ND	Palachek and Tomasso 1984
Black bass		467,3	140,2	ND	Palachek and Tomasso 1984

Considerar como concentração segura, o valor de 10% dos valores de LC_{50} -96h. Por exemplo, para a Tilápia-do-Nilo, 0,3 a 112 mg/l de NO_2^- , dependendo da salinidade da água. Para o tambaqui, 0,6 mg/l de NO_2^- .

"Tilápias menores parecem tolerar concentrações mais elevadas de nitrito do que tilápias de maior tamanho, contrariando o padrão de que peixes menores geralmente são mais sensíveis a substâncias tóxicas. Peixes nativos como a matrinxã e o tambaqui parecem ser bem menos tolerantes ao nitrito do que as tilápias."

Com esses números na equação $[(10 \times 5 - 0)/0,6]$ determinamos a necessidade de aplicar 83 g de sal/m³ de água. Em um viveiro de 1.000 m² com 1,5 m de profundidade média, ou seja, para 1.500 m³, são necessários 125 kg de sal. Essa aplicação de sal causa uma elevação praticamente imperceptível (apenas 0,08 ppt) na salinidade da água. Mas isso é suficiente para minimizar o risco de toxidez sob níveis de nitrito de até 5 mg de NO₂/l (**Figura 3**).

Tabela 12 - Concentrações letais (LC₅₀-96h) e concentrações seguras de nitrito (aqui estimadas ao redor de 10% da LC₅₀-96h) para o camarão marinho *Litopenaeus vannamei* de diferentes pesos e a diferentes salinidades (Sal - em ppt ou g/litro) na água

Sal (ppt)	Peso (g)	LC ₅₀ -96h mg N-NO ₂ /l	Conc. segura mg N-NO ₂ /l	Referências
0,6	4,4	5,7	0,6	Ramírez-Rochín et al 2017
1	4,4	7,0	0,7	
2	4,4	12,4	1,2	
2	0,2	8,9	0,9	Gross et al 2004
3	0,6	15,2	1,5	Wang et al 2006
10	0,7	8,4	0,8	Sowers et al 2004
15	3,9	76,5	7,6	Lin and Chen (2003)
25	3,9	178,0	17,8	
35	3,9	321,0	32,1	

Efeitos do nitrito no desempenho, saúde e sobrevivência dos camarões

Na **Tabela 12** são resumidos alguns valores de LC₅₀-96h de nitrito para o *Litopenaeus vannamei*, principal espécie de camarão cultivada no Brasil. Observe que para camarões com peso ao redor de 4 g os valores de LC₅₀-96h são menores do que 12 mg de N-NO₂/l a uma salinidade de 2 ppt, comparado a valores acima de 75 mg de N-NO₂/l em salinidades maiores que 15 ppt. Considerando como seguras as concentrações de nitrito equivalente a 10% da LC₅₀-96h, os limites de atenção de nitrito para camarões marinhos variam desde 0,6 mg de N-NO₂/l em salinidades de até 1 ppt a 32 mg de N-NO₂/l em salinidade de 35 ppt. Portanto, a presença de íons cloretos na água também parece reduzir a absorção de nitrito através das brânquias dos camarões marinhos.

A hemocianina é a proteína que transporta oxigênio na hemolinfa dos camarões. Diferente da hemoglobina que tem o ferro como metal em sua composição, a hemocianina possui o cobre. Acredita-se que, a exemplo da oxidação do íon Fe⁺² na hemoglobina dos peixes, o nitrito unido à hemocianina no sangue dos camarões possa oxidar os íons cobres presentes na hemocianina e assim prejudicar a capacidade de transporte de oxigênio das brânquias aos demais tecidos e órgãos do corpo dos crustáceos. Problemas com a intoxicação de camarões por nitrito são raros nos cultivos em águas salgadas, visto que a tolerância do camarão ao nitrito é muito alta em salinidades acima de 20 ppt (alta concentração de íons cloreto). Mas podem ocorrer em condições de baixa salinidade, especialmente em viveiros mais fundos (onde o lodo geralmente é anaeróbico) e com pouca circulação de água. Perdas de camarões por intoxicação de nitrito são frequentes em sistemas de recirculação de água ou em cultivos com bioflocos sob baixas salinidades (entre 2 a 10 ppt).

Camarões marinhos submetidos a concentrações subletais de nitrito apresentaram reduzido crescimento e sobrevivência (**Tabelas 13 e 14**). Camarões *Litopenaeus vannamei*, mantidos em concentrações de N-NO₂ de 5 mg/l ou superior, apresentaram menor contagem de hemócitos (células sanguíneas de defesa) e menor atividade da enzima fenoloxidase (enzima que desencadeia uma cascata de reações imunológicas importantes para a defesa dos camarões), comparados a camarões que foram expostos a

no máximo 1 mg N-NO₂⁻/l (Tseng e Chen 2004). Nesse mesmo estudo, os camarões que foram desafiados com uma injeção de *Vibrio alginoliticus* e em seguida transferidos para tanques com 5 mg N-NO₂⁻/l ou mais apresentaram maior mortalidade acumulada 7 dias após a infecção, comparados aos camarões transferidos para águas com até no máximo 1 mg/l de N-NO₂⁻.

Efeitos do nitrato sobre o desempenho, saúde e sobrevivência dos peixes e camarões

O nitrato é o produto final da oxidação da amônia pelas bactérias nitrificadoras. O nitrato é relativamente pouco tóxico comparado ao nitrito e à amônia. Porém, em concentrações muito elevadas, acima de 100 mg/l, pode prejudicar o desempenho dos peixes e camarões. Concentrações de nitrato acima de 400 mg/l pode ser letal para algumas espécies de peixes. Problemas com excessiva concentração de nitrato dificilmente ocorrem nos cultivos de peixes e camarões em viveiros, devido ao uso contínuo do nitrato como fonte de nitrogênio pelas microalgas. No entanto, em sistemas de recirculação (SRA) e em sistemas com bioflocos (BFT) o nitrato pode atingir concentrações bastante elevadas na água (acima de 400 mg N-NO₃⁻/l) e por isso precisa ser monitorado com atenção. Concentrações letais e seguras de nitrato para alguns peixes e camarões são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 13 - Efeito da concentração de nitrito sobre o ganho de peso e sobrevivência do camarão *Litopenaeus vannamei* em água com salinidade de 26 ppt e temperatura de 28°C (Adaptado de Melo et al 2016)

N-NO ₂ ⁻ (mg/l)	P. inicial (g)	P. final (g)	GDP (g)	GDP relativo	Sob (%)
0	1,55	2,97	1,42	100,0%	96,3
10	1,59	2,87	1,28	90,1%	96,3
20	1,56	2,31	0,75	52,8%	85,2
40	1,63	1,71	0,08	5,6%	40,7

Tabela 14 - Efeito da concentração de nitrito na água sobre a sobrevivência, o peso final e a biomassa do camarão rosa *Farfantepenaeus paulensis* mantidos em água com salinidade de 15 ppt e temperatura de 25°C (Adaptado de Wasielesky et al 2017)

Nitrito (mg/l N-NO ₂ ⁻)	PF (mg)	PF relativo	Sobrev. (%)	Biomassa final (g)
Controle	431	100,0%	88,9%	11,5
2,55	438	101,6%	91,0%	11,9
10,2	381	88,4%	39,0%	4,5
20,4	311	72,2%	15,7%	1,5

"Problemas com excessiva concentração de nitrato dificilmente ocorrem em viveiros, devido ao uso contínuo do nitrato como fonte de nitrogênio pelas microalgas. Em sistemas de recirculação e em sistemas com bioflocos o nitrato pode atingir concentrações bastante elevadas na água e por isso precisa ser monitorado com atenção."

Níveis até 25 mg/l de N-NO₃⁻/litro são considerados adequados para o cultivo da maioria das espécies de peixes e crustáceos. Acima de 100 mg/l de N-NO₃⁻ requer atenção. Trocas de água são usadas para diluir o nitrato. Plantas também removem o nitrato da água. A denitrificação, um processo anaeróbico em que bactérias transformam o nitrato em gás nitrogênio, pode ser empregada para reduzir a concentração de nitrato na água dos SRA's e nos sistemas BFT.

Tilápia-do-Nilo e nitrato - Monsees et al 2017 observaram redução de 29% no ganho de peso e uma conversão 56% pior em juvenis de tilápia criados em água contendo 1.000 mg/l N-NO₃⁻ comparado com juvenis mantidos em água com 500 mg/l N-NO₃⁻ ou menor concentração de nitratos. Peixes expostos a 1.000 mg/l N-NO₃⁻ apresentaram níveis elevados de nitrito e de metehemoglobina no sangue. Os autores concluíram que as concentrações de nitrato devem ser mantidas abaixo de 500 mg/l N-NO₃⁻ em sistemas de recirculação com a tilápia-do-Nilo.

Truta arco-íris e nitrato - Davidson et al 2014 sugerem que trutas arco-íris criadas em sistemas de recirculação com água contendo entre 80 e 100 mg/l N-NO₃⁻ não tiveram prejuízo no crescimento, mas apresentaram natação anormal (nado de lado e geralmente maior velocidade de natação), comparado a peixes criados em águas contendo 30 mg/l N-NO₃⁻.

Camarões marinhos e nitrato - Kuhn et al (2010) observaram redução no crescimento e na sobrevivência de camarões marinhos criados em água contendo cerca de 400 a 900 mg/l N-NO₃⁻ (**Tabela 15**). Observaram ainda encurtamento das antenas, lesões no hepatopâncreas e anormalidade nas brânquias de camarões marinhos mantidos sob as mais altas concentrações de nitrato. Em um segundo experimento, esses mesmos autores demonstraram que a elevação da salinidade de 2 para 18 ppt contribuiu para minimizar o impacto negativo no crescimento e na sobrevivência dos camarões mantidos por 35 dias em águas com 440 mg/l N-NO₃⁻.

Furtado et al 2014 também observaram alterações histopatológicas nas brânquias e no hepatopâncreas, redução no comprimento das antenas, menor sobrevivência e pior crescimento e conversão alimentar em camarões marinhos, mantidos em sistema de bioflocos a concentrações de nitrato de 300 e 600 mg/l N-NO₃⁻. Concentrações de nitrato de até 150 mg/l N-NO₃⁻ foram consideradas seguras (**Tabela 16**).

Monitoramento da qualidade da água e boas práticas para prevenir problemas com amônia, nitrito e nitrato

Em viveiros com águas verdes, quase toda a amônia gerada na excreção dos animais e na decomposição da matéria orgânica é assimilada pelas microalgas (fitoplâncton) em seus processos de síntese de proteína. Um eventual excedente de amônia na água é oxidado a nitrito e, em seguida a nitrato, pelas bactérias autotróficas (nitrificado-

"Em viveiros com águas verdes, quase toda a amônia gerada na excreção dos animais e na decomposição da matéria orgânica é assimilada pelas microalgas. Um eventual excedente de amônia na água é oxidado a nitrato pelas bactérias autotróficas."

Tabela 15 - Sobrevivência, peso médio final e comprimento das antenas de camarões marinhos *L. vannamei* criados por 42 dias em sistema de bioflocos com salinidade de 11 ppt e sob diferentes concentrações de nitrato (Kuhn et al 2010)

mg/l N-NO ₃ ⁻	Sob (%)	Peso final (g)	Comp. antenas (cm)
35	87	9,3	8,5
220	87	8,7	7,2
435	64	7,5	5,1
910	15	5,0	2,0

Tabela 16 - Sobrevivência, peso médio final, conversão alimentar e comprimento das antenas em camarões marinhos *L. vannamei* criados por 42 dias em águas contendo diferentes concentrações de nitrato. Sistema de bioflocos, salinidade 23 ppt, peso médio inicial 1,3 g. (Furtado et al 2014)

N-NO ₃ ⁻	Sob (%)	PM final (g)	Conv. Alim.	Comp. antenas
75	100	6,07	1,50	5,68 cm
150	87	5,97	1,60	4,86 cm
300	77	4,89	3,00	2,52 cm
600	71	3,94	4,34	2,03 cm

ras). Enquanto a taxa de geração de amônia for menor do que a taxa de assimilação de amônia pelo fitoplâncton e de oxidação pelas bactérias, a concentração de amônia na água dos viveiros permanecerá zerada. No entanto, a intensificação da produção de peixes e camarões em viveiros demanda altas taxas de alimentação, que em alguns momentos do cultivo chegam a ultrapassar a casa de 300 a 500 kg/ha. Em tais situações ocorre uma alta geração de amônia, ao mesmo tempo que um excessivo desenvolvimento do fitoplâncton. As águas ficam muito verdes e com baixa transparência. Os valores de pH na água no período da tarde ficam perigosamente altos (acima de 9,0), aumentando a proporção de NH₃ em relação à amônia total presente na água. Com o excesso de fitoplâncton, grande parte das microalgas começa a ficar sombreada, desprovida de luz. Dessa forma, a remoção de amônia da água fica restrita a ação das microalgas nas águas mais superficiais dos viveiros. Sem luz suficiente, muitas microalgas acabam morrendo. Isso aumenta ainda mais a quantidade de matéria orgânica a ser decomposta na coluna d'água e nos sedimentos, resultando em aumento na geração de amônia e maior consumo de oxigênio. Assim, sob altas taxas de alimentação e excesso de fitoplâncton, a geração de amônia pode superar a capacidade de assimilação pelas microalgas e pelas bactérias autotróficas presentes nos viveiros, resultando em elevação nos níveis de amônia

NUTRIÇÃO E SAÚDE

Suplementos nutricionais

- Polivitamínico e mineral completo
- Vitamina C monofosfato (35% vitamina C)
- Vitamina C revestida (98% vitamina C)

AERAÇÃO

Difusores de ar

- Difusor circular (disco 20 cm de diâmetro)
- Difusor tubular (17 ou 25 cm)



Mangueiras microperfuradas a laser - para difusão de oxigênio em caixas de transporte de peixes e em tanques de depuração.

Mangueira cristal de 1/2 e 3/4 " - para sistemas de aeração por ar difuso ou incubadoras.

Registro com junção bilabial - em polietileno para encaixe direto em tubulação de ar ou água.

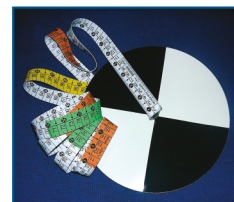
Bomba submersa 0,5 HP - para circulação e aeração da água em tanques de produção de peixes, hapas de reprodução de tilápia e em tanques de depuração, dentre diversas outras aplicações.

QUALIDADE DA ÁGUA

ACQUA ANÁLISES® kit portátil para análises de água - pH, amônia total, alcalinidade total, dureza total e gás carbônico.



Disco de Secchi



Testes individuais de análises de água

- pH (colorimétrico)
- Alcalinidade total (titulométrico)
- Dureza total (titulométrico)
- Amônia total (colorimétrico)
- Nitrito (colorimétrico)
- Oxigênio dissolvido (titulométrico)



CLASSIFICADOR DE PEIXES

ACQUA GRADE® classificador de peixes com barras ajustáveis para alevinos e juvenis de 0,3 a 30g. Flutuante e leve (5kg), feita em material não corrosível. Dimensões: 55 x 35 x 30cm



PUBLICAÇÕES TÉCNICAS



- Controle financeiro na aquicultura
- Fundamentos da piscicultura em sistemas de recirculação (apostila)
- Nutrição e alimentação dos peixes cultivados
- Planejamento da produção de peixes
- Principais parasitoses e doenças dos peixes cultivados
- Projetos Aquícolas: planejamento e avaliação econômica
- Saúde e manejo sanitário na criação de tilápias em tanques-rede
- Qualidade da água no cultivo de peixes e camarões
- Reprodução, larvicultura e produção de alevinos de peixes nativos
- Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial
- Transporte de peixes vivos

"Em sistemas de recirculação convencionais (SRA), a água geralmente é transparente, sem a presença de microalgas. Grande parte dos resíduos sólidos como fezes, sobras de ração e animais mortos é removida do sistema com o uso de decantadores e filtros mecânicos. Dessa forma, a principal fonte de amônia nos SRA provém da excreção dos animais."

na água e queda no oxigênio dissolvido. Com níveis mais baixos de oxigênio nos viveiros, particularmente nas camadas mais profundas, a oxidação da amônia a nitrato não é realizada por completo, resultando em acúmulo e aumento na concentração de nitrito na água.

Em viveiros de cultivo intensivo de peixes e camarões, especialmente se a renovação de água for limitada, podem ser registrados níveis de amônia total entre 4 e 8 mg/l e valores de amônia tóxica geralmente acima de 1,6 a 3,2 mg/l, em função dos elevados valores de pH (acima de 9,0) que comumente ocorrem no período da tarde em viveiros com muito fitoplâncton (ver mais detalhe sobre isso em artigo publicado nessa revista, *Panorama da AQUICULTURA*, 159). A exposição à amônia tóxica acima de 1,5 mg/l por tempo prolongado pode causar grande mortalidade na maioria das espécies de peixes e camarões cultivadas. Com relação ao nitrito, é comum registrar concentrações entre 1 e 5 mg NO₂⁻/l (que equivale a 0,3 a 1,5 mg N-NO₂⁻/l. Para peixes cultivados em água doce e para camarões cultivados em águas de baixa salinidade, esses níveis elevados de nitrito podem causar severos prejuízos ao desempenho, saúde e sobrevivência dos animais. Em águas com maior salinidade (e, conseqüentemente, níveis mais elevados de cloreto), tais concentrações de nitrito não chegam a representar maiores problemas. **Monitoramento:** o monitoramento das concentrações de amônia total e de

nitrito devem ser realizados a intervalos semanais nos viveiros com taxas de alimentação acima de 150 a 200 kg de ração/ha/dia. As análises de amônia total devem ser realizadas no período da tarde (16:00 h), juntamente com a análise de pH, para determinação dos níveis de NH₃ (amônia na forma tóxica). **Boas práticas:** a) uso de rações de alta qualidade; b) evitar o uso de rações com níveis excessivamente elevados e desnecessários de proteína; c) respeitar as biomassas e taxas de alimentação seguras, de acordo com a capacidade de aeração e de renovação de água; d) em viveiros com baixa renovação de água, manter a água bem tamponada (dureza total e alcalinidade total acima de 30 mg CaCO₃/l ou mais), através de calagem, sempre que necessário (ver mais sobre a importância do tamponamento da água em artigo aqui publicado, *Panorama da AQUICULTURA*, 163); e) empregar estratégias de controle do fitoplâncton, para impedir elevações excessivas no pH da água; f) manter adequados níveis de oxigênio em toda a coluna d'água através da aeração noturna e realizar circulação de água nos horários de pico de fotossíntese, evitando que a interface água:solo fique desprovida de oxigênio (ver estratégias de aeração e circulação de água em artigo publicado nessa revista, *Panorama da AQUICULTURA*, 151 (25) 2015: p. 14-21); g) em cultivos em água doce, manter adequados níveis de cloreto na água através da aplicação de sal; h) não aplicar ou minimizar o uso de fertilizantes nitrogenados e de adubos orgânicos, visto que a ração já aporta quantidades suficientes de nutrientes na água.

Em sistemas de recirculação convencionais (SRA), a água geralmente é transparente, sem a presença de microalgas. Grande parte dos resíduos sólidos (fezes, sobras de ração e animais mortos) é removida com o uso de decantadores e filtros mecânicos. Dessa forma, a principal fonte de amônia nos SRA provém da excreção dos animais. A amônia será oxidada a nitrato por ação de bactérias nitrificadoras que se desenvolvem nos biofiltros. O biofiltro é um componente importante nos SRA's e devem ser dimensionados de modo a ter um substrato adequado e com área superficial suficientemente grande para abrigar uma população de bactérias nitrificadoras capaz de oxidar toda a amônia gerada. Nos biofiltros a amônia é primeiramente oxidada a nitrito e, em seguida, a nitrato. Nos SRA's com peixes de água doce o pH da água geralmente é mantido próximo da neutralidade (entre 6,5 e 7,5). Dessa forma as concentrações de amônia total podem chegar a valores próximos de 15 mg/l, sem qualquer prejuízo ao desempenho dos animais. No entanto, altas concentrações de amônia assim geralmente são acompanhadas de altas concentrações de nitrito. Em algumas situações, as concentrações de nitrito nos SRA's podem ultrapassar 10 mg NO₂⁻/l (equivalente a 3 mg N-NO₂⁻/l) e colocar em risco a saúde e sobrevi-

vência da maioria dos peixes de água doce. Por isso é importante elevar a concentração de íons cloreto na água dos SRA's (com a aplicação de sal ou de cloreto de cálcio), minimizando o risco de toxidez por nitrito. O nitrato é o produto final da oxidação do nitrito e tende a se acumular na água dos SRA's. Pelo fato do nitrato ser de menor toxidez aos peixes e camarões, comparado à amônia e ao nitrito, é possível operar o sistema com concentrações relativamente altas de nitrato. No entanto, os limites adequados de nitrato para peixes tropicais e camarões geralmente são entre 100 e 200 ppm. Concentrações de nitrato muito acima desses limites podem resultar em prejuízos ao desempenho e à saúde dos animais, e até mesmo mortalidade. Plantas aquáticas ou integração com hidroponia (aquaponia) é uma forma eficiente para a remoção do excesso de nitrato da água nos sistemas de recirculação. **Monitoramento:** o monitoramento das concentrações de amônia total e nitrito devem ser feitos a cada 2 a 3 dias. As análises de nitrato devem ser feitas pelo menos uma vez por semana. Análises de amônia e nitrito antes e após a passagem da água pelos biofiltros (ou pelo setor de plantas nos sistemas de aquaponia) permitem verificar a atividade das bactérias nitrificadoras. **Boas práticas:** a) dimensionar adequadamente o sistema e seus componentes (filtros mecânicos, filtros biológicos, aeração, entre outros. Conte com a ajuda de um profissional com conhecimento para isso; b) respeitar os limites diários de alimentação; c) usar rações de alta digestibilidade, adequado balanço de nutrientes e grande estabilidade na água (usar micropelletes ao invés de ração em pó); d) manter adequadas condições de qualidade de água para o bom funcionamento dos biofiltros / bactérias nitrificadoras (adequado oxigênio, pH neutro, evitar excesso de amônia; alcalinidade acima de 80 a 100 ppm; impedir o acúmulo de matéria orgânica nos biofiltros; baixa luminosidade; entre outros cuidados); e) manter pH dentro de faixa segura para os peixes (7,0 e 7,5) e camarões (7,5 e 8,5) com aplicações pequenas e diárias de corretivos, sempre atento aos níveis de amônia tóxica (NH_3); f) realizar uma remoção rápida e eficiente dos resíduos sólidos do sistema (mínimo tempo de contato com a água); g) realizar renovações de água suficiente para manter os níveis de nitrato dentro de limites seguros; h) usar plantas para a remoção de nitratos (hidroponia, aquaponia); tanques de desnitrificação para converter NO_3^- em nitrogênio gás (N_2) que pode ser posteriormente eliminado para a atmosfera através de aeração e de colunas de remoção de gases.

Em sistemas de recirculação com bioflocos (BFT), a função do biofiltro é desempenhada por bactérias aderidas no material orgânico em suspensão

"O monitoramento da qualidade da água e a adoção de boas práticas de manejo da produção são fundamentais para evitar prejuízos econômicos com o reduzido ganho de peso, pior conversão alimentar e aumento da ocorrência de enfermidades e mortalidade em animais estressados por concentrações elevadas de amônia, nitrito e nitrato."

e nas paredes e outros substratos nos tanques de cultivo. Os agregados formados por resíduos orgânicos em suspensão (fragmentos de fezes e restos de alimentos) e microrganismos diversos (bactérias, algas, fungos, protozoários, rotíferos, entre outros) são denominados de bioflocos. As bactérias heterotróficas nos bioflocos degradam os resíduos orgânicos e utilizam amônia como fonte de nitrogênio para seu crescimento, aumentando a biomassa bacteriana no sistema. Nos bioflocos também há bactérias autotróficas (ou nitrificadoras) que se encarregam da oxidação da amônia a nitrito e do nitrito a nitrato. Nos BFT's estabilizados, as concentrações de amônia e nitrito se mantêm relativamente baixas, dentro de uma faixa segura para os peixes e camarões. Mas podem ocorrer desequilíbrios no sistema, fazendo com que as concentrações de nitrito se elevem demasiadamente. Por isso é importante manter os BFT's adequadamente salinizados, minimizando o risco de toxidez por nitrito. Da mesma forma que nos SRA's, as concentrações de nitrato tendem a aumentar com o tempo e podem ultrapassar os limites seguros para os peixes e camarões. **Monitoramento:** o monitoramento das concentrações de amônia total, nitrito e nitrato devem ser feitas diariamente no sistema ou nos tanques individuais, até que seja atingida uma estabilidade nesses parâmetros. A partir da estabilidade, as análises podem ser feitas a in-

tervalos de 2 a 3 dias. **Boas práticas:** como nos SRA's, é importante o dimensionamento correto do sistema, respeito aos limites de biomassa e ração; uso de ração de alta qualidade; aeração suficiente, etc. Além disso, os equipamentos de movimentação de água e aeração devem ser capazes de manter os sólidos em suspensão; uso de clarificadores ou tanques de decantação para uma eficiente remoção do excesso de sólidos em suspensão, mantendo limites aceitáveis de sólidos para a espécie a ser criada; aplicações diárias de corretivos para manter níveis adequados de pH e alcalinidade; aplicações regulares de fontes de carbono (melaço, açúcar, farelo de arroz, farinha de trigo, etc) sempre que necessário, de acordo com os níveis de N amoniacal na água, para ajustar a relação C/N na água dos tanques. Quando o sistema atinge um equilíbrio microbiológico, as aplicações de C passam a ser mínimas e as vezes até desnecessárias). Nos sistemas de bioflocos, a função do biofiltro é realizada por bactérias autotróficas aderidas as flocos de material orgânico em suspensão. Assim, como nos SRA's, também é necessário aguardar a maturação das comunidades microbianas do sistema para poder operar dentro dos limites de biomassa e taxas de alimentação previamente projetadas. Uma vez estabele-

zando o sistema, o reuso da água nos cultivos seguintes (água já equilibrada em microrganismos) é uma opção mais racional e sustentável do que usar água nova.

Considerações finais

Os produtores devem ficar atentos ao monitoramento da amônia, nitrito e nitrato nos sistemas intensivos de cultivo de peixes, especialmente em viveiros com baixa renovação de água e altas taxas de alimentação diária e em sistemas intensivos de cultivo que utilizam recirculação de água ou a tecnologia de bioflocos bacterianos. O monitoramento da qualidade da água e a adoção de boas práticas de manejo da produção são fundamentais para evitar prejuízos econômicos com o reduzido ganho de peso, pior conversão alimentar e aumento da ocorrência de enfermidades e mortalidade em animais estressados por concentrações elevadas de amônia, nitrito e nitrato. ■

No próximo artigo dessa sequência (último)

Parte 4 – Influência de outros compostos presentes na água sobre o desempenho e saúde dos peixes e camarões



TRADIÇÃO EM QUALIDADE E DURABILIDADE





MANGUEIRAS POROSAS
Produto importado de alta qualidade. Ideal para a aplicação em bersários.



COMPRESSORES RADIAIS DE ALTA PERFORMANCE

- Caixa de junções
- Compartimento do ventilador
- Entrada de ar
- Saída de ar
- Pedestal assismático

CONHEÇA TODA A NOSSA LINHA DE PRODUTOS:



AERADORES



ALIMENTADORES



CAIXAS



MEDIDORES



SELECIONADORES



INCUBADORAS

(47) 3334-0089
www.beraqua.com.br
beraqua@beraqua.com.br