

Jaguariúna, SP
Dezembro, 2006

Autores

Julio Ferraz de Queiroz
Oceanólogo,
Doutor em Ciências
Agrárias,
Embrapa Meio Ambiente
Rod. SP 340, km 127,5
13.820-000
Jaguariúna/SP
jqqueiroz@cnpma.embrapa.br

Mariana Pinheiro Silveira
Bióloga,
Mestre em Ecologia,
Embrapa Meio Ambiente
Rod. SP 340, km 127,5
13.820-000
Jaguariúna/SP
mariana@cnpma.embrapa.br

Recomendações Práticas para Melhorar a Qualidade da Água e dos Efluentes dos Viveiros de Aqüicultura

Introdução

A aqüicultura vem sendo considerada como uma grande promessa para suprir a lacuna existente entre a captura pesqueira mundial e a demanda por pescados. Entretanto, as preocupações sobre o uso excessivo dos recursos naturais e dos impactos sócio ambientais negativos causados pela aqüicultura precisam ser considerados (BOYD et al., 2006). As questões relacionadas à segurança alimentar também têm sido levantadas sobre os produtos aquícolas.

Embora um bom local possa estar disponível para a implantação de um projeto para a produção de peixes ou camarões, é preciso considerar que um aporte significativo de nutrientes e matéria orgânica, contidos nas rações, pode afetar diretamente a qualidade da água dos viveiros e lagos de pesca. Além disso, se não houver uma conservação adequada das margens com grama e cobertura vegetal (Fig. 1) esse problema poderá ser agravado. O aumento no aporte de ração e matéria orgânica pode levar ao excesso de fitoplâncton, à baixa concentração de oxigênio dissolvido, a alta concentração de amônia, e também a condições insatisfatórias do sedimento do fundo dos viveiros e outros problemas, os quais, certamente, irão prejudicar a produção aquícola independente da localização dos viveiros (BOYD & TUCKER, 1998).



Foto: Julio F. Queiroz

Fig. 1. Vista geral de um lago de pesca localizado próximo a cidade de Campinas, SP, com destaque para a conservação adequada das margens com grama e cobertura vegetal.

Além disso, em determinados locais as fontes de água para abastecimento dos viveiros são de baixa qualidade, ou ainda podem estar poluídas com resíduos domésticos, industriais ou agrícolas. Para contornar esses problemas é preciso adotar taxas de estocagem e alimentação moderadas, a fim de assegurar a qualidade da água e dos sedimentos. Outro agravante, é que na maioria das vezes, os responsáveis pelo manejo dos viveiros empenham-se obstinadamente na busca do aumento da produção, e muitas vezes acabam por comprometer a qualidade da água prejudicando diretamente os índices de produtividade dos viveiros.

O resultado da interação desses fatores é que a partir do momento em que a qualidade da água e o sedimento do fundo dos viveiros são prejudicados, as espécies que estão sendo cultivadas nesses viveiros começam a sofrer estresse, e tornam-se mais susceptíveis às doenças. Isso implica na redução do consumo de ração, com efeitos diretos na taxas de sobrevivência e crescimento das espécies de peixes e camarões cultivadas nessas condições insatisfatórias.

Paralelamente a esses problemas, os efluentes dos viveiros que contém água de baixa qualidade geralmente apresentam uma concentração reduzida de oxigênio dissolvido e altas concentrações de nutrientes, matéria orgânica e sólidos em suspensão.

Nesses casos, a descarga desse tipo de efluente nos cursos d' água naturais, pode causar poluição prejudicando diretamente as comunidades aquáticas, e reduzindo a qualidade da água destinada para outros usos benéficos (BOYD & QUEIROZ, 2004; SILAPAJARN & BOYD, 2005).

Cientistas, aqüicultores, organizações jurídicas e ambientais, agências internacionais de

desenvolvimento e diversos governos em escala mundial, têm respondido a essas preocupações sugerindo maneiras para melhorar o comprometimento sócio ambiental e a segurança alimentar na aqüicultura, como por exemplo, a Resolução do CONAMA 357/2005 que “dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências” (Tabelas 1 e 2).

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é apresentar as relações entre o manejo dos viveiros de aqüicultura e sugerir recomendações práticas para melhorar a qualidade da água e dos efluentes.

Tabela 1. Relação de alguns padrões de qualidade de água para água doce (classe 2) e para água salgada (classe 1) e água salobra (classe 1) de acordo com os limites estabelecidos pelo CONAMA Resolução Nº 357/2005

Variável	Água Doce ¹ Classe 2	Água Salgada ² Classe 1	Água Salobra ³ Classe 1
Alumínio dissolvido (mg/L)	0,1	1,5	0,1
Cloreto total (mg/L)	250		
Cloro Residual Total (combinado + livre) (mg/L)	0,01	0,01	0,01
Clorofila a (µg/L)	≤ 30		
Cobre dissolvido (mg/L)	0,009	0,005	0,005
Coliformes fecais (NMP/100ml)	1.000*	1.000**	1000***
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO ₅) (mg/L)	≤ 5,0		
Ferro dissolvido (mg/L)	0,3	0,3	0,3
Fósforo total (mg/L)	≤ 0,030 ambientes lênticos ≤ 0,050 ambientes intermediários	0,062	0,124
Nitrato (NO ₃ mg/L)	10,0	0,40	0,40
Nitrito (NO ₂ mg/L)	1,0	0,07	0,07
Nitrogênio amoniacal total (NH ₃ + NH ₄)	3,7 mg/L N (pH ≤ 7,5) 2,0 mg/L N (7,5 < pH ≤ 8,0) 1,0 mg/L N (8,0 < pH ≤ 8,5) 0,5 mg/L N (pH ≥ 8,5)	0,40	0,40
Oxigênio dissolvido (mg/L)	≥ 5,0	≥ 6,0	≥ 5,0
pH	6,0 a 9,0	6,5 a 8,5	6,5 a 8,5
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	500		
Sulfato Total (SO ₄) (mg/L)	250		
Sulfeto de Hidrogênio (H ₂ S) (mg/L)	0,002	0,002	0,002
Turbidez (UNT)	≤100		
Zinco total (mg/L)	0,18	0,09	0,09

1. águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰. Classe 2: águas que podem ser destinadas: a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000; d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e) à aqüicultura e à atividade de pesca.

2. *águas salinas: águas com salinidade igual ou superior a 30 ‰. Classe 1: águas que podem ser destinadas: a) à recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000; b) à proteção das comunidades aquáticas; e c) à aqüicultura e à atividade de pesca.*

3. *águas salobras: águas com salinidade superior a 0,5 ‰ e inferior a 30 ‰. Classe 1: águas que podem ser destinadas: a) à recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à aqüicultura e à atividade de pesca; d) ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado; e e) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, e à irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto.*

** coliformes termotolerantes: para uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA no 274, de 2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A E. coli poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente.*

*** coliformes termotolerantes: para o uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA no 274, de 2000. Para o cultivo de moluscos bivalves destinados à alimentação humana, a média geométrica da densidade de coliformes termotolerantes, de um mínimo de 15 amostras coletadas no mesmo local, não deverá exceder 43 por 100 mililitros, e o percentil 90% não deverá ultrapassar 88 coliformes termotolerantes por 100 mililitros. Esses índices deverão ser mantidos em monitoramento anual com um mínimo de 5 amostras. Para os demais usos se aplicam as mesmas normas para água doce.*

**** coliformes termotolerantes: para a irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, bem como para a irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto, não deverá ser excedido o valor de 200 coliformes termotolerantes por 100mL. para o uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA no 274, de 2000. Para o cultivo de moluscos bivalves e para os demais usos se aplicam as mesmas normas para água salgada.*

Tabela 2. Relação de algumas variáveis de qualidade de água e dos limites aceitáveis para as concentrações de substâncias inorgânicas dissolvidas na água de viveiros de aqüicultura Boyd & Tucker (1998).

Variáveis/Substâncias	Forma encontrada na água	Concentração desejada
Cálcio	Dureza (mg/L CaCO ₃)	20 a 150
	Íon de Cálcio (Ca ²⁺)	5 a 100 água doce < 500 água salobra
Magnésio	Íon de Magnésio (Mg ²⁺)	5 a 100 água doce < 1.500 água salobra
STD	Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	50 a 500
Alcalinidade	Alcalinidade total (mg/L CaCO ₃)	20 a 150
	Bicarbonato (HCO ₃ ⁻) (mg/L)	20 a 300 pesque-pagues e maioria dos viveiros com ração 50 a 300 viveiros de cultivo de camarão e tilápia
	Carbonato (CO ₃ ²⁻) (mg/L)	0 a 20 mg/L
Boro ¹	Borato (H ₃ BO ₃ , H ₂ BO ₃) (mg/L)	0,05 a 1,0
Carbono	Dióxido de Carbono (CO ₂) (mg/L)	1 a 10
Cloreto	Íon de Cloreto (Cl)	1 a 100 água doce < 20.000 água salobra
Clorofila a	Clorofila a (µg/L)	0 a 500
Cobre ¹	Íon de Cobre (Cu ²⁺) (mg/L)	< 0,005
	Cobre total (mg/L)	0,005 a 0,01
Coliformes	Coliformes fecais (NMP/100ml) *	1.000
Condutividade	Condutividade específica (µS/cm)	< 1.000
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO ₅) (mg/L)	≤ 20,0
DQO	Demanda Química de Oxigênio (DQO) (mg/L)	40 a 80
Enxofre	Sulfato (SO ₄) (mg/L)	5 a 100 água doce < 3.000 água salobra
	Sulfeto de Hidrogênio (H ₂ S) (mg/L)	0
Ferro ¹	Íon Ferroso (Fe ²⁺) (mg/L)	0
	Íon Férrico (Fe ³⁺) (mg/L)	traço
	Ferro total (mg/L)	0,05 a 0,5

Variáveis/Substâncias	Forma encontrada na água	Concentração desejada
Fósforo	Fósforo total (mg/L) Íon de Fosfato (HPO_4^{2-} , H_2PO_4^-) (mg/L)	< 0,5 0,005 a 0,2
Hidrogênio	H^+ [-log (H^+) = pH]	7,0 a 9,0
Manganês ¹	Íon de Manganês (Mn^{2+}) (mg/L) Dióxido de Manganês (MnO_2) (mg/L) Manganês total (mg/L)	0 traço 0,05 a 0,2
Molibdênio ¹	Molibdênio (MoO_3) (mg/L)	traço
Nitrogênio	Nitrogênio total (N mg/L) Nitrogênio amoniacal total ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4$) (mg/L) Nitrogênio molecular (N_2) Amônio (NH_4^+) (mg/L) Amônia não ionizada (NH_3) (mg/L) Nitrato (NO_3^-) (mg/L) Nitrito (NO_2^-) (mg/L)	5,0 a 6,0 < 0,5 < saturação 0,2 a 2,0 < 0,1 0,2 a 10,0 < 0,3
Oxigênio	Oxigênio molecular (O_2) (mg/L)	5,0 a 15,0
Potássio	Íon de Potássio (K^+)	1 a 10 água doce < 400 água salobra
Salinidade	Salinidade (soma de todos os íons) (mg/L)	50 a 2.000 água doce 2.000 a 35.000 água salobra
Silica	Silicato (H_2SiO_3 , HSiO_3^-) (mg/L)	2 a 20
Sódio	Sódio (Na^+) (mg/L)	2 a 100 água doce < 11.000 água salobra
Temperatura	Temperatura (°C)	20 a 30
Transparência	Transparência (cm) Disco de Sécchi	30 a 50
Turbidez	Turbidez (UNT)	25 a 50
Zinco ¹	Íon de Zinco (Zn^{2+}) (mg/L) Zinco total (mg/L)	< 0,01 0,01 a 0,05

¹Os limites desejáveis para essas substâncias são pouco conhecidos. Os valores listados acima como concentrações desejáveis são na verdade as concentrações mais comuns encontradas para esses traços de metais nas águas superficiais de viveiros de aqüicultura.

Ração e Nutrientes

Em geral, nos viveiros de aqüicultura onde não é adotado um manejo da qualidade da água eficiente as rações vêm a se tornar uma fonte de nutrientes que invariavelmente causam “*blooms*” (crescimento repentino e excessivo) de fitoplâncton e, conseqüentemente, conduzem à deterioração da qualidade da água dos viveiros. Entretanto, com o uso de rações de alta qualidade, armazenamento adequado em silos ou galpões fechados e de procedimentos de arraçoamento corretos (Figs. 2 e 3) é perfeitamente possível manter a qualidade da água em níveis satisfatórios. E, ainda obter uma taxa de conversão alimentar ou TCA (peso da ração aplicada aos viveiros: peso da produção líquida), entre 1,5 a 1,8, a qual é considerada uma TCA satisfatória para várias espécies.

É preciso lembrar que as rações são constituídas de 90% de matéria seca e que os peixes contém cerca de 25% de matéria seca. Portanto, para uma TCA de 2,0 serão necessários 2.000 kg de ração para produzir 1.000 kg de peixes. Nesse caso, em termos de matéria seca serão exigidos 1.800 kg de ração seca para produzir 250 kg

de peixe seco, sendo que a carga residual será de 1.550 kg. Além disso, o resíduo da ração também entra na água como ração não consumida, fezes, dióxido de carbono e amônia.



Foto: Julio F. Queiroz

Fig. 2. Exemplo de Boas Práticas de Manejo (BPMs) para armazenamento em silos apropriados e da distribuição automática mecanizada da ração para peixes em Greensboro, AL, EUA.

Foto: Julio F. Queiroz



Fig. 3. Exemplo de Boas Práticas de Manejo (BPMs) para distribuição manual e controle de ração (peneiras) para camarões em uma fazenda localizada em Pernambuco (PE).

Exemplo prático:

Para evidenciar esses aspectos é apresentado um exemplo específico para a produção de tilápias, cujo objetivo é demonstrar como foram calculados a remoção de nitrogênio e fósforo da água dos viveiros no momento da despesca (retirada dos peixes dos viveiros) e avaliar a carga residual no ambiente de cultivo. Nesse sentido, DIANA et al. (1994), observaram que para obter uma produção de 7.267 kg/ha de tilápia (*Oreochromis niloticus*) em viveiros foram consumidos 10.319 kg/ha de ração. Estudos posteriores indicaram que essa espécie contém 26,5% de matéria seca e a matéria seca contém 8,5% de nitrogênio e 3,01% de fósforo (BOYD & GREEN, 1998). A ração utilizada nesse experimento continha 30% de proteína bruta (4,89% nitrogênio), e será assumido que a ração continha 1,2% de fósforo e 90% de matéria seca. As quantidades de nitrogênio e fósforo adicionadas aos viveiros pela ração e removidas nos peixes são apresentadas na Tabela 3. Nesse exemplo, 20,7% da matéria seca, 32,5% do nitrogênio, e 46,8% do fósforo adicionados na ração foram recuperados no momento da despesca dos peixes.

Tabela 3. Balanço da matéria seca, nitrogênio e fósforo de um viveiro de produção de tilápia.

Variável	Matéria Seca	Nitrogênio	Fósforo
Ração (10.319 kg/ha)	9.287	505	124
Peixes (7.267 kg/ha peso vivo)	1.926	164	58
Carga de resíduos do viveiro (kg/ha)	7.361	341	66
Retirado nos peixes (% da adição)	20,7	32,5	46,8

Por outro lado, pode-se verificar que as diferenças nas quantidades de matéria seca e nutrientes aplicados na ração e recuperados nos peixes, não é igual às quantidades de matéria seca e nutrientes da ração contida nos efluentes. Nesse contexto, outras experiências comprovaram que os viveiros têm uma habilidade notável para assimilar resíduos através da degradação microbiana do carbono orgânico em dióxido de carbono e água, conversão da amônia em nitrato e a transformação do nitrato em nitrogênio gasoso pelas bactérias, volatilização da amônia e acumulação de fósforo e nitrogênio orgânico nos sedimentos do fundo dos viveiros (BOYD, 1995; GROSS et al., 2000).

Na medida em que a produção e a taxa de alimentação aumentam, os viveiros se tornam poluídos com nutrientes e matéria orgânica. Nessa situação, "blooms" intensos (crescimento repentino e excessivo) de fitoplâncton podem se desenvolver e aumentar as concentrações de amônia. A partir do momento que as taxas de alimentação excederem 30 a 40 kg/ha por dia, geralmente, é necessário utilizar aeração mecânica a fim de prevenir o estresse durante a noite causado pela redução repentina na concentração de oxigênio dissolvido e diminuição do pH (BOYD, 1990; BOYD & TUCKER, 1998). As tilápias são mais tolerantes do que a maioria das outras espécies de peixes para concentrações baixas de oxigênio dissolvido, e a aeração pode não ser exigida até que as taxas de alimentação excedam 100 kg/ha por dia.

Recomendações práticas para o uso de ração

- a) Selecionar a ração (farelada, peletizada ou extrusada) de acordo com o tamanho da boca dos peixes cultivados e com o tamanho das partículas que as compoem, as quais, podem variar de menos de 0,3 mm (ração farelada fina para pós-larvas) até mais de 4,0 mm (ração peletizada ou extrusada para peixes maiores de 15 cm).
- b) Selecionar rações de alta qualidade que contenham nitrogênio e fósforo, em quantidades adequadas, mas não excessivas, e que atendam as exigências nutricionais da espécie cultivada.
- c) Armazenar as rações em silos bem ventilados, ou se ensacadas, em local adequado, seco e arejado. As rações devem ser usadas segundo a data de validade fornecida pelo fabricante, e por ordem de entrada e saída.

- d) Adicionar de forma uniforme as rações nos viveiros com um alimentador mecânico ou manualmente.
- e) Observar diariamente o consumo e o acúmulo de sobras de ração nas margens dos viveiros, e não adicionar mais ração aos viveiros do que aquela quantidade que os peixes podem consumir.
- f) Manter concentrações adequadas de oxigênio dissolvido acima de 5,0 mg/L nos viveiros para impedir o estresse dos peixes, e aumentar a capacidade do viveiro para assimilação dos resíduos metabólicos.
- g) Nos viveiros sem aeração não alimentar os peixes com mais de 40 kg/ha de ração/dia. Nos viveiros com 5 Hp de aeração por hectare, pode-se aumentar a adição de ração diária para 120 Kg/ha. Essas quantidades de ração são as quantidades máximas a serem aplicadas em um determinado dia e elas não representam as médias anuais.

Aeração Mecânica

A aeração mecânica é uma técnica válida para aumentar a disponibilidade de oxigênio dissolvido nos viveiros. Atualmente, existem vários tipos de aeradores disponíveis no mercado, porém, os aeradores do tipo bomba-aspiradora-propulsora, como por exemplo, o Aire-O₂ (Aeration Industries, Chaska, Minnesota USA), e também os aeradores de pás são os tipos mais utilizados (Figs. 4 e 5). De modo geral, cada H.P. (cavalo vapor) dos aeradores irá permitir um acréscimo de cerca 500 kg/ha na produção de peixes em comparação ao que poderia ser obtido em viveiros sem aeração (BOYD, 1997).



Fig. 4. Vista parcial de um viveiro de produção de catfish (bagre do canal) localizado em Greensboro, AL, EUA, e detalhe de um aerador em pleno funcionamento durante as primeiras horas do dia.



Fig. 5. Vista geral de um aerador de pás utilizado em lagos de pesca e viveiros de aqüicultura para aumentar a concentração de oxigênio dissolvido.

Nos viveiros de produção de peixes, freqüentemente, não é necessário utilizar os aeradores durante o dia, porque, as concentrações de oxigênio dissolvido geralmente são altas. Entretanto, as concentrações de oxigênio dissolvido declinam durante a noite e o período compreendido entre meia noite e 7:00 e 8:00 horas da manhã normalmente é o mais crítico. Para contornar esse problema, alguns piscicultores utilizam dispositivos eletrônicos “timers” que ligam os aeradores durante o período crítico e os desligam de manhã cedo. Uma alternativa é utilizar equipamentos automáticos cuja função é determinar a concentração de oxigênio dissolvido, ligando e desligando os aeradores conforme as variações nas concentrações de oxigênio dissolvido nos viveiros, entretanto, esses equipamentos ainda não são suficientemente confiáveis.

Geralmente, nos viveiros com aeração intensa os aeradores são posicionados ao redor das bordas para criar um fluxo de água circular, e nesses casos as correntes de água originadas pela ação dos aeradores causam grandes erosões no fundo dos viveiros. De modo geral, tanto as partículas minerais contidas no solo, assim como, a matéria orgânica que foi erodida das áreas periféricas localizadas próximas dos aeradores, irão sedimentar na parte central dos viveiros, onde as correntes de água são mais fracas.

Ao contrário do que é normalmente aceito pelos aqüicultores, o acúmulo de resíduos em apenas um local do viveiro não isola o efeito dos mesmos sobre a água. A matéria orgânica contida nos montículos de sedimentos acumulados no centro dos viveiros se decompõe e produz condições anaeróbicas no fundo dos viveiros, liberando metabólicos tóxicos na água como, por exemplo, o sulfeto de hidrogênio. Nesse sentido, é fundamental desenvolver

um método para aeração que não cause erosão do solo, e que produza um movimento da água sobre todo o fundo dos viveiros, ao contrário do que ocorre somente ao redor das bordas dos viveiros. Obviamente, esse método de aeração produzirá correntes de água suficientemente satisfatórias para suspender as partículas orgânicas depositadas no fundo dos viveiros, com a vantagem de evitar a suspensão das partículas minerais mais pesadas contidas nos sedimentos do fundo dos viveiros. A idéia é que colocando as partículas orgânicas suspensas na coluna de água bem oxigenada, elas poderiam ser decompostas aerobicamente sem a produção associada de metabólitos tóxicos. Infelizmente, esse tipo de equipamento de aeração ainda não está disponível no mercado.

Além disso, vale salientar que os montículos formados pelo acúmulo de sedimentos no fundo dos viveiros com forte aeração não contêm grandes quantidades de matéria orgânica. Geralmente, esses acúmulos são constituídos, principalmente do próprio solo erodido dos viveiros (95-98%), e eles contêm somente um pouco de matéria orgânica cujas concentrações variam entre 2 a 5% (BOYD et al., 1994). Portanto, a remoção dos sedimentos do fundo dos viveiros através do uso de jatos de água, para lavá-los em direção aos canais de drenagem, é um procedimento bastante prejudicial, porque isso contamina e polui esses canais e também compromete a qualidade dos cursos d'água adjacentes a esses locais. Dessa forma, o acúmulo de sedimentos em montículos no fundo dos viveiros deve ser prevenido através da utilização de melhores técnicas de aeração. Caso a formação de montículos de sedimentos não puder ser evitada, esses sedimentos devem ser secos entre o intervalo compreendido entre os cultivos e, então, espalhados de volta sobre as áreas erodidas dos próprios viveiros. Finalmente, o fundo dos viveiros deve ser compactado para reduzir a erosão causada pelas correntes de água que serão induzidas pelos aeradores durante os próximos cultivos.

Recomendações práticas para o uso de aeração

- a) Utilizar aeração mecânica sempre que a concentração de oxigênio dissolvido for inferior a 2,0 mg/l de manhã cedo, e a taxa de alimentação for superior a 40 Kg/ha de ração/dia.
- b) Utilizar aeração mecânica na proporção de 5 HP/ha.
- c) Instalar os aeradores longe das margens dos viveiros e em locais onde a profundidade seja superior a 1,0 metro ou suficiente para evitar a formação de

correntes e suspensão dos sedimentos de fundo dos viveiros.

- d) Utilizar aeração mecânica para prevenir e reduzir os efeitos da estratificação térmica em viveiros e reservatórios com profundidade superior a 3,0 metros e, em épocas de grandes variações de temperatura.

Turbidez

O abastecimento de água de algumas fazendas de produção de peixes ou outros organismos aquáticos pode apresentar uma turbidez muito elevada devido a grande concentração de partículas de sedimento em suspensão. A ocorrência de grandes aportes de sedimentos externos pode entrar rapidamente nos viveiros e reduzir o volume de água. Esse tipo de problema pode ser resolvido com o uso de viveiros de sedimentação cuja finalidade é remover os sólidos em suspensão antes que eles entrem nos viveiros de produção. Os viveiros de sedimentação devem ser dragados freqüentemente.

O fundo dos viveiros naturalmente erode devido ao movimento do sedimento das áreas mais rasas para as áreas mais profundas. Após alguns anos, o fundo dos viveiros geralmente deve ser remodelado e a remoção de alguns sedimentos pode ser necessária. No caso de viveiros com águas turvas devido à presença de partículas de sedimento em suspensão, os mesmos podem ser limpos através da aplicação de esterco e também através de aplicações de gesso entre 2500g a 5000 Kg/ha, ou ainda de aplicações de sulfato de alumínio de 250 a 500 Kg/ha (BOYD, 1979).

Com relação ao uso de esterco para reduzir a turbidez dos viveiros de aqüicultura é preciso considerar o conteúdo de matéria seca contida nesse composto a fim de determinar qual é a quantidade mais indicada para ser utilizada, a qual pode variar de 500 a 1.000 kg/ha. Nesse sentido, pode-se usar tanto esterco seco como úmido e a quantidade que deverá ser utilizada será proporcional a quantidade de matéria seca, ou seja, será necessária uma quantidade muito maior de esterco úmido do que seco para se obter os mesmos efeitos. Provalmente o uso de esterco de bovinos ou suínos é mais seguro do que o uso de esterco de aves, porém os três tipos de esterco podem ser usados para reduzir a turbidez dos viveiros. A taxa de aplicação de esterco nos viveiros deve ser feita em pequenas quantidades e várias vezes por semana a fim de evitar uma redução brusca na concentração de oxigênio dissolvido. Além disso, é preciso considerar que se a fonte de turbidez não for eliminada, não se pode esperar um benefício duradouro da aplicação desses compostos.

Recomendações práticas para controle e redução da turbidez

- a) Projetar os novos viveiros nos vales das bacias hidrográficas com uma relação BH/V (bacia hidrográfica:viveiros) de 10:1 ou menos, para prevenir e reduzir o acúmulo de sedimentos nos viveiros transportados pelo escoamento superficial na época de chuvas fortes.
- b) Utilizar desvios e estruturas de estabilização de nível para desviar o excesso do escoamento superficial ao redor dos viveiros, ou construir um viveiro adicional para aumentar o armazenamento da água na bacia hidrográfica.
- c) Manter boa cobertura vegetal em todas as partes da bacia hidrográfica, e substituir a vegetação baixa ou esparsa por uma vegetação mais alta e densa quando possível nas proximidades dos viveiros.
- d) Controlar a erosão nas bacias hidrográficas providenciando cobertura vegetal, eliminando a erosão nas falhas do terreno, e utilizando desvios para afastar a água de áreas com grande potencial erosivo.
- e) Evitar a prática de criar animais próximos dos viveiros permitindo que eles andem nos diques e entrem nos viveiros.
- f) Eliminar subidas íngremes nas estradas da fazenda próximas aos viveiros de piscicultura e cobrir essas estradas com cascalho; especialmente aquelas estradas construídas sobre solos com alto teor de argila.
- g) Utilizar a relação 3:1 (horizontal: vertical) ou projetar declives laterais dos diques menos acentuados nas novas construções.
- h) Providenciar cobertura com grama nas laterais dos viveiros e dos diques, e plantar grama ou colocar cascalho nos topos dos taludes dos viveiros e dos diques.
- i) Construir os novos viveiros ou ampliações dos viveiros já existentes, de modo a manter 40 a 50% da área da fazenda localizada na planície inundada perto do canal do rio, com capacidade de reter grandes inundações que ocorrem a cada 100 anos.
- j) Controlar a entrada de água nos viveiros e nos tanques de piscicultura através do uso de comportas e de tanques de decantação.

- k) Construir viveiros de decantação para retenção dos sólidos em suspensão, principalmente argila, e matéria orgânica contidas nos efluentes dos viveiros de piscicultura resultantes das fases finais da despesca.
- l) Durante a despesca drenar lentamente a água dos viveiros até 2/3 do volume total do viveiro, e nos casos em que não há necessidade da drenagem total dos viveiros a decantação da argila e da matéria orgânica poderá ser feita no próprio viveiro.

Transparência

A profundidade de visibilidade de um objeto imerso na água, como por exemplo um disco de Secchi, permite uma medida da transparência da água. Portanto, quanto maior for a turbidez da água, menor será a visibilidade do disco de Secchi. Nos viveiros de produção de peixes, o plâncton geralmente é a maior fonte de turbidez, desse modo a visibilidade do disco de Secchi tem sido freqüentemente usada para estimar a densidade de plâncton.

O fitoplâncton é o componente mais abundante do plâncton na maioria dos viveiros de aqüicultura e a correlação entre a concentração de fitoplâncton e a transparência obtida pelo disco de Secchi pode ser uma estimativa adequada da sua concentração quando o plâncton for a principal fonte de turbidez. Os *blooms* (crescimento repentino e excessivo) de plâncton também podem causar uma coloração amarelada, vermelha, marrom, ou preta na água.

Uma visibilidade do disco de Secchi de 40 a 80 cm é desejável em viveiros estocados com tilápia e outras espécies como tambaqui e alguns peixes carnívoros como bagre do canal (catfish) e alguns surubins. *Blooms* (crescimento repentino e excessivo) de fitoplâncton muito intensos podem restringir a visibilidade do disco de Secchi a menos de 20 cm. Nesses casos onde a visibilidade é muito baixa podem ocorrer problemas devido a baixa concentração de oxigênio dissolvido.

As condições para tomar medidas com o disco de Secchi devem ser padronizadas para facilitar as operações. Um bom procedimento é fazer medições em dias calmos entre 9:00 e 15:00. Se possível as medições com o disco de Secchi devem ser feitas quando o sol não estiver encoberto por nuvens. Fazer as medições com o sol pelas costas. Mesmo quando as condições forem cuidadosamente padronizadas, os valores obtidos ao mesmo tempo por observadores diferentes para o mesmo corpo de água irão ser ligeiramente diferentes.

Além disso, o mesmo observador pode obter pequenas diferenças nas medições se o disco for observado em diferentes horários ou sob condições de tempo diferentes.

Troca de Água

A troca d'água rotineira geralmente praticada nos viveiros de aqüicultura é um exemplo de ineficiência. Existem razões para trocar a água dos viveiros em condições específicas, isto é, para transportar para fora dos viveiros o excesso de nutrientes e de plâncton e, em alguns casos, reduzir a concentração de amônia. A troca de água diária geralmente não melhora a qualidade da água nos viveiros e os custos de abastecimento são consideráveis. Os viveiros são altamente eficientes na assimilação dos aportes de carbono, nitrogênio e fósforo, que não são convertidos em peixes ou camarões; todavia, se a troca de água for grande essas substâncias serão drenadas dos viveiros antes que elas possam ser assimiladas (BOYD & TUCKER, 1995). O potencial de poluição dos viveiros de aqüicultura aumenta em função do aumento da troca de água, portanto, deve-se considerar que do ponto de vista econômico e ambiental a troca d'água somente deveria ser feita quando estritamente necessária.

Um exemplo disso é a produção de bagre do canal (*Ictalurus punctatus*) nos Estados Unidos, onde a troca de água não é feita, e onde os peixes são despescados com redes grandes sem que haja necessidade de drenar os viveiros. Um estudo realizado pelo National Animal Health Monitoring System (1997), revelou que os viveiros de produção de bagre do canal nos Estados Unidos são drenados em média somente a cada 6,1 anos. Um outro exemplo são os viveiros utilizados para o policultivo de peixes integrados à produção de suínos no Oeste do Estado de Santa Catarina onde as trocas de água (renovação) são feitas somente para compensar as perdas por evaporação e infiltração.

Recomendações práticas para troca de água

- a) Construir os viveiros de forma que seja possível o uso de redes para a retirada dos peixes e, também que não seja necessário drenar os viveiros para realizar a despesca.
- b) Projetar os novos viveiros com estruturas que possibilitem a drenagem da água próxima da superfície, ao invés, de viveiros cuja água é drenada do fundo. Quando for possível, alterar as estruturas

de drenagem para permitir a descarga da água da superfície, na ocasião em que os viveiros antigos vierem a ser drenados para a despesca, e para renovação.

- c) Maximizar os períodos entre a drenagem parcial ou completa, de forma a evitar a erosão dos diques e manter boa qualidade da água.

Desinfecção

A desinfecção dos viveiros de aqüicultura deve se feita para prevenir e reduzir os efeitos negativos relacionados com altas concentrações de metabólitos tóxicos produzidos pelos animais cultivados e microorganismos, contaminação dos viveiros por organismos patogênicos, concentrações excessivas de matéria orgânica, baixa salinidade e dureza da água, e dos efeitos adversos de um manejo inadequado dos viveiros.

Calagem

É recomendável uma aplicação de 1.000 a 2.000 kg/ha de calcário agrícola para elevar o pH do solo a um patamar suficientemente alto para desinfetá-lo de uma forma eficiente. Para se obter melhores resultados, o calcário agrícola não deve ser aplicado depois que o fundo dos viveiros estiver muito seco, porque, nessas condições o calcário agrícola não irá dissolver completamente e não causará um aumento do pH conforme esperado. Além disso, é necessário cobrir uniformemente toda a superfície do fundo dos viveiros com calcário agrícola, e adicionar alguns centímetros de água para facilitar a distribuição e a penetração do calcário no sedimento do fundo dos viveiros.

A aplicação da calagem com o objetivo de desinfetar o sedimento do fundo dos viveiros também pode melhorar o pH de solos ácidos, entretanto, esse procedimento irá eliminar tanto as bactérias patogênicas, como também, as bactérias benéficas ao solo. Vale salientar que, em locais onde o solo dos viveiros é ácido, a aplicação de calcário agrícola não irá aumentar a atividade bacteriana. Nesses casos, é preciso esperar alguns dias até o pH atingir 8,0 ou 8,5, tornando novamente as condições favoráveis para o restabelecimento das comunidades de microorganismos benéficos ao solo. Geralmente, esse processo leva apenas 3 a 4 dias, porém, os viveiros devem ser deixados secos por mais 2 a 3 semanas após a calagem para promover a degradação da matéria orgânica resultante dos cultivos anteriores.

Cloração

O ácido hipocloroso e o hipoclorito (cloro livre) são os responsáveis pelo poder de desinfecção dos produtos que contém cloro para desinfetar a água dos viveiros. Os compostos clorados são agentes oxidantes fortes e uma quantidade suficiente de cloro livre deve ser aplicada sobre o fundo dos viveiros, a fim de superar a demanda de cloro da matéria orgânica e de outras substâncias que reagem com o cloro livre, de modo a convertê-las em cloretos não tóxicos ou compostos de cloro menos tóxicos (WHITE, 1992). O cloro livre possui uma toxidez similar para organismos patogênicos e não patogênicos, e também para várias espécies de peixes e outros organismos aquáticos.

O fato de que os produtos clorados geralmente são aplicados aos viveiros sem matar os peixes, prova que as doses de cloro aplicadas aos viveiros não são suficientemente altas para matar os organismos alvo. Por outro lado, se uma quantidade suficiente de cloro for aplicada aos viveiros para matar os microorganismos alvo, os peixes também serão mortos. Dessa forma, o uso de cloro para a desinfecção de águas que contém peixes é questionável, porque ele é tanto prejudicial para os peixes, como também não implica em nenhum benefício extra para melhorar as condições dos viveiros (POTTS & BOYD, 1998).

Ainda assim, pode-se considerar que a cloração pode ser sugerida como uma prática para a desinfecção de viveiros de aqüicultura. Nesse sentido, é possível esterilizar a água de um viveiro recém abastecido e não povoado pela aplicação de produtos clorados. Para os casos em que isto pode ser feito, uma quantidade suficiente de cloro deve ser aplicada para superar a demanda de cloro, e fornecer pelo menos 2 a 3 mg/L, ou mais, de cloro livre. Devido a redução do cloro pela matéria orgânica, pode ser necessário entre 20 a 30 mg/L de hipoclorito de cálcio comercial para fornecer 2 a 3 mg/L de cloro livre. Esses resíduos irão desaparecer naturalmente em alguns dias e, então, os viveiros poderão ser povoados de uma maneira segura.

Remoção de Nutrientes

A adição de nutrientes e especialmente de fósforo aos viveiros de aqüicultura através de rações são responsáveis pelos *blooms* (crescimento repentino e excessivo) intensos de fitoplâncton e pode ser associada com problemas de qualidade de água. Além disso, as algas verdes-azuis freqüentemente dominam a comunidade fitoplanctônica dos viveiros de aqüicultura e o forte odor de compostos produzidos por elas pode

causar *off-flavor* (gosto de terra mofada) na carne dos peixes (TUCKER, 2000). Nos últimos anos, tem havido um grande interesse nas técnicas para remoção de nutrientes da água para reduzir o *bloom* (crescimento repentino e excessivo) de plâncton e a abundância de algas verdes-azuis nos viveiros de produção de peixes e camarões. É possível precipitar o fósforo da coluna da água nos viveiros através da aplicação de fontes de ferro, alumínio ou íons de cálcio. Esses íons precipitam o fosfato respectivamente como ferro insolúvel, alumínio ou fosfatos de cálcio. O alumínio (sulfato de alumínio) e o cloreto férrico são respectivamente fontes de alumínio e ferro comercialmente disponíveis no mercado. O alumínio geralmente é mais barato, e está mais disponível no mercado do que o cloreto férrico. O gesso (sulfato de cálcio) é uma boa fonte de cálcio, porque ele é mais solúvel do que os materiais utilizados para a calagem (calcário agrícola, cal virgem e cal hidratado). As dosagens de tratamento de 20 a 30 mg/L de alumínio e de 100 a 200 mg/L de gesso têm diminuído as concentrações de fósforo nas águas dos viveiros (ROWAN, 2001). O alumínio é ácido e, portanto, é mais adequado para usar em águas com 50 mg/L ou mais de alcalinidade total. O gesso é mais indicado para ser utilizado em águas com baixa alcalinidade total.

Por outro, pode-se recomendar o uso de espécies de peixes filtradoras como, por exemplo, a carpa prateada e a carpa cabeça grande para a remoção do fitoplâncton dos viveiros de aqüicultura. Vale destacar que essa prática já vem sendo realizada com sucesso nos viveiros de policultivo de peixes no Oeste do Estado de Santa Catarina. Entretanto, é preciso investir mais em pesquisas para determinar como utilizar melhor essas espécies em outros sistemas de cultivo para controlar o crescimento do fitoplancton, e também os materiais acima citados para precipitar o fósforo e limitar o crescimento de fitoplâncton.

Algicidas

Os algicidas têm sido usados em tentativas de reduzir a abundância de fitoplâncton nos viveiros de cultivo intensivo. Os algicidas sintéticos freqüentemente têm uma vida residual longa e podem causar concentrações baixas de oxigênio dissolvido crônicas. O sulfato de cobre tem uma vida residual mais curta e alguns produtores recomendam o seu uso para reduzir a abundância de fitoplâncton e, em particular, a abundância das algas verdes-azuis. A forma tóxica do cobre é o íon cúprico e a concentração do íon cúprico depende do pH. Quanto maior for o pH maior será a dose exigida de cobre para matar as algas. A recomendação usual é aplicar uma

dose de sulfato de cobre igual a 1% da alcalinidade total, sendo que deve-se observar que o sulfato de cobre é muito tóxico quando a dureza da água for inferior a 50 mg/L. As vantagens dos algicidas de cobre quelado sobre o sulfato de cobre comum nunca foram efetivamente demonstradas e os compostos de cobre quelados são muito mais caros.

Vários corantes têm sido adicionados na água dos viveiros com o propósito de limitar a penetração de luz e reduzir o crescimento do fitoplâncton. Até o momento, ainda não existe uma evidência clara de que os corantes são realmente eficazes para este propósito.

Com a exceção do sulfato de cobre, somente um pequeno resultado expressivo foi obtido através do tratamento com algicidas inibidores de fotossíntese (*simazine* – nome comercial usado nos EUA) para limitar o crescimento de fitoplâncton nos viveiros de produção de *Ictalurus punctatus* (catfish) no Estado do Alabama na concentração de 0,80 mg/L (TUCKER & BOYD 1978). Nesse sentido, a melhor estratégia para controlar o fitoplâncton é regular a entrada de nutrientes nos viveiros através da moderação das taxas de povoamento e arraçoamento.

Outras Práticas

Além dos aspectos discutidos acima, ainda existem outras práticas que necessitam de pesquisas adicionais para serem recomendadas:

Zeolita

A zeolita é um mineral formado de silicato de alumínio com propriedades de troca de íons que pode adsorver a amônia ionizada (MUMPTON, 1984). A zeolita pode ser tanto extraída de minas ou produzida sinteticamente para vários propósitos industriais, e alguns aqüicultores acreditam que a zeolita pode remover amônia da água dos viveiros. Embora isso seja tecnicamente verdadeiro, é necessária uma quantidade muito grande de zeolita para diminuir significativamente a concentração de amônia nos viveiros de aqüicultura.

Probióticos

Um número considerável de produtos comerciais é anunciado como alternativa para melhorar os benefícios dos processos químicos e biológicos, e também para melhorar a qualidade do solo. Esses produtos incluem culturas de bactérias vivas, preparações enzimáticas, compostos de várias substâncias ou resíduos

fermentados, extratos de plantas e outras misturas. Não existem evidências obtidas através de pesquisas de que qualquer um desses produtos melhore a qualidade do solo ou da água. Apesar disso, eles não são nocivos para as espécies cultivadas pela aqüicultura em geral e para o meio ambiente adjacente nem tampouco para os trabalhadores ou para a qualidade das diversas espécies de peixes, crustáceos, moluscos, etc produzidas pela aqüicultura.

No decorrer dos últimos anos tem se tornado popular a aplicação de inócuos comerciais de bactérias ou preparações enzimáticas nos viveiros de aqüicultura. Essas preparações são freqüentemente chamadas de probióticos, e elas são anunciadas para melhorar a qualidade da água através do aumento da remoção de nutrientes, estimulação da oxidação da matéria orgânica, redução das concentrações de amônia, etc. Entretanto, é preciso considerar que as bactérias e as enzimas contidas nesses produtos já ocorrem naturalmente nos viveiros. Consequentemente, a aplicação desses produtos pode não ser necessária (BOYD et al., 1984; QUEIROZ & BOYD, 1998; QUEIROZ et al., 1998). Portanto, é fundamental realizar pesquisas adicionais para determinar se os probióticos podem realmente fornecer benefícios e também definir quais as condições que eles devem ser utilizados.

Considerações Finais e Conclusão

As regulamentações mais comuns para a aqüicultura incluem proibições, restrições, zoneamento e classificação do uso da terra, avaliação de impacto ambiental, planos de mitigação, permissões, taxas de uso, e exigências de monitoramento. As regulamentações mais importantes para a aqüicultura poderiam ser as exigências de avaliação de impacto ambiental, licenças para descarga de efluentes, limitações para o uso de espécies exóticas, restrições para o uso de drogas e produtos químicos, padrões e restrições para a composição e para o uso de rações, e restrições para determinadas práticas de manejo.

Essas regulamentações também devem considerar que os produtos oriundos da aqüicultura não devem ser contaminados com produtos químicos potencialmente nocivos ou com agentes biológicos. Um dos principais questionamentos é que os resíduos de antibióticos ou de outros produtos químicos que são usados, algumas vezes, pelos aqüicultores poderão estar presentes no produto final. A água usada nas instalações dos projetos de aqüicultura algumas vezes é poluída por outros usuários e, em alguns locais as espécies cultivadas podem adquirir resíduos de metais pesados, produtos derivados de

petróleo e pesticidas e outros produtos químicos tais como o cloro e sulfato de cobre, e também outros produtos provenientes de fontes de poluição externas. Zhuo et al. (2001) e McDonald & Komulainen (2005) avaliaram, respectivamente, o potencial de formação de compostos carcinogênicos durante a cloração de amostras de água com altas concentrações de matéria orgânica, e os riscos associados à aplicação de cobre em função da sua elevada toxicidade em organismos aquáticos, e chegaram a conclusão que o cobre é tóxico em concentrações entre 7 a 20µg/L.

Em geral, a segurança alimentar é tomada como uma coisa certa e os consumidores buscam o produto de melhor qualidade em termos de aparência, frescor, valor nutricional, tamanho, preço ou outras características. Entretanto, existe uma preocupação crescente de que os regulamentos e inspeções governamentais não garantam adequadamente a segurança do processo de abastecimento de alimentos. Em função da possibilidade da ocorrência de contaminantes químicos e biológicos em produtos considerados frescos e atrativos, muitos consumidores querem ter certeza que produtos químicos potencialmente nocivos, não foram usados na produção do alimento que irão consumir, e que os contaminantes biológicos estejam ausentes.

Diante disso, deve-se considerar que a melhor estratégia a ser adotada pelos produtores e pelos órgãos ambientais seria a adoção de Boas Práticas de Manejo (BPMs). Nesse sentido as recomendações práticas consideradas como os métodos mais efetivos para reduzir impactos ambientais e compatíveis com os objetivos do manejo dos recursos naturais seriam denominadas BPMs e poderiam vir a fazer parte das regulamentações ambientais voltadas a aqüicultura.

O termo "prática" se refere à estrutura, a vegetação, ou as ações necessárias para solucionar um aspecto do problema relativo ao manejo dos recursos naturais. Em algumas situações uma única prática pode resolver o problema, porém, frequentemente um conjunto de práticas, ou um "sistema de BPMs" é necessário para garantir um manejo ambiental eficiente. Nesse sentido, tem ocorrido uma ampla aplicação de BPMs na agricultura tradicional para prevenir a erosão do solo e a turbidez e, conseqüentemente, reduzir a sedimentação resultante desse processo nas correntes e em outros corpos de água naturais.

Nos EUA as BPMs são a principal característica das regulamentações das atividades de criação intensiva de animais confinados. As BPMs são mais comumente associadas com a agricultura e outras atividades que dão origem a fontes de poluição não pontuais. Todavia,

as BPMs também podem ser incluídas nas licenças para atividades não agrícolas e fontes pontuais de efluentes como a aqüicultura (GALLAGHER & MILLER, 1996; BOYD et al., 2006).

Na aqüicultura, assim como em outros tipos de atividades agrícolas, a segurança do trabalho e a prevenção de impactos ambientais adversos também devem ser consideradas como uma das principais preocupações em todas as etapas de produção. Além disso, a manutenção apropriada da infra-estrutura da fazenda e seus equipamentos, e uma boa aparência dos terrenos, transmitem uma imagem positiva de gestão ambiental e de responsabilidade. As principais recomendações sobre esses aspectos são as seguintes:

- a) Fornecer aos funcionários instruções adequadas e treinamento sobre o uso de EPIs (Equipamentos de Proteção Individual) e, também sobre todas as operações da fazenda, incluindo treinamento regular de recapitulação dos procedimentos emergenciais.
- b) Providenciar um depósito auxiliar de armazenagem de combustível, e colocar uma placa avisando que existe material inflamável perto dessa área de armazenagem.
- c) Armazenar produtos químicos em uma construção bem ventilada e protegida da chuva. Assegurar que o piso do depósito tenha um desnível em direção a uma vala situada no centro para receber os vazamentos ocasionais. Colocar um aviso de alerta e manter as portas fechadas.
- d) Eliminar o óleo usado e os produtos químicos com datas de validade vencidas de maneira responsável, e de acordo com a legislação estadual e federal aplicável.
- e) Coletar resíduos sólidos regularmente, e eliminá-los de maneira responsável segundo a legislação estadual e federal aplicável.
- f) Projetar áreas de armazenagem de ração e depósitos de materiais de forma a evitar a erosão.
- g) Promover a cobertura vegetal da fazenda, assegurar-se que as cercas e construções estão bem mantidas e não permitir pilhas de entulho.

Referências

- BOYD, C.E. Aluminum sulfate (alum) for precipitating clay turbidity from fish ponds. **Transactions of the American Fisheries Society**, v.108, p. 307-313, 1979.
- BOYD, C.E. **Water quality in ponds for aquaculture**. Auburn: Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, 1990. 482p.
- BOYD, C.E. **Bottom soils, sediment, and pond aquaculture**. New York: Chapman and Hall, 1995. 348p.
- BOYD, C.E. Advances in pond aeration technology and practices. **INFOFISH**, v.2, n.97, p. 24-28, 1997.
- BOYD, C.E.; TUCKER, C.S. Sustainability of channel catfish farming. **World Aquaculture**, v.26, p. 45-53, 1995.
- BOYD, C.E.; TUCKER, C.S. **Pond aquaculture water quality management**. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1998. 700p.
- BOYD, C.E.; QUEIROZ, J. F. 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.; FRACALOSI, D.M.; CASTAGNOLLI, N. **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. São Paulo: TecArt: Sociedade Brasileira de Aqüicultura e Biologia Aquática, 2004. Cap. 3, p. 25-43.
- BOYD, C.E.; HOLLERMAN, W.D.; PLUMB, J.A.; SAEED, M. Effect of treatment with a commercial bacterial suspension on water quality in channel catfish ponds. **Progressive Fish-Culturist**, v.46, p. 36-40, 1984.
- BOYD, C.E.; MUNSIRI, P.; HAJEK, B.F. Composition of sediment from intensive shrimp ponds in Thailand. **World Aquaculture**, v. 25, p. 53-55, 1994.
- BOYD, C.E.; QUEIROZ, J.F.; LIM, C.; McNEVIN, A. Best management practices for responsible aquaculture. 2006. in press.
- BRASIL. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 18 mar. 2005.
- DIANA, J.S.; LIN, C.K.; JAIYAN, K. Supplemental feeding of tilapia in fertilized ponds. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 25, p. 497-506, 1994.
- GALLAGHER, L. M.; MILLER, L.A. **Clean water handbook**. Rockville: Government Institutes, 1996. 439p.
- GROSS, A.; BOYD, C.E.; WOOD, C.W. Nitrogen transformations and balance in channel catfish ponds. **Aquacultural Engineering**, v.24, p.1-14, 2000.
- McDONALD, T.A.; KOMULAINEN, H. Carcinogenicity of the chlorination disinfection by-product MX. **Journal of Environmental Science and Health. C. Environmental Carcinogenesis Reviews**, v.233, n.2, p.163-214, 2005.
- MUMPTON, F.A. Natural zeolites. In: POND, W.G.; MUMPTON, F.A. (Ed.). **Zeo-agriculture**. Boulder: Westview Press, 1984. p. 33-43.
- NATIONAL ANIMAL HEALTH MONITORING SYSTEM. **Catfish part II: Reference of 1996 U.S. catfish management practices**. Fort Collins: United States Department of Agriculture, Animal and Plant Health Inspection Service, Veterinary Services, 1997. 28p.
- POTTS, A.C.; BOYD, C.E. Chlorination of channel catfish ponds. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.29, p.432-440, 1998.
- QUEIROZ, J.F.; BOYD, C.E. Effects of a bacterial inoculum in channel catfish ponds. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 29, p.67-73, 1998.
- QUEIROZ, J.F.; BOYD, C.E.; GROSS, A. Evaluation of a bio-organic catalyst in channel catfish, *Ictalurus punctatus*, ponds. **Journal of Applied Aquaculture**, v.8, p.49-61, 1998.
- ROWAN, M. **Chemical phosphorus removal from aquaculture pond water and effluent**. 2001. 174p. Ph.D. Dissertation. Auburn University, Auburn, Alabama.
- SILAPAJARN, O.; BOYD, C.E. Effects of channel catfish farming on water quality and flow in an Alabama Stream. **Reviews in Fisheries Science**, v.13, p.1-32, 2005.
- TUCKER, C.S. Off-flavor problems in aquaculture. **Reviews in Fisheries Science**, v.8, p.45-88, 2000.
- TUCKER, C.S.; BOYD, C.E. Consequences of periodic applications of copper sulfate and simazine for phytoplankton control in catfish ponds. **Transactions of the American Fisheries Society**, v.107, p.316-320, 1978.
- WHITE, G.C. **The handbook of chlorination and alternative disinfectants**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992. 1308p.

ZHUO, C.; CHENGYONG, C.; JUNHE, L.; HUIXIAN, Z.; JINQI, Z. Factors on the formation of disinfection by-products MX, DCA and TCA by chlorination of fulvic acid from lake sediments. **Chemosphere**, v.15, n.3, p.379-385, 2001.

**Circular
Técnica, 12**

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento



Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

Embrapa Meio Ambiente

Endereço: Rodovia SP 340 km 127,5

Caixa Postal 69, Tanquinho Velho

13.820-000 Jaguariúna/SP

Fone: (19) 3867-8700

Fax: (19) 3867-8740

E-mail: sac@cnpma.embrapa.br

1ª edição eletrônica
2006

**Comitê de
Publicações**

Presidente: *Ladislau Araújo Skorupa*

Secretário-Executivo: *Sandro Freitas Nunes*

Bibliotecário: *Maria Amélia de Toledo Leme*

Membros: *Cláudio César de A. Buschinelli, Heloisa*

Ferreira Filizola, Manoel Dornelas de Souza, Maria

Conceição P. Young Pessoa, Marta Camargo de Assis,

Oswaldo Cabral

Expediente

Tratamento das ilustrações: *Silvana C. Teixeira Estevão*

Editoração eletrônica: *Silvana C. Teixeira Estevão*