

**Efeitos da Aplicação de Grandes
Quantidades de Calcário Agrícola em
Viveiros de Piscicultura**



ISSN 1516 - 4675

Dezembro, 2016

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Meio Ambiente
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 69

Efeitos da Aplicação de Grandes Quantidades de Calcário Agrícola em Viveiros de Piscicultura

Julio Ferraz de Queiroz
Rita Carla Boeira
Gilberto Nicolella

Embrapa Meio Ambiente
Jaguariúna, SP
2016

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Meio Ambiente

Rodovia SP-340, Km 127,5, Tanquinho Velho
Caixa Postal 69, CEP: 13820-000, Jaguariúna, SP
Fone: + 55 (19) 3311-2700
Fax: + 55 (19) 3311-2640
<https://www.embrapa.br/meio-ambiente/>
SAC: <https://www.embrapa.br/fale-conosco/sac>

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: *Maria Isabel de Oliveira Penteado*
Secretária-Executiva: *Cristina Tiemi Shoyama*
Bibliotecário: *Victor Paulo Marques Simão*
Membros: *Rodrigo Mendes, Ricardo A. A. Pazianotto, Maria Cristina Tordin, Nilce Chaves Gattaz, Victor Paulo Marques Simão, Daniel Terao (suplente), Lauro Charlet Pereira (suplente) e Marco Antônio Gomes (suplente)*
Normalização bibliográfica: *Victor Paulo Marques Simão*
Editoração eletrônica: *Silvana Cristina Teixeira*
Tratamento de ilustrações: *Silvana Cristina Teixeira*
Foto da capa: *Julio Ferraz de Queiroz*

1ª edição eletrônica (2016)

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) Embrapa Meio Ambiente

Queiroz, Julio Ferraz de

Efeitos da aplicação de grandes quantidades de calcário agrícola em viveiros de piscicultura / Julio Ferraz de Queiroz, Rita Carla Boeira, Gilberto Nicolella. – Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2016.

26 p. il. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Meio Ambiente, ISSN 1516-4675; 69).

1. Piscicultura. 2. Viveiro. 3. Calagem. 4. Qualidade da água. I. Boeira, Rita Carla. II. Nicolella, Gilberto. III. Título. IV. Série.

CDD 639.3

© Embrapa 2016

Sumário

Resumo	5
Abstract.....	7
Introdução.....	8
Material e Métodos.....	11
Resultados e Discussão.....	14
Conclusão	23
Agradecimento	23
Referências	24

Efeitos da Aplicação de Grandes Quantidades de Calcário Agrícola em Viveiros de Piscicultura

Julio Ferraz de Queiroz¹, Rita Carla Boeira² e Gilberto Nicolella³

Resumo

Durante os últimos anos tem-se disseminado o uso de aplicações de grandes quantidades de calcário agrícola (CaCO_3), entre 1.000 a 2.000 kg/ha, em viveiros de aquicultura na Ásia e em outros países, como no Brasil. A hipótese que justificaria esta prática seria que a adição de altas doses de calcário provocaria a precipitação do fitoplâncton, a sedimentação das partículas de argila em suspensão e a melhoria da qualidade da água dos viveiros poucos dias após a aplicação, porém não há estudos que comprovem sua eficiência. Portanto, este estudo foi desenvolvido com o objetivo de avaliar os efeitos da adição de alta dose de calcário agrícola (2.025 kg/ha) em parâmetros de qualidade de água de viveiros de piscicultura. Utilizaram-se seis viveiros escavados de 0,04 ha localizados na Estação de Piscicultura da Auburn University, AL, EUA, povoados com "catfish" - bagre do canal (*Ictalurus punctatus*). Os resultados obtidos demonstraram que não houve mudanças significativas quanto a abundância de fitoplâncton e melhoria de outros parâmetros de qualidade da água, com exceção de um aumento nas concentrações da alcalinidade total e da dureza total. Conclui-se que a aplicação de

¹ Oceanólogo, Doutor em Ciências Agrárias, Pesquisador, Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP, julio.queiroz@embrapa.br.

² Engenheira Agrônoma, Doutora em Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisadora, Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP, rita.boeira@embrapa.br.

³ Físico, Doutor em Engenharia Agrícola, Pesquisador aposentado, Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP, gilberto.nicolella@gmail.com.

altas doses de calcário agrícola não se justifica como um tratamento efetivo para precipitação de fitoplâncton e sedimentação de partículas em suspensão em viveiros de piscicultura.

Palavras-chave: calagem, qualidade da água, fitoplâncton, piscicultura.

Effects of Large Applications of Agricultural Limestone in Fish Ponds

Abstract

*During the last years it has been observed that large applications of 1,000 to 2,000 kg/ha of agricultural limestone often are applied to aquaculture ponds in Asia, and other countries like Brazil. The hypothesis that justifies such practice is that the addition of high dosages of agricultural lime could cause the precipitation of phytoplankton, the sedimentation of suspended clay particles and the improvement of pond water quality few days after its application, however, there are not studies that proves its efficiency. Thus, this study was conducted with the objective to evaluate the effects of application of high doses of agricultural lime (2,025 kg/ha) on several parameters of pond water quality. Six, 0.04-ha earthen ponds stocked with channel catfish (*Ictalurus punctatus*), located at the Fisheries Station of Auburn University, AL, USA were used. The results obtained demonstrated that no significant changes in phytoplankton abundance and water quality were observed, with the exception of an increase in total alkalinity and total hardness concentrations. In conclusion, the application of high dosages of agricultural lime does not justify as an effective treatment for phytoplankton precipitation and suspended solids sedimentation on fish ponds.*

Key Words – liming, water quality, phytoplankton, fish culture.

Introdução

A expansão dos sistemas intensivos de produção de peixes e camarões em escala global tem levado os aquicultores a aumentar de forma crescente as quantidades de ração adicionadas aos viveiros e tanques rede. Essa prática vem se consolidando com o objetivo de aumentar os índices de produtividade da aquicultura, principalmente em países onde essa atividade é mais desenvolvida.

Em geral, esse procedimento tem sido feito sem critérios técnicos resultando em aumentos significativos de nutrientes na água e, em consequência, causando eutrofização, que consiste no aumento da densidade de microalgas que compõem a comunidade fitoplanctônica, comprometendo diretamente a qualidade da água (BOYD et al., 2008). Com relação a essas questões CYRINO et al. (2010) apresentam uma ampla discussão sobre estratégias nutricionais para promover o equilíbrio entre a produção de organismos aquáticos e o ambiente, e enfatizam a importância da nutrição e manejo alimentar dos peixes somados às boas práticas de manejo (BPM) para promover o aumento da produtividade e a redução de impactos ambientais relacionados à eutrofização.

A eutrofização é o principal fator responsável pelas quedas repentinas na concentração de oxigênio dissolvido nos viveiros e nos reservatórios utilizados para a produção de peixes e camarões (PEREIRA et al., 2012; TUCKER; HARGREAVES, 2008). Além disso, quando esse processo é muito intenso, as cianobactérias, microalgas verdes-azuis, dominam as comunidades fitoplanctônicas e podem causar off flavor (gosto de terra) nos peixes e camarões cultivados nessas condições, causando riscos à saúde dos consumidores (GALVÃO et al., 2009; PLOEG et al., 1992).

Visando-se manter a qualidade da água, tem-se adotado como procedimento padrão a aplicação de pequenas quantidades de calcário agrícola (CaCO_3), pois a calagem contribui para aumentar a alcalinidade da água e o pH do solo do fundo dos viveiros e reduzir as concentrações

de dióxido de carbono (CO_2) e fósforo solúvel na água (BOYD et al., 2016; BOYD; QUEIROZ, 2004; QUEIROZ; BOEIRA, 2006a, 2006b).

A calagem é uma prática necessária para a correção da acidez do solo dos viveiros e outros locais utilizados para a produção de peixes, bem como para a decomposição da matéria orgânica acumulada no fundo dos viveiros. Portanto, para corrigir a acidez do solo se justifica, em algumas situações particulares, aplicar grandes quantidades de calcário aos viveiros e pequenos reservatórios rurais, as quais podem variar de 895 kg/ha para solos arenosos e pH entre 6,1 a 6,5 até 14.320 kg/ha para solos argilosos e pH < 4,0 (BOYD; TUCKER, 1998). O calcário agrícola hidratado também é comumente usado para a desinfecção dos viveiros, porém deve ter sua aplicação restrita às áreas que ainda contêm um pouco de água acumulada no fundo dos viveiros (LI et al., 2014, 2015).

Na Ásia, onde os sistemas de produção são mais intensivos e onde a aquicultura é mais desenvolvida, as quantidades de calcário agrícola usadas para manter a alcalinidade total em torno de 20 mg/L e o pH da água entre 7,5 e 8,5 variam entre 5 a 10 kg/ha, aplicadas em intervalos de dois a três dias, e têm como objetivo reduzir as concentrações de dióxido de carbono (CO_2) e fósforo solúvel. Em visita técnica a essas pisciculturas foi constatado que aplicações extras ou complementares de calcário agrícola são feitas quando ocorrem mudanças na coloração da água dos viveiros para uma tonalidade esverdeada intensa, e também pela redução da transparência da água medida com disco de Secchi. Vale destacar que essas aplicações não têm como objetivo diminuir a densidade de fitoplâncton nos viveiros (ASSOCIATION OF SOUTHEAST ASIAN NATIONS, 1997).

Por outro lado, viveiros asiáticos para produção de peixes e camarões onde as concentrações de fitoplâncton e de argila em suspensão são muito altas têm sido, também, tratados com grandes quantidades de calcário agrícola (de 1.000 a 2.000 kg/ha) (RICO et al., 2012; WILKINSON, 2002). Com esse procedimento busca-se a redução na densidade de fitoplâncton

e redução de sólidos em suspensão, que podem ser transportados para o interior dos viveiros pelo escoamento superficial devido a fortes chuvas, ou pelo uso de águas muito turvas para o abastecimento dos viveiros. Entretanto, não existem resultados que comprovem com base científica que esse tipo de tratamento é efetivo.

No Brasil, diversos estudos têm sido realizados com calagem aplicada em pequenas quantidades, avaliando-se efeitos das variações sazonais – temperatura, chuvas, etc - sobre a dinâmica da água e dos peixes, e sobre a comunidade planctônica sem, no entanto, focarem-se sobre grandes aplicações de calcário agrícola em viveiros de piscicultura e seus efeitos na diminuição da concentração de sólidos em suspensão (argila) e de fitoplâncton (QUEIROZ et al., 2003, 2006; MERCANTE et al., 2005; SIPAÚBA-TAVARES, 2013; BOYD; QUEIROZ, 2014; SIQUEIRA, 2015; FAVARO et al., 2015).

No entanto, Giri e Boyd (2000) e Queiroz et al. (2004) relatam que a aplicação de pequenas quantidades de calcário agrícola não ocasiona uma redução efetiva na concentração de fitoplâncton ou de cianobactérias. Por outro lado, supõe-se popularmente que no meio aquícola grande parte do fitoplâncton e dos sólidos em suspensão (argila) precipitam no fundo dos viveiros dentro de poucos dias após a aplicação de grande quantidade de calcário agrícola, ao mesmo tempo em que as variáveis de qualidade de água já começam a dar sinais de melhoria.

A precipitação do fitoplâncton e da argila refere-se ao processo de decantação das algas e dos sólidos em suspensão no fundo dos viveiros. Esse processo pode ser acelerado com a aplicação de calcário agrícola na água dos viveiros causando a floculação das algas e da argila. Floculação é um processo que pode ser induzido por substâncias químicas (sulfato de alumínio, sulfato ferroso, calcário agrícola entre outras). Nesse processo, as impurezas da água – neste caso, as algas (fitoplâncton) e os sólidos em suspensão (argila) – interagem com essas substâncias químicas, formando compostos mais pesados que a água (flocos), resultando na sua decantação no fundo dos viveiros.

O objetivo deste trabalho foi verificar os efeitos do uso de grande quantidade de calcário agrícola, poucos dias após sua aplicação, na melhoria da qualidade da água de viveiros de piscicultura.

Material e Métodos

Este trabalho foi realizado nos viveiros da Estação de Piscicultura da Universidade de Auburn nos EUA - Fisheries Research Unit, Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn, Alabama, USA. Foram utilizados seis viveiros escavados com área de 0,04 ha (400 m²), e com profundidade média entre 80 a 100 cm. Todos os viveiros foram previamente estocados com alevinos de “catfish” - bagre do canal (*Ictalurus punctatus*), no início do mês de maio, com densidade equivalente a 15.000 peixes/ha. Durante o período de cultivo os peixes foram alimentados diariamente com uma ração comercial contendo entre 28 a 32% de proteína até atingirem o peso médio aproximado de 600 g. A partir de junho até o final do experimento em outubro, diariamente entre 01:00 às 08:00 horas da manhã, foram utilizados aeradores elétricos com 0,5 HP de potência e fluxo de água vertical em todos os viveiros. No início do mês de outubro foi aplicado o tratamento equivalente a 2.025 kg/ha de calcário agrícola, em cada um dos três viveiros selecionados para o experimento. A aplicação foi uniforme e manual sobre toda a superfície da água dos viveiros. Os três viveiros restantes foram utilizados como controle do experimento. As amostras de água foram coletadas diariamente da superfície dos viveiros, entre as 08:00 e 09:00 horas da manhã. Simultaneamente às coletas de água, determinou-se a concentração de oxigênio dissolvido com um oxímetro e a transparência da água foi medida com um disco de Secchi. Após a coleta, as amostras de água foram transportadas para o laboratório e as análises foram iniciadas sempre dentro do intervalo máximo de uma hora.

As análises de água foram feitas segundo o protocolo padrão estabelecido por Eaton et al. (1995) para as seguintes variáveis: pH (pHmetro digital

com eletrodo de vidro), turbidez (turbidímetro), sólidos totais suspensos (método gravimétrico após a filtragem das amostras com filtros de fibra de vidro), alcalinidade total (acidimetria – titulação com H_2SO_4), dureza total (titulação com EDTA), fósforo total (oxidação com persulfato de potássio e reação final com ácido ascórbico), e fósforo reativo solúvel (filtragem inicial seguida de reação com ácido ascórbico). As concentrações de clorofila “a” dos pigmentos de fitoplâncton retidos em uma membrana foram determinadas com o uso de um espectrofotômetro após a extração dos pigmentos com uma solução de acetona e metanol (PECHAR, 1987). A demanda química de oxigênio (DQO) foi determinada pela técnica baseada no aquecimento e digestão das amostras de água com dicromato de potássio, e seguida por diluição e titulação com sulfato de amônio ferroso, descrita por Boyd e Tucker (1992).

Para avaliar os efeitos da adição de altas doses de calcário agrícola sobre a precipitação do fitoplâncton e da sedimentação de argila nos viveiros experimentais foram utilizados, respectivamente, os resultados das análises para determinação das concentrações de clorofila “a” e de sólidos totais suspensos, conforme metodologia indicada acima.

A avaliação estatística foi realizada usando-se a técnica de medidas repetidas no tempo (cinco épocas: antes do tratamento, um, dois, três e quatro dias após o tratamento), em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições (KHATTREE; NAIK, 1992; LITTELL et al., 1996), utilizando-se para análise dos dados o procedimento adotado para testar efeitos fixos de interesse, denominado “Proc Mixed” no pacote estatístico SAS (Statistical Analysis System).

O modelo estatístico de efeito misto considerado como plausível para a explicação dos dados desse trabalho é expresso por:

$$y_i = \mathbf{X}_i\boldsymbol{\beta} + \mathbf{Z}_i v_i + \varepsilon_i, \quad i = 1, \dots, n. \quad (1)$$

onde,

\mathbf{X}_i e $\mathbf{Z}_i \equiv$ matrizes conhecidas de ordem $p_i \times q$ e $p_i \times r$ respectivamente;

$\beta \equiv$ vetor de parâmetros $q \times 1$ desconhecidos (não aleatório);

$v_i \equiv$ vetores de dimensão $r \times 1$, são efeitos aleatórios com $E(v_i) = \mathbf{0}$ e

$$Var(v_i) = \sigma^2 \mathbf{G}_i;$$

$\varepsilon_i \equiv$ vetores aleatórios $p \times 1$, cujos elementos não necessitam ser não correlacionados.

Assumiu-se que $E(\varepsilon_i) = \mathbf{0}$, $Var(\varepsilon_i) = \sigma^2 \mathbf{R}_i$, $Cov(v_i, v_{i'}) = \mathbf{0}$, $Cov(\varepsilon_i, \varepsilon_{i'}) = \mathbf{0}$, $Cov(v_i, \varepsilon_{i'}) = \mathbf{0}$ para todo $i \neq i'$ e $Cov(v_i, \varepsilon_i) = \mathbf{0}$.

Tais hipóteses são razoáveis para dados de medidas repetidas onde os “indivíduos” ou unidades experimentais são assumidos independentes, embora os dados sobre um dado “indivíduo” possam ser correlacionados. Uma estrutura de covariância apropriada pode ser atribuída aos dados por meio de uma escolha adequada das matrizes \mathbf{G}_i e \mathbf{R}_i . No caso presente, pode se conjecturar um modelo de medidas repetidas balanceado, desde que os “indivíduos” ou unidades experimentais são observados em todos os tempos (LITTELL et al., 1996).

Na análise de dados de medidas repetidas é a escolha da estrutura de \mathbf{G} e \mathbf{R} , dentre as opções que o Proc Mixed oferece, a partir de estatísticas apropriadas, o passo mais importante para que inferências possam ser tomadas. Nesse trabalho foi usado o teste denominado AIC – Akaike’s Information Criterion, o qual pode ser definido como:

$$AIC = l(\hat{\theta}) - q \quad (2)$$

onde,

$l(\hat{\theta}) \equiv$ valor do logaritmo da função de verossimilhança (restrita ou não)
e;

$q \equiv$ número de parâmetros de covariâncias estimados.

Seguindo-se esse critério, o melhor modelo será aquele que apresentar o menor AIC (ou o modelo que apresentar o menor valor absoluto). O Proc Mixed possibilita uma classificação dos tipos de estrutura de covariância para modelar a variação dentro das unidades experimentais, que se distinguem pelas características da matriz R. Neste trabalho serão consideradas três estruturas de covariância, a título de tomada de decisão, conhecidas como “Simétrica Composta” (CS), “Autoregressiva de Ordem 1” (AR (1)) e “Não Estruturada” (UN)).

Como o interesse é apenas na estrutura de covariância, e a partir daí validar as inferências acerca dos efeitos fixos, no caso, os efeitos de tratamento, os efeitos de dias após a aplicação do tratamento e os efeitos da interação tratamento x dia, foi utilizado o teste – F.

Resultados e Discussão

Considerando-se o conjunto dos dados, calculou-se média, desvio-padrão e coeficiente de variação (C.V.), apresentadas de forma resumida na Tabela 1.

Tabela 1. Valores obtidos para a média, desvio-padrão e coeficiente de variação (C.V.) das onze variáveis sob estudo.

Variáveis	Média	Desvio-padrão	C.V. (%)
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	7,77	1,20	15,43
Transparência (cm)	16,16	6,10	37,75
Turbidez (UNT)	187,0	136,33	72,67
pH (unidade de pH)	8,15	0,61	7,46
Sólidos Totais Suspensos (mg/L)	123,3	72,70	58,85
Alcalinidade Total (mg/L)	54,23	15,93	29,37
Dureza Total (mg/L)	80,52	28,29	36,38
Clorofila a ($\mu\text{g/L}$)	271,6	141,17	51,93
Fósforo Total (mg/L)	0,606	0,242	39,93
Fósforo Reativo Solúvel (mg/L)	0,040	0,047	117,50
Demanda Química de Oxigênio (mg/L)	59,87	25,04	41,86

Para decidir qual das três estruturas de covariância deveria ser assumida no modelo, a fim de dar sustentabilidade ao processo de inferência, foi utilizado o Critério de Informação de Akaike (AIC) selecionando-se o “melhor” modelo a partir do menor valor de AIC, ou aquele que apresenta o menor valor absoluto. A Tabela 2 mostra os valores de AIC, para as onze variáveis consideradas. Os valores de AIC para o caso da covariância não estruturada (UN) não foram inseridos na tabela, porque para todas as variáveis, não houve convergência do processo iterativo utilizado.

Observando-se a Tabela 2, pode-se concluir que para as variáveis transparência, pH, clorofila “a” e fósforo reativo solúvel a melhor estrutura de covariância é a CS (Simetria Composta), enquanto que para as variáveis oxigênio dissolvido, turbidez, sólidos totais suspensos, alcalinidade total, dureza total, fósforo total e demanda química de oxigênio, a melhor estrutura de covariância é a AR (1) (Auto-regressiva de Ordem 1).

Tabela 2. Valores obtidos para o Critério de Informação de Akaike (AIC), para as três estruturas de covariância avaliadas (CS = Simetria composta; AR (1) = Auto-regressiva de ordem 1; UM = Não estruturada) para as onze variáveis consideradas.

Variável	Critério de Informação de Akaike	
	CS	AR (1)
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	54,6	53,7
Transparência (cm)	120,5	125,4
Turbidez (UNT)	222,3	213,0
pH (unidades de pH)	29,0	31,8
Sólidos Totais Suspensos (mg/L)	205,1	194,0
Alcalinidade Total (mg/L)	135,3	132,3
Dureza Total (mg/L)	162,1	157,5
Clorofila a ($\mu\text{g/L}$)	245,1	248,8
Fósforo Total (mg/L)	-28,5	-25,9
Fósforo Reativo Solúvel (mg/L)	-60,6	-65,2
Demanda Química de Oxigênio (mg/L)	184,7	180,2

Examinando-se os testes para os efeitos fixos, que resultaram de cada uma das duas estruturas de covariâncias consideradas, obtiveram-se as probabilidades indicadas na Tabela 3. Nesta tabela, constata-se que, considerando a escolha da matriz de covariância mais adequada para a representação dos dados, apenas a variável dureza total mostrou alguma significância (em relação ao efeito fixo de tratamento). O número pequeno de repetições aliado a uma expressiva variabilidade de algumas das variáveis medidas foi, provavelmente, o fator responsável pela não significância do efeito de tratamento.

Quanto ao efeito fixo de dia, constata-se que as variáveis alcalinidade total, dureza total, oxigênio dissolvido, pH, sólidos totais suspensos foram altamente significantes.

Tabela 3. Valores obtidos para as probabilidades do teste-F realizado para testar os efeitos fixos de tratamento, dia e tratamento*dia, para as onze variáveis sob estudo e de acordo com a estrutura de covariância considerada. Sendo: CS = Covariância de estrutura simétrica; AR (1) = Covariância auto-regressiva de ordem 1.

VARIÁVEL	ESTRUTURA					
	CS			AR (1)		
	EFEITO FIXO					
	Trat	Dia	Trat*Dia	Trat	Dia	Trat*Dia
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	0,03*	<,00**	0,45	0,13	<,00**	0,35
Transparência (cm)	0,85	0,43	0,44	0,83	0,69	0,43
Turbidez (UNT)	0,24	0,94	0,51	0,24	0,71	0,39
pH (unidades de pH)	0,27	<,00**	0,41	0,32	<,00**	0,42
Sólidos Totais Suspensos (mg/L)	0,65	0,23	0,35	0,64	<,00**	0,49
Alcalinidade Total (mg/L)	0,51	<,00**	<,00**	0,54	<,00**	<,00**
Dureza Total (mg/L)	0,06	<,00**	<,00**	0,06	<,00**	<,00**
Clorofila a (μ g/L)	0,57	0,40	0,56	0,52	0,24	0,50
Fósforo Total (mg/L)	0,54	0,85	0,07	0,56	0,85	0,36
Fósforo Reativo Solúvel (mg/L)	0,54	0,85	0,07	0,56	0,85	0,36
Demanda Química de Oxigênio (mg/L)	0,71	0,97	0,44	0,73	0,94	0,62

*Diferença em nível de 5% de significância.

**Diferença em nível de 1% de significância ou menor.

Na Tabela 4 são mostradas as médias dos indicadores da qualidade da água nos viveiros controle e nos viveiros tratados com calcário, nas cinco épocas estudadas.

Antes da aplicação de calcário agrícola os seis viveiros apresentavam um valor considerado moderado para transparência da água (17 a 21 cm) e turbidez relativamente alta (117 a 251 UNT), associadas a valores elevados de DQO (58 a 61 mg/L) e clorofila "a" (252 a 306 μ g/L), e alta concentração de sólidos totais suspensos (105 a 157). Embora esses valores possam ser considerados altos, é preciso observar que na prática são valores aceitáveis para um viveiro de produção intensiva de peixes na fase final do ciclo de cultivo.

Tabela 4. Média \pm erro padrão para variáveis de qualidade de água observadas em viveiros não tratados (controle) e em três viveiros tratados com 2.025 kg/ha de calcário agrícola, um, dois, três e quatro dias após a aplicação.

Tratamento	Antes do Tratamento	Nº de dias após o tratamento			
		1	2	3	4
<u>Oxigênio Dissolvido (mg/L)</u>					
Controle	8,0 \pm 0,07	6,4 \pm 0,24	6,1 \pm 0,05	7,8 \pm 0,04	9,2 \pm 0,08
Tratamento com CaCO ₃	7,6 \pm 0,28	7,8 \pm 0,06	6,6 \pm 0,02	8,2 \pm 0,03	9,1 \pm 0,03
<u>Transparência (cm)</u>					
Controle	17 \pm 0,47	14 \pm 0,72	16 \pm 0,74	17 \pm 0,54	14 \pm 0,69
Tratamento com CaCO ₃	21 \pm 0,20	18 \pm 0,10	16 \pm 0,07	16 \pm 0,07	16 \pm 0,26
<u>Turbidez (UNT)</u>					
Controle	251 \pm 0,76	255 \pm 0,81	271 \pm 0,74	258 \pm 0,66	277 \pm 0,67
Tratamento com CaCO ₃	117 \pm 0,14	125 \pm 0,14	103 \pm 0,26	103 \pm 0,15	109 \pm 0,12
<u>pH</u>					
Controle	8,4 \pm 0,12	7,8 \pm 0,07	7,4 \pm 0,02	7,9 \pm 0,08	8,2 \pm 0,09
Tratamento com CaCO ₃	9,1 \pm 0,03	8,6 \pm 0,02	7,7 \pm 0,01	8,3 \pm 0,01	8,4 \pm 0,00
<u>Sólidos Totais Suspensos (mg/L)</u>					
Controle	157 \pm 0,77	141 \pm 0,92	148 \pm 0,84	127 \pm 0,81	129 \pm 0,79
Tratamento com CaCO ₃	105 \pm 0,18	94 \pm 0,06	121 \pm 0,12	101 \pm 0,32	113 \pm 0,33
<u>Alcalinidade Total (mg/L)</u>					
Controle	51,7 \pm 0,28	48,7 \pm 0,24	48,7 \pm 0,20	49,3 \pm 0,18	50,0 \pm 0,19
Tratamento com CaCO ₃	38,0 \pm 0,06	57,7 \pm 0,32	62,0 \pm 0,30	66,7 \pm 0,24	68,7 \pm 0,25
<u>Dureza total (mg/L)</u>					
Controle	48,4 \pm 0,36	55,5 \pm 0,35	62,6 \pm 0,30	68,4 \pm 0,17	71,3 \pm 0,16
Tratamento com CaCO ₃	63,2 \pm 0,42	103,4 \pm 0,20	103,0 \pm 0,20	115,1 \pm 0,18	114,3 \pm 0,15
<u>Clorofila a (ug/L)</u>					
Controle	306 \pm 0,64	287 \pm 0,68	342 \pm 0,76	329 \pm 0,67	288 \pm 0,57
Tratamento com CaCO ₃	252 \pm 0,26	244 \pm 0,50	273 \pm 0,45	259 \pm 0,43	236 \pm 0,28
<u>Fósforo Total (mg/L)</u>					
Controle	0,72 \pm 0,53	0,70 \pm 0,54	0,68 \pm 0,50	0,67 \pm 0,57	0,63 \pm 0,58
Tratamento com CaCO ₃	0,53 \pm 0,29	0,49 \pm 0,18	0,54 \pm 0,25	0,54 \pm 0,24	0,58 \pm 0,28
<u>Fósforo Reativo Solúvel (mg/L)</u>					
Controle	0,09 \pm 0,24	0,06 \pm 1,19	0,05 \pm 1,29	0,06 \pm 1,31	0,06 \pm 1,31
Tratamento com CaCO ₃	0,01 \pm 0,16	0,02 \pm 0,20	0,01 \pm 0,35	0,02 \pm 0,88	0,01 \pm 0,15
<u>Demanda Química Oxigênio (mg/L)</u>					
Controle	58,7 \pm 0,43	58,0 \pm 0,36	66,3 \pm 0,71	66,3 \pm 0,61	72,3 \pm 0,81
Tratamento com CaCO ₃	61,2 \pm 0,05	59,3 \pm 0,08	51,3 \pm 0,14	51,3 \pm 0,02	53,7 \pm 0,11

Tanto nos viveiros controle quanto nos viveiros tratados com calcário houve uma variação significativa das medidas de oxigênio dissolvido, pH e de sólidos totais suspensos ao longo do tempo (Figuras 1, 2 e 3), mas este efeito foi independente do tratamento (aplicação de calcário). Nessas figuras, pode-se observar que essas variáveis comportaram-se de forma similar nos viveiros tratados e não tratados com calcário, o que indica que foram afetadas por fatores aleatórios, não determinados experimentalmente.

As variações diárias de pH resultam, entre outros fatores, das alterações da taxa de fotossíntese pelo fitoplâncton ou outras plantas aquáticas em resposta ao fotoperíodo diário. Embora não tenha ocorrido variação significativa no teor de clorofila "a" nos 3 dias após o início do experimento, a diminuição de dióxido de carbono na água e consequente diminuição de pH podem estar relacionadas a variações na biomassa de algas nas colunas de água dos viveiros, a variações de nebulosidade e temperatura, ou outros fatores que afetam a fotossíntese e a dinâmica biológica e química na água dos viveiros.

Considerando-se a interação tratamento x dias, constata-se que houve alta significância estatística apenas para as variáveis alcalinidade total e dureza total. Nas Figuras 4 e 5 observa-se que nos viveiros tratados com calcário houve aumento dessas variáveis ao longo dos cinco dias, em relação ao tratamento sem aplicação de calcário.

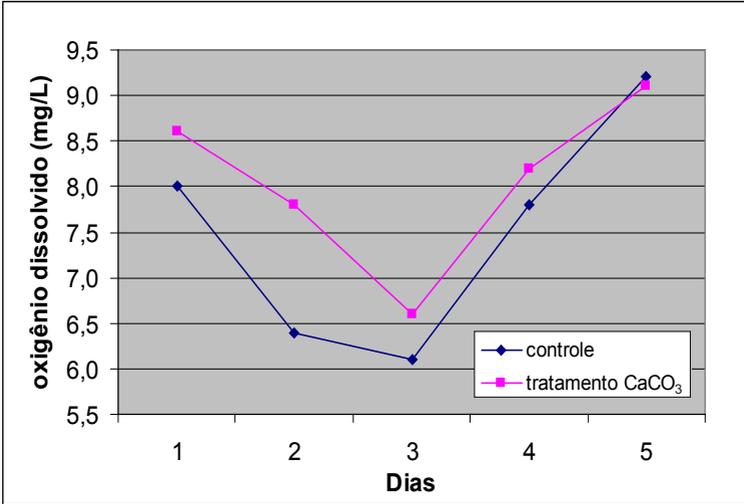


Figura 1. Média da concentração de oxigênio dissolvido (mg/L) para ambos os tratamentos ao longo do tempo.

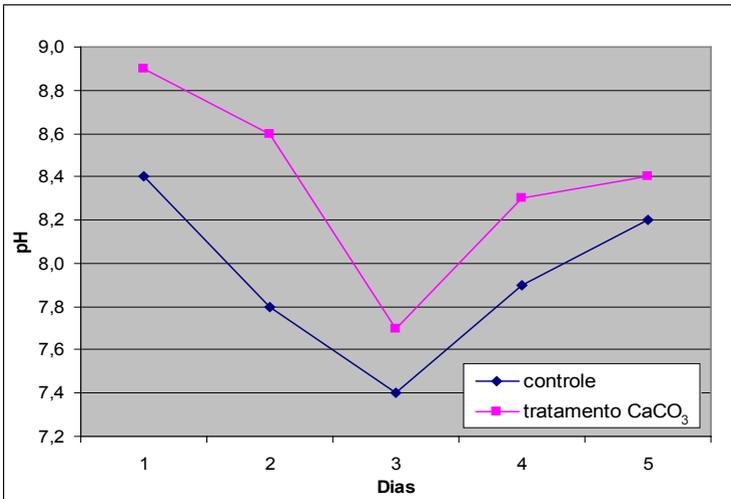


Figura 2. Média da concentração do pH para ambos os tratamentos ao longo do tempo.

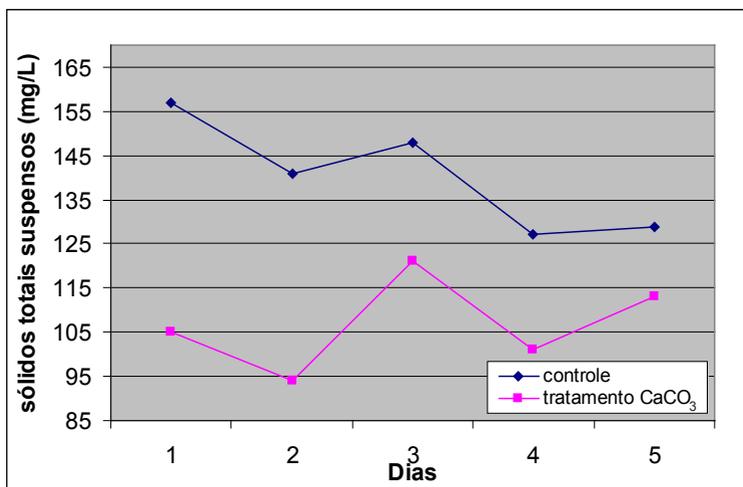


Figura 3. Variação da média da concentração dos sólidos totais suspensos (mg/L) para ambos os tratamentos.

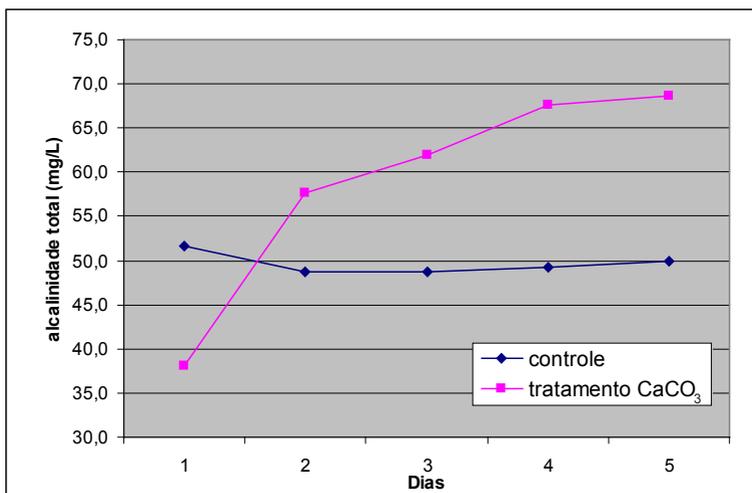


Figura 4. Média da concentração da alcalinidade total (mg/L) para ambos os tratamentos ao longo do tempo.

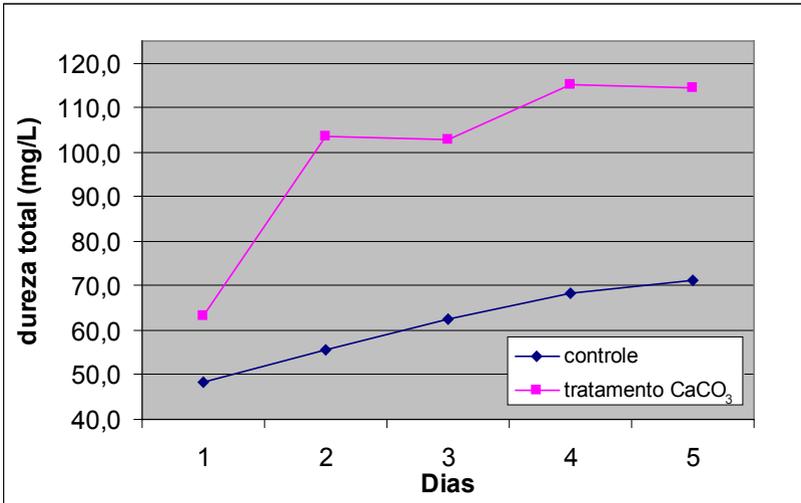


Figura 5. Média da concentração da dureza total (mg/L) para ambos os tratamentos ao longo do tempo.

O aumento na dureza total da água no tratamento controle pode ser justificado pelo fato de alguns viveiros apresentarem valores de dureza que são menores ou maiores que os valores da alcalinidade, e o uso dos dados referentes à dureza podem conduzir a conclusões errôneas com relação às concentrações dessas variáveis. Nesse sentido, deve-se observar que viveiros que apresentam valores de alcalinidade total acima de 20 mg/L, sem considerar a dureza, raramente respondem satisfatoriamente à calagem ou outras práticas similares para correção da acidez da água. Entretanto, quanto mais baixa for a concentração da alcalinidade total com relação ao limite de 20 mg/L, maior será a resposta à calagem. Em águas muito ácidas, a dureza é geralmente maior do que a alcalinidade porque o bicarbonato é neutralizado pela acidez, mas os íons que determinam a dureza permanecem. Como regra geral, a dureza, tal como a alcalinidade, é derivada da dissolução do calcário, o qual quando dissolve produz quantidades iguais de alcalinidade e dureza.

As concentrações das demais variáveis medidas ao longo do experimento não mostraram variação estatística significativa, permanecendo constantes nos viveiros tratados e nos viveiros não tratados com calcário.

Dessa forma, os resultados obtidos demonstram que a aplicação de grandes quantidades de calcário agrícola em viveiros não foi eficiente para precipitação do fitoplâncton e sedimentação da argila e sólidos em suspensão na água, a curto prazo, e por essa razão não deve ser recomendada aos piscicultores como um procedimento padrão para melhoria da qualidade da água.

Conclusão

A aplicação de grande quantidade de calcário agrícola não influencia, no curto prazo, a precipitação de fitoplâncton e de argila em suspensão em viveiros de piscicultura.

Agradecimento

Agradecemos ao Prof. Dr. Claude E. Boyd da School of Fisheries, Aquaculture and Aquatic Sciences, Auburn University, Auburn, AL, USA a oportunidade de realizar este trabalho.

Referências

ASSOCIATION OF SOUTHEAST ASIAN NATIONS. **Manual of harmonization of good shrimp farm management practices**. Bangkok, 1997.

BOYD, C. E.; LIM, C.; QUEIROZ, J. F.; SALIE, K.; WET, L.; McNEVIN, A. **Best management practices for responsible aquaculture**. Washington, DC: USAID: Aquaculture Collaborative Research Support Program, 2008. 47 p.

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.; FRACALOSSI, D. M.; CASTAGNOLLI, N. (Org.). **Tópicos especiais em piscicultura tropical intensiva**. Jaboticabal: Associação Brasileira de Aquicultura e Biologia, 2004. v. 1, p. 25-43.

BOYD, C. E.; QUEIROZ, J. F. The role and management of bottom soils in aquaculture ponds. **Infofish International**, v. 2, p. 22-28, 2014.

BOYD, C. E.; TUCKER, C. S. **Pond aquaculture water quality management**. Boston: Kluwer Academic, 1998. 700 p.

BOYD, C. E.; TUCKER, C. S. **Water quality and pond soil analyses for aquaculture**. Auburn: Auburn University, Alabama Agricultural Experiment Station, 1992. 183 p.

BOYD, C. E.; TUCKER, C. S.; SOMRIDHIVEJ, B. Alkalinity and Hardness: Critical but Elusive Concepts in Aquaculture. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 47, n. 1, p. 6-41, 2016.

CYRINO, J. E. P.; BICUDO, A. J. de A.; SADO, R. Y.; BORGHESI, R.; DAIRIKI, J. K. A piscicultura e o ambiente: o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 68-87, 2010. Suplemento especial.

EATON, E. A.; CLESCERI, L. S.; GREENBURG, A. E. **Standard methods for the examination of water and waste water**. 19. ed. Washington, DC: American Public Health Association, 1995. 1205 p.

FAVARO, E. G. P.; SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; MILSTEIN, A. Effects of season on ecological processes in extensive earthen tilapia ponds in Southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 75, p. s97-s107, 2015. Supplement.

GALVÃO, J. A.; OETTERER, M.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C.; GOUVÊA-BARROS, S.; HILLER, S.; ERLER, K.; LUCKAS, B.; PINTO, E.; KUJBIDA, P. Saxitoxins accumulation by freshwater tilapia (*Oreochromis niloticus*) for human consumption. **Toxicon**, v. 54, n. 6, p. 891-894, 2009.

GIRI, B. J.; BOYD, C. E. Effects of frequent small doses of calcium carbonate on quality and phytoplankton in channel catfish ponds. **North American Journal of Aquaculture**, v. 62, n. 3, p. 225-228, 2000.

KHATTREE, R.; NAIK, D. N. **Applied multivariate statistics**. 2. ed. Cary: SAS Institute, 1992. 360 p.

LI, L.; QUEIROZ, J. F.; BOYD, C. E. Pond bottom dryout, liming. Part II: limit liming after soil testing. **Global Aquaculture Advocate**, p. 36-37, Mar./Apr., 2015.

LI, L.; QUEIROZ, J. F.; BOYD, C. E. Pond bottom dryout, liming. Part I. Disinfection in semi-intensive shrimp ponds. **Global Aquaculture Advocate**, p. 34-35, Jul./Aug., 2014.

LITTELL, R. C.; MILLIKEN, G. A.; STROUP, W. W.; WOLFINGER, R. D. **SAS system for mixed models**. Cary: SAS Institute, 1996.

MERCANTE, C. T. J.; COSTA, S. V.; SILVA, D.; CABIANCA, M. A.; ESTEVES, K. E. Qualidade da água em pesque-pague da região metropolitana de São Paulo (Brasil): avaliação através de fatores abióticos (período seco e chuvoso). **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 27, n. 1, p. 1-7, 2005.

PECHAR, L. Use of an acetone: methanol mixture for the extraction and spectrophotometric determination of chlorophyll a in phytoplankton. **Archiv für Hydrobiologie**, v. 78, p. 99-117, 1987. Supplement.

PEREIRA, J. S.; MERCANTE, C. T. J.; LOMBARDI, J. V.; VAZ-DOS-SANTOS, A. M.; CARMO, C. F. D.; OSTI, J. A. S. Eutrophization process in a system used for rearing the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), São Paulo State, Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 24, n. 4, p. 387-396, 2012.

PLOEG, M. van der; TUCKER, C. S.; BOYD, C. E. Geosmin and 2-methylisobornelol production by cyanobacteria in fish ponds in the southeastern United States. **Water Science and Technology**, v. 25, n. 2, p. 283-290, 1992.

QUEIROZ, J. F. de; BOEIRA, R. C. **Recomendações práticas para o manejo de sedimentos do fundo dos viveiros de aquicultura**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006a. 6 p. il. (Embrapa Meio Ambiente. Comunicado Técnico, 37).

QUEIROZ, J. F. de; BOEIRA, R. C. **Calagem e controle da acidez dos viveiros de aquicultura**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006b. 8 p. il. (Embrapa Meio Ambiente. Circular Técnica, 14).

QUEIROZ, J. F. de; MACHADO, T. A.; RODRIGUES, G. S.; RODRIGUES, I. A. **Indicadores para a avaliação ambiental em pesque-pagues nas dimensões ecologia da paisagem e qualidade da água**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006. 39 p. il. (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 41).

QUEIROZ, J. F.; NICOLELLA, G.; WOOD, C. W.; BOYD C. E. Lime application methods, water and bottom soil acidity in fresh water fish ponds. **Scientia Agricola**, v. 61, n. 5, p. 469-475, 2004.

QUEIROZ, J. F.; RODRIGUES, I.; RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C. Boas práticas de manejo (BPMs): um estudo de avaliação ponderada de impacto ambiental (APOIA-NovoRural) em pesque-pagues (SP). In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE AGROECOLOGIA, 4, 2003, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: PUCRS, 2003. 4 p.

RICO, A.; SATAPORNVANIT, K.; HAQUE, M. M.; MIN, J.; NGUYEN, P. T.; TELFER, T. C.; BRINK, P. J. van den. Use of chemicals and biological products in Asian aquaculture and their potential environmental risks: a critical review. **Reviews in Aquaculture**, v. 4, n. 2, p. 75-93, 2012.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H. **Uso Racional da Água em Aquicultura**. Jaboticabal: FUNEP, 2013. v. 1. 190 p.

SIQUEIRA, A. B. **Qualidade da água e do pescado (tilápia-do-Nilo - *Oreochromis niloticus*) oriundos de pesque-pagues situados no estado de São Paulo**. 2015. 86 F. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal.

TUCKER, C. S.; HARGREAVES, J. A. **Environmental best management practices for aquaculture**. Oxford: Wiley-Blackwell, 2008. 592 p.

WILKINSON, S. The use of lime, gypsum, alum and potassium permanganate in water quality management. **Aquaculture Asia Magazine**, v. 7, n. 2, p. 12-14, 2002.

Embrapa

Meio Ambiente

MINISTÉRIO DA
**AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO**

