ISSN 1516-4683

14
Circular Técnica

Jaguariúna, SP
Dezembro, 2006

Calagem e Controle da Acidez dos Viveiros de Aqüicultura

Autores

Julio Ferraz de Queiroz, Oceanógrafo, Doutor em Ciências Agrárias, Embrapa Meio Ambiente
jqueiroz@cnpma.embrapa.br

Rita Carla Boeira, Engenheira Agrônoma, Doutora em Solos e Nutrição de Plantas, Embrapa Meio Ambiente
rcboeira@cnpma.embrapa.br

Introdução

Viveiros construídos em locais com solos ácidos freqüentemente apresentam água com valores baixos de pH e concentrações reduzidas de alcalinidade total e dureza total. Nesses casos, se não for feita a calagem dos viveiros, eles podem ser considerados inadequados para a prática da aqüicultura. Freqüentemente, problemas de acidez nos viveiros não resultam diretamente dos efeitos negativos do pH baixo sobre o crescimento, reprodução, ou sobrevivência, mas sim dos efeitos da baixa alcalinidade total e da presença de sedimentos ácidos no fundo dos viveiros, que interferem indiretamente na produção de plâncton e bentos. Esses efeitos resultam em baixa produção de peixes e de outras espécies cultivadas.

A calagem de viveiros de aqüicultura visa a melhoria da produtividade e dos índices de sustentabilidade ambiental, e tem como objetivos neutralizar a camada superficial de sedimentos do fundo dos viveiros e aumentar a alcalinidade total e a dureza total da água. A acidez do sedimento do fundo dos viveiros deve ser corrigida até atingir valores entre 7,0 e 8,0 e as concentrações da alcalinidade total e dureza total da água devem ser elevadas acima de 20 mg/L (BOYD; TUCKER, 1998). A presença de sedimentos ácidos no fundo dos viveiros de aqüicultura é um problema bastante comum, que exige a utilização de grandes quantidades de calcário agrícola para sua correção. O pH da maioria dos viveiros de água doce varia entre 6,0 e 9,0, e no mesmo viveiro podem ocorrer variações diárias de uma a duas unidades de pH. Nos viveiros de água salobra essas variações diárias são menos evidentes e o pH geralmente oscila entre 8,0 e 9,0.

As variações diárias de pH resultam das alterações da taxa de fotossíntese pelo fitoplâncton ou outras plantas aquáticas em resposta ao fotoperíodo diário. Vários métodos para determinar as exigências para calagem já foram propostos em decorrência das diferenças na composição do solo e seus efeitos sobre o pH, e também sobre a alcalinidade total e a dureza total (BOYD, 1995). Os resultados obtidos em experiências anteriores realizadas por QUEIROZ et al., (2004c), sugerem que a calagem dos viveiros pode ser efetivamente realizada através da aplicação de calcário agrícola diretamente sobre a superfície da água dos viveiros. Esses resultados também demonstraram que a taxa e a profundidade de reação do calcário agrícola não dependem do método de aplicação, alcançando-se o máximo benefício entre 1 e 2 meses após a aplicação do calcário.

Os objetivos desta circular técnica são: fornecer informações sobre qualidade do solo e suas características limitantes para diversos tipos de viveiros de aqüicultura; discutir as relações entre a calagem, alcalinidade total e dureza total e seus efeitos sobre a qualidade da água dos viveiros; e recomendar métodos de calagem para corrigir a acidez dos sedimentos do fundo dos viveiros de aqüicultura.

Acidez, Alcalinidade Total e Dureza Total

Acidez

A acidez mineral da água é a medida dos ácidos totais presentes na água. É expressa em mg/L de carbonato de cálcio ($CaCO_3$), e deve referir-se ao pH final da determinação. Representa a quantidade de carbonato de cálcio que precisa ser adicionada na água para torná-la alcalina. O dióxido de carbono (CO_2) dissolvido na água tem reação ácida, mas normalmente não pode reduzir o pH da água abaixo de 4,5 e, portanto, as águas que apresentarem pH abaixo desse valor contêm um ácido mineral forte, como o ácido sulfúrico, de forma que águas não alcalinas não são adequadas para a aqüicultura.

Alcalinidade Total

A alcalinidade total é a capacidade da água de neutralizar sua acidez, dada pela soma de bases tituláveis. É expressa em mg/L de carbonato de cálcio ($CaCO_3$), Uma quantidade expressiva de bases, incluindo carbonatos, bicarbonatos, hidróxidos, silicatos, fosfatos, amônia e vários compostos orgânicos, ocorre na água. Entretanto, os bicarbonatos, carbonatos, e hidróxidos são considerados as bases predominantes nas águas naturais, e nos viveiros de aqüicultura os bicarbonatos e os carbonatos são encontrados em maiores concentrações do que as outras bases. Os carbonatos alcalinos terrestres como a calcita e a dolomita são as principais fontes de bases na água

A alcalinidade total da água é derivada principalmente da dissolução do calcário dos solos, de modo que a concentração da alcalinidade total é determinada principalmente pelas características do solo. Por exemplo, viveiros em áreas com solos arenosos freqüentemente apresentam uma alcalinidade total abaixo de 20 mg/L, enquanto os viveiros construídos em áreas com solos calcários podem apresentar uma alcalinidade total acima de 100 mg/L. Outros fatores como o clima também influenciam, como por exemplo, os viveiros localizados em regiões áridas possuem solos com maior alcalinidade total do que viveiros localizados em regiões úmidas.

Considerando que águas com pH acima de 4,5 podem conter bicarbonato, isso significa que amostras de água que se tornam amarelas em função da adição do indicador alaranjado de metila contêm alcalinidade.

Dureza Total

A soma das concentrações de cálcio e de magnésio expressas como equivalente de carbonato de cálcio ($CaCO_3$) tradicionalmente tem sido considerada como a medida da dureza total. Outros íons metálicos bivalentes também contribuem para a dureza total, mas as suas concentrações são freqüentemente insignificantes em águas naturais. 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.

Na maioria das águas as concentrações da dureza total e da alcalinidade total são aproximadamente iguais. Entretanto, algumas exceções significativas são encontradas. Em regiões áridas os carbonatos tendem a precipitar conforme a salinidade aumenta e isso faz com que a alcalinidade seja menor do que a dureza. 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. Em algumas áreas costeiras, as águas de poço podem possuir alcalinidade muito maior do que a dureza devido a troca de sódio por cálcio nos aqüíferos. As águas de poço desse tipo são conhecidas por serem naturalmente leves. Quando esse tipo de água é utilizada para abastecer viveiros a fotossíntese pode causar um aumento do pH.

Efeitos da Calagem na Qualidade da Água

A dinâmica da matéria orgânica e a disponibilidade de nutrientes nos sedimentos do fundo são consideradas aspectos críticos para o manejo de viveiros. A decomposição da matéria orgânica afeta a disponibilidade de oxigênio dissolvido e o potencial de oxi-redução na interface sedimento-água, e também afeta diretamente o intercâmbio de nutrientes do sedimento para a coluna d'água. Conseqüentemente, esses fatores exercem uma influência sobre a quantidade de fertilizantes que deverão ser aplicados para aumentar a produtividade primária dos viveiros de produção.

Além disso, o crescimento de fitoplâncton e a produção de organismos aquáticos são limitados pelo suprimento inadequado de dióxido de carbono e de bicarbonato nos viveiros onde a concentração da alcalinidade total é baixa e o pH é ácido. A fertilidade natural das águas dos viveiros aumenta com o aumento da alcalinidade total até pelo menos 150 mg/L, entretanto, viveiros com alcalinidade total acima de 20 mg/L podem produzir em abundância peixes e outros organismos aquáticos. Se a alcalinidade for menor do que 20 mg/L é preciso fazer a calagem dos viveiros. O sedimento do fundo desse tipo de viveiro, em geral, é ácido e absorve quase todo o fósforo adicionado através dos fertilizantes, de forma que, para contornar esse problema é preciso fazer a calagem dos sedimentos do fundo desses viveiros. A calagem irá aumentar o pH do sedimento do fundo dos viveiros, tornando o fósforo mais disponível e aumentando a disponibilidade de carbono para a fotossíntese através da elevação da concentração do íon de bicarbonato na água (BOYD; SCARSBROOK, 1974).

O pH e a concentração de dióxido de carbono livre nas águas dos viveiros estão mais relacionados com a alcalinidade do que com a dureza. Alguns viveiros podem apresentar 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 exigências de calagem. Viveiros que apresentam valores de alcalinidade total acima de 20 mg/L, sem considerar a dureza, raramente respondem satisfatoriamente a calagem. Entretanto, quanto mais baixa for a concentração da alcalinidade total com relação ao limite de 20 mg/L, maior será a resposta à calagem. Nesse sentido, viveiros que apresentam valores de alcalinidade total entre 12 a 20 mg/L, não irão apresentar uma resposta à fertilização muito grande. Nesses casos, é preciso considerar se o objetivo é obter o máximo da produção de peixes, por exemplo. Se esse for o caso, é preciso verificar se os custos com a calagem, no caso de alguns de viveiros, serão compensatórios.

Experiências anteriormente realizadas indicam que viveiros de piscicultura com dureza total ou alcalinidade total abaixo de 20 mg/L de $CaCO_3$ devem ter essas concentrações elevadas. Isso deve ser realizado através da calagem dos viveiros para que a fertilização inorgânica seja

efetiva a fim de aumentar as produções de fitoplâncton e de peixes (THOMASTON; ZELLER, 1961; BOYD, 1976).

A fertilização da água dos viveiros de aqüicultura tem como objetivo aumentar a produção de fitoplâncton. O aumento da biomassa de fitoplâncton nos viveiros vai provocar a remoção do CO_2 da água durante o dia devido à fotossíntese, cujo processo resulta na elevação do pH e, conseqüentemente, pode implicar em um aumento significativo da toxidez da amônia.

A amônia total existente em solução na água dos viveiros é composta de amônia não ionizada (NH_3) e do íon de amônio (NH_4^+), os quais existem em equilíbrio em função da temperatura e do pH, sendo que a amônia não ionizada NH_3 é tóxica em pequenas concentrações e aumenta de acordo com a elevação do pH. Destaca-se, ainda, que a amônia é formadora de acidez devido a nitrificação da amônia e do amônio em nitrato, o que ocorre devido a oxidação bacteriana, implicando em um consumo elevado de oxigênio, porque a nitrificação é um processo aeróbico. Em geral, durante dias de sol e na parte da tarde o pH da água nos viveiros fertilizados pode variar entre 8,0 e 9,5 o que significa que altas taxas de fertilização feitas com uréia e com fertilizantes a base de amônia podem causar grandes mortalidades em decorrência do aumento significativo da toxidez de amônia em função da elevação do pH.

Métodos para Determinar a Exigência de Calagem

A calagem dos viveiros de aqüicultura é uma prática que já está muito bem estabelecida, sendo que o termo "exigência de calagem de um viveiro" é definido como a quantidade estimada de material para calagem utilizado para neutralizar a acidez dos sedimentos do fundo e aumentar a dureza total e a alcalinidade total da água até valores acima de 20 mg/L.

Existem vários métodos para determinar as exigências de calagem dos sedimentos do fundo dos viveiros de aqüicultura e os mais comuns são: a) *Método do Alabama* (BOYD, 1974), desenvolvido para os solos dos viveiros do Estado do Alabama nos EUA (esse método é aplicável para a maioria dos solos do Sul dos EUA, e provavelmente também para outras regiões), b) *Método Geral* (PILLAI; BOYD, 1985) é adequado para determinar a calagem para qualquer solo com acidez trocável, e c) *Método do Solo Ácido Sulfatado* é usado somente para solos ácidos sulfatados ou potencialmente ácidos sulfatados.

Destaca-se que BOYD (1974) modificou o procedimento para determinar a exigência de calagem de solos agrícolas desenvolvido por (ADAMS; EVANS, 1962), com o objetivo de permitir que esse método pudesse ser utilizado para estudos com sedimentos do fundo de viveiros de aqüicultura.

Os três métodos citados acima para determinar as exigências de calagem dos sedimentos do fundo de viveiros de aqüicultura são constituídos de três etapas fundamentais: coleta e preparação das amostras, determinação do pH da lama, e determinação do pH da solução tampão. Os procedimentos de coleta e preparação das amostras para as determinações do pH da lama e da solução tampão são descritos com detalhes para permitir ao aqüicultor efetuar essa etapa com precisão e qualidade. As determinações do pH da lama e da solução tampão propriamente ditos são apresentados de forma geral e resumida a fim de informar ao aqüicultor qual será o tratamento dado as amostras coletadas quando estas estiverem sendo analisadas nos laboratórios especializados.

Em seguida são apresentadas as etapas fundamentais comuns aos três métodos indicados para a determinar as exigências de calagem dos sedimentos do fundo dos viveiros de aqüicultura, e também a descrição das metodologias *Método Geral* e do *Método do Solo Ácido Sulfatado*, excluindo-se o *Método do Alabama* por não se aplicar às condições existentes no Brasil.

Coleta e Preparação das Amostras

As coletas das amostras de sedimento devem ser feitas com um tubo de PVC de aproximadamente 1,5 m de comprimento e 5,0 cm de diâmetro (QUEIROZ et al., 2004 a,b), o qual é operado manualmente. As amostragens devem ser limitadas a uma profundidade máxima de 1,0 m por questões operacionais e de segurança. Os tubos de PVC para amostragem devem ser introduzidos através da camada macia dos sedimentos do fundo dos viveiros, e também dos canais de abastecimento e drenagem de locais previamente selecionados, e deverão conter pelo menos 10 cm do solo original e não alterado dos viveiros e ou locais de amostragem. O solo original e não alterado dos viveiros de aqüicultura corresponde ao solo propriamente dito do fundo dos viveiros, o qual normalmente está recoberto por uma camada superficial formada pelo acúmulo de sedimentos e matéria orgânica oriundas, respectivamente, da erosão dos diques e da precipitação dos sólidos em suspensão na água e das fezes dos peixes e restos de ração não consumida.

As amostras de sedimentos contidas no interior dos tubos de PVC devem ser retiradas utilizando-se um êmbolo que exercerá uma pressão no sentido vertical. Na medida que o sedimento for saindo através da extremidade superior dos tubos de PVC, ele deverá ser cortado em pequenos segmentos com o auxílio de uma espátula larga e de um pequeno anel com as mesmas características dos tubos de PVC, porém com apenas 2,0 cm de altura de acordo com a metodologia descrita por Masuda e Boyd (1994), Munsiri et al. 1995 e Queiroz et al. (2004 a, b) (Figuras 1 a 3).

Os segmentos devem ser secos a 102 °C (amostras para as análises de umidade e densidade) e a 60 °C (amostras para as demais análises). No caso de não se dispor de uma estufa para secar as amostras no laboratório elas devem ser espalhadas em camadas finas sobre superfícies planas cobertas de plástico para secar ao ar livre. As amostras

Foto: Julio F. Queiroz

Fig. 1. Detalhe do coletor simplificado (tubo de PVC com 1,5 m de comprimento e 5 cm de diâmetro), do anel de PVC com 2 cm de espessura e 5 cm de diâmetro e da espátula utilizada para segmentar as amostras de sedimento do fundo de viveiros.

Foto: Julio F. Queiroz

Fig. 2. Detalhe do corte de uma amostra de sedimento do fundo de um viveiro de piscicultura coletada no Centro de Pesquisa do IBAMA/CEPTA em Pirassununga, SP.

Foto: Julio F. Queiroz

Fig. 3. Etapa do processamento de uma amostra de sedimento do fundo de um viveiro de piscicultura coletada no Centro de Pesquisa do IBAMA/CEPTA em Pirassununga, SP.

Foto: Julio F. Queiroz

Fig. 4. Representação esquemática dos transeptos (linhas imaginárias) para coleta de sedimentos em um viveiro de aqüicultura.

secas de lama devem então ser trituradas e, logo após essa etapa, esse material deve passar por uma tela de malha com abertura de 0,85 mm. Para a obtenção de resultados mais precisos à quantidade de toda a amostra que passou pela tela deve ser estimada e usada para estabelecer a calagem.

As amostras podem ser compostas e formadas a partir da combinação de várias sub-amostras que normalmente devem ser coletadas em toda a extensão dos viveiros. Recomenda-se a coleta de pelo menos 10 sub-amostras por viveiro, as quais devem ser coletadas a partir de um ponto definido em uma das margens e a partir daí deve ser seguido um padrão de amostragem em toda a extensão do viveiro conforme descrito por Queiroz et al.(2004c) (Figura 4). Normalmente, são coletadas amostras com menos 60 cm de espessura, e todas as secções (segmentos) com espessura de 2,0 cm devem ser analisados até a camada correspondente a secção de 38-40 cm.

Determinação do pH da lama

Na realidade o pH da lama é uma medida do pH da água que está em torno das partículas de lama, ou seja, dos sedimentos acumulados no fundo dos viveiros de aqüicultura. A maioria dos procedimentos para medir o pH da lama envolve uma secagem da amostra, trituração do solo seco, mistura do solo seco com água destilada ou com uma solução eletrolítica, e a determinação do pH com um eletrodo de vidro. Em geral, deve-se pesar 20 g da lama seca (que passou em peneira com malha de 0,85 mm) e colocar em um béquer de 100 ml, adicionar 20 ml de água destilada, e agitar intermitentemente por 1 hora (agitar aproximadamente durante 1 minuto a cada 15 minutos), com bastão de vidro, e logo após medir o pH da mistura lama-água com um eletrodo de vidro. O pH medido dessa maneira geralmente é 0,5 a 1,0 unidade de pH maior do que o pH real da lama do viveiro. Dessa forma, é melhor medir diretamente o pH da lama. Nesse caso é só coletar uma amostra com o coletor apropriado e colocá-la em um béquer de 50 ml, agitar a amostra vagarosamente com um bastão de vidro, inserir o eletrodo do pH-metro, e ler o valor do pH.

Não há necessidade de separar a lama do solo consolidado porque as amostras para a determinação do pH da lama não precisam ter uma espessura maior do que 10 cm, e todas as amostras devem ser coletadas em vários pontos dos viveiros e de preferência nas áreas de maior acumulo de sedimentos (lama) e mais úmidas e mais baixas, normalmente, localizadas nas extremidades próximas ao ponto de drenagem dos viveiros.

Determinação do pH na mistura lama-água-solução tampão

Adicionar 20 ml da solução tampão de p-nitrofenol preparado de acordo com a metodologia proposta por Boyd e Tucker (1992) em um béquer com a amostra que foi usada para a determinação do pH da lama. Agitar intermitentemente por 20 minutos (agitar aproximadamente durante 1 minuto a cada 5 minutos), utilizando bastão de vidro ou um agitador magnético. Após calibrar o pH-metro a pH 8,0 com uma mistura 1:1 da solução tampão e água destilada, ler o pH da mistura lama-água-solução tampão, logo após a agitação.

Cálculos

Selecionar a calagem apropriada utilizando os valores indicados na Tabela 1. Se desejável a calagem pode ser ajustada de acordo com a proporção da amostra original de lama que passou pela peneira com malha de 0,85 mm.

Tabela 1. Exigências de calagem em kg/ha de carbonato de cálcio (valor de neutralização de 100) para elevar a alcalinidade e dureza totais da água de um viveiro de aqüicultura acima de 20 mg/L.

pH da lama na água	Recomendação de calagem (em kg/ha de carbonato de cálcio) Leitura do pH na mistura lama-água-solução tampão									
	7,9	7,8	7,7	7,6	7,5	7,4	7,3	7,2	7,1	7,0
5,7	91	182	272	363	454	544	635	726	817	908
5,6	126	252	378	504	630	756	882	1.008	1.134	1.260
5,5	202	404	604	806	1.008	1.210	1.411	1.612	1.814	2.016
5,4	290	580	869	1.160	1.449	1.738	2.029	2.318	2.608	2.898
5,3	340	680	1.021	1.360	1.701	2.042	2.381	2.722	3.062	3.402
5,2	391	782	1.172	1.562	1.953	2.344	2.734	3.124	3.515	3.906
5,1	441	882	1.323	1.765	2.205	2.646	3.087	3.528	3.969	4.410
5,0	504	1.008	1.512	2.016	2.520	3.024	3.528	4.032	4.536	5.040
4,9	656	1.310	1.966	2.620	3.276	3.932	4.586	5.242	5.980	6.552
4,8	672	1.344	2.016	2.688	3.360	4.032	4.704	5.390	6.048	6.720
4,7	706	1.412	2.116	2.822	3.528	4.234	4.940	5.644	6.350	7.056

Método Geral

Este método é recomendado para determinar a calagem para qualquer solo ácido. As amostras devem ser coletadas e preparadas de acordo com os procedimentos descritos acima.

Após essa etapa deve-se pesar 20 g do solo seco moído e peneirado, colocar em um béquer de 100 ml e adicionar 40 ml de solução tampão de p-nitrofenol de pH 8,0 ± 0,1 preparado de acordo com a metodologia proposta por (BOYD; TUCKER, 1992). Agitar a mistura intermitentemente por 1 hora. Depois de calibrar o pHmetro para pH 8,0 com a solução tampão, medir o pH da mistura lama-solução tampão até a unidade de pH mais próxima de 0,01. Se o pH for menor do que 6,8 repetir o procedimento com 10 g de solo e 40 ml de solução tampão. Para 20 g de amostra, a equação para determinar a calagem é:

Calagem (Kg/ha de $CaCO_3$) = (8,00 - pH) x 5.600

Obs: para uma amostra de 10 g, multliplicar por dois o valor obtido pela equação.

Método do Solo Ácido Sulfatado

Este método é recomendado somente para solos ácidos sulfatados ou potencialmente ácidos sulfatados. Para a identificação desses tipos de solo deve-se levar em consideração os seguintes aspectos e características. Os solos superficiais com pH abaixo de 3,5 (mistura de 1:1 de solo:água) são considerados solos ácidos sulfatados. Esses solos freqüentemente têm manchas amareladas de mineral de jarosita, e podem ter depósitos de sedimentos amarelos de enxofre e depósitos avermelhados de hidróxido de ferro na sua superfície.

Os solos potencialmente ácidos sulfatados saturados de água possuem um pH em torno da neutralidade, ou seja, 7,0. Entretanto, quando secos o pH irá decrescer abaixo de 3,0 após algumas semanas. Para uma identificação rápida de campo, uma amostra pode ser oxidada com peróxido de hidrogênio a 30%. Para isso, basta colocar um pouco de solo (20 gramas) em um recipiente com alguns ml de peróxido de hidrogênio (5 ml) e agitar bem. Após 10 minutos medir o pH com papel universal para medir pH ou com um medidor de pH. Se o solo for potencialmente ácido sulfatado o pH será menor do que 2,5.

Os solos ácidos sulfatados ou potencialmente ácidos sulfatados também possuem acidez trocável. A calagem total exigida para esses tipos de solo pode ser estimada medindo a necessidade de calagem pela acidez trocável (método geral) e pela acidez da pirita (método acido sulfatado) e somando-se os dois resultados.

Após a identificação das amostras a serem coletadas como solos ácidos sulfatados ou potencialmente ácidos sulfatados executar as análises conforme o procedimento descrito por Boyd e Tucker (1992).

A acidez potencial de 100 g pode ser usada para estimar a taxa de calagem se o peso do material para o qual será feita a calagem for conhecido. Considerando-se densidade média de 1 kg/dm^3, a camada superficial de 15 cm dos sedimentos do fundo de viveiros tem um peso médio de 1.500.000 kg/ha (BOYD; CUENCO, 1980).

Materiais Utilizados para Calagem dos Viveiros de Aqüicultura

Os corretivos para controlar a acidez dos solos mais utilizados no Brasil são as rochas calcárias moídas, contendo calcita ($CaCO_3$), magnesita ($MgCO_3$) e/ou dolomita ($CaCO_3.MgCO_3$). Os calcários são classificados de acordo com sua concentração de MgO: magnesianos (5 a 12%), dolomíticos (acima de 12%) ou calcíticos (menos de 5%). Outros materiais também podem ser utilizados na calagem, como conchas moídas ($CaCO_3$), cal virgem (CaO), cal hidratada ($Ca(OH)_2$), e óxidos e hidróxicos de magnésio.

Os carbonatos de cálcio e magnésio, que são as formas de corretivo mais comuns, são muito insolúveis. Por exemplo, o calcário dolomítico, mais comumente utilizado, tem uma solubilidade em água menor que 0,3 g/L. Por essa razão, a reação do calcário com o solo depende do contato entre as partículas de calcário e os ácidos do solo, e aspectos como a finura do material (tamanho das suas partículas), a maneira e a época de aplicação também são muito importantes.

A determinação da qualidade ou eficiência total de um corretivo é expressa pelo índice PRNT que significa: poder relativo de neutralização total. O PRNT é obtido da multiplicação do *poder de neutralização* pela *reatividade* de partículas de calcário de diferentes tamanhos em relação ao carbonato de cálcio puro e finamente moído. Essas duas propriedades são avaliadas em laboratório.

Os óxidos ou hidróxidos de Ca e/ou de Mg têm "equivalente carbonato de cálcio", ou poder de neutralização, mais altos que o calcário, e por isso as quantidades a aplicar serão menores. Também reagem mais rápido que o calcário, devido à sua maior solubilidade, e devem ser aplicados bem destorroados. Um inconveniente do seu uso é a distribuição, que provoca corrosões nas máquinas, e irritação na pele dos aplicadores, tornando desagradável a operação.

Numa decisão de compra entre dois corretivos com preços e/ou PRNT distintos, deve-se comparar o *preço por tonelada de calcário efetivo* de cada um deles, que se obtém dividindo o preço da tonelada pelo valor do PRNT. Desta forma, pode-se escolher o produto mais barato em termos de material efetivo, embora o outro produto possa custar menos por tonelada de material bruto.

Cal Virgem: é obtida da calcita ($CaCO_3$) ou da dolomita ($CaCO3.MgCO_3$), e possui o inconveniente de ser cáustica, podendo corroer máquinas e equipamentos.

Cal Hidratada: é obtida a partir da hidratação da cal virgem.

Recomendações para Calagem e Controle da Acidez

A calagem é uma prática comum adotada por vários aqüicultores, de forma que se houver uma eficiência maior das técnicas e do uso dos materiais disponíveis para calagem vários produtores de peixes e camarões serão beneficiados com a melhoria da qualidade da água e da produtividade dos viveiros, conforme ilustrado pelas Figuras 5 a 8. Os resultados obtidos por Queiroz et al. (2004c), apresentados abaixo de forma resumida, fornecem informações fundamentais para aprimorar os procedimentos de calagem atualmente em uso pelos aqüicultores.

Foto: Julio F. Queiroz

Fig. 5. Revolvimento e preparação do fundo de um viveiro de produção de camarão no Nordeste para facilitar a oxidação da matéria orgânica e a aplicação de calcário agrícola. Foto: Associação Brasileira dos Criadores de Camarão (ABCC).

Foto: Julio F. Queiroz

Fig. 6. Etapa inicial da calagem manual do fundo de um viveiro de piscicultura em Itupeva, SP. Foto: Julio F. Queiroz.

Foto: Julio F. Queiroz

Fig. 7. Etapa final da calagem manual do fundo de um viveiro de piscicultura em Itupeva, SP. Foto: Julio F. Queiroz.

Foto: Julio F. Queiroz

Fig. 8. Etapa final da calagem realizada diretamente sobre a superfície da agua de um viveiro na estação de experimental de piscicultura da Auburn University, AL, EUA. Foto: Julio F. Queiroz.

As informações sobre a dinâmica da matéria orgânica e a reação dos materiais de calagem nos sedimentos do fundo dos viveiros são fundamentais para futuras recomendações quanto a localização, construção e manejo dos viveiros de produção de peixes e camarões. As informações resultantes são de interesse geral em todas as regiões onde se pratica a aqüicultura e se efetua a calagem dos viveiros e, resumidamente, pode-se recomendar o seguinte:

a) Aplicar calcário agrícola diretamente sobre a superfície da água dos viveiros que não precisam ser drenados rotineiramente. Esse procedimento produz os mesmos resultados da calagem feita diretamente sobre a superfície seca do fundo dos viveiros, ou quando o calcário agrícola é misturado no fundo dos viveiros com um arado.

b) Evitar misturar calcário agrícola no sedimento do fundo dos viveiros com um arado. Esse procedimento evita acréscimos nos custos de preparação do viveiro em gastos extras com mão de obra.

c) Efetuar a calagem sempre que possível diretamente sobre a superfície da água dos viveiros. Esse procedimento permite controlar a acidez da água dos viveiros sem necessidade de drená-los, prevenindo dessa forma a poluição dos corpos de água adjacentes que poderia ser causada pelos efluentes dos viveiros.

d) Efetuar a calagem até dois meses antes da utilização dos viveiros para que os benefícios possam ser observados. O calcário agrícola reage rapidamente e pode aumentar as concentrações de alcalinidade total e dureza total dentro de duas semanas, entretanto os efeitos sobre o pH do solo somente serão observados dentro de um a dois meses.

e) Reduzir as taxas de calagem quando a concentração de dióxido de carbono dissolvido na água dos viveiros for maior do que 57 mg/L, que é igual a concentração de equilíbrio entre o carbonato de cálcio (calcário agrícola), a água e o dióxido de carbono atmosférico normal (STUMM; MORGAN, 1996). Quando a concentração de dióxido de carbono for maior do que 57 mg/L a solubilidade do calcário aumenta e, portanto, o efeito da calagem é maior.

f) Reduzir as taxas de calagem quando houver um acumulo excessivo de matéria orgânica na água e nos sedimentos do fundo dos viveiros. A decomposição da matéria orgânica do solo pelos microorganismos e pela respiração de outros organismos aquáticos aumenta a concentração de dióxido de carbono, e em conseqüência, a alcalinidade total e a dureza total podem ser tornar muito altas.

g) Aumentar as taxas de calagem para viveiros construídos sobre solos argilosos. A profundidade de reação do calcário agrícola no sedimento do fundo dos viveiros é menor em solos argilosos do que em solos arenosos.

h) Evitar o acúmulo excessivo de matéria orgânica (fezes e restos de ração) nas camadas superficiais dos sedimentos do fundo dos viveiros a fim de otimizar os efeitos da calagem e seus benefícios sobre a qualidade da água e os índices de produtividade. A camada superficial de 5 cm do sedimento do fundo dos viveiros é a que exerce maior influencia sobre a qualidade da água nos viveiros de aqüicultura.

Referências

ADAMS, F.; EVANS, C. E. A rapid method to measuring lime requirement of red-yellow podzolic soils. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 26, p. 355-357, 1962.

BOYD, C. E. Lime requirements and application in fish ponds. In: PILLAY, T. V. R.; DILL, W. A. (Ed.). **Advances in aquaculture**. Farham: Fishing News Books, 1976. p. 120-122.

BOYD, C. E. **Bottom soils, sediment, and pond aquaculture**. New York: Chapman and Hall, 1995. 348 p.

BOYD, C. E. **Lime requirements of Alabama fish ponds**. Auburn: Alabama Agriculture Experiment Station, Auburn University, 1974. 19 p. (Bulletin 459).

BOYD, C. E.; CUENCO, M. L. Refinements of the lime requirement procedure for fish ponds. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 21, p. 293-299, 1980.

BOYD, C. E.; SCARSBROOK, E. Effects of agricultural limestone on phytoplankton communities of fish ponds. **Archiv fur Hydrobiologie**, Stuttgart, v. 74, p. 333-349, 1974.

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: Alabama Agriculture Experiment Station, Auburn University, 1992. 183 p.

MASUDA, K.; BOYD, C. E. Phosphorous fractions in soil and water of aquaculture ponds built on clayey, ultisols at Auburn, Alabama. **Journal of the World Aquaculture Society**, Baton Rouge, v. 25, p. 379-395, 1994.

MUNSIRI, P.; BOYD, C. E.; HAJEK, B. J. Physical and chemical characteristics of bottom soil profiles in ponds at Auburn, Alabama, and a proposed method for describing pond soil horizons. **Journal of the World Aquaculture Society**, Baton Rouge, v. 26, p. 346-377, 1995.

PILLAI, V. K.; BOYD, C. E. A simple method for calculating liming rates for fish ponds. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 46, p. 157-162, 1985.

QUEIROZ, J. F.; BOEIRA, R. C.;SILVEIRA, M. P. **Coleta e preparação de amostras de sedimentos em viveiros de aqüicultura**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004a. 5 p. (Embrapa Meio Ambiente. Comunicado Técnico, 17).

QUEIROZ, J. F.; BOEIRA, R. C.; SILVEIRA, M. P. **Coletor simplificado de sedimentos do fundo de viveiros de aqüicultura**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004b. 5 p. (Embrapa Meio Ambiente. Comunicado Técnico, 16).

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**, Piracicaba, v. 6, n. 5, p. 469-475, 2004c.

STUMM, W.; MORGAN, J. J. **Aquatic chemistry**. New York: J. Willey, 1996. 1022 p.

THOMASTON, W. W.; ZELLER, H. D. Results of a six-year investigation of chemical soil and water analysis and lime treatment in Georgia fish ponds. **Proceedings of Annual Conference of the South Eastern Association of Game and Fish Commissioners**, v. 15, p. 236-245, 1961.

Circular Técnica, 14

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

BRASIL UM PAÍS DE TODOS GOVERNO FEDERAL

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, Osvaldo Cabral*

Expediente

Tratamento das ilustrações: *Sandro Freitas Nunes.*
Editoração eletrônica: *Sandro Freitas Nunes.*