



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE AQUICULTURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA

**Estudo da reatividade e do poder neutralizante de distintas fontes
do carbonato de cálcio para fins de aquicultura**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Aquicultura.

Orientador: Luis Alejandro Vinatea Arana

Manuel Taque

Florianópolis – SC
2014

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Taque, Manuel

Estudo da reatividade e do poder neutralizante de distintas fontes do carbonato de cálcio para fins de aquicultura / Manuel Taque ; orientador, Luis Alejandro Vinatea Arana - Florianópolis, SC, 2014.

53 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura.

Inclui referências

1. Aquicultura. 2. corretivos de solos. 3. neutralização da acidez de solos em viveiros. 4. poder neutralizante e reatividade. 5. alcalinidade. I. Arana, Luis Alejandro Vinatea . II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura. III. Título.

**Estudo da reatividade e do poder neutralizante de distintas fontes
do carbonato de cálcio para fins de aquicultura**

Por

MANUEL TAQUE

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de

MESTRE EM AQUICULTURA

e aprovada em sua forma final pelo Programa de
Pós-Graduação em Aqüicultura.

Prof. Alex Pires de Oliveira Nuñez, Dr.
Coordenador do Programa

Banca Examinadora:

Dr. Luiz Alejandro Vinatea Arana – *Orientador*

Dra. Betina Muelbert

Dr. Marcos Caivando Pedroso de Albuquerque

Dr. Walter Quadros Seiffert

DEDICATÓRIA

Em prol dos esforços que tens empreendido desde os meus tempos de criança para sustentar e manter a nossa família, independentemente das nossas crises existenciais, **Deolinda Alexandre Tembe** te dedico esta obra como sinal de carinho e afeto e reconhecimento por essa luta que incansavelmente em nome de todos os teus irmãos preservaste para garantir a sobrevivência e estabilidade emocional da nossa família.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), ao Centro de Ciências Agrárias Departamento de aquicultura;

Ao Programa de Pós-Graduação em aquicultura, que possibilitaram a realização do curso, do trabalho e do mestrado;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa emergencial concedida;

Ao meu supervisor que nas minhas dúvidas incertezas e fraquezas como estudante sempre esteve do meu lado apoiando e ajudando em todas as vicissitudes, transcendendo para além de um formador um grande pai e amigo;

Ao professor Edegar Andreatta que na inexistência de vaga do professor virado para minha área de pesquisa me recebeu e me guiou até obter um supervisor da minha linha de pesquisa;

Ao Carlito Klunk por todo apoio incondicional em todos os momentos;

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, que colaboraram para minha formação;

Ao Laboratório de Camarões Marinhos e toda a sua equipe que em todos os momentos estiveram sempre prontos para ajudar;

Ao Instituto Nacional de Investigação Pesqueira de Moçambique pela licença concedida para frequentar a pós-graduação;

À Dra. Paula Santana Afonso, que carinhosamente chamamos de “a Boss” que contra algumas correntes institucionais e na sua prerrogativa de liderança autorizou a minha vinda para frequentar o curso de Pós-graduação;

Ao Dr. Augusto Dimande que contra todas as correntes e dificuldades institucionais apoiou e por ter acreditado sempre nas minhas palavras e pretensões, me recordando e dizendo “filho faça algo de que te possas orgulhar amanhã, se a tua pesquisa terá aplicações práticas para a nossa realidade, sobretudo das nossas populações mais carentes olhando para as pescas aposte tudo e traga resultados positivos”;

Ao Jurandir B. Júnior pela ajuda na análise estatística dos dados;

Ao Carlos Manuel Espírito Santo nas análises e testes laboratoriais;

Ao Dr. Domingos Gove pelo incentivo a formação acadêmica;

Ao Dr. Jaime Almeida na coleta, apoio no estudo e análise dos solos;

À minha mãe Maria Taque por ter me ensinado que um homem sem planos é como uma rola quando chove;

Aos meus pais Meneses João Zandamela e Luísa Macie Zandamela por tudo que fizeram por mim nesta vida;

Ao meu companheiro de todas as fases de luta, Lucrêncio S. Macarrigue seja em quedas e glórias, sempre estivemos juntos, mesmo que em Estados e cidades diferentes do Brasil, me fez acreditar que vale a pena morrer por algo que se acredita do que viver em vão, sendo que no fim tudo dá certo, e que se não desse certo é porque ainda não era fim;

Ao Edson Carneiro e Octávio Nhaduco pelo encorajamento e companheirismo;

À minha mentora Ginoca Chirindza que me fez sempre acreditar que poderia atingir e chegar onde quisesse e pudesse, bastasse que acreditasse mais em mim, o meu muito obrigado por ter incitado essa força dentro de mim;

À minha grande fonte de luta na competitividade desde o término da minha graduação Angélica André João;

À Gilda Januário Muhai que os seus exemplos de luta e determinação me espelham a cada dia;

À Marta Leite que tem me acompanhado nos momentos mais conturbados do meu processo de vida, o caminho ainda é longo, mas chegaremos lá, por todo carinho e afeto o meu muito obrigado;

À Hélia F. Mabunda por estar sempre comigo me apoiando em palavras nesta longa jornada;

Aos demais amigos, colegas de mestrado e doutorado pela integração, convivência e solidariedade;

O meu especial obrigado a todos os moçambicanos que estiveram na Frente de Libertação de Moçambique de 1962 – 1975, pois Florianópolis da forma mais cruel e difícil me ensinou a reconhecer os vossos feitos históricos; e

Seria impossível conseguir alistar todos que colaboraram para realização deste trabalho neste capítulo, mas fica aqui um obrigado a todos que direta ou indiretamente contribuíram para que este trabalho fosse possível e realizável.

EPÍGRAFE

O preço a pagar pela tua não participação na política e seres governado por quem é inferior a si (Platão – 428 – 347 a.C.)

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a reatividade e o poder neutralizante de diferentes fontes de carbonato de cálcio comercializados no Estado de Santa Catarina (SC) para o aumento da alcalinidade da água doce e para a correção da acidez dos solos em aquicultura. Foram testadas três marcas de calcário durante 48 dias com três repetições cada, incubados em solos com baixos valores pH obtidos na cidade de Lages no Estado de SC, usando a metodologia SMP, sendo que a eficiência dos corretivos foi determinada com base no Poder Neutralizante (PN), Reatividade (RE) e Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT). A alcalinidade foi determinada através do processo de neutralização ácido/base usando ácido sulfúrico (H_2SO_4) 0.01 mol/L, e com o uso de indicadores ácido-base. Foram observadas diferenças significativas ($P < 0,05$) no PN, RE e PRNT entre os corretivos, ou seja, os corretivos apresentaram diferenças na capacidade potencial de neutralizar a acidez dos solos e na velocidade de ação quando em contato com o solo. O pH do solo incubado com estes corretivos teve diferenças significativas ($P < 0,05$). O corretivo A permitiu elevar o pH do solo de 4,2 para aproximadamente 7,0 num período de 8 dias, o corretivo B dentro de 32 dias e o corretivo C num período 48 dias. A origem e o tipo de calcário mostraram diferenças na velocidade e capacidade de elevar o pH ao nível desejado, por outro lado, os produtos A, B e C foram capazes de produzir um aumento significativo na alcalinidade da água, porém não diferentes em termos estatísticos, sendo que o produto A produziu uma alcalinidade significativamente menor que os demais. As três marcas de corretivos comercializados no Estado de SC demonstraram a possibilidade para corrigir a acidez solos e elevação da alcalinidade, embora duas marcas possam ser indicadas na calagem e correção da alcalinidade da água em viveiros de aquicultura.

Palavras-chaves: Acidez, alcalinidade, piscicultura, corretivos do solo.

ABSTRACT

This study aims to evaluate the reactivity and neutralizing power of different sources carbonate of calcium commercialized in the State of Santa Catarina (SC) to increase the alkalinity of the fresh water and the soil acidity in aquaculture. Were tested three types of limestone incubated in soils with low values of pH obtained in Lages in the state of SC during 48 days in triplicates. The efficiency of lime was determined based on Neutralizing Power (PN), Reactivity (RE) and Relative Total Power of Neutralization (PRNT) using the SMP methodology. The alkalinity was determined on a process of acid/base neutralization, using acid sulfuric (H_2SO_4) 0.01 mol/L, with use of acid-base indicators. Significant differences ($P<0.05$) were observed in PN, RE and PRNT between corrective. Correctives showed differences in the potential ability to neutralize the soil acidity and speed of action when in contact with the soil. The pH of soil incubated with these correctives showed significant differences ($P<0.05$). The corrective allowed the pH soil to rise from 4.2 to approximately 7.0 over a period of 8 days, the corrective B in 32 days and the corrective C, over 48 days. The source and type of lime showed differences in the speed and capacity to raise the pH to the desired level, in other side, products A, B and C were able to produce a significant increase in alkalinity, but not statistically different. The corrective A produced a significant lower alkalinity than the others. The three types of corrective sold in the State of SC demonstrated the possibility to correct soil acidity and increase alkalinity, although only two types may be indicated in liming and correction of the alkalinity of the fresh water in aquaculture ponds.

Keywords: Acidity, alkalinity, pisciculture, soils correctives.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
pH do solo de viveiros de aquicultura	19
Solos	21
Solos em Aquicultura	22
Tipos de acidez do solo	23
Corretivos da acidez do solo	24
Poder neutralizante (PN), Reatividade (RE) e Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT)	25
2. OBJETIVOS	27
2.1. Objetivo geral	27
2.2. Objetivos específicos	27
3. MATERIAL E MÉTODOS	32
4. RESULTADOS	35
5. DISCUSSÃO	38
6. CONCLUSÃO	41
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

1. INTRODUÇÃO

A aquicultura é uma prática que vem sendo desenvolvida desde a antiguidade e que nos anos recentes tem constituído um dos segmentos de crescimento mais rápido de produção global. Esta prática tem sido vista como sendo uma resposta para os problemas resultantes da diminuição das populações naturais de pescado (FAO, 2004).

A atividade aquícola utiliza recursos tais como terra, água, energia, ração, fertilizantes, antibióticos que devem ser utilizados de uma forma racional, visto que a aquicultura depende do ambiente na qual está inserida (OLIVEIRA, 2007). O manejo adequado e a qualidade dos corretivos usados em aquicultura são de fundamental importância para assegurar o sucesso da produção (BOEIRA e QUEIROZ, 2006). A qualidade e o tipo de produto será premissa as boas práticas de construção e manejo preconizadas por Ostrensky e Queiroz (2002), a partir do momento em que poderá se alcançar a máxima produtividade com a manutenção da qualidade do meio.

Viveiros de aquicultura construídos em locais com solos ácidos apresentam água com valores baixos de pH e concentrações reduzidas de alcalinidade e dureza totais. Nesses casos, se não for feita uma calagem, eles podem vir a se mostrar inadequados para a prática da aquicultura (MUNSIRI et al., 1995). Frequentemente, problemas de acidez nos viveiros não resultam em efeitos negativos sobre o crescimento, reprodução ou sobrevivência dos animais; mas a baixa alcalinidade da água pode afetar a produção de plâncton e bentos, cujos efeitos resultam em baixa produção dos organismos aquáticos de cultivo (BOYD, 1995). A calagem de viveiros de aquicultura visa à melhoria da produtividade e dos índices de sustentabilidade ambiental, e tem como objetivos neutralizar a camada superficial de sedimentos ácidos do fundo dos viveiros e aumentar a alcalinidade e a dureza da água (THOMASTON e ZELLER, 1961; QUEIROZ et al., 2007).

Em geral, a calagem é feita logo após a despesca (quando os viveiros são drenados, possibilitando a secagem do fundo para aplicação do calcário) e antes do próximo ciclo de cultivo (BOYD e TUCKER, 1998; QUEIROZ et al., 2007). A presença de sedimentos ácidos no fundo dos viveiros de aquicultura é um problema bastante comum, que exige a utilização de grandes quantidades de calcário para sua correção. A calagem em tanques e viveiros de baixo fluxo de água pode ser usada para correção do pH e melhoria do sistema tampão. Estas práticas ajudam a corrigir os valores de pH, reforçar o sistema tampão da água e

neutralizar a acidez de troca do solo do fundo dos viveiros (BOEIRA e QUEIROZ, 2006).

Os parâmetros que envolvem acidez e alcalinidade têm muita importância para a manutenção e estabelecimento das características dos solos usados em aquicultura, visto que as propriedades físicas, químicas e biológicas estão direta ou indiretamente ligadas com a acidez ou a alcalinidade (LUCHESE et al., 2002). De acordo com Boyd (1990), águas com dureza e/ou alcalinidade total menores que 20 mg/L e pH da água menor que 6 devem receber calagem. Esta prática traz efeitos benéficos, pois o ajuste do pH melhora a qualidade do solo que influencia na qualidade da água dos viveiros.

Em regiões tropicais, os problemas relativos à acidez do solo referem-se a valores abaixo da faixa entre 5 e 6,5. Assim, se faz necessário medir a acidez do solo e o poder tampão do mesmo, com a finalidade de fazer as correções pertinentes (MARQUES e MOTTA, 2003). 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 ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$) (OSTRENSKY e QUEIROZ, 2002). Os calcários são classificados de acordo com sua concentração de MgO como sendo magnesianos (5 a 12% de MgO), dolomíticos (acima de 12% de MgO) ou calcíticos (menos de 5% de MgO). Outros materiais também podem ser utilizados na calagem, como conchas moídas, cal virgem (CaO), cal hidratada Ca(OH)_2 , e óxidos e hidróxidos de magnésio (BOEIRA e QUEIROZ, 2006).

O método mais comum de aplicação de calcário consiste na sua incorporação direta sobre a superfície da água no início do cultivo, distribuição uniforme sobre a superfície dos sedimentos do fundo dos viveiros antes de abastecê-los com água, e, distribuição uniforme sobre a superfície dos sedimentos do fundo dos viveiros seguida do revolvimento manual da camada superficial dos sedimentos (10 cm) antes de serem abastecidos. Geralmente estes métodos não influenciam na qualidade da água, desde que observados os procedimentos técnicos corretos (THUNJAI et al., 2001).

A alcalinidade da água é derivada principalmente da dissolução do calcário, de modo que a concentração da alcalinidade total é determinada pelas características do solo onde o viveiro foi construído. Por exemplo, viveiros de piscicultura em áreas com solos arenosos, pelo geral, apresentam uma alcalinidade abaixo de 20 mg/L, enquanto que 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 na alcalinidade, como é o caso dos viveiros localizados em regiões áridas, onde existem solos com maior alcalinidade total do que viveiros localizados em regiões úmidas (BOEIRA e QUEIROZ, op. cit.).

Boyd e Tucker (1998) reportaram alguns dos problemas que apresentam os organismos cultivados em águas com baixo valor de pH sendo aumento da produção de muco, danos nas estruturas branquiais, reduzindo a capacidade respiratória, e problemas com a manutenção do balanço iônico interno. A manutenção dos parâmetros de qualidade da água em níveis ótimos para a espécie é importante, visto que os fatores físicos e químicos da água podem interferir diretamente no desempenho dos organismos (VINATEA, 1997; BARBIERI e OSTRENSKI, 2002).

A análise de calcário comercializado em SC tem por objetivo determinar o poder neutralizante e a reatividade dos mesmos, a fim de se contar com dados confiáveis que forneçam aos piscicultores de água doce elementos de juízo no momento de escolherem um determinado produto, visando à calagem dos seus viveiros de terra. A calagem dos viveiros de piscicultura é um procedimento largamente usado em SC e no resto do Brasil, sobretudo quando se tratam de cultivos de água doce, a fim de se corrigir a acidez dos solos e a alcalinidade da água (OSTRENSKY e BOEGER, 2008).

Neste trabalho avaliou-se a eficiência de diferentes fontes de carbonato de cálcio para o aumento da alcalinidade da água e para a correção da acidez de alguns solos do Estado de Santa Catarina (SC) com vistas a serem usados como corretivos na prática da aquicultura. A avaliação da reatividade e do poder neutralizante dos corretivos permitiu sugerir o melhor produto tendo em conta a solução dos problemas de qualidade da água e do solo e o aumento da lucratividade.

pH do solo de viveiros de aquicultura

Galvão (1994) e Rossa (2006) conceituam que o pH do solo é uma medida da atividade dos íons H^+ quando o solo encontra-se em solução aquosa. O valor de $H^+ + Al^{3+}$ também chamado de acidez potencial, é constituído de duas partes distintas de acidez: acidez trocável (Al^{3+}) e acidez não trocável (H^+) (MUNSIRI et al., 1995).

O pH do solo normalmente é medido numa suspensão 1:1 de solo com água destilada. A concentração de sais do solo ou da água afeta diretamente o pH da solução (MASUDA e BOYD, 1994). Conforme Malavolta (1981) e Rossa (2006), quanto maior a concentração de sais

no solo menor será o seu pH em água, porque os sais deslocam o H^+ , principalmente o trocável, aumentando a concentração desse íon na solução. Além disso, os sais aumentam a hidrólise de compostos de Fe e Al, o que também contribui para aumentar a concentração de H^+ na solução.

De acordo com ROLAS (1989), O procedimento convencional utilizado para determinar a necessidade de calagem dos solos nos Estados de Rio Grande Sul e Santa Catarina é através do método de Shoemaker, Maclean, Pratt (SMP), o qual oferece uma medida confiável da acidez potencial. O método baseia-se na variação do pH de uma solução tampão com pH 7,5 em contato com os ácidos do solo.

Segundo Rossa (2006), o pH da solução SMP baseia-se na correlação existente entre o índice SMP e a acidez potencial do solo (H+Al). Quanto mais baixo o índice SMP, maior a quantidade de H+Al do solo e, portanto, maior a quantidade de calcário a ser aplicada para se atingir um pH adequado. Segundo Anghinoni e Salet (1998) a baixa variabilidade dos índices de pH em água e solução SMP decorre da distribuição uniforme da palhada e do calcário na superfície do solo. Schlindwein e Anghinoni (2008) demonstraram que a decomposição de resíduos e a reação dos adubos nitrogenados na superfície do solo formam uma frente de acidificação, a qual aumenta em profundidade, ocorrendo o aumento do teor de alumínio trocável. Paralelamente a essa diminuição do pH, ocorre um acúmulo do teor de alumínio trocável e aumento da necessidade de calcário (MIYAZAWA et al., 1992; ROSSA, 2006).

A Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo e de Tecido Vegetal dos Estados de Rio Grande do Sul e Santa Catarina (ROLAS) adotou desde sua fundação (1968), o método da solução SMP tamponada a pH 7,5 para avaliar o grau de acidez do solo (TEDESCO et al., 1994). O método da solução tampão SMP, em homenagem a Shoemaker et al. (1961), é constituído de trietanolamina, paranitrofenol, cromato de potássio, acetato de cálcio e cloreto de cálcio, com pH inicial de 7,5 (ROSSA, 2006).

Na piscicultura de água doce, o pH na faixa de 6,5 a 9,5 é considerado aceitável, sendo, no entanto, ideal a variação menor, entre 7 a 8,5 (ZANIBONI, 1997). O pH do corpo de água utilizado em um sistema de produção de pescado deve ser constantemente monitorado para determinação da condição de acidez da água, sendo que a alteração do mesmo pode vir a afetar o desenvolvimento dos peixes e, em alguns casos, ocasionar mortalidade (CASTAGNOLLI, 1997). Cyrino et al. (2004) citaram que as espécies apresentam maior dificuldade de

estabelecer o equilíbrio osmótico nas brânquias, apresentando grande dificuldade de respiração, podendo resultar em mortalidade, principalmente nos alevinos, por serem mais sensíveis à variação do pH. Castagnolli (1997) verificou que oscilações bruscas de pH na água dos viveiros provocaram razoável consumo de energia para a adaptação do peixe às constantes oscilações osmóticas nos filamentos branquiais durante a respiração. O mesmo autor afirma que a condição contínua de baixo pH na água têm influência na produtividade dos sistemas aquícolas, entretanto, alguns provocam estresse nos peixes, predispondo-os a doenças infecciosas e parasitárias, especialmente quando o seu estado nutricional não é bom.

O pH da água tem grande influência na produção de alimento vivo no meio aquático e, por essa razão, tem influência na produtividade piscícola. Normalmente, as águas encontradas no território brasileiro são consideradas ácidas, sendo necessário corrigi-las para seu uso em piscicultura (MENEZES e YANCEY, 2008).

Solos

O solo é de fundamental importância no comportamento de um ecossistema por ser o elemento físico, químico e biológico que sustenta a vida, fornecendo-lhe condições de suporte e nutrição para que se desenvolva em equilíbrio (TOMÉ, 1997; MENEZES e YANCEY, 2008). Resultado da desagregação de rochas e da decomposição de restos vegetais e animais, o solo tem para a aquicultura enorme importância, visto ser o responsável pelas características químicas da água, fornecendo elementos que irão apontar a sua qualidade, além de fornecer subsídios quanto à escolha do local, implantação e manejo dos tanques de criação. O solo é composto quimicamente por 45% de elementos minerais, 25% de ar, 25% de água e 5% de matéria orgânica (PÁDUA, 2003).

De acordo com a EMBRAPA (2006), o solo vem a ser uma coleção de corpos naturais, constituídos por três estados físicos da matéria, podendo ser tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos que ocupam a maior parte da superfície terrestre contendo matéria viva e que pode ser transformada na natureza onde ocorre, e eventualmente pode ter sido modificado por interferências humanas. Basicamente, os solos podem ser classificados em cascalho, areia, silte e argila.

Solos em Aquicultura

Segundo Pádua (2003), solos cascalhados e arenosos são compostos de partículas predominantemente maiores, dificultando a retenção de água, porém, facilitando a circulação do ar. Em tais solos, pela grande facilidade para infiltração de água, ocorre maior tendência das partículas sólidas se encaminharem para regiões mais profundas. Já os solos silte-argilosos, formados por partículas mais finas, apresentam maior capacidade de reter a água. Ainda segundo o mesmo autor, os solos com presença de materiais coloidais orgânicos apresentam grande capacidade de formar agregados, cimentando-se entre si. Certos elementos exercem ação agregadora, como o ferro e o cálcio incluindo elementos biológicos tais como as bactérias, fungos ou raízes, ao mesmo tempo em que, pela ação dos colóides presentes, retêm água, sais minerais, dificultando a erosão (TIAGO, 2002). As propriedades químicas da água estão intimamente ligadas às características químicas do solo e ao tipo de cobertura vegetal existente ou preexistente. Solos naturalmente adubados ou férteis, (preexistentes), ou provenientes de áreas com culturas, são mais produtivos, facilitando a fertilidade das águas no momento do alagamento do viveiro de piscicultura (QUEIROZ et al., 2007). Águas contidas em solo anteriormente florestado são menos férteis que as contidas em solo anteriormente cultivados, mas em compensação os solos cultivados podem cariar substâncias poluidoras, principalmente os defensivos agrícolas (MENEZES e YANCEY, 2008).

Formação de acidez do solo

De acordo com Oliveira et al. (2005), no processo de decomposição da matéria orgânica há formação tanto de ácidos orgânicos como de inorgânicos. O encontrado em maior abundância é o ácido carbônico que resulta da combinação do óxido carbônico com a água. Por ser um ácido fraco, não pode ser responsabilizado pelos baixos valores de pH do solo (TEDESCO et al., 1994). Ácidos inorgânicos como ácido sulfúrico, oriundo de solos ácido sulfáticos são potentes supridores de íons H^+ (PÁDUA, 2003). A acidez do solo surge com a dissociação dos ácidos presentes no solo com a água em contato com a solução aquosa: $HA \rightleftharpoons H^+$ (cátion) + A^- (ânion).

Os solos podem ser ácidos devido à insuficiência de bases no material de origem, ou a processos de formação que favorecem a remoção ou lavagem de elementos básicos como K, Ca, Mg, Na e outros.

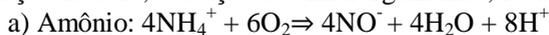
Além disso, os solos podem ter sua acidez aumentada por cultivos e adubações (TIAGO, 2002). Em ambos os casos, a acidificação se inicia, ou se acentua, devido à remoção de bases da superfície dos colóides do solo. A origem da acidez do solo é causada principalmente por lavagem de Ca e pela água da chuva. De acordo com Oliveira et al. (2005), há três maneiras principais que provocam a acidificação do solo, nomeadamente:

1) A primeira ocorre naturalmente pela dissociação do gás carbônico:



Os íons H^+ para a fase sólida do solo e libera um cátion trocável, que será lixiviado com o bicarbonato. Esse fenômeno é favorecido por valores de pH elevados, tornando-se menos importante em pH baixos, e ainda inexpressivo a pH abaixo de 5,2. Portanto, em solos muito ácidos é pouco provável uma grande acidificação através do bicarbonato.

2) A segunda causa da acidificação é ocasionada por alguns fertilizantes, sobretudo os amoniacais como a ureia, que durante a sua transformação no solo, sob ação dos microrganismos, resulta em íons H^+ :



b) Ureia: $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 2\text{H}_2\text{O} \Rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ (o NH_4^+ formado reage como amônio). O íon H^+ libera um cátion trocável para a solução do solo, que será lixiviado com o ânion acompanhante, intensificando a acidificação.

3) Uma terceira causa importante da acidificação dos solos é a hidrólise do alumínio, a qual produz íons H^+ , de acordo com a reação:



Tipos de acidez do solo

A acidez do solo pode ser dividida em acidez ativa e acidez potencial, e por sua vez ser trocável e não trocável (Oliveira et al., 2005), nos seguintes termos:

a) Acidez ativa é resultado do H dissociado, ou seja, na solução do solo na forma de H^+ , e é expressa em valores de pH (H^+ da solução do solo).

b) A acidez trocável refere-se aos íons H^+ e Al^{3+} que estão retidos na superfície dos colóides por forças eletrostáticas. A quantidade de H trocável, em condições naturais, parece ser pequena. A acidez não trocável é representada pelo H de ligação covalente, associado aos colóides com carga negativa variável e aos compostos de Al (Al^{3+} trocável + H^+ trocável).

c) A acidez potencial é a soma da acidez trocável e da não trocável. Corresponde à soma da acidez trocável (Al^{3+} trocável + H^+ trocável) com a acidez não trocável (H^+ de ligação covalente).

Corretivos da acidez do solo

Os Corretivos da acidez são produtos capazes de neutralizar (diminuir ou eliminar) a acidez dos solos e ainda carrear nutrientes, principalmente cálcio e magnésio (ALCARDE, 1992). De acordo com Alcarde (2005), os principais compostos químicos neutralizantes da acidez presentes nos corretivos são carbonatos de cálcio e de magnésio (CaCO_3 e MgCO_3); óxidos de cálcio e de magnésio (CaO e MgO) e hidróxidos de cálcio e de magnésio [$\text{Ca}(\text{OH})_2$ e $\text{Mg}(\text{OH})_2$]. Nos calcários calcinados estão presentes tanto carbonatos como óxidos de cálcio e de magnésio; já nas conchas moídas o carbonato de cálcio é o principal componente (GARUTTI, 2003). Devido à sua composição química, os compostos presentes nos corretivos têm diferentes capacidades de neutralização de ácidos. As quantidades de corretivo necessárias para a correção da acidez variam de acordo com o tipo de solos. Alguns necessitam de apenas 1t/ha, ao passo que outros necessitam de até 10 t/ha ou mais (EBELING et al., 2006). Ainda, segundo estes autores, o corretivo a ser aplicado traz maiores benefícios quando se utiliza a quantidade adequada a cada solo.

O sucesso no uso do corretivo depende fundamentalmente de três fatores: da dosagem adequada do produto, ou, melhor, das características do corretivo utilizado, e da sua correta aplicação. A dosagem adequada é estabelecida com base na análise de solo, sobre a qual se aplica um critério técnico de recomendação da dose. Quanto ao produto, atualmente dispõe-se de diversos tipos de corretivos de acidez com características e efeitos diferentes. É necessário conhecê-los para se proceder à escolha do produto mais conveniente a cada situação (EMBRAPA, 2006).

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 ($\text{CaCO}_3.\text{MgCO}_3$). Os calcários são classificados de acordo com sua concentração de MgO como magnesianos (5 a 12%), dolomíticos (acima de 12%) ou calcíticos (menos de 5%) (ALCARDE, 1992; BOEIRA e QUEIROZ, 2006). Segundo este autor os corretivos podem ser classificados em:

- Calcários minerais: magnesita (MgCO_3);

- Calcita (CaCO_3) e dolomita [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$];
- Cal virgem (CaO e MgO);
- Cal apagada [$\text{Ca}(\text{OH})_2$ e $\text{Mg}(\text{OH})_2$];
- Conchas marinhas (predomínio de calcita);
- Resíduos industriais (carbonatos, óxidos e hidróxidos); e
- Cinzas.

Calagem

A calagem de viveiros de aquicultura visa à melhoria da produtividade e da qualidade ambiental. Tem por principal objetivo 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 8,5 e as concentrações da alcalinidade total e dureza total da água devem ser elevadas acima de 20 mg/L (BOYD e TUCKER, 1998; QUEIROZ et al., 2007).

A presença de sedimentos ácidos no fundo dos viveiros é um problema bastante comum, que exige a utilização de grandes quantidades de calcário para sua correção. Se a alcalinidade for menor do que 20 mg/L é preciso fazer a calagem dos viveiros (QUEIROZ op. cit.). O sedimento ácido absorve quase todo o fósforo adicionado através dos fertilizantes. (BOYD e SCARSBROOK, 1976; QUEIROZ et al., 2007).

Poder Neutralizante (PN), Reatividade (RE) e Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT)

De acordo com a legislação brasileira, as características mínimas exigidas para os calcários serem usados como corretivos da acidez do solo, eles devem ter um PN de 67%, passarem 95% na peneira N° 10 (ABNT), 70% na peneira N° 20 (ABNT) e 50% na peneira N° 50 (ABNT) esses valores representam a porcentagem do corretivo que reagirá no solo dentro de um período de três meses, este período é explicado pelo fato de as taxas de eficiência granulométrica terem sido determinadas apenas durante três meses para o cálculo da reatividade (BRASIL, 1986).

A avaliação do poder de neutralização (PN) é feita através das determinações químicas e ou; dos teores de cálcio e magnésio. O PN indica a capacidade potencial do corretivo em neutralizar a acidez dos

solos, para qualquer natureza de corretivo, considera-se o constituinte neutralizante como sendo o CaCO_3 e o resultado expresso em equivalente de carbonato de cálcio – E_{CaCO_3} (BRASIL, 1986). A reatividade expressa a granulometria do corretivo que consiste em sua velocidade de ação quando em contato com o solo, isto é, a rapidez em que a acidez pode ser corrigida (DEUS, 2010). A reatividade pode ser influenciada por vários fatores, como a natureza química e física dos corretivos, poder neutralizante, condições do clima, solo, quantidade, modo de aplicação e o grau de homogeneização. A granulometria é um dos fatores importantes na velocidade do corretivo, ou seja, quanto mais fino o corretivo mais rápido ele age (ALCARDE, 2005).

A qualidade dos corretivos pode ser afetada pelas características químicas, físicas ou grau de moagem, representada pelo poder neutralizante e a reatividade. A qualidade final dos corretivos da acidez do solo é dada pela combinação do seu poder de neutralização e da sua reatividade, no índice conhecido como Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT) que indica a capacidade neutralizante dos corretivos (DEUS, 2010). Por isso o poder de neutralização (PN) e a reatividade (RE) não podem ser calculados isoladamente quando se tem por objetivo a avaliação da ação dos corretivos do solo.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Determinar a qualidade dos diferentes tipos de carbonato de cálcio comercializados no Estado de Santa Catarina a fim de verificar seu potencial de uso como corretivo (acidez do solo e alcalinidade da água) de viveiros de piscicultura de água doce.

2.2. Objetivos específicos

- Fazer um levantamento sobre os tipos de carbonato de cálcio que são comercializados no Estado de Santa Catarina e determinar a sua qualidade por meio da determinação do poder neutralizante e a reatividade.
- Avaliar o desempenho de cada produto na correção da acidez do solo e no aumento da alcalinidade da água doce.

**ESTUDO DA REATIVIDADE E DO PODER NEUTRALIZANTE
DE DISTINTAS FONTES DO CARBONATO DE CÁLCIO PARA
FINS DE AQUICULTURA**

Manuel TAQUE¹; Jurandir Joaquim BERNARDES Jr.¹, Luis
VINATEA¹

¹Manuel TAQUE. Técnico do Departamento de Ambiente Aquático,
Instituto Nacional de Investigação Pesqueira de Moçambique, Av. Mao
Tsé Tung, 389 C.P. 4603, Maputo– Moçambique. E-mail:
m.taque@gmail.com

¹Jurandir Joaquim BERNARDES Jr. Aluno de Pós-Graduação em
Aqüicultura, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de
Santa Catarina, Rodovia Admar Gonzaga, 1346, Itacorubi, CEP 88034-
001, Florianópolis, SC. E-mail: jurandirbjr@gmail.com

¹Luis VINATEA. Professor do Departamento de Aqüicultura, Centro de
Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Rodovia
Admar Gonzaga, 1346, Itacorubi, 88034-001, Florianópolis, SC, Brasil
e-mail: luis.vinatea@ufsc.br

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a reatividade e o poder neutralizante de diferentes fontes de carbonato de cálcio comercializados no Estado de Santa Catarina (SC) para o aumento da alcalinidade da água doce e para a correção da acidez dos solos em aquicultura. Foram testadas três marcas de calcário durante 48 dias com três repetições cada, incubados em solos com baixos valores pH obtidos na cidade de Lages no Estado de SC, usando a metodologia SMP, sendo que a eficiência dos corretivos foi determinada com base no Poder Neutralizante (PN), Reatividade (RE) e Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT). A alcalinidade foi determinada através do processo de neutralização ácido/base usando ácido sulfúrico (H_2SO_4) 0.01 mol/L, e com o uso de indicadores ácido-base. Foram observadas diferenças significativas ($P < 0,05$) no PN, RE e PRNT entre os corretivos, ou seja, os corretivos apresentaram diferenças na capacidade potencial de neutralizar a acidez dos solos e na velocidade de ação quando em contato com o solo. O pH do solo incubado com estes corretivos teve diferenças significativas ($P < 0,05$). O corretivo A permitiu elevar o pH do solo de 4,2 para aproximadamente 7,0 num período de 8 dias, o corretivo B dentro de 32 dias e o corretivo C num período 48 dias. A origem e o tipo de calcário mostraram diferenças na velocidade e capacidade de elevar o pH ao nível desejado, por outro lado, os produtos A, B e C foram capazes de produzir um aumento significativo na alcalinidade da água, porém não diferentes em termos estatísticos, sendo que o produto A produziu uma alcalinidade significativamente menor que os demais. As três marcas de corretivos comercializados no Estado de SC demonstraram a possibilidade para corrigir a acidez solos e elevação da alcalinidade, embora duas marcas possam ser indicadas na calagem e correção da alcalinidade da água em viveiros de aquicultura.

Palavras-chaves: Acidez, alcalinidade, piscicultura, corretivos do solo.

ABSTRACT

This study aims to evaluate the reactivity and neutralizing power of different sources carbonate of calcium commercialized in the State of Santa Catarina (SC) to increase the alkalinity of the fresh water and the soil acidity in aquaculture. Were tested three types of limestone incubated in soils with low values of pH obtained in Lages in the state of SC during 48 days in triplicates. The efficiency of lime was determined based on Neutralizing Power (PN), Reactivity (RE) and Relative Total Power neutralization (PRNT) using the SMP methodology. The alkalinity was determined on a process of acid /base neutralization, using acid sulfuric (H_2SO_4) 0.01 mol/L, with use of acid-base indicators. Significant differences ($P < 0.05$) were observed in PN, RE and PRNT between corrective. Correctives showed differences in the potential ability to neutralize the soil acidity and speed of action when in contact with the soil. pH of soil incubated with these corrective showed significant differences ($P < 0.05$). The corrective allowed the pH soil to rise from 4.2 to approximately 7.0 over a period of 8 days, the corrective B in 32 days and the corrective C, over 48 days. The source and type of lime showed differences in the speed and capacity to raise the pH to the desired level, in other side, products A, B and C were able to produce a significant increase in alkalinity, but not statistically different. The corrective A produced a significant lower alkalinity than the others. The three types of corrective sold in the State of SC demonstrated the possibility to correct soil acidity and increase alkalinity, although only two types may be indicated in liming and correction of the alkalinity of the fresh water in aquaculture ponds.

Keywords: Acidity, alkalinity, pisciculture, soils correctives.

INTRODUÇÃO

Em regiões tropicais os problemas relativos à acidez do solo referem-se a valores abaixo da faixa entre 5 e 6,5. Assim, se faz necessário medir a acidez do solo e o poder tampão do mesmo, com a finalidade de fazer as correções pertinentes (MARQUES e MOTTA, 2003). Boyd e Tucker (1998) reportaram alguns problemas que apresentam os organismos cultivados em águas com baixo pH, tais como o aumento da produção de muco e danos nas estruturas branquiais, reduzindo a capacidade respiratória, além de problemas com a manutenção do balanço iônico interno. A manutenção dos parâmetros de qualidade da água em níveis ótimos para a espécie é importante, visto que os fatores físicos e químicos da água podem interferir diretamente no desempenho dos organismos (VINATEA, 1997; BARBIERI e OSTRENSKI, 2002).

Os parâmetros que envolvem acidez e alcalinidade têm muita importância para a manutenção e estabelecimento das características dos solos usados em aquicultura, visto que as propriedades físicas, químicas e biológicas estão direta ou indiretamente ligadas com a acidez ou a alcalinidade (LUCHESE et al., 2002). A calagem de viveiros de aquicultura visa à melhoria da produtividade, qualidade ambiental, e tem como objetivos neutralizar a camada superficial de sedimentos ácidos do fundo dos viveiros e aumentar a alcalinidade e a dureza da água (THOMASTON e ZELLER, 1961; QUEIROZ et al., 2007). A calagem dos viveiros de piscicultura é um procedimento largamente usado em SC e no resto do Brasil, sobretudo quando se trata de cultivos de água doce, a fim de se corrigir a acidez dos solos e a alcalinidade da água (OSTRENSKY e BOERGER, 2008). Este estudo foi realizado para que se pudesse contar com dados confiáveis que forneçam aos piscicultores de água doce elementos de juízo no momento de escolherem um determinado produto, visando à calagem dos seus viveiros de terra.

Neste trabalho avaliou-se a eficiência de diferentes fontes de carbonato de cálcio para o aumento da alcalinidade da água e para a correção da acidez de alguns solos do Estado de Santa Catarina com vistas a serem usados como corretivos na prática da aquicultura.

O artigo resultante deste trabalho será publicado no Boletim do Instituto de Pesca, Revista Científica de Pesca, Aquicultura e Limnologia.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado nos Laboratórios de Camarões Marinhos e Qualidade de Água do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina. O solo utilizado para avaliação dos corretivos foi coletado no município de Lages, planalto sul de Santa Catarina. Nesta região há registro de solos com pH em torno de 4,5, considerado mais baixo do Estado e que frequentemente demandam cerca de 30 toneladas por hectare de carbonato de cálcio para a sua neutralização por ano (ERNANI e ALMEIDA, 1986).

O referido solo é caracterizado morfologicamente como sendo horizonte Au1 muito escuro (7,5yr 2/2, úmido) e cinzento escuro (10yr4/1, seco), sendo que apresenta uma granulometria composta por 35% de areia, 24% de silte e 41% de argila (ERNANI e ALMEIDA, 1986). Segundo os mesmos autores, estes solos são ácidos, com alto teor de alumínio trocável e altamente tamponado em água, exigindo altas doses de calcário para a correção da acidez. Além da pobreza em Ca e Mg, são pobres também em nutrientes como K e P.

As amostras foram coletadas entre 0 a 20 cm de profundidade numa área com vegetação primária, com predomínio de capim caninha (*Andropogum lateralis*). Procurou-se efetuar a coleta das amostras em locais onde os solos estivessem mais preservados e que mantivessem suas características físicas e químicas originais.

Após a coleta, os solos foram expostos ao ar, à sombra, para perderem o excesso de água. Logo em seguida foram peneirados em malha de 2 mm de abertura. As amostras foram subdivididas e acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados com uma quantidade média de 1,5 kg cada.

A Informação sobre os produtos (corretivos) comercializados e usados na correção da acidez e alcalinidade do solo e água respectivamente foi obtida na Secretária de Estado da Agricultura e da Pesca de Santa Catarina e na Empresa de Pesquisa Agropecuária Extensão Rural de Santa Catarina. Avaliação da exigência de calcário para elevar o pH de um solo a um valor determinado pode ser feita por diversos métodos. Dentre eles destaca-se o da incubação (LUCHESE et al., 2002), usado neste estudo. Para a avaliação do desempenho de cada corretivo na correção da acidez, amostras do solo foram incubadas com carbonato de cálcio (CaCO_3) de três marcas diferentes, porém em quantidades iguais.

Os grupos de controle foram incubados com o carbonato de cálcio puro. As unidades experimentais (sacos plásticos de polietileno de baixa densidade com espessura de 23 micrometros) foram os suportes para a incubação do solo, que, segundo Vettori (1966), constitui a forma mais conveniente de calibrar o método do pH SMP e tem sido usado como padrão para calibrar métodos mais rápidos de determinação de acidez do solo (ROSSA, 2006).

Em cada unidade experimental foram usados canudos para refresco. Quando os sacos foram abertos para coleta semanal de alíquotas, permaneceram assim por aproximadamente 20 minutos, para a promoção da aeração do solo e consequente troca de gases.

Para determinar o pH do solo foi calibrado o pH-metro em solução SMP/buffer 4,0 e 7,0. Posteriormente foram pesados 20 gramas de solo seco bruto e adicionado 20 ml de água destilada, agitada durante 30 minutos e em seguida foi medido o pH da solução com o pH-metro (EMBRAPA, 2006).

Os solos permaneceram incubados com carbonato de cálcio até atingirem aproximadamente um pH de 7,0 sendo que as determinações do valor de pH foram realizadas a cada sete dias. As quantidades de corretivo a aplicar para cada solo foram calculadas com base nas recomendações de calagem dos solos do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (MURDOCK et al., 1969; KAMINSKI, 1974; ERNANI e ALMEIDA, 1986; ANJOS et al., 1987; CIPRANDI et al., 1994; ROSSA, 2006).

O poder neutralizante dos corretivos foi determinado analiticamente, fazendo com que uma amostra do mesmo reagisse com uma quantidade conhecida de solução de ácido clorídrico (HCl 0,5N) e a quente (BRASIL, 1986; KOCHÉ et al., 1989; ALCARDE, 2005). Posteriormente determinou-se a quantidade de ácido neutralizado pelo corretivo. De acordo com o princípio da equivalência química, a quantidade de ácido neutralizado equivale à quantidade de constituinte neutralizante contido na amostra. Assim, calculou-se a quantidade de CaCO_3 que deveria existir na amostra e o resultado foi expresso em porcentagem equivalente em carbonato de cálcio (ALCARDE, 2005).

A reatividade dos corretivos analisados foi determinada com base nos princípios da ABNT (1986), usando peneiras número 10, 20 e 50. Uma vez determinada à base granulométrica dos corretivos, calculou-se a reatividade (RE) pela expressão:

$RE (\%) = \% F_{10-20} \times 0,2 + \% F_{20-50} \times 0,6 + \% F_{<50} \times 1$.
Em que %F representa o peso da fração granulometricamente obtido em cada peneira.

O Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT) foi obtido a partir da multiplicação dos valores obtidos do PN e RE dos corretivos.

A alcalinidade da água foi determinada através de um processo de neutralização ácido/base, empregando ácido sulfúrico (H_2SO_4 0,01 molL⁻¹) e indicadores ácido-base segundo a metodologia descrita por APHA et al. (1999).

O PN, RE e PRNT foram comparadas entre os corretivos através do teste de Kruskal-Wallis ($\alpha = 0,10$) e as diferenças significativas foram evidenciadas pelo teste de Dunn ($\alpha = 0,10$) (HOLLANDER; WOLFE, 1999).

Os valores médios de pH produzidos pelos diferentes corretivos incubados no solo foram comparados em cada dia de amostragem através da análise de variância (ANOVA unifatorial, $\alpha = 0,05$). Os tratamentos que se diferenciaram significativamente ($P < 0,05$) foram evidenciados através do teste de Tukey (ZAR, 2010).

A variação da alcalinidade ao longo dos 16 dias foi avaliada através da análise de regressão linear e os parâmetros da regressão foram comparados entre os três corretivos através da análise de covariância (Zar, 2010).

Todos os dados obtidos nesta pesquisa foram previamente avaliados quanto a normalidade (teste de Komogorov-Smirnov) e homocedasticidade (teste de Bartlett) (ZAR, 2010). A origem e os tipos de calcários foram codificados em A, B e C para preservar a identidade dos produtores e agentes de comércio.

4. RESULTADOS

O PN foi estatisticamente semelhante entre os corretivos ($P = 0,564$). Já a RE ($P = 0,049$) e o PRNT ($P = 0,039$) apresentaram diferenças significativas entre os produtos avaliados (Figuras 1 a 3).

A RE e o PRNT dos produtos A e B não diferiram entre si, mas foram significativamente maiores que o produto C (Figuras 2 e 3). A baixa RE do corretivo C esteve associada à maior fração granulométrica aparente.

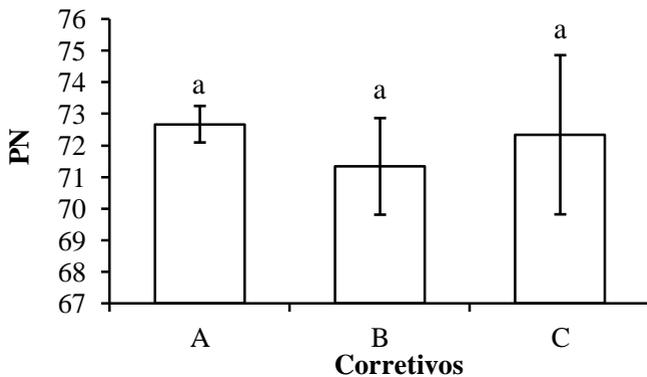


Figura 1. Poder neutralizante (PN) dos corretivos para solo, produzidos e comercializados em Santa Catarina. Letras iguais indicam semelhança estatística pelo teste de Dunn ($P > 0,05$). Barras verticais representam o desvio padrão.

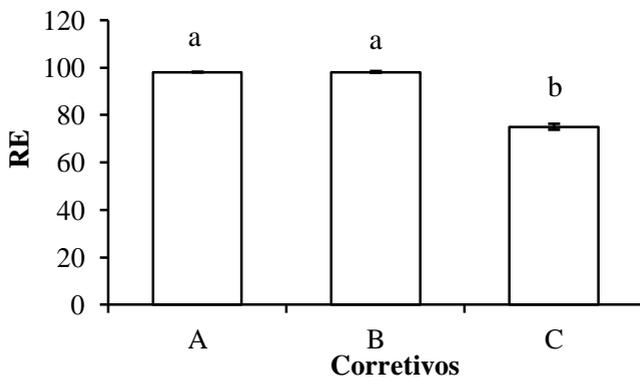


Figura 2. Reatividade (RE) dos corretivos para solo, produzidos e comercializados em Santa Catarina. Letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Dunn ($P < 0,05$). Barras verticais representam o desvio padrão.

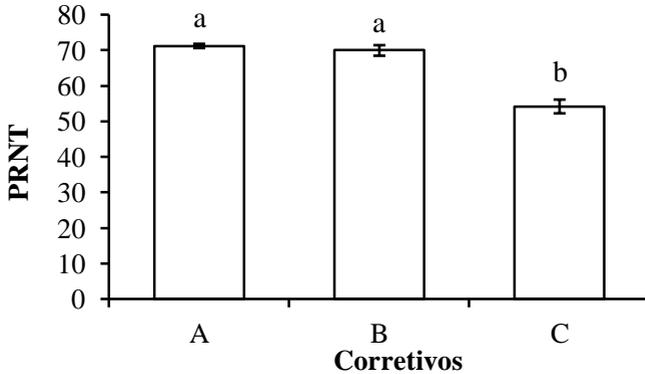


Figura 3. Poder relativo de neutralização total (PRNT) dos corretivos para solos produzidos e comercializados em Santa Catarina. Letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Dunn ($P < 0,05$). Barras verticais representam o desvio padrão.

A capacidade dos produtos testados na correção da acidez do solo constatou-se que, ao longo do período incubação (48 dias), foram diferentes entre si (Figura 4). Em geral, todos os corretivos produziram um aumento gradual do pH do solo, sendo mais proeminente no 8º dia. Valores próximos da neutralidade foram observados para o corretivo A (7,36) no 8º dia e no 48º dia para os corretivos B (6,73) e C (6,81). Do 8º ao 42º dia de incubação, o corretivo A apresentou as maiores médias de pH.

Houve um aumento gradativo da alcalinidade entre o 4º e 16º dia em todos os corretivos, entretanto não foi evidenciada diferença significativa ($F_{2-30} = 0,34$; $P = 0,71$) na taxa de incremento (coeficiente angular) entre os corretivos. Em contrapartida, os interceptos foram estatisticamente diferentes ($F_{2-32} = 20,32$; $P < 0,01$) indicando que a capacidade de elevar a alcalinidade foi maior para o corretivo B, seguido pelo corretivo C e pelo corretivo A.

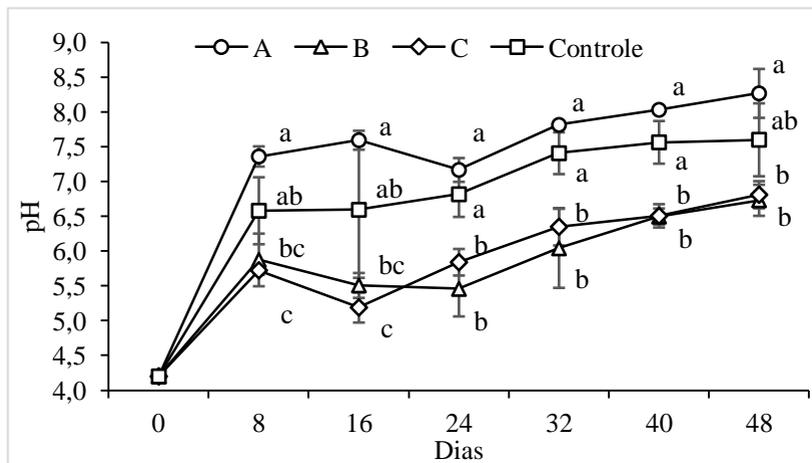


Figura 4. pH médio e desvio padrão nos diferentes tratamentos ao longo dos dias de incubação do solo com CaCO_3 . Letras diferentes em cada dia de amostragem indicam diferenças significativas ($P < 0,05$) entre os corretivos pelo teste de Tukey.

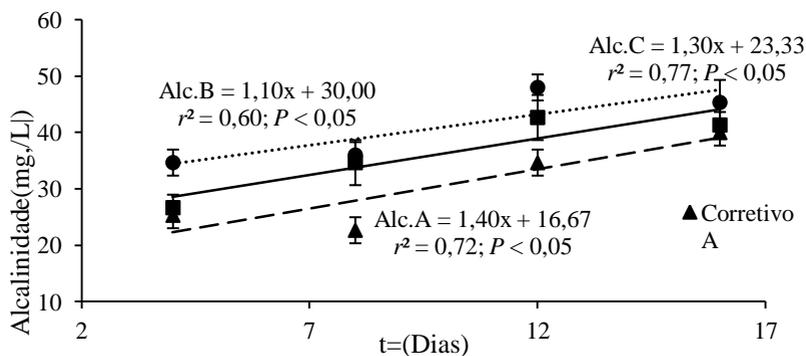


Figura 5. Variação da alcalinidade ao longo dos 16 dias, avaliada através da análise de regressão linear e os parâmetros da regressão, comparando os três corretivos através da análise de covariância.

5. DISCUSSÃO

De acordo com Silveira e Stone (2002) a eficiência do corretivo não pode ser só explicada pelo PR, RE e PRNT, mas também pela sua composição química e física que pode ter caracterizado as diferenças de comportamento dos corretivos A e B na neutralização da acidez do solo após a incubação, pois não existiram diferenças nos seus valores de PN e PRNT, o que a princípio levaria a capacidade de elevação do pH do solo destes corretivos a ser igual.

Bellingieri et al. (1989) utilizando diferentes calcários e Peele et al. (2003) com aplicação de silicatos para este solo, demonstraram que a velocidade de reação também foi menor no mesmo período usando frações granulométricas menores que 0.30 mm. Para Bellingieri (1989), a velocidade de neutralização da acidez dependerá da área de contato entre o corretivo e o solo, enquanto que para Deus (2010) quanto menor for à granulometria do calcário mais rápido será a reação de neutralização, sendo que quanto menor for o PRNT mais necessidade será do corretivo.

A origem e tipo de calcário mostraram diferenças na velocidade e capacidade de elevar o pH ao nível desejado, embora Prado e Fernandes (2001) demonstraram que a natureza dos calcários não influencia na eficiência relativa em termos de neutralização da acidez dos solos quando lançados em solo seco ou com água corretamente. Contudo, autores como Cyrino et al. (2004) com base em resultados de pesquisa de campo demonstraram que as partículas de CaCO_3 menores que 0,053 mm (passando em peneira com 270 malhas por polegada – mpp) reagem completamente em menos de um mês depois de misturados com solo, caso verificado no corretivo A, isto é, o tamanho das partículas é determinante para o grau da reação quando o corretivo entra em contato com solo, o que pode significar que partículas menores reagem rapidamente após a mistura com solo e água.

Os carbonatos foram capazes de elevar os valores iniciais de alcalinidade zero (0) para cerca de 44 mg/L dentro de 16 dias após de ter sido adicionado em água. Resultados similares foram encontrados por Van e Scarpa (1999). Embora Boyd (1980) e Vinatea (1997) sugeriram que a água dos viveiros de cultivo deveria ter alcalinidade total e dureza total de 50 a 75 mg/L, respectivamente, para garantir um bom crescimento dos organismos cultivados.

Poli (1988) e Vinatea (1997), (baseados em estudos realizados em campos de arroz inundado) mencionaram que as técnicas de correção do

pH em aquicultura devem ser diferentes dos procedimentos empregados em solos não inundados (solos oxidados), pois o alagamento do solo provoca a autocalagem, e conseqüente aumento do pH do solo, que se estabiliza entre 6,0 e 7,0 após 5 a 10 dias de alagamento (TEDESCO et al., 2004; QUEIROZ et al., 2007).

De acordo com Boyd (1990), águas com dureza e/ou alcalinidade total menores que 20 mg/L de CaCO_3 e pH da água menor que 6 devem receber calagem. Todos corretivos demonstraram capacidade para elevar a alcalinidade ao nível acima de 20 mg/L de CaCO_3 , contudo existem diferenças entre si na capacidade de elevar a alcalinidade. Valores similares foram encontrados por ANDRADE e MACÊDO (1994) e MACÊDO (2007), sugerindo que os valores de alcalinidade e pH são determinantes para classificar os compostos existentes na água, sendo que valores de pH abaixo de 8,3 e alcalinidade abaixo de 50 mg/L de CaCO_3 são constituídos por carbonatos e hidróxidos, e valores de pH acima 8,3 e 50 mg/L de CaCO_3 apenas bicarbonatos. Segundo Garutti (2003), estes valores apresentam alta quantidade de oxigênio dissolvido, proveniente de processos de decomposição de matéria orgânica e a alto grau respiratório de microorganismos, embora neste estudo tenha-se demonstrado que seja possível incrementar o valor de alcalinidade e pH em água sem necessariamente a ligação com os processos de decomposição ou a existência de micro-organismo na água, visto que para o experimento foi usada água destilada.

Com base nas exigências da legislação brasileira e nas análises feitas às características físicas e químicas dos corretivos, estes demonstraram possibilidade para seu uso na correção da acidez do solo e aumento da alcalinidade. Embora quando se coloca questões de preservação dos viveiros, qualidade ambiental e produtividade em longo prazo, o corretivo C mostra-se ineficaz para seu uso em aquicultura. Visto que ao se determinar a reatividade do corretivo pesado 100 gramas, apenas 55 gramas demonstraram garantias de reagir num período de três meses. E o remanescente, 45 gramas, constituídos por vários materiais rochosos, permaneceria no fundo dos viveiros por longo período sem reação com o solo ou a água, por vezes dificultando a formação de organismos primários e circulação da água.

Para Alcarde (2005), o conceito de eficiência ou corretivo ideal para uso em aquicultura está ligado à lucratividade, isto é, o corretivo mais eficiente é aquele que proporciona maior lucro, olhando sempre para o valor do produto e o custo de transporte. O corretivo mais econômico será aquele que apresentar o menor custo por unidade de

PRNT. Embora para Garutti (2003) é sempre necessário levar em conta aspectos técnicos, econômicos e ambientais na escolha dos corretivos, isto é, a escolha do corretivo para além de observar o PN, RE e PRNT (aspectos técnicos), tem que considerar também aspectos econômicos e ambientais, portanto, não se pode definir o melhor corretivo apenas pelas suas características físicas, químicas e de lucro. Cabe a os produtores de corretivos colocarem sempre no mercado produtos com características especificadas e garantidas pela legislação, mas cabe ao produtor aquícola produzir em quantidade e qualidade sem comprometer a qualidade ambiental para as gerações vindouras.

6. CONCLUSÃO

Os corretivos comercializados no Estado de Santa Catarina mostraram diferenças entre si na velocidade de correção da acidez do solo e no aumento da Alcalinidade. Essas diferenças podem ser explicadas pela composição química e suas características físicas distintas. Com base nas exigências da legislação brasileira e nas análises feitas às características físicas e químicas dos corretivos, estes demonstraram possibilidade para seu uso na correção da acidez do solo e aumento da alcalinidade, podendo ser sua adição efetuada em viveiros secos ou com água. E quando se coloca questões de preservação dos viveiros, e produtividade em longo prazo, o corretivo C mostra-se ineficaz para seu uso em aquicultura pela quantidade de material rochoso não reativo que contém e que se deposita no fundo dos viveiros.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**. NBR 10.703. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

ALCARDE, J. A.; RODELLA, A. A. **Qualidade e legislação de fertilizantes e corretivos**. São Paulo, ANDA.1992.

ALCARDE, J. C. **Corretivos da acidez dos solos: características e interpretações técnicas**. São Paulo, ANDA, 24p. (ANDA, Boletim Técnico, 6). 2005.

ANDRADE, N. J, MACÊDO, J. A. B., **Análises físico-químicas e microbiológicas de águas, detergentes e sanificantes**. Viçosa UFV - Universidade Federal de Viçosa, 69p. 1994.

ANGHINONI, I.; SALET, R.L. **Amostragem do solo e as recomendações de adubação e calagem no sistema plantio direto**. In: NUERNBERG, N.J. (Ed.). *Conceitos e fundamentos do sistema plantio direto*, Lages: Núcleo Regional/SBCS, 1998.

ANJOS, J.T.; UBERTI, A.A.A.; BEN, C.G. e MÜLLER NETTO, J.M. **Recomendações de calcário para os solos do Litoral e Vale do Itajaí**, Santa Catarina. Florianópolis: EMPASC, (1987) n.p. Dados não publicados.

APHA, AWWA e WEF, **Standard Methods for the Examinations of Water and Wastewater**. 20 ed. American Public Health Association Washington, DC. 1999.

BARBIERI, R.C.J., OSTRENSKY, A. **Camarões Marinhos**- Engorda. Viçosa. 370p. 2002.

BELLINGIERI, P.A.; ALCARDE, J.C. e SOUZA, E.C.A. **Eficiência relativa de diferentes frações granulométricas de calcários na neutralização da acidez dos solos, avaliada em laboratório**. Piracicaba. 1989.

BOEIRA, R.C.; QUEIROZ. J. **Calagem e controle da acidez dos viveiros de aquicultura**. Circular técnica 14 Jaguariúna, São - Paulo. 2006.

BOYD, C. E.; SCARSBROOK, M.R. **Lime requirement and application in fish ponds**. FAO Technical Conference on Aquaculture, Kyoto, Japan. FIR: AQ/Conf./76/E.13.ii+6p. 1976.

BOYD, C., TUCKER, C. **Aquaculture Ponds: Water Quality Management**. Boston: Kluwer Academic Publishers. 700p. 1998.

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

BOYD, C.E. **Refinements of the lime requirement procedure for fish ponds**. Aquaculture Amsterdam, v.21, n.3, p.293. 1980.

BOYD, C.E. **Water Quality in Ponds for Aquaculture**. International Center for Aquaculture, Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, AL, USA. 1990.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Laboratório Nacional de Referência Vegetal. **Análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes; métodos oficiais**. Brasília, 104p. 1986.

CASTAGNOLLI, N. **Piscicultura intensiva e sustentável de espécies nativas brasileiras**. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE PEIXES, 1997. Piracicaba. SP. Anais... Piracicaba: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal (CBNA). 1997.

CIPRANDI, M.A.O.; TEDESCO, M.J.; BISSANI, C.A. e SIQUEIRA, O.J.F. **Alteração na recomendação de corretivo para solos dos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. In: 1. REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO. Pelotas. 1994.

CYRINO, J.E.P.; URBINATI, E.C.; FRACALLOSSI, D.M. **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Aquacultura e Biologia Aquática, p.25-43. 2004.

DEUS, A. C. F. **Avaliação de eficiência relativa para a reatividade em silicatos**. Dissertação de Mestrado Universidade Estadual Julio Mesquita e Filho. BOTUCATU-SP. 2010.

EBELING, J.M.; TIMMONS, M.B.; BISOGNI, J.J. **Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and**

heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture systems. Aquaculture, v. 257, p. 346-358. 2006.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2. ed. – Rio de Janeiro : EMBRAPA-SPI. 2006.

ERNANI, P.R. e ALMEIDA, J.A. **Comparação de métodos analíticos para avaliar a necessidade de calcário dos solos do Estado de Santa Catarina.** R. Bras. Ci. Solo. v. 13, p. 139-143. 1986.

FAO, **State of World Fisheries and Aquaculture.**FAO, Rome. Flemish government. 2004

GALVÃO, F.A.D.; **Propriedades químicas e calibração do método SMP para solos orgânicos do litoral do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas. Pelotas. 1994.

GARUTTI, V. **Piscicultura ecológica,** ed. UNESP- São Paulo. 332p. 2003.

HOLLANDER, M.; WOLFE, D. A. **Non parametric Statistical Methods.** New York: Wiley-Interscience, 787p.1999.

KAMINSKI, J. **Fatores da acidez e necessidade de calcário em solos do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre. Faculdade de Agronomia, UFRGS. 96p. 1974. (Tese de Mestrado em Agronomia – Solos).

KOCHE, A.; HANASHIRO, J.; SANTOS, A.R.; ROMERO, A.M.S.; LAVIGNE, M.; GUIDOLIN, J.A. e ALCARDE, J.C. **Análise de corretivos agrícolas.** (ANDA), São Paulo-SP, 30p. 1989.

KOCHE, A.; HANASHIRO, J.; SANTOS, A.R.; ROMERO, A.M.S.; LAVIGNE, M.; GUIDOLIN, J.A. e ALCARDE, J.C. **Análise de corretivos agrícolas.** (ANDA), São Paulo-SP, , 30p. 1989.

LUCHESI, E.B.; FAVERO, L.O.B.; LENZI, E. **Fundamentos da química do solo.** Rio de Janeiro. Freitas Bastos. 182p. 2002.

MACÊDO, J. A. B., **Águas e Águas**. Belo Horizonte: ORTFOFARMA, 505p. 2007.

MALAVOLTA, E. **Corretivos calcínicos**, magnesianos e calco-magnesianos. In: Manual de Química Agrícola: adubos e adubação. São Paulo: Agronômica Ceres. 1981.

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.

MARQUES, R.; MOTTA, A.C.V. **Análise química do solo para fins de fertilidade**. In: Manual de diagnóstico da fertilidade e manejo dos solos agrícolas. Curitiba: UFPR, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola. 2.ed. 2003.

MENEZES, J.R.R. e YANCEY, D.R. **Manual de criação de peixes**. Campinas, 116p. 2008.

MIYAZAWA, M.; CHIERICE, G.O.; PAVAN, M.A. Amenização da toxicidade de alumínio às raízes do trigo pela complexação com ácidos orgânicos. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.16, p.209-215. 1992.

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.

MURDOCK, J.T.; PAVAGEAU, M.; RUCKHEIM FILHO, O.; FRASCA FILHO, A.; FRATTINI, C.; KALCKMANN, R.E. **Determinação quantitativa de calagem**. Porto Alegre: UFRGS – Faculdade de Agronomia e Veterinária, Trabalho apresentado no XII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Curitiba. 1969.

OLIVEIRA, I. P. COSTA, K. A. DOS SANTOS, K. J.G MOREIRA F.P. **Considerações sobre a acidez dos solos de cerrado**. Goiás. v.1. 2005.

OLIVEIRA, S. S. **Potenciais impactos ambientais da aquicultura: carcinicultura de cativeiro**. IPH/UFRGS, Brasil; (2007). Disponível

em http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/uruguay30/BR09543_Oliveira.pdf acesso em 12 outubro de 2012

OSTRENSKY, A.; QUEIROZ, J.F. **Aquicultura brasileira e a sua sustentabilidade/ Código de melhores práticas de manejo para Aquicultura**. Anais. XII Simpósio Brasileiro de Aquicultura. Goiânia. 2002.

OSTRENSKY, A.; BOEGER, C. **Aquicultura no Brasil o desafio é crescer**. Ciência do Solo, v.24, p.85-91. 2008.

PÁDUA, H. B. **O solo na aquicultura - Composição e gradiente das partículas do solo - Métodos práticos de identificação**. 2003. Disponível em: www.pescar.com.br/helcias acesso em 13.06.2012.

PEELE, T. C.; BEALE, O. W.; LATHAM, E. E. **Effect of lime and organic matter on the erodibility of cecil clay**. SoilSci. Soc. Am. Proc., n. 3, p. 289-295. 2003.

PEREIRA, E.; PROENÇA, C.E.M; BITTENCOURT, P.R.L. **Manual de piscicultura tropical**. Brasília: IBAMA. 2006.

POLI, C.R. **Correção de pH dos viveiros: Uma prática discutível**. Anais do VI Simpósio Latino-americano e V simpósio Brasileiro de Aquicultura. Florianópolis, SC. 1988.

PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M. **Efeito da escória de siderurgia e calcário na disponibilidade de fósforo de um Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.36, p.1199-1204. 2001.

QUEIROZ, J. F.; NICOLELLA, G; BOEIRA, R. C. **Avaliação de Diferentes Métodos de Calagem para Correção da Acidez dos Sedimentos do Fundo de Viveiros de Aquicultura**. Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP. Dezembro. 2007.

ROLAS - **Recomendações de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 2 ed. Passo Fundo: SBCS - Núcleo Regional Sul/EMBRAPA – CNPT. 1989.

ROSSA, U. B. **Estimativa de calagem pelo método SMP para alguns solos do Paraná.** Dissertação. (Mestrado em Agronomia) -Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2006.

SCHLINDWEIN, J.A.; ANGHINONI, I. **Variabilidade horizontal de atributos de fertilidade e amostragem do solo no sistema plantio direto.** Revista Brasileira Ciência do Solo, v.24. 2008.

SHOEMAKER, H.E.; MACLEAN E.O.; PRATT, P.F. **Buffer methods for determining lime requirement of soil with appreciable amounts of extractable aluminium.** Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 25, p.274-277. 1961.

SILVEIRA, P.M.; STONE, L.F. **Profundidade de amostragem do solo sob plantio direto para avaliação de características químicas.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.26, p.157-162. 2002.

TEDESCO, M.J.; BOHNEN, H.; COELHO DE SOUZA, L.F.; PATELLA, J.F. **A Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo dos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina – passado e presente (ROLAS)** In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, . SBCS – Núcleo Regional Sul /UFPel – Faculdade de Agronomia. p.1-4. Pelotas. 1994.

THOMASTON, W. W.; ZELLER, H.D. **Results of a sixyear investigation of chemical soil and water analysis and lime treatment in Georgia fish ponds.** In: ANNUAL CONFERENCE OF THE SOUTH EASTERN ASSOCIATION OF GAME AND FISH COMMISSIONERS, Tallahassee. Proceedings. Tallahassee: SEAFWA. 1961.

THUNJAI, T.; BOYD, C.E.; DUBE, K. **Pond soil pH measurement.** Journal of the World Aquaculture Society, Baton Rouge, v. 32, p.141-152. 2001.

TIAGO, G. G. **Aquicultura, meio ambiente e legislação.** São Paulo: Annablume Editora. 161p. 2002.

TOMÉ, J. J.B. **Manual para interpretação de análise de solo.** Guaíba, RS. Ed. Agropecuária. 247p. 1997.

VAN WYK P., J SCARPA. **Water quality and management**. In: Van Wyk, P. et al. (Eds.). Farming marine shrimp in recirculating freshwater systems. Florida department of agriculture and consumer services, Tallahassee, p. 128-138. 1999.

VINATEA, L. **Princípios químicos da qualidade da água em aquicultura**. Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina, 166p. 1997.

ZANIBONI, E.F. **O desenvolvimento da piscicultura brasileira sem a deterioração da qualidade de água**. Revista Brasileira de Biologia, v. 57, n. 1, p. 3-9. 1997.

ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. Fifth. Ed. New Jersey: Prentice Hall, 2010.

Tabela 5. Test t da figura 4

Teste Tukey	Dias					
	8	16	24	32	40	48
A	a	a	a	a	a	a
B	bc	bc	b	b	b	b
C	c	c	b	b	b	b
Controle	ab	ab	a	a	a	ab

Tabela 6. Valores do Test t da figura 5

	Alcalinidade				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	82560.44	1	82560.44	43708.47	0.000000
Produto	64.22	2	32.11	17.00	0.003375
Error	11.33	6	1.89		

Tabela 7. Valores- da anova e desvio padrão da figura- 5

Best-fit values	A	B	C
Slope	1,400 ± 0,2741	1,100 ± 0,2840	1,300 ± 0,2246
Y-intercept when X=0.0	16,67 ± 3,002	30,00 ± 3,111	23,33 ± 2,460
X-intercept when Y=0.0	-11.9	-27.27	-17.95
1/slope	0.7143	0.9091	0.7692
95% Confidence Intervals			
Slope	0,7894 to 2,011	0,4672 to 1,733	0,7996 to 1,800
Y-intercept when X=0.0	9,978 to 23,36	23,07 to 36,93	17,85 to 28,82
X-intercept when Y=0.0	-29,05 to -5,055	-77,91 to -13,51	-35,58 to -10,04
Goodness of Fit			
R square	0.723	0.6	0.7701
Sy.x	4.246	4.4	3.479
Is slope significantly non-zero?			
F	26.09	15	33.5
DFn, DFd	1,000, 10,00	1,000, 10,00	1,000, 10,00
P value	0.0005	0.0031	0.0002
Deviation from zero?	Significant	Significant	Significant
Data			
Number of X values	4	4	4
Maximum number of Y replicates	3	3	3
Total number of values	12	12	12
Number of missing values	0	0	0



Figura 6. Amostragem da pesagem dos corretivos para determinação da reatividade



Figura 7. Amostra do solo incubado em sacolas plásticas



Figura 8. Amostra de solos incubados com CaCO_3