UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ZOOTECNIA

MARCELO MONTEIRO SOARES

PRINCIPAIS SISTEMAS DE CULTIVO DE ORGANISMOS AQUÁTICOS E SUA RELAÇÃO COM OS PARÂMETROS DE pH E ALCALINIDADE

PONTES E LACERDA - MT
AGOSTO/2016

MARCELO MONTEIRO SOARES

PRINCIPAIS SISTEMAS DE CULTIVO DE ORGANISMOS AQUÁTICOS E SUA RELAÇÃO COM PARÂMETROS DE pH E ALCALINIDADE

"Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Zootecnia, apresentado ao Departamento de Zootecnia da Universidade do Estado de Mato Grosso − Campus Universitário de Pontes e Lacerda, como parte das exigências para obtenção do Título de BACHAREL EM ZOOTECNIA."

Orientador: Profa. Drª. Tatiani Botini Pires

PONTES E LACERDA - MT
AGOSTO/2016

MARCELO MONTEIRO SOARES

PRINCIPAIS SISTEMAS DE CULTIVO DE ORGANISMOS AQUÁTICOS E SUA RELAÇÃO COM OS PARÂMETROS DE pH E ALCALINIDADE

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado a Coordenação do Curso de Graduação em Zootecnia da Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Zootecnia.

APROVADO EM: 30/08/2016

Prof. Dra. Tatiani Botini Pires
Orientadora/UNEMAT-Pontes e Lacerda

Profa. Dra. Adriana Fernandes de Barros
Co-Orientadora/UNEMAT – Pontes e Lacerda

Profa. Raiza Mendes Bertalha
Co-Orientadora/UNEMAT – Pontes e Lacerda

Á Deus, minha família e amigos -.

Dedico-lhes de coração.

AGRADECIMENTOS

Aos meus professores, que contribuíram repassando seus conhecimentos de forma clara e coesa, ajudando-me na minha formação e crescimento pessoal. Agradeço em especial a minha orientadora Drª. Tatiani Botini Pires, pelos ensinamentos, por acreditar no meu desempenho, ser determinante no meu trabalho com suas cobranças e transparência sobre o assunto.

Aos professores, Adriana F. Barros, Luiz Juliano V. Geron, Maria Aparecida P. Pierangeli, Junio Cesar Martinez, Edson S. Eguchi, Rafael Kill e Jocilaine Garcia pela dedicação, pelos ensinamentos e pela amizade.

Aos meus amigos e colegas das Repúblicas em que morei República XX - Padre, Dídio, Capão, C.D.F., Bocão; República Chora Viola - Fortão, Hanner, Bred, Gera, Swat e Calango; República Etanóis - Boy, Paranatinga, Grampola, Japa, Testa.

Amigos: Laiane, Dedé, Trento, Anny, Cris, Juninho, Nilmar, Elton Júnior e Ray.

E em especial a Deus, meu filho Enzo Gabriel e a minha família que sempre me ajudou em todos esses anos de altos e baixos.

"Não tentes ser bem sucedido, tenta antes ser um homem de valor."

(Albert Einstein)

RESUMO

A aquicultura é uma área da produção animal cuja finalidade é a produção de organismos aquáticos para o consumo vista como uma das práticas com maior potencial de sustentabilidade ambiental e social. Com o objetivo de transformar a entrada e a saída dos organismos aquáticos em um processo pré-definido, a piscicultura continental vem utilizando de diferentes tipos de sistemas de cultivo, sendo estes classificados de acordo com a forma que se relacionam com o recurso hídrico disponível da seguinte maneira: sistema com pouca renovação de água, com fluxo contínuo de água ou raceways e sistema com reciclagem da água. Fatores limnológicos podem influenciar no desenvolvimento e comprometer a qualidade do produto final, tais como a temperatura e a disponibilidade de oxigênio dissolvido, mas destaca-se variáveis como o pH e a alcalinidade que atuam como reguladoras das reações químicas que ocorrem no ambiente aquático em função de sua característica de poder tampão. Deste modo, através de um levantamento bibliográfico o presente trabalho teve como objetivo apresentar o efeito do pH e da alcalinidade na produção aquícola e da sua relação dos os sistemas de produção existentes no Brasil. Verificou-se que a no Brasil há uma predominância na utilização de viveiros escavados na produção de peixes de água doce, sendo que os demais sistemas de produção ficam restritos a regiões específicas como o sudeste e o nordeste. Apesar do desenvolvimento de várias tecnologias e equipamentos para acompanhamento das variáveis limnológicas, o acompanhamento em campo fica restrito muitas vezes a nível de temperatura, oxigênio e pH, devido a existência de equipamentos e kits comerciais de fácil realização a campo.

Palavras - chave: Limnologia. Aquicultura. Qualidade da água. Poder tampão.

ABSTRACT

Aquaculture is an area of livestock whose purpose is the production of aquatic organisms for consumption seen as one of the practices with the greatest potential for environmental and social sustainability. In order to transform the input and output of aquatic organisms on a pre-defined process, continental fish farming has been using different types of culture systems, which are classified according to how they relate to the water resource available from follows: system with little water exchange with continuous water flow or raceways and system with water recycling. limnological factors may influence the development and compromise the quality of the final product, such as the temperature and the availability of dissolved oxygen but stands out variables such as pH and alkalinity that act as regulators of chemical reactions that occur in the aquatic environment due its buffering feature. Thus, through a literature review this paper aimed to present the effect of pH and alkalinity in aquaculture production and the relationship of the existing production systems in Brazil. It was found that in Brazil there is a predominance in the use of excavated ponds in the production of freshwater fish, and other production systems are restricted to specific areas such as the southeast and northeast. Despite the development of various technologies and equipment for monitoring the limnological variables, monitoring in the field is often restricted in terms of temperature, oxygen and pH, due to the existence of commercial equipment and kits for easy carrying in the field.

Keywords: Limnology. Aquaculture. Water quality. Buffering capacity.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO **9**
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA **11**
2.1 ÓRGÃOS GOVERNAMENTAIS RELACIONADOS COM A AQUICULTURA NO BRASIL 11
2.2 A AQUICULTURA COMO ATIVIDADE AMBIENTALMENTE SUSTENTÁVEL 12
2.2.1 UTILIZAÇÃO DA CALAGEM EM NA AQUICULTURA 16
2.2.2 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO NA AQUICULTURA 18
2.2.3 ALCALINIDADE NA AQUICULTURA 21
2.3 A PRODUÇÃO AQUÍCOLA CONTINENTAL E OS PRINCIPAIS SISTEMAS DE CULTIVO EXISTENTES NO BRASIL 24
3 CONCLUSÃO **33**
REFERÊNCIAS **34**

1INTRODUÇÃO

A água ocupa um lugar específico entre os recursos naturais do planeta, deste recurso 97,5% é água salgada e apenas 2,5% são de água doce, que por sua vez está irregularmente distribuída sobre o globo terrestre. Dos 2,5%de água doce 68,9% se encontram congelados nos pólos, 29,9% estão armazenados em aquíferos subterrâneos e somente 1,2% está disponível na forma de lagos e rios. Essa pequena percentagem de acesso direto que é a utilizada principalmente para o consumo humano e agricultura, como meio de transporte e consumida na indústria e mineração, além de outros usos de menor impacto (RODRIGUES, 2013).

A aquicultura é mais um usuário deste recurso hídrico sendo seu produto os organismos aquáticos. O sistema de produção destes organismos pode ser entendido como um conjunto de elementos que se interrelacionam com objetivo de transformara entrada e a saída dos organismos aquáticos em um processo pré-definido, onde os elementos de infraestrutura junto com as características do meio ambiente, principalmente da água, transformam o produto que entra (organismos aquáticos, adubo, ração e água) em um produto de saída (organismos aquáticos prontos ao abate, resíduos e demais efluentes) com o mínimo de impacto ambiental (DONADIO et al., 2005).

Mesmo utilizando uma ampla variedade de técnicas de criação de espécies aquícolas, cultivadas sob diferentes condições e localidades geográficas, todas inevitavelmente afetam o ambiente em maior ou menor escala, mas, com o manejo ambiental efetivo e avaliação socioeconômica esta atividade pode se tornar cada vez mais economicamente e ambientalmente sustentável (TAVARES, 2013). Apesar de este cenário ser exequível, a aquicultura ainda enfrenta algumas limitações como: a falta da consolidação das demandas do mercado; aceitabilidade da população aos novos produtos criados pela indústria; acesso dos produtores a equipamentos, insumos e alevinos; dificuldade dos produtores e indústria em encontrar mão de obra qualificada e os entraves da legislação (CASTAGNOLLI et al., 2004).

No cenário global a o cultivo de organismos aquáticos apresentou crescimento constante graças ao aumento da demanda e às novas tecnologias empregadas desde a década de 50, bem como os meios de comunicação, transporte, reprodução em cativeiro e aprimoramento nas áreas de nutrição, que seguem revolucionando esse mercado (CAMARGO; POUEY, 2005).

No entanto, diversos problemas de manejo ainda são encontrados em sistemas de produção aquícola frequentemente associados a oscilações químicas e físicas do ambiente aquático que podem gerar elevada conversão alimentar, mortalidade e doenças. As variáveis

ambientais sejam de ordem física (ex. temperatura), químicas (ex. concentração de oxigênio) ou biológicas (ex. diversidade de organismos aquáticos), devem ser acompanhadas e avaliadas desde a implantação bem como ao longo do sistema de produção com a finalidade de identificar as oscilações das variáveis ambientais que são reflexo de falhas no manejo bem como das condições naturais do ambiente (KUBITZA, 2003).

Segundo Tavares (2013), inúmeros fatores afetam a limnologia no sistema de criação de organismos aquáticos, tais como: técnica de cultivo, localização da área, uso de produtos e insumos, tipo de solo e característica da água que abastece o sistema.

Dentre os parâmetros que definem a característica da água que abastece um sistema de produção, muitos autores destacam o potencial hidrogeniônico (pH), alcalinidade, dureza total, oxigênio dissolvido, nutrientes (nitrogênio e fosfato), temperatura, gás carbônico (CO_2) e abundância do plâncton. Destes parâmetros a alcalinidade de uma amostra de água mede sua capacidade de neutralizar ácidos e junto com o pH são os principais mecanismos tamponizantes da água doce e que mantêm a estabilidade química do ambiente (SIPAÚBA-TAVARES, 1994; ESTEVES, 2011; KUBITZA, 2003).

O objetivo do presente trabalho constitui-se em realizar um levantamento bibliográfico sobre o efeito do pH e da alcalinidade na produção aquícola e da sua relação dos os sistemas de produção existentes no Brasil.

2REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ÓRGÃOS GOVERNAMENTAIS RELACIONADOS COM A AQUICULTURA NO BRASIL

Na década de 70 a secretaria de São Paulo criou o Instituto de Pesca,logo após a antiga estação de Biologia e Piscicultura de Pirassununga se transformou no CERLA (Centro Regional Latino-americano de Aquicultura) que implantou o primeiro curso de pós-graduação em Zootecnia e Engenharia de Pesca.A nível de governo federal a divisão de Caça e Pesca do Ministério da Agricultura e Pesca foi um dos primeiros órgãos governamentais a mostrar interesse pela piscicultura de água doce, e em 27 de fevereiro de 1967 foi editado o primeiro Código Nacional de Pesca e no mesmo ano foi aprovado o Fundo de Investimento Setorial (FISET-PESCA) com a finalidade de estimular a pesca e a aquicultura, porém, a falta de tecnologia e informações sobre o desenvolvimento das principais espécies nativas de interesse econômico impossibilitou a expansão dos estoques pesqueiros levando ao insucesso vários projetos da área pesqueira (CASTAGNOLLI, 2004).

Em 2003 foi criada a Secretaria Especial da Aquicultura e Pesca (SEAP/PR) pela medida provisória 103 que depois se transformou na lei n° 10.683/2003, este órgão era responsável por dar suporte e desenvolver políticas voltadas ao setor pesqueiro, pouco após a criação do Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA), cuja intenção era dar suporte à criação de organismos aquáticos no Brasil. Surgiu também neste período a Embrapa Pesca e Aquicultura, instalada em Palmas - TO, e um dos principais objetivos deste novo centro de pesquisa era viabilizar soluções tecnológicas para a mantença e competitividade da aquicultura em geral, beneficiando o produtor brasileiro. E em uma nova tentativa de incentivar o crescimento da produção de organismos aquáticos a Lei 11.958 em 26 de junho de 2009 foi sancionada e transformou a Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca no Ministério da Pesca e Aquicultura (BRASIL, 2012).

Segundo Matias (2006) o MPA tinha por ações manter desenvolvimento sustentável da aquicultura, desenvolvimento sustentável da pesca, gestão de política aquícola e pesqueira, monitoramento e controle da pesca e aquicultura, infraestrutura aquícola e pesqueira e serviços de fomento para pesca e aquicultura.

Com a criação de diversos novos ministérios (de 26 para 37) durante a gestão do então presidente da República Luís Inácio Lula da Silva tornou difícil para os próximos governantes amparar todo esse ordenado, assim em uma nova reforma administrativa, o Ministério da Pesca foi extinto em 2015, junto com outros sete ministérios, por um decreto da presidente em exercício Dilma Rousseff com a intenção de diminuir os gastos do governo. Atualmente o acompanhamento da produção pesqueira e aquícola se encontram na responsabilidade do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) presidido pelo Ministro Blairo Maggi, e o setor de produção aquícola têm como presidente Josué Bezerra de Freitas Neto também, coordenador geral de planejamento e ordenamento da pesca (BRASIL, 2016).

2.2 A AQUICULTURACOMOATIVIDADE AMBIENTALMENTE SUSTENTÁVEL

O Brasil apresenta condições climáticas e geográficas propícias para o desenvolvimento da aquicultura, em especial no que diz respeito ao seu potencial hidrográfico, pois conta com 2,5 milhões de quilômetros quadrados em seu território e 5 milhões de hectares de água doce que permitem a implantação de sistemas com baixo custo e com maior rapidez de implantação e de expansão da piscicultura industrial (TEIXEIRA et al., 2006).

Cada sistema de produção possui uma demanda de circulação de água diferente e gera uma quantidade de nutrientes inorgânicos, com destaque para o fósforo e o nitrogênio que favorecem o crescimento de fitoplâncton, que quando em excesso causam a eutrofização do meio aquático (Figura 1) limitando a sobrevivência e o desenvolvimento dos peixes, portanto a utilização de técnicas precisas, juntamente com o manejo adequado no setor da aquicultura, é a solução para o desenvolvimento racional desta cadeia produtiva em consonância com as demandas ambientais (TAVARES, 2013).

O manejo efetivo da piscicultura pode favorecer o sistema, para tanto, é fundamental elaborar um projeto que apresente informações sobre as condições ambientais do local como: topografia, tipo de solo, origem e características da fonte de água (Quadro 1) e tipo de vegetação (OZÓRIO, AVNIMELECH e CASTAGNOLLI, 2004; TAVARES, 2013).



Figura 1- Tanque com início de eutrofização, na cidade de Cristinápolis– GO, identificável pela colocação verde indicativo do aumento excessivo da biomassa fitoplanctônica.
Fonte: Souza (2015).

Quadro1 - Características das fontes de água que podem ser utilizadas no abastecimento de viveiros destinados à aquicultura

Característica	Águas superficiais	Águas subterrâneas
Origem	Rios, lagos açudes, córregos, canais de irrigação, estuário e o mar	Lençol freático (minas e poços), aquíferos (subsolo), estratos rochosos ou confinados entre camadas rochosas (poços artesianos)
Disponibilidade Oxigênio	Águas de rios e lagos próximo a cidade geralmente apresentam baixa concentração de oxigênio	Pelo confinamento no solo apresentam baixa concentração de oxigênio e altos níveis de gás carbônico
Variação dos Parâmetros Limnológicos	Podem variar em função da época do ano, das características minerais do solo, sofrem influência da vegetação	Temperatura constante durante o ano. Dureza dependera da quantidade de minerais (cálcio, magnésio) na água, pH varia entre 5,5 a 8,5

Fonte: Adaptado de Kubitza, (2003).

A localização para se empregar a construção de viveiros deve considerar além da disponibilidade de água, fatores como o clima, topografia e infraestrutura necessária. O clima pode ser decisivo para a produtividade, pois influencia diretamente no conforto térmico dos animais, então é importante criar peixes com características adaptáveis para cada região. Quanto a topografia, existem técnicas para construção em quase todo tipo de terreno, porém é preferível áreas com declive para fazer a montagem principalmente de sistema de abastecimento por gravidade. A infraestrutura tem papel muito importante, uma vez que a logística influencia na parte financeira, então a seleção dos locais e a facilidade de recrutamento de mão de obra

temporária são importantes (OZÓRIO, AVNIMELECH e CASTAGNOLLI, 2004; RODRIGUES, 2013).

Os solos são compostos de minerais, ar, água e matéria orgânica em diferentes proporções, a parte solida é caracterizada pela composição de elementos minerais e orgânicos. O solo para implantação de uma piscicultura deve ser através de trincheiras abertas ao longo de toda área com profundidade mínima de 60 cm. A área mais indicada para construção de viveiros são as que apresentam um solo com baixa permeabilidade, tornando possível a construção de taludes. Solos mais argilosos e profundos possuem maior retenção de água os tornando mais indicados para produção de organismos vivos. Já os rochosos dificultam escavar os viveiros deixando inviável o manejo. Em solos arenosos a infiltração é maior demandando maior utilização de água, mencionando também que são mais susceptíveis a erosão (RODRIGUES, 2013).

De fato, a análise conjunta destas variáveis é fundamental, mas como se observa, todos estão condicionadas com a relação que possuem com a água. A produtividade de organismos aquáticos em larga escala industrial ou em benfeitorias destinadas a pesque-pague ou pesca esportiva dependem da qualidade da água e para tal, conhecer os processos que ocorrem na biodiversidade aquática é necessário para quem trabalha nesse campo. Garantir produção com grande quantidade de animais até ao abate, qualidade da carne, saúde e preservar o meio ambiente é importante, mas para isso, deve-se fazer o manejo na qualidade da água, selecionar rações que serão fornecidas aos animais a fim de diminuir os impactos aquáticos, atentar para possíveis focos de doença (BRASIL, 2008).

Além dessas questões, deve-se considerar que os viveiros e demais reservatórios destinados à produção de organismos aquáticos passam a representar ecossistemas individualizados, com relações específicas em cada fator biótico (espécies que serão produzidas, fitoplâncton, etc.) e abióticos (clima, água, solo, etc.) presentes na área em que foi implantado (ESTEVES, 2011; TAVARES, 2013).

Durigan; Tavares; Oliveira (1992) relatam que a movimentação que ocorre nos tanques devido à entrada de água e fluxo de saída, juntamente com os efeitos do vento, favorecem a incorporação de oxigênio atmosférico aumentado a concentração de oxigênio dissolvido decorrente. Neste caso, é importante considerar estas variáveis na hora de determinar o tamanho e formato dos tanques para melhor desempenho do sistema.

Águas de superfície com ausência de oxigênio geralmente são resultantes de algum tipo de poluição química ou orgânica decorrentes na maioria das vezes de fenômenos não naturais. A avaliação das concentrações de oxigênio dissolvido pode ser realizada com auxílio de

aparelhos chamados de oxímetros ou através de análise titulométrica em laboratório (KUBITZA, 2003).

Os processos biológicos que ocorrem na água devem ser examinados de forma conjunta com os processos abióticos, porque qualquer alteração nesse meio pode ser limitante a sobrevivência dos organismos aquáticos. No entanto os fatores que acometem o ambiente aquático podem ser tanto de ordem externa (temperatura do ar, vento, radiação solar, fluxo de água), quanto interna (taxas biológicas, processos químicos) e todos são determinantes das condições de cada sistema de criação (TAVARES, 2013).

A concentração de radiação solar proporciona energia para as algas e plantas aquáticas realizarem a fotossíntese, revertendo à energia luminosa em energia química e oxigênio dissolvido na água cuja concentração e solubilidade neste caso variam de acordo com o aumento da temperatura durante o dia (TAVARES, 2013).

Nos tanques com grandes dimensões e pouca renovação de água deve-se reforçar o cuidado com o manejo para que não ocorra toxidez por amônia, e nem que os fitoplânctons desencadeiem aumento significativo nos níveis de pH através da taxa fotossintética e taxa respiratória, para isso é comumente realizada a calagem para que haja a redução nas oscilações do pH mantendo o ambiente o mais estável possível.A renovação da água dos viveiros é uma forma natural de controle da comunidade de fitoplâncton e diluição de substâncias tóxicas, como a amônia e nitritos, embora só renovar a água não possibilite a manutenção dos níveis adequados de oxigênio. O controle da comunidade de fitoplâncton favorece o desenvolvimento de outras espécies de algas benéficas ao sistema de criação, mas em excesso influencia diretamente na queda de produção de oxigênio dissolvido e oscilação do pH decorrente dos eventos envolvidos na fotossíntese (KUBITZA, 2003).

É necessário que haja atenção para os métodos de tratamento de efluentes nas pisciculturas levando o mesmo a uma evolução junto com o aumento de produção. Dessa maneira, é importante o desenvolvimento no setor facilitando e permitindo a produção de organismos aquáticos com a produção de efluentes em níveis permissíveis às condições naturais de cada ambiente (SILVA; LOSEKANN; HISANO, 2013).

Considerando a Resolução CONAMA n°237 (BRASIL, 1997) o ordenamento e controle da atividade aquícola em empreendimentos de aquicultura, caso haja necessidade, deverá implantar sistemas de tratamento e controle efluentes garantindo os padrões estabelecidos na legislação ambiental vigente. O órgão ambiental local poderá exigir do produtor algumas medidas de adequação dos tanques que previnam que as espécies cultivadas escapem. O órgão ambiental licenciador exige medidas que diminuam os riscos de erosão ou rompimento de

tanques em ambiente terrestre e quando um empreendimento for desativar suas funções, o empresário deverá apresentar ao órgão ambiental um Plano de Desativação e Recuperação, com cronograma de execução.

Estratégias devem ser tomadas para manter a qualidade da água e uma técnica muito utilizada é a calagem, técnica esta que consiste na aplicação de calcário ou cal a fim de corrigir o pH, reforçar o sistema tampão e neutralizar a acidez do fundo dos tanques (KUBITZA, 2003).

2.2.1 UTILIZAÇÃO DA CALAGEM EM NA AQUICULTURA

Materiais utilizados em solos agrícolas como o calcário composto por carbonato de cálcio ($CaCO_3$) e o carbonato de magnésio $CaMg(CO_3)_2$para calagem pode ser utilizado na adubação dos viveiros (Figura 2), esse composto tem lenta reação na água, provocando lenta elevação do pH tornando-se uma aplicação segura em tanques e viveiros (KUBITZA, 2003).



Figura 2- Tanque escavado que foi drenado e jogado calcário no fundo.
Fonte: Ikhthys (2013).

A Cal hidratada composta por hidróxido de cálcio $Ca(OH)_2$ e/ou hidróxido de magnésio $Mg(OH)_2$ é outra opção no controle da qualidade da água, contudo, sua aplicação em doses elevadas em viveiros o torna tóxico, pelo fato de ter alta solubilidade na água aumentando o pH, condição que resulta no estresse ou mortandade dos peixes. Portanto, sua aplicação ocorre

geralmente quando os tanques se encontram vazios, e mesmo depois de cheios, esses viveiros podem apresentar níveis de pH incompatíveis por até duas semanas, devendo ser feito o monitoramento para estocagem de peixes (BOYD e QUEIROZ, 2004; KUBTZA 2003)

Outra opção é a Cal virgem, composta por óxido de Cálcio (CaO) e o óxido de magnésio (MgO), é a cal hidratada, que é aplicada sobre o lodo do fundo dos tanques e viveiros, com o objetivo de "desinfecção", essa cal serve como um agente profilático mais eficiente no combate de agentes patogênicos e parasitos, apesar de também comprometer organismos benéficos ao sistema. Todos os cuidados indicados no uso da cal hidratada também devem ser tomados na utilização da cal virgem e outra observação importante são os cuidados com a segurança da pessoa que irá aplicar este produto, pois como ele tem ação cáustica deve-se evitar o seu contato com a pele, olhos e mucosa (IWASHITA e MACIEL, 2003,).

Uma maneira de facilitar a aplicação de calcário nos viveiros é através da aração do solo, ou seja, aração no fundo desses melhora a secagem, aumenta a passagem do vento e acelera a decomposição da matéria orgânica. Porém, os discos devem cortar a uma profundidade entre 5 a 10 cm, ou utilizar outro tipo de arado como o de madeira (BOYD e QUEIROZ, 2004).

De modo geral, observa-se através das informações apresentadas que as práticas de manejo na piscicultura direcionadas para sua sustentabilidade ambiental estão prioritariamente relacionadas com a manutenção dos níveis de oxigênio na água e manutenção do poder tampão do ambiente, este último relacionado com o pH e a Alcalinidade. Neste sentido buscamos averiguar o que a legislação impõe sobre os parâmetros de qualidade da água em áreas aquícolas. Este assunto é tratado na resolução do CONAMA n° 357/2005 que inclui a aquicultura e atividades de pescas, para fins de consumo intensivo, em água doce na Classe 2 sendo a esta aplicado alguns dos mesmos níveis exigidos nas águas doce de Classe 1. Dentre os padrões estipulados na referida resolução destaca-se que os níveis de oxigênio dissolvido, em qualquer amostra, não devem ser inferior a 5mg/L e que o pH deve estar entre 6 a 9, não sendo estipulado valor referente a alcalinidade (BRASIL, 2005).

Os valores mencionados se encontram compatíveis e até acima com as recomendações das principais bibliografias da área (KUBITZA, 2003; SÁ, 2012; TAVARES, 2013) visto que alguns autores relatam que viveiros contendo valores acima de 4mg/L de oxigênio dissolvido apresentam boas condições para a criação de peixes e o pH variando entre 6,5 a 9,5 e que a variação do pH no dia não apresente uma diferença maior do que duas unidades entre o valor do início da manhã e final da tarde.

Considerando a vasta bibliografia (ESTEVES e FURTADO, 2011; SÁ, 2012; MORO et al., 2013; TAVARES, 2013), que detalham o comportamento da concentração de Oxigênio

Dissolvido (OD) no ambiente aquático a seguir será apresentado maiores informações sobre o comportamento do pH e da alcalinidade que são variáveis de grande importância no manejo da qualidade da água em áreas de piscicultura, mas que não são tão popularmente conhecidas.

2.2.2POTENCIAL HIDROGENIÔNICO NA AQUICULTURA

O pH é definido como logaritmo negativo da concentração de íons de H^+, isto porque as concentrações destes íons são muito baixas, desse modo uma concentração de 0,000001mol/L é igual a –log[0,000001] ou –log [10^{-6}], ou simplesmente 6 conforme a escala preconizada em que o pH varia de 0 a 14. Quando a concentração de íons de H^+é alta eleva-se a acidez devido às suas características químicas que apresentam reação ácida na água, o valor do pH tende a zero quando a concentração de íons de H^+ é igual a de OH^- o que caracteriza o ambiente como neutro (próximo a 7) e quando a concentração de íons de H^+ é mínima e a de OH^- é alta estes apresentam uma reação alcalina ou básica e pH eleva-se a –log[10^{-14}], caracterizando o ambiente como básico (SÁ, 2012).

Esteves (2011) considera o pH como uma das variáveis abióticas mais importantes nos ecossistemas aquáticos, e ao mesmo tempo uma das mais difíceis de ser interpretada, em função dos inúmeros fatores que podem influenciá-lo como a temperatura, concentração de íons, concentração de moléculas orgânicas e substâncias húmicas e seus derivados. Em geral, segundo o referido autor, os corpos d'água continentais apresentam valores de pH entre 6 e 8,5.

Segundo Kubitza (2003), o pH está relacionado com a concentração dos íons H^+na água e seu valor próximo a neutralidade que é o adequado para a produção de organismos aquáticos varia, entre 6,5 a 8,0. Sá (2012) por sua vez indica que a faixa de pH da água ideal é a de 6,5 a 9, enquanto que Tavares (2013) relata que se a água de um viveiro apresentar acidez abaixo de pH 6,5, ou for mais alcalina do que 9,5 por um longo período de tempo, o crescimento e reprodução dos peixes podem ser afetados. Apesar destes autores apresentarem uma variação mínima entre suas escalas deve-se lembrar que na resolução n° 357/2005 do CONAMA a variação do pH em águas destinadas a produção aquícola deve estar entre 6 a 9 (BRASIL, 2005).

A liberação de CO_2 pela respiração e sua assimilação pela fotossíntese são os principais fatores que resultam na alteração do pH, levando à formação de carbonatos ou bicarbonatos. Nos processos onde há utilização de oxigênio (respiração) ocorre diminuição na curva de

oxigênio na água e aumento de CO_2, diminuindo o pH. O gás carbônico é muito útil para o metabolismo de algas e vegetais fotossintetizantes, uma vez que quando retirado pela fotossíntese resulta na queda de carbonatos e bicarbonatos no sistema aquático e mesmo eles não sendo totalmente consumidos, essa quantidade restante se torna responsável pela estabilidade dos teores de bicarbonatos existente (TAVARES, 2013).

Durigan; Sipaúba-Tavares; Oliveira (1992) em seu trabalho realizado sobre as características limnológicas, em tanques de piscicultura num período de 24 horas, relacionados às atividades zooplanctófogas presentes, verificaram que o pH variou juntamente com o oxigênio e apresentou-se ácido e ao se elevar chegou a 6,5 mostrando que houve um balanço entre a respiração e a fotossíntese. Caso esse balanço não ocorresse e a respiração fosse maior, aumentaria a taxa de gás carbônico e o pH diminuiria, agora, caso a fotossíntese dominasse ocorreria o contrário, ou seja, o pH aumentaria.

Boyd e Queiroz (2004), verificou que em solos com baixo pH e altas concentrações de matéria orgânica fibrosa a sua decomposição no sistema aquático torna-se mais lenta, fazendo com que esse tipo de solo se torne bem anaeróbico. No entanto, a secagem dos viveiros entre os cultivos pode reduzir o conteúdo de umidade do solo permitindo a entrada de ar nos espaços mais porosos, aumentando assim o suprimento de oxigênio e decomposição da matéria orgânica melhorando ainda mais a aeração auxiliando nos processos químico-físicos da água. Solos com textura fina secam mais lentamente do que solos com textura grossa, portanto, avaliação de umidade gira em torno de 30 a 40% para solos argilosos, 20 a 30% para solos franco-arenosos e 10 a 20% para solos arenosos.

Segundo Tavares (2003) a coloração “amarronzada” do sedimento é um bom indicador da presença de oxigênio dissolvido no local, por outro lado, quando a coloração desta camada for preta a indicação é de ausência de oxigênio em função da presença de compostos ferrosos. Esta condição do sedimento é importante, pois as reações químicas que ocorrem no sedimento são responsáveis pelas alterações presentes na coluna d’água, incluindo neste caso o pH.

Deste modo por influenciar diretamente no pH, a remoção dos sedimentos do viveiro ou o esvaziamento do viveiro parcial expondo-o ao ar durante umas a duas semanas, deixando 20 cm de água acima do viveiro para aumentar a taxa de decomposição da matéria orgânica presente (após um período de aproximadamente 72 horas esta água deve ser descartada) é necessário, bem como a realização da calagem como já discutida. Esse ambiente também compromete os organismos bentônicos e dificulta a despesca impedindo o uso de redes ou outros equipamentos utilizados (BOYD e QUEIROZ 2004; KUBITZA, 2003; TAVARES, 2013).

Um pH elevado pode aumentar a concentração da forma não ionizada da amônia (NH^{+}_{3}) na água que é altamente tóxica, esta situação é mais comum nos horários com intensa luminosidade e em viveiros com grande quantidade de fitoplâncton. Por outro lado, sob baixo pH ocorre o aumento nas proporções das formas tóxicas de nitrito (HNO^{-}_{2}) e do gás sulfídrico (H_2S) compostos que também são tóxicos para os peixes e usualmente encontrados em viveiros com grande acúmulo de resíduos orgânicos (KUBITZA, 2003).

O ciclo do nitrogênio é bioquímico e envolve muitas transformações e reações, sendo regulado principalmente por atividades biológicas. O pH exerce grande influência na perda de nitrogênio para o meio, quando o pH é alto, ocorre maior perda de nitrogênio, como a amônia que é potencialmente tóxica para os peixes (TAVARES, 2013).

Outro fator que propicia a diminuição dos valores do pH é o aumento na concentração de gás carbônico (CO_2) na água,mas esse não consegue abaixar o pH para valores menores que 4,5 e caso chegasse a este valor,há uma indicação da presença de ácidos minerais fortes como ácido sulfúrico (H_2SO_4), nítrico (NHO_3) e clorídrico (HCL) que também não são adequados para a aquicultura (QUEIROZ e BOEIRA, 2006; KUBITZA, 2003).

O efeito tóxico do pH sobre os organismos geralmente é indireto como se pode observar, já que ele na verdade permite a formação de compostos tóxicos como amônia, metais pesados e gás sulfídrico (TAVARES, 2013). Sá (2012) resume os efeitos do pH na água na vida aquática conforme a seguinte escala: 0 – 4 morte por acidose; 4 – 6,5 estresse ácido; 6,5 – 9 ideal; 9 – 11 estresse alcalino e 11 – 14 morte por alcalose.

O efeito tóxico do pH está relacionado a questões químicas, como a amônia, e este efeito é então considerado de ação indireta, mas, há razões biológicas para se manter o pH dentro dos intervalos recomendados pelos autores, pois o pH dos fluidos corporais dos animais aquáticos é influenciado diretamente pelo pH da água em que vivem. A velocidade de atividade catalítica das enzimas biológicas varia em função do pH do meio celular que se encontram, deste modo conforme o pH celular sai de seu intervalo ótimo a ação enzimática cai, o que passa a representar crescimento lento, mau aproveitamento dos alimentos e susceptibilidade às doenças (SÁ, 2012; BOYD e QUEIROZ 2004).

A determinação do pH pode ser realizada com papéis indicadores de pH ou kits colorimétricos com indicadores na forma de gotas ou com aparelhos denominados de pH-metro que são mais precisos contudo exigem alguns cuidados de calibração. A recomendação é que o pH deve ser medido preferencialmente ao final da tarde, em função das atividades fotossintéticas do fitoplâncton, e compará-lo com o pH medido na parte da manhã do próximo dia, assim, é possível avaliar a eficiência do poder tampão, ou seja, caso haja diferença maiores

do que duas unidades tornam-se necessária uma avaliação mais detalhada do sistema e das práticas de manejo adotadas e a utilização de métodos de controle do pH. Caso os valores obtidos forem aceitáveis, o principal causador da alteração passa ser o fitoplâncton nessa água (SÁ, 2012; KUBTIZA, 2003).

2.2.3 ALCALINIDADENA AQUICULTURA

A alcalinidade total da água consiste na soma das bases tituláveis presentes na água, ou seja, compreende a soma de todos os compostos com características alcalinas (bases), destacando-se os bicarbonatos (HCO_3^-) e os carbonatos (CO_3^{-2}), além destes podem ser citados ainda hidróxidos, amônia, fosfatos e silicatos. Como as bases possuem a propriedade de neutralizar ácidos, formando sal e água, esse corpo d'água será capaz de manter seu pH relativamente inalterado quando compostos ácidos forem introduzidos. É esta propriedade que caracteriza o poder tampão, contudo os dois principais componentes da alcalinidade são o carbonato (verdadeiramente básico) e o bicarbonato, que é o que verdadeiramente interfere nos valores de alcalinidade, pois é um composto químico definido como anfótero, ou seja, em meio aquoso tanto pode liberar íons H^+, agindo como ácido ou liberar íons OH^-, agindo como base (FIGUEROA; PALAFOX, 1998; SÁ, 2012).

Os parâmetros da alcalinidade estão relacionados com o total de bases tituláveis na água. Mesmo que a amônia, os silicatos, fosfatos e a hidroxila reajam como bases beneficiando a alcalinidade total, os carbonatos e os bicarbonatos se encontram em maior quantidade e são responsáveis por quase toda a alcalinidade nas águas onde se pratica a aquicultura. O ácido carbônico é um produto de reação ácida e sua ionização desencadeia a produção de íons de bicarbonato (KUBITZA, 1998; MORAES, 2008; ESTEVES e MARINHO, 2011).

Segundo Sá (2012) o bicarbonato é a forma predominante de carbono inorgânico dissolvido nas águas continentais. A alcalinidade resultante de reações através da formação de bicarbonatos a partir do carbonato que são considerados como reações de equilíbrio, cuja função evita que haja acidez ou basicidade da água (SIPAÚBA-TAVARES, 1994).

Como o bicarbonato age de forma ácida ou básica em função das condições físico-químicas do meio, especialmente o pH, a água rica em carbonatos e bicarbonatos, ou seja de boa alcalinidade, sofre menores variações no pH ao longo do dia e do ano. As formas químicas

de CO_2, bicarbonato (HCO_3^-) e carbonato (CO_3^{-2}) se inter-relacionam em função do pH da água (Figura 3), bem como o pH da água é influenciado por estas formas químicas (SÁ, 2012; TAVARES, 2013).

A avaliação da alcalinidade da água é relevante tanto do ponto de vista da atividade produtiva (aquicultura), como do ponto de vista ambiental. Na aquicultura os solos mais adequados para construção de viveiros de peixes são os franco-argilosos que possuem características ácidas e necessitam de correção (calagem), pois quando receberem água esta se apresentará com baixa alcalinidade se não houver a correção. Ambientalmente os ecossistemas aquáticos estão sujeitos ao processo de acidificação por ação das chuvas que são naturalmente ácidas e pela renovação da água que diluem a concentração de bicarbonatos e carbonatos (ESTEVES E MARINHO, 2011; SÁ, 2012).

Quando a alcalinidade se encontra baixa a calagem é uma opção viável na aquicultura e sua função é neutralizar a acidez do solo, aumentando consequentemente a alcalinidade. (BOYD e QUEIROZ 2004).

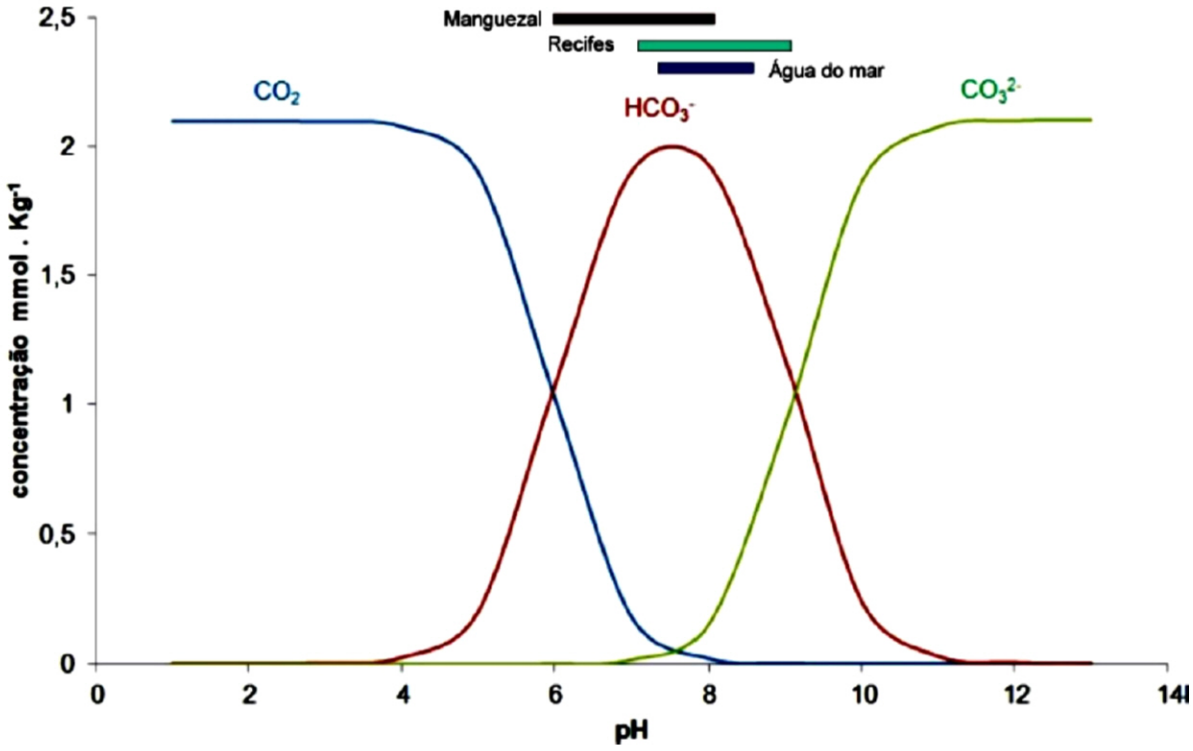


Figura 3: Concentração das espécies químicas do sistema carbonato em função do pH, em água do mar.
Fonte: Souza et al, 2012. Disponível em:<http://rvq.sbq.org.br/index.php/rvq/article/download/317/267> Acesso em: 18/08/2016

Quando os valores de pH se encontram acima de 10, isto pode estar relacionado a baixa alcalinidade e são observados em viveiros que apresentam uma grande população planctônica. Consequentemente há um desconforto nos animais estocados nos viveiros, no caso de peixes nessa situação eles procuram águas mais profundas onde sofrem menos efeito das ações fotossintéticas e encontram pH mais favorável.Essa constante exposição a um alto pH ocasiona diversos prejuízos a conversão alimentar, crescimento e à saúde dos peixes, pois ocorre o aumento do teor de amônia que é tóxica e pode levar à mortalidade dos mesmos e ao avaliar os viveiros a maior variação do pH passa a ser um efeito da maior quantidade de fitoplâncton(KUBITZA, 2003).

A alcalinidade total é determinada através de um processo titulométrico, que pode ser realizado no laboratório como também a campo através de kits de análise da água. Neste processo mede-se a quantidade necessária de ácido para titular, ou seja, reagir completamente com um volume conhecido de uma amostra com um volume determinado de um reagente de natureza e concentração conhecida, neste caso as bases presentes na amostra de água. O resultado é expresso em mg/L de $CaCO_3$pelo fato da principal fonte de alcalinidade das águas naturais ser a lixiviação das rochas calcita e dolomita formadas respectivamente por carbonato de cálcio ou carbonato de cálcio e magnésio (SÁ, 2012; TAVARES, 2013).

A determinação da alcalinidade por meio titulométrico demanda cuidados técnicos mais elevados do que o pH, por isso não é uma medida acompanhada diretamente nas áreas de aquicultura, mesmo com a atual disponibilidade de kits básicos que também atuam de forma titulométrica, por outro lado, as amostras de água podem ser armazenadas por vários dias antes da determinação da alcalinidade total, sem alterações apreciáveis no resultado. O armazenamento deve ser feito em frascos rigorosamente limpos e bem vedados, que devem ser armazenados em local escuro, acondicionado em caixa térmica com bolsa de gelo durante o transporte e em seguida refrigerado a 4ºC por um período de 24h (PARRON, MUNIZ e PEREIRA, 2011).

Em relação à alcalinidade, valores acima de 30 mg $CaCO_3$/L são indicativos de um bom sistema tampão, porém ela deve ser monitorada mensalmente, principalmente em viveiros com excessiva infiltração onde ocorre diluição dos efeitos da calagem e há maior necessidade de reposição de água (BRASIL, 2008; KUBITZA, 2003).

2.3 A PRODUÇÃO AQUÍCOLA CONTINENTAL E OS PRINCIPAIS SISTEMAS DE CULTIVO EXISTENTES NO BRASIL

A produção aquícola do Brasil em 2011 foi de 628.704,3 t, deste 86,6% (544.490,0 t) são da produção continental com um incremento de aproximadamente de 38% em relação à produção de 2010, que foi atrelado ao desenvolvimento do setor decorrente da ampliação de políticas públicas que facilitaram o acesso aos programas governamentais existentes na época, como plano Mais Pesca e Aquicultura (BRASIL, 2011).

Com relação às características das propriedades aquícolas no Brasil, em 2009 o Ministério da Pesca e Aquicultura publicou o Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura (BRASIL, 2009) no qual realizou uma análise socioeconômica e produtiva do setor aquícola. Neste documento relata-se que 88% dos aquicultores produzem em terras próprias e uma pequena parcela (3%) em cessões de águas públicas, o que indica um potencial de crescimento nestas áreas que merece ser avaliado pelos órgãos competentes de incentivo. Outro dado relevante é que a estrutura de cultivo mais utilizada são os açudes (47%), seguido dos viveiros escavados (39%), tanques rede (11%) e tanques de alvenaria (2%).

Após estes levantamentos a atual Secretaria da Pesca e Aquicultura vinculada ao Ministério da Agropecuária, Pecuária e Abastecimento ainda não apresentou novos dados sobre o cenário da produção aquícola no Brasil.

Os sistemas que produzem organismos aquáticos podem ser classificados de várias maneiras, cada um apresenta suas particularidades assim como, vantagens e desvantagens. Alguns sistemas de produção, dependendo de suas características e forma de manejo, podem receber mais de uma classificação, no geral, o primeiro critério de classificação é com relação à densidade de cultivo na área (intensivo ou extensivo) e o segundo critério é decorrente do fluxo de água que abastece o sistema (OZÓRIO, AVNIMELECH e CASTAGNOLLI, 2004).

Neste trabalho destaca-se para o critério de classificação que utiliza o fluxo de água de abastecimento do sistema de produção. Os sistemas mais utilizados no Brasil são os com sistema de água parada ou de baixa renovação, seguido do sistema de renovação de água, os com alto fluxo (Raceways) e o sistema de recirculação de água, algumas das principais características destes sistemas se encontram resumidas na Quadro 2(KUBITZA, 2003; BRASIL, 2009).

O sistema com água parada ou baixa renovação apresenta viveiros escavados com dimensões de pequeno a grande porte (Figura 4), onde seu fundo e laterais são

predominantemente de terra, apresentam baixa disponibilidade de água e sua reposição se limita às perdas, por evaporação e infiltração, raro ter renovação completa, exceto quando chove ou resulta de alguma ação do manejo. A oxigenação da água é dependente da fotossíntese realizada pelos plânctons, possui um baixo nível tecnológico quanto a sua estrutura e mão de obra e quando o sistema busca a intensificação passa a fazer uso de aeradores e de uma maior mão de obra no manejo, na média os viveiros ficam até cinco anos sem drenar totalmente (TEIXEIRA et al., 2006).

Segundo Silvia, Ferreira, Logato (2003), os organismos aquáticos podem influenciar na qualidade da água em conjunto com respiração e a eliminação de dejetos orgânicos. Portanto é importante saber a quantidade certa de ração para fornecer aos peixes de um determinado tanque porque em quantidades excessiva pode ocasionar poluição no tanque principalmente porque os fatores correlacionados a qualidade da água se interagem podendo às vezes ser complexa causando a mortalidade em certa situação e inofensiva em outras, então é importante ficar atento a cada fator utilizando métodos de determinação e monitorar frequentemente para se saber sobe a intensidade desse fator.

Quadro2- Resumo das principais características dos sistemas de produção de organismos aquáticos

Características	Sistema com água parada ou baixa renovação	Sistema com renovação de água	Sistema de alto fluxo (Raceways)	Sistema de recirculação de água
Característica do Viveiro	Viveiros escavados	Viveiros escavados ou Tanques-rede	Estrutura industrializada ou em concreto	Estrutura industrializada ou em concreto
Disponibilidade de água	Baixa	Moderada a Alta	Alta	Baixa
Reposição do volume de água	Mínima	Média	Alta	Mínima
Nível de tecnificação	Baixo	Baixo/Médio	Médio/Alto	Alto
Capacidade de Produção	Extensiva a Intensiva	Extensiva a Intensiva	Intensiva	Intensiva
Biomassa produzida	4.000 a 12.000 kg/ha	10.000 a 30.000 kg/ha	30 a 150 kg/m³	20 a 70 kg/m³

Fonte: Kubitza (2003), elaborado pelo autor.

Segundo Ituassú (2015), a piscicultura assim como outras atividades tem por objetivo a manutenção populacional de organismos em certa área por um período pré-determinado. No entanto mesmo a produção aquática ser superior a terrestre em condições extensivas (cerca de 2000 kg/ha) a falta de cuidados quanto às taxas corretas de estocagem podem levar a competição por oxigênio limitando o crescimento dos peixes ou levando até a morte em casos extremos.

Santos, Andrade, Sousa, (2014) relataram quem a comparação do crescimento individual em densidades de 200 e 500 peixes/m^3 resultou em menores valores de comprimento e peso por tratamento com tambaquis em uma maior densidade, recomendando ao produtor que opta em produzir peixes, uma densidade de 12 indivíduos/m^2 respeitando a capacidade de suporte dos tanques, assim não ocorrerá problemas com a oxigenação, pH e alcalinidade.

De acordo com Rodrigues et al. (2013) esse sistema com água parada é uma saída emergente frente a toda problemática sobre a escassez de água no mundo e devido a isso tem-se buscado meios mais sustentáveis para as atividades de organismos vivos. Embora nesse sistema não haja renovação de água durante o cultivo, visto que a água é utilizada somente para o enchimento do sistema e para repor eventuais perdas decorrentes de infiltração e evaporação, essa água pode ser utilizada em vários cultivos sob a condição de utilizar uma baixa densidade de peixes por hectares o que garante a qualidade ambiental, mas pode comprometer a lucratividade da produção.

Piveli, (2000) relata em seus trabalhos que o pH age sobre o ecossistema aquático diretamente devido o seu efeito fisiológico nas diversas espécies de forma indireta com a precipitação de elementos químicos tóxicos e efeitos sobre a solubilização de nutriente.



Figura 4- Modelo de viveiro escavado com baixa renovação de água localizado na piscicultura Andrade no município de Vila Bela da Santíssima Trindade - MT
Fonte: Costa, (2013)

Durigan; Sipaúba-Tavares; Oliveira, (1992) em seus trabalhos observaram que em tanques de 8,0 x 5,0 x 1,2m de profundidade contendo juvenis de pacu o pH aumentou durante o período de insolação das 9 às 18 horas e declinou durante a noite. Sendo o valor máximo (7,2) na superfície às 18 horas e o mínimo (6,6) na superfície e fundo as 9horas.

Toledo et al. (2003) em análise de pH e alcalinidade em viveiros na Estação de Piscicultura de Alta Floresta observou que a calagem e a adubação da água em viveiros aumentou os valores os valores do pH, as temperaturas foram baixas nos efluentes porém essas variáveis não indicaram índices em nível de impacto ambiental sobre o corpo receptor.

Segundo Teixeira et al. (2006) deve se levar em conta na produção de organismos aquáticos a possibilidade de impacto ambiental causado pela despesca uma vez que uma grande quantidade de matéria orgânica será drenada de uma só vez. Para sanar esse problema seria a utilização de irrigação para lavouras uma vez que os efluentes são ricos em nitrogênio, fósforo e matéria orgânica servindo muito bem para as plantas que serão cultivadas

No sistema com renovação de água a disponibilidade da mesma pode ser moderada ou alta, muitas vezes reposta por força da gravidade, possui viveiros geralmente escavados ou podem construir viveiros de concreto com um maior nível tecnológico e tanques-rede, neste

último caso a sua utilização é predominante em áreas de grandes reservatórios (Figura 5). A reposição da água serve para repor as perdas decorrentes da evaporação e infiltração sendo mantida uma troca de água contínua para controle da densidade de fitoplâncton e dos resíduos orgânicos a fim de evitar a eutrofização. O manejo é considerado ainda baixo e sua forma de cultivo pode ser extensiva como intensiva, apesar de proporcionar aumento da produção, às trocas excessivas da água impõe maior risco de vírus, patógenos e podem aumentara disposição de sedimentos orgânicos que deterioram a qualidade da água (KUBITZA, 2003).



Figura 5-Tanques rede instalados em represa com renovação da água. **Fonte**: Corrêa e Gonçalves (2016) Disponível em: <http://www.clubeamigosdocampo.com.br/artigo/piscicultura-em-tanque-rede-1022>Acesso em 17/04/2016.

Segundo Cyrino (1987), no que se diz respeito à construção de tanques deve-se levar em consideração técnicas que permitam utilizar o terreno, no entanto, é preferencial a escolha de áreas com declividade suave onde serão feitas as represas ou tanques evitando movimentação de terra e facilitando tanto o abastecimento como o escoamento por gravidade removendo metabólitos e resíduos alimentares dos peixes, diminuindo os custos de construção e ajudando a controlar enchentes e enxurradas. O fornecimento de água tem que ser perene, o que irá repor as perdas por evaporação, drenos e infiltrações, então é importante fazer um levantamento do potencial hídrico do local a ser implantada a piscicultura para através deste, ter uma previsão de sua manutenção.

O Sistema de alto fluxo também denominado de *Raceways*, é caracterizado como um sistema com estrutura industrializada geralmente em concreto, cujos tanques geralmente possuem um formato retangular, oval ou circular (Figura 6 e 7). Além do concreto, outros

materiais vêm sendo utilizados na sua construção como a fibra de vidro e chapa metálica. Este sistema apresenta alta taxa de renovação de água que varia de 1 a 20 trocas completas por hora. Originalmente os *Raceways* foram destinados à criação de salmonídeos, mas já são utilizados na criação de carpa e tilápia. O sistema apresenta um manejo de intensidade média e é uma excelente opção para regiões onde há grande disponibilidade de água ou quando há restrição na área para instalação de tanques. Sua capacidade de produção é intensiva e sua biomassa pode variar de 30 a 150 kg de peixe/m e essa alta produtividade só é possível devido à alta renovação de água e aos altos níveis de oxigênio (TEIXEIRA et al., 2006).



Figura 6- Sistema de viveiros com alta renovação da água para criação de Trutas em Campos do Jordão.

A estratificação em tanques raros ocorre geralmente em duas camadas onde a camada superficial pode se separar da camada profunda por gradiente de temperatura/densidade durante o dia, porém no período noturno tende-se a homogeneizar, misturando as camadas, com isso os peixes tendem a buscar uma zona de conforto, pois não resistem a mudanças bruscas (CYRINO; SAMPAIO; COSTA, 1987).

O Sistema de Recirculação de Água para Piscicultura (SRAP) foi implantado como uma oportunidade viável em áreas onde há baixa disponibilidade de água e busca-se uma produção intensiva, cumprindo as normas impostas pelo código de conduta que prioriza a criação de

organismos aquáticos através de práticas sustentáveis preservando assim, o meio ambiente (OZÓRIO; AVNIMELECH; CASTAGNOLLI, 2004).



Figura 7- Sistema Raceways circular da empresa Projeto Pacu: Tecnologia em Aquicultura com sede em Campo Grande – MS.
Fonte: Projeto pacu, (2016).

O SRAP é um sistema com uma estrutura física e com um fluxo de água fechado (Figura 8), e mesmo apresentando vários tipos de organização ele se sobressai sobre os tanques-rede, que tem sua estrutura inserida diretamente no ambiente aquático e com um fluxo de água aberto e constante, pois permite controlar a temperatura garantindo o crescimento da produção e ao mesmo tempo a reciclagem total da água utilizada no sistema. Mas, quando comparado aos viveiros, os custos relacionados à construção dos SRAP são mais elevados, mesmo se considerado o ponto de vista ambiental devido ao uso racional da água e considerável controle nas variações sazonais (OZÓRIO; AVNIMELECH; CASTAGNOLLI, 2004; SILVA; LOSEKANN; HISANO, 2013).

Segundo Kubitza (2006), no Brasil as empresas produtoras de organismos vivos não despertaram interesse em investimentos nesse setor de sistema fechado, uma vez, que os estudos ainda são recentes e também pelo fato da escala comercial desse sistema ser restrita. Houve na década de 90 sistemas pioneiros que buscavam a engordas de peixes exóticos como a tilápia, e também camarões, mas devido a problemas de manejo, operacionais e a inviabilidade econômica fez com que o empreendimento não tivesse sucesso.



Figura 8 - Modelo de um sistema recirculação de água para piscicultura exposto na Feira Nacional do Camarão (Fenacam).
Fonte: Sansuy, (2012).

No sistema SRAP o tratamento da água se inicia com mecanismos que impedem o acúmulo de resíduos orgânicos através de um mecanismo de descarga e utilização de filtros mecânicos para remoção de resíduos, há um flotador para retirada de partículas menores e bombas para retornar a água aos tanques de cultivo (Figura 9), (KUBITZA 2003).

Este sistema exige um alto nível de tecnificação. São utilizados filtros biológicos que transformam a amônia e o nitrito em nitrato, e após utiliza-se aeradores para oxigenar e eliminar excesso de gás carbônico. Sua capacidade de produção é intensiva e a recirculação garante a sobrevivência de espécies de peixes tropicais em regiões onde o inverno é rigoroso. Os tanques são normalmente circulares (Figura 9), pois este formato facilita a concentração de sedimentos próximos ao dreno TEIXEIRA et al., 2006; KUBITZA, 2006).

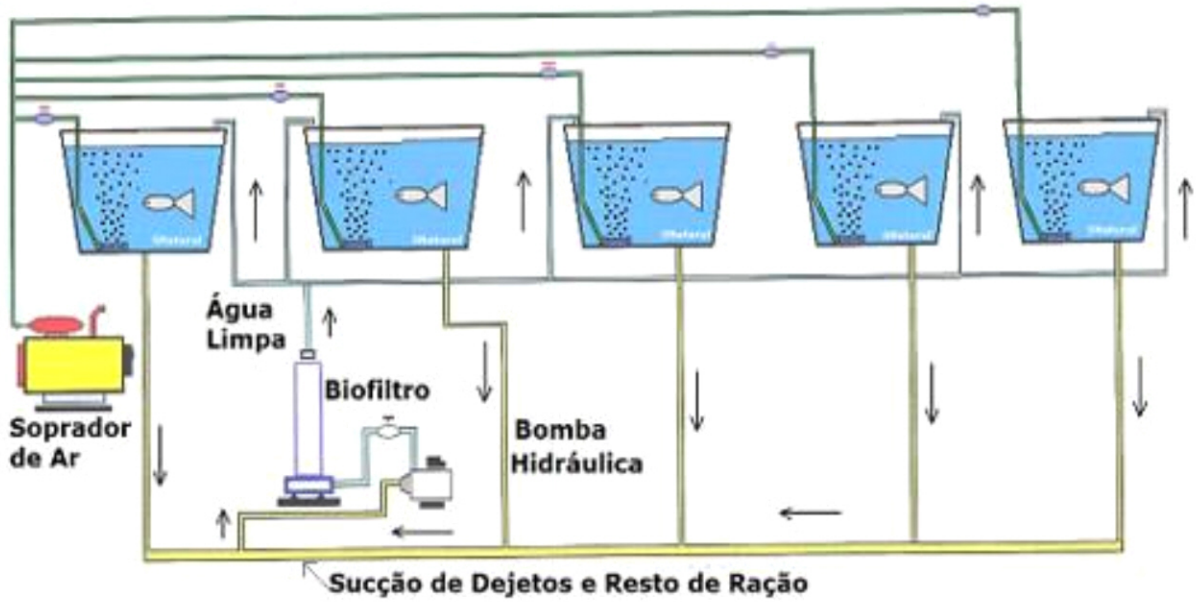


Figura 9- Modelo esquemático de um sistema de recirculação de água.
Fonte: Snatural (2016).

Existem vários sistemas de produção estabelecidos e que permitem que a aquicultura se instale em qualquer área do Brasil, contudo Lopera-Barrero et al. (2011) relatam que falta estabelecer as políticas de incentivo ao desenvolvimento desta infraestrutura de produção, tais como linhas de crédito específicas, bem como da infraestrutura e logística necessária para a industrialização e comercialização de seus produtos, tais como terminais pesqueiros estruturados para otimizar o recebimento do produto, sua armazenagem, beneficiamento, comercialização e escoamento do pescado e de mercadorias relacionadas; incentivo ao associativismo e cooperativismo; oferta de assistência técnica e extensão aquícola; incentivo ao consumo de pescados e ordenamento e monitoramento para o controle da atividade afim de atender as demandas de desenvolvimento sustentável e códigos de conduta a nível nacional e internacional.

3CONCLUSÃO

Os sistemas de cultivo vêm sendo implantados de acordo com a disponibilidade de água de cada região, mas no Brasil o sistema de baixa renovação tem sido a principal forma de cultivo. É necessário atenção quanto às boas práticas de manejo para corrigir possíveis intempéries do ambiente, condições limnológicas e controle da população fitoplanctônica que atuam de forma direta na variação do pH e alcalinidades que são de substancial importância para o sucesso da produção.

REFERÊNCIAS

BRASIL **LIMNOLOGIA NA AQUICULTURA: ESTUDO DE CASO EM PESQUEIROS**, 2008. Disponível em: <ftp://ftp.sp.gov.br/ftppesca/limnologia.pdf> Acesso em: 11/05/2016

BRASIL MAPA- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento **PESCADO,** 2015.

Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/animal/especies/pescado>

Acesso em: 18/07/2016

BRASIL MAPA-Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento **BOLETIM ESTATÍSTICO DA PESCA E AQUICULTURA**, 2009.

Disponível em: <http://www.sepaq.pa.gov.br/files/u1/anuario_da_pesca_completo.pdf >

Acesso em: 18/08/2016

BRASIL MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento **História do Ministério da Agricultura,** 2016.

Disponível em: <www.agricultura.gov.br/ministerio/historia> Acesso em: 05/09/2016

BRASIL EMBRAPA -Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária **PESCA E AQUICULTURA**, 2012.

Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-pesca-e-aquicultura/nota-tecnica > Acesso em 22/04/2016

BRASIL MAPA- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento **BOLETIM ESTATÍSTICO DA PESCA E AQUICULTURA**, 2011.

Disponível em:

<http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/biblioteca/download/estatistica/est_2011_bol__bra.pdf > Acesso: 16/08/2016

BRASIL Ministério do Meio Ambiente **RESOLUÇÃO CONAMA Nº 237,** 1997, Publicada no DOU n° 247, Seção 1, pg. 30841-30843.

Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=237> Acesso em 14/08/2016

BRASIL Ministério do Meio Ambiente **RESOLUÇÃO N° 357**, 2005 Publicada no DOU nº 053, 2005, pg. 58-63.

Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562> Acesso em 22/03/16

BOYD C. E.; QUEIROZ, J. F. In: CYRINO, J. E. P. Manejo das condições do sedimento do fundo e da qualidade da água e dos efluentes de viveiros. **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 2004. p. 25-43.

CAMARGO S. G. O; POUEY, J. L. O. F. AQUICULTURA - UM MERCADO EM EXPANSÃO, 2005**R. Bras. Agrociência, Pelotas**, v. 11, n. 4, p. 393-396.

Disponível em:
<https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/CAST/article/viewFile/1273/1060> Acesso em: 18/02/16

CASTAGNOLLI N. in CYRINO J. E. P. et al.Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática; Estado da arte da aquicultura brasileira; **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical e intensiva** – São Paulo, 2004.

CYRINO J. E. P.; SAMPAIO A. M. B. M.; COSTA. A. B. **Curso de Atualização em Piscicultura** Setor de Piscicultura Departamento de Zootecnia, Setor Não Ruminantes ESALQ/USP Av. Pádua Dias, 11; C. P. 09 13418-900; Piracicaba, SP, 1987.

Disponível em:

<http://projetopacu.com.br/public/paginas/215-apostila-esalq-curso-atualizacao-em-piscicultura.pdf> Acesso em: 23/04/2016

CORRÊA B. M.; GONÇALVES A. C. **PISCICULTURA EM TANQUE-REDE**, 2016.

Disponível em: <http://www.clubeamigosdocampo.com.br/artigo/piscicultura-em-tanque-rede-1022>

Acesso em 17/04/2016

COSTA F. **DIA DE CAMPO NA PISCICULURA ANDRADE MUNICIPIO DE VILA BELA**, 2013.

Disponível em:
<https://www.facebook.com/photo.php?fbid=666428136702739&set=a.666436310035255&type=3&theater> Acesso em: 08/05/2016

DONADIO N. M. M.; GALBIATTI J. A.; DE PAULA R. C. **Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do córrego rico,** Vol. 25.São Paulo, Brasil2005.

Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162005000100013> Acesso em: 29/03/2016

DURIGAN J. G.; SIPAUBA-TAVARES, L. H.; OLIVEIRAD B. S. **ESTUDO LIMNOLOGICO EM TANQUE DE PISCICULTURA. PARTE 1: VARIAÇÃO NICTEMERAL DE FATORES FISICOS, QUIMICOS E BIOLOGICOS**, 1992 volume IV, pg. 211-223.

Disponível em:
<http://www.ablimno.org.br/acta/pdf/acta_limnologica_contents4E_files/artigo%2015_vol%204.pdf> Acesso em: 12/03/16

ESTEVES F. A. **FUNDAMENTOS DA LIMNOLOGIA** 3. Ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. Cap. 10 e 11, 826p.: Il .;25cm

ESTEVES F. A.; FURTADO, A. L. S. **Oxigênio Dissolvido**. In ESTEVES, F. A. Fundamentos de limnologia. 3 ed. Rio de Janeiro: ITERCIÊNCIA, 2011. Cap.10 p. 166-191

FIGUEROA J. L. A.; PALAFOX J. T. P**. CALIDAD DEL ÁGUA EM ACUICULTURA CONCEPTOS Y APLICACIONES**, A. G. T. Editor, S.A. Progresso 202 – Planta Alta, Col. Escandón, México 11800 D. F. pg. 01-222, 1998.

IKHTHYS **Piscicultura Ecológica**, 2013.

Disponível em: <http://pisciculturaecologica.blogspot.com.br/2013/05/cultivo-de-tilapia-ait.html> Acesso em: 17/07/2016

IWASHITA M. K. P.; MACIEL P. O. **Princípios básicos de sanidade de peixes** Piscicultura de águas doces multiplicando conhecimento, espécies de peixes para piscicultura. Brasília-DF: EMBRAPA, 2013, 440 p.

ITUASSÚ D. R. **Cálculo de povoamento de viveiros e tanques-rede, Sinop** – MT, 2015.

Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1023958/1/2015cpamtituassucalculopovoamentoviveiros.pdf> Acesso em: 01/09/2016

KUBITZA F. **Qualidade de água no cultivo de peixes e camarões**, **Panorama da Aquicultura** Jundiaí, 208 p. SP:, 2003,

KUBITZA F**. PANORAMADADA AQUICULTURA, QUALIDADE DA ÁGUA NA PRODUÇÃO DE PEIXES** - PARTE I, Vol. 8, n°45, Janeiro/Fevereiro, 1998.

KUBITZA F**. Sistemas de Recirculação: sistemas fechados com tratamento e reuso da água**. Panorama da Aquicultura, Rio de Janeiro, v. 16, n. 95, p. 15-22, 2006.

LOPERA-BARRERO N. M.; RIBEIRO, R. P.; POVH, J. A.; VARGAS, L. D. M.; POVEDA-PARRA, A. R. **Produção de Organismos Aquáticos: uma visão geral no Brasil e no mundo**. Guaíba, RS: Agro livros, v. 1. 320p. 2011.

MATIAS J. F. N. Ministério da Pesca e Aquicultura **CPMI MST Apresentação do Ministério da Pesca e Aquicultura** 2006.

Disponível em: <http://www.senado.leg.br/atividade/materia/getPDF.asp?t=76646&tp=1>

Acesso em: 22/07/2016

MIGLIOMI R. **CRIAÇÃO DE TRUTA ARCO IRIS,** 2015.

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=IQESrgYoS9I>

Acesso em: 14/07/2016.

MORAES P. B. Universidade Estadual de Campinas, Centro Superior de Educação Tecnológica CESET/UNICAMP **ST 502 – Tratamento Biológico de Efluentes Líquidos, ST 503 – Tratamento Físico-químico de Efluentes Líquidos,** 2008

Disponível em: <http://webensino.unicamp.br/disciplinas/ST502293205/apoio/2/Resumo_caracteriza__o_de_efluentes_continua__o.pdf>Acesso em: 18/03/16

MORO G. V.; REZENDE, F. P.; ALVES, A. L.; HASHIMOTO, D. T.; VARELA, E. S.; TORATI, L. S. **Piscicultura de águas doces multiplicando conhecimento, espécies de peixes para piscicultura**. Brasília-DF: EMBRAPA, 2013, 440 p.

OZÓRIO R. O. A; AVNIMELECH Y.; CASTAGNOLLI N. in CYRINO et al., Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática**; Sistemas intensivos fechados de produção de peixes; Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical e intensiva** – São Paulo 2004

PARRON L. M, MUNIZ D. H. F. e PEREIRA C. M**. Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água** Colombo Embrapa, 2011

Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/921050/1/Doc232ultimaversao.pdf>

Acesso em: 18/08/2016

PIVELI R. P. **Qualidade e Poluição das Águas: Aspectos Físico-Químicos.** São Paulo/SP: CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo, 2000

Disponível em:<http://www.leb.esalq.usp.br/disciplinas/Fernando/leb360/Fasciculo%205%20

-%20Caracteristicas%20Fisicas%20das%20Aguas.pdf> Acesso em: 01/09/2016

PROJETO PACU **EMPRESA**, 2016.

Disponível em: <http://www.projetopacu.com.br/empresa/> Acesso em: 10/08/2016

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

Disponível em: <http://www.cnpma.embrapa.br/download/circular_14.pdf > Acesso em: 17/08/2016

RODRIGUES A. P. O. [et. al]; Piscicultura **de água doce: multiplicando conhecimentos** / editores técnicos, [et AL.}. – Brasília, DF: Embrapa 2013; 440 p.: 1l color.; 17 cmx 22cm

SÁ V. C. M. **Limnocultura Limnologia para Aquicultura**. Fortaleza Edições UFC, 218 p.: il, 2012.

SANTOS B. L. T.; ANDRADE J. E.; SOUSA R. G. C. **Densidade de estocagem utilizada no desenvolvimento do tambaqui em fase de pré-gorda** ScientiaAmazonia, v.3, n.3, p 41-50, 2014.

Disponível em: <http://scientia-amazonia.org/wp-content/uploads/2016/06/v3-n3-41-50-2014.pdf> Acesso em: 01/09/2016

SANSUY S. A. INDÚSTRIA DE PLÁSCTICOS, 2012.

Disponível em:<https://www.logismarket.ind.br/sansuy/fenacam-2012/2370872652-2698894342-nd.html> Acesso em: 25/03/2016

SILVA M. S. G. M; LOSEKANN, M. E.; HISANO, H. **Aquicultura: manejo e aproveitamento de efluentes**, EMBRAPA MEIO AMBIENTE, Jaguariúna, SP 2013

Disponível em:<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/93537/1/Doc95.pdf>

Acesso em: 03/04/16

SILVA V. K.; FERREIRA M. W.; LOGATO P. V. R. **Qualidade da água na Piscicultura**, 2003.

Disponível em:<http://www.editora.ufla.br/index.php/component/phocadownload/category/56-boletins-de-extensao?download=1164:boletinsextensao> Acesso em: 31/08/2016

SNATURAL **FAZENDA DE PEIXES COM RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA**, 2016

Disponível em: <http://www.snatural.com.br/Fazenda-Peixe-300-kg-mes.html> Acesso em: 23/07/2016

SIPAÚBA-TAVARES, L. H. **Limnologia aplicada à aquicultura**. São Paulo: FUNEP-UNESP, 1994. 72pg

SOUZA L. **MANEJO DE VIVEIROS**, 2015.
Disponível em: <http://jornaldoifs.forumeiros.com/t17-piscicultura> Acesso em 14/06/2016.

SOUZA L. C. **A EFETIVIDADE DA PROTEÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO BRASIL,** pg. 01-20, 2010.

Disponível em:<http://www.nima.pucrio.br/aprodab/artigos/a_efetividade_da_protecao_das_aguas_subterraneas_luciana_cordeiro.pdf> Acesso: 18/04/2016

SOUZA M. F. L.; LONGHINI, C. M.; Silva, A. M.; LENTINI, C. A. D Ciclo do Carbono: Processos Biogeoquímicos, Físicos e Interações entre Compartimentos na Baía de Todos os Santos, **Revista Virtual de Química**, pg. 566-582, 2012.

Disponível em: <http://rvq.sbq.org.br/index.php/rvq/article/download/317/267> Acesso em: 18/08/2016

TAVARES, L. H.; **Uso racional da água em aquicultura**. – Jaboticabal: Maria de Lourdes Brandel – ME, 2013 190 p.: 1l.

TEIXEIRA E. A.; CREPALDI D. V.; FARIA P. M. C.; RIBEIRO L. P.; MELO C. D.; CARVALHO D.; SOUSA A. B.; SATURNINO H. M. Sistemas de produção na piscicultura, **Revista Brasileira Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v.30, n.3/4, p.86-99, 2006

Disponível em: <http://www.cbra.org.br/pages/publicacoes/rbra/download/RB065%20Crepaldi%20%20(sistemas%20de%20producao)%20pag%2086-99.pdf> Aceso em: 16/08/2016.

TOLEDO J. J.; CASTRO J. G. D.; SANTOS K. F.; FARIAS R. A.; HACON S.; SMERMANN W. AVALIAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL CAUSADO POR EFLUENTES DE VIVEIROS DA ESTAÇÃO DE PISCICULTURA DE ALTA FLORESTA – MATO GROSSO. **Revista do Programa de Ciências Agroambientais** v.2, n1, p. 13-31, 2003

Disponível em: <http://www.unemat.br/revistas/rcaa/docs/vol2/2_artigo_v2.pdf> Acesso em: 02/09/2016