

Tendências e tecnologias sustentáveis na aquicultura: recirculação, aquaponia e bioflocos.

Lucimary Soromenho Ferri¹; Wathaanderson de Souza Rocha²; Manuel dos Santos Pires Braz Filho³

Resumo - A necessidade de preservação dos recursos naturais, aliada à otimização do uso do solo e da água na produção, tem resultado na implantação de sistemas mais sustentáveis de cultivo na aquicultura. Objetivou-se com este artigo descrever as características dos sistemas de recirculação de água, aquaponia e bioflocos. A aquicultura em sistemas de recirculação representa hoje em torno de 4,5% do mercado mundial de pescado oriundo do cultivo, entretanto em 2030 este valor deverá alcançar algo próximo de 40%. Nesse sistema, a água dos tanques de cultivo passa por um filtro biológico para a ação de bactérias nitrificantes responsáveis pela conversão da amônia para nitrito e nitrato, compostos menos tóxicos aos animais. A aquaponia é a integração entre a produção aquícola e hidropônica, em que os dejetos dos organismos aquáticos são degradados por bactérias e transformados em sais minerais. Estes são absorvidos pelas plantas que purificam a água. Ela se apresenta como alternativa para a produção de alimentos de maneira menos impactante ao meio ambiente, por suas características de sustentabilidade. Já o cultivo com bioflocos é um sistema superintensivo em que a forte aeração e a troca zero de água permitem a formação de macro agregados (flocos microbianos), sendo que a assimilação e remoção dos compostos nitrogenados (amônia, nitrito e nitrato) realizadas com auxílio da biomassa microbiana formada no próprio ambiente de cultivo. Todos os sistemas abordados, além de permitirem maior produtividade que sistemas tradicionais, proporcionam uma aquicultura ambientalmente correta.

Palavras-chave: Piscicultura; Sustentabilidade; Carcinicultura.

Sustainable trends and technologies in aquaculture: recirculation, aquaponics and bioflocs.

Abstract - The need to preserve natural resources, coupled with the optimization of soil and water use in production, has resulted in the implementation of more sustainable aquaculture systems. This article aims to describe the characteristics of water recirculation systems, aquaponics and Biofloc Technology System. Aquaculture in recirculation systems now accounts for around 4.5% of the world market from fish farming. However, by 2030, this figure is expected to reach nearly 40%. In this system, the water of the culture tanks flow through a biological filter for the action of nitrifying bacteria responsible for the conversion of ammonia to nitrite and nitrate, which are less toxic compounds to animals. Aquaponics is the integration between aquaculture and hydroponic production, in which waste from aquatic organisms is degraded by bacteria and transformed into mineral salts, which are absorbed by the plants that purify the water. This system represents an alternative for the production of food in a way that is less impacting to the environment, due to its sustainability characteristics. Biofloc Technology System is a superintensive system in which the strong aeration and the zero exchange of water allow the formation of macro-aggregates (microbial flakes). The assimilation and removal of the nitrogen compounds (ammonia, nitrite and nitrate) of the microbial biomass formed in the growing environment. All of these systems, in addition to allowing higher productivity than traditional systems, provide environmentally correct aquaculture.

Keywords: Aquaculture. Aquaponics. Bioflocs.

¹ Zootecnista, M.Sc. em Zootecnia, Extensionista do Incaper, lucimary.ferri@incaper.es.gov.br

² Engenheiro de Pesca, Extensionista do Incaper

³ Zootecnista, Diretor da Associação Brasileira de Criadores de Organismos Aquáticos (ABRACOA).

INTRODUÇÃO

Segundo o Anuário Brasileiro da Pesca e Aquicultura (ANUÁRIO..., 2014), a produção de pescados é uma das atividades econômicas que mais cresce no Brasil, sendo o volume estimado em 1,4 milhão de toneladas por ano. A demanda pelo consumo de pescado produzido comercialmente tem aumentado nos últimos anos, principalmente devido à exaustão dos estoques pesqueiros. Dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura - (FAO) também revelam que a aquicultura corresponde ao setor de produção animal com maior taxa de crescimento.

A FAO estima que em 2030 a aquicultura será responsável por mais de 60% da produção mundial de pescado para consumo humano, sendo a maior responsável por atender à crescente demanda de pescado em nível mundial, respondendo atualmente por mais de 47% de todo o pescado produzido (FAO, 2009). Na piscicultura, a tilápia tomou conta dos criadouros do País e conquistou o paladar dos consumidores. Prova disso é o crescimento expressivo do volume produzido nos últimos anos: 130% de 2008 a 2011 (ANUÁRIO..., 2014).

A espécie de camarão de água doce mais utilizada em cultivos de escala comercial em vários países tropicais e subtropicais é o *Macrobrachium rosenbergii*, conhecido como camarão de água doce, gigante da Malásia, camarão azul, pitu havaiano ou lagostim de água doce. O camarão da Malásia é um dos mais cultivados no Brasil. Chegou ao país na década de 80, quando reprodutores foram trazidos do Havaí (DANTAS et al., 2017). O Espírito Santo era o maior produtor de camarão de água doce do país; porém, a baixa qualidade das pós-larvas oriundas do Ceará e do Rio de Janeiro contribuiu para a queda da produção para 450 toneladas por ano no início de 2015 (ESTADO..., 2015). A partir daí, com a escassez hídrica enfrentada pelo Estado em 2015/2016, muitos produtores interromperam a atividade (SECA..., 2015). Atualmente o entrave consiste na falta de pós-larvas, apesar de existir um laboratório para produção das mesmas no Noroeste do Estado, porém está desativado.

Segundo Cavalli e Ferreira (2010), a carcinicultura brasileira apresentou grande avanço nos últimos 20 anos, com o desenvolvimento tecnológico de cultivo da espécie marinha exótica *Litopenaeus vannamei*, conhecido como camarão branco, nativo da costa americana do Pacífico, que é atualmente a espécie mais cultivada mundialmente.

A carcinicultura convencional baseia-se na troca contínua de água durante a engorda do camarão, a fim de evitar prejuízos na qualidade da água do sistema e no consequente desempenho dos animais (BURFORD et al., 2003). Conforme relatado por Muhlert et al. (2013), com a intensificação do cultivo, aumenta-se consideravelmente a produção de resíduos na forma de amônia não ionizada (NH₃), que é extremamente tóxica para estes animais. Sendo assim, o incremento com insumos e a produção de metabólitos acabam por modificar os parâmetros físico-químicos do meio e, por consequência, dos efluentes dos viveiros/tanques, afetando finalmente a qualidade da água dos corpos receptores.

A aplicação de novas técnicas visando à manutenção da qualidade da água, a sustentabilidade do cultivo e a preservação de recursos hídricos, levando-se em consideração a rentabilidade, torna-se necessária para o desenvolvimento responsável da aquicultura.

Sistemas de cultivo com recirculação de água, utilizando-se filtros biológicos para remoção de elementos tóxicos, a integração entre esses sistemas com produção de hortaliças (aquaponia) e cultivos com bioflocos sem renovação de água são alternativas que minimizam os problemas relacionados à escassez de água e à liberação de efluentes para o meio ambiente natural, além de permitirem maiores densidades de estocagem.

De acordo com a publicação Fish Farming International, citada por Soares et al (2015), a aquicultura decorrente do Recirculating Aquaculture Systems (RAS) ou aquicultura em sistemas de recirculação representa hoje em torno de 4,5% do mercado mundial de pescado oriundo do cultivo, entretanto em 2030 este valor deverá alcançar algo próximo de 40%.

A aquaponia é uma modalidade de cultivo de alimentos que envolve a integração entre a aquicultura e a hidroponia em sistemas de recirculação de água e nutrientes e apresenta-se como alternativa para a produção de alimentos de maneira menos impactante ao meio ambiente, devido a suas características de sustentabilidade, dentre elas, o baixo consumo de água e o reaproveitamento de dejetos (MATEUS, 2009).

Segundo Hundley, et al. (2013) a produção de alimentos com perda mínima de água e nutrientes é também uma necessidade, sendo a aquaponia uma das possibilidades para que isso ocorra.

Scaglione et al. (2017) consideram que nesse sistema a matéria orgânica dissolvida na água, proveniente das excretas dos peixes e da sobra de alimento fornecido, é decomposta pelas bactérias que liberam sais minerais e nutrientes simples, que serão utilizados e transformados em matéria orgânica pelos vegetais, sendo que, com a retirada de nutrientes pelas raízes das plantas, a água retorna aos tanques de cultivo de peixes, reiniciando a recirculação.

Uma das tecnologias que vem sendo estudada e já utilizada em algumas regiões do mundo é o sistema de cultivo em bioflocos - BFT (Biofloc Technology), também chamada de tanques de suspensão ativada ou tanques heterotróficos. O sistema foi desenvolvido para controlar o acúmulo de compostos nitrogenados (amônia e nitrito) que podem ser tóxicos para os organismos cultivados (AVNIMELECH et al., 2007).

Além disso, a adoção do sistema de bioflocos (BFT) possibilita a criação de camarões sem renovação de água, resultando na diminuição da emissão de efluentes e possibilitando maior biossegurança. Krummenauer et al. (2013) relatam que, para sistemas de produção convencionais, são necessários 20 a 63 m³ de água para produção de 1 kg de camarão, enquanto os cultivos em bioflocos podem ser realizados com apenas 1% deste volume de água.

Conforme Gutierrez-Wing e Malone (2006), sistemas de cultivo fechado vêm sendo utilizados em regiões onde ocorrem limitações no uso da água, baixa disponibilidade e custos elevados do valor da terra,

bem como a forte pressão para a diminuição dos impactos ambientais.

Objetiva-se, com esse artigo, descrever as características de sistemas de cultivo que utilizam tecnologias sustentáveis para aquicultura, dentre eles: recirculação de água, aquaponia e bioflocos.

SISTEMAS DE RECIRCULAÇÃO

A produção de aquicultura no sistema de recirculação "RAS" do inglês Recirculation Aquaculture System consiste num sistema com baixa ou nenhuma renovação de água, utilizada apenas para repor as perdas por evaporação. Nos anos 80, estudos visando ao uso do sistema de recirculação se intensificaram no Japão, Estados Unidos, Israel e outros países europeus (KUBTIZA, 2006). Além disso, a aquicultura vem sofrendo pressão nos últimos tempos, principalmente dos órgãos ambientais para praticar uma produção mais sustentável ambientalmente, tendo em vista que os modelos tradicionais demandam uma grande quantidade de água e gera um volume significativo de efluentes. Esse sistema possibilita a produção de organismos aquáticos praticamente em qualquer local, como lugares com escassez hídrica, um maior controle no descarte dos efluentes, maior segurança na ocorrência de patógenos e diminuição no risco de fuga.

O modelo de produção em recirculação permite cultivar espécies marinhas no interior, em áreas continentais, como já acontece com o camarão *Litopenaeus vannamei* ou produzir espécies tropicais em locais de clima temperado.

As plantas produtivas em recirculação podem ser realizadas em diferentes graus de intensidade, dependendo de quanto a água é reutilizada ou recirculada. O princípio básico em um sistema de recirculação é o tratamento contínuo da água para remoção dos excrementos de peixes ou outros organismos aquáticos cultivados, permitindo que os parâmetros de qualidade de água se mantenham dentro dos padrões de produção e que não ocorra diminuição no desenvolvimento das espécies.

Bregnballe et al.(2015) considera conceitualmente o sistema de recirculação simples. A partir da saída dos tanques de cultivo aquícola, a água flui para um filtro mecânico e posteriormente para um filtro biológico, seguindo para um tanque, onde essa água será aerada para remoção do dióxido de carbono e devolvida aos tanques de cultivo.

Outras estruturas podem ser adicionadas aos projetos de recirculação, tais como injetores de oxigênio puro, fracionadores de espuma – *protein skimer*, ozônio, lâmpadas ultra violetas, sistemas automáticos para controle de temperatura etc. O uso desses equipamentos vai depender do grau de tecnificação do empreendimento.

TANQUES DE CULTIVO

Oliveira (2013) relata que para a construção dos tanques podem ser utilizados diversos materiais para construção das estruturas de armazenamento de água. Os formatos mais utilizados são os circulares, por permitirem uma melhor movimentação de água no seu interior. E podem ser construídos em locais cuja topografia não permite a construção de viveiros convencionais, isto é, em áreas em que a declividade seja maior que 4%.

Os materiais mais comuns são tanques de alvenaria, ferrocimento, placas pré-moldadas, geomembrana, poliéster e pvc. Também podem ser utilizados materiais reciclados de acordo com a criatividade do produtor.

Vários formatos e *layout* podem ser utilizados na concepção do projeto de recirculação. Normalmente são circulares ou octogonais, o que possibilita a concentração dos efluentes no centro, facilitando a sua drenagem. Porém, esses tanques ocupam mais espaço, elevando assim o custo de implantação. No quadro 1, pode-se observar as propriedades dos tanques de acordo com o tipo.

SISTEMAS DE FILTRAGEM

Um dos principais fatores de sucesso no sistema de produção em recirculação é o correto dimensionamento do sistema de filtragem. Os resíduos sólidos gerados podem ocasionar perdas,

Quadro1. Propriedades dos tanques circulares, retangulares e raceways

Propriedades do tanque	Tanque circular	Tanque Retangular com bordas arredondadas	Tipo Raceway
Efeito de autolimpeza	5*	4	3
Baixo tempo de residência das partículas	5	4	3
Controle de oxigênio e regulação	5	5	4
Utilização do espaço	2	4	5

*Escala de eficiência de 1 a 5, sendo 1 menos eficiente e 5 mais eficiente.

Fonte: Adaptado de Bregnballe, et al. (2015).

degradação da qualidade de água, diminuição do apetite dos peixes. Os filtros mais utilizados são os mecânicos, químicos e biológicos.

Kubtiza (2006) considera que a principal fonte de resíduos orgânicos são os sólidos, principalmente restos de ração, fezes e escamas. Também aponta que da ração ofertada, cerca 30% gerará sólidos. Esse volume poderá ser maior ou menor de acordo com a qualidade da ração, o adequado manejo alimentar e a qualidade da água.

Em sistemas de recirculação, deve ser priorizada a utilização de rações comerciais balanceadas, pois apresentam uma grande vantagem para atender às necessidades nutricionais dos peixes, gerando menos resíduos. A utilização de rejeitos de alimentos ou outros animais deverá ser evitada, pois esses produtos poderão prejudicar ainda mais a qualidade de água.

Os sólidos decantáveis são as partículas maiores que 100 micras e podem ser facilmente eliminados por meio de tanques de decantação. Já os sólidos suspensos são divididos em dois grupos: partículas de 40 a 100 micras, que necessitam de estruturas de filtragem para sua eliminação (filtros de telas), e partículas menores que 40 micras, que necessitam de estruturas auxiliares para sua remoção, como os fracionadores de espumas. A filtragem mecânica da água de drenagem dos tanques de cultivo provou ser

a única solução prática para a remoção dos produtos residuais orgânicos (BREGNBALLE, et al.2015).

Braz Filho (2000) cita que filtragem biológica é o processo que ocorre no biofiltro, no qual a amônia é convertida em nitrito e posteriormente em nitrato. Segundo Kubtiza (2006), as bactérias se fixam no substrato para realizar o processo de nitrificação. As *Nitrossomonas* oxidam a amônia em nitrito e as *Nitrobacter*, por sua vez, oxidam o nitrito em nitrato.

Owatari; Jesus e Lapa, (2017) relatam que os processos biológicos são os mais importantes para o tratamento de águas residuárias. Nesse sentido, o processo de nitrificação é tido como o mais relevante. A nitrificação que ocorre no biofiltro (componente presente na maioria das configurações de RAS) pode ser afetada por uma série de fatores, tais como o tipo de material suporte (conhecido também por mídia, utilizada como suporte biológico para bactérias), concentração de oxigênio dissolvido, quantidade de matéria orgânica, temperatura, pH, alcalinidade, salinidade entre outros.

Bregnballe, et al. (2015) considera que para que o processo de nitrificação ocorra de forma satisfatória, a água deve estar numa temperatura entre 10° e 35°C, sendo o ótimo próximo de 30°C e os níveis de pH de 7 a 8. A temperatura da água vai depender da espécie cultivada. O pH deve ser mantido entre 7 e 7,5, com fim de atingir uma elevada taxa de nitrificação bacteriana. Deve-se buscar o equilíbrio, pois a elevação do pH resulta na elevação da amônia livre (NH₃), que tem efeito tóxico.

Do ponto de vista fisiológico, conforme relatado por Arana (1997), a amônia não ionizada (NH₃) possui características lipofílicas, ou seja, afinidades pelas gorduras. Dessa forma, atinge facilmente as membranas respiratórias. Segundo Kubtiza (2017), a molécula de amônia é de menor tamanho e sem carga, assim consegue penetrar nas membranas celulares mais facilmente e por este motivo, o NH₃ é tido como mais tóxico.

Kubtiza (2006) relata que cada substrato utilizado possui uma superfície específica, sendo que um metro cúbico de areia fina corresponde a 5.000m²; areia

grossa 2.300m²/m³ e esferas plásticas de 3mm têm sua superfície específica em torno de 1.700m²/m³. A escolha das mídias para fixação deve ser considerada respeitando as características do funcionamento do biofiltro, pois cada material utilizado vai agir de forma distinta no processo de nitrificação. Várias mídias são utilizadas como substrato para fixação das bactérias destacando-se, *bio balls*, argila expandida, areia, bobes de cabelo, espumas, fibras sintéticas (OWATARI; JESUS; LAPA, 2017).

AERAÇÃO

Segundo Arana (1997), aeração é o processo mecânico por meio do qual se aumenta o nível de oxigênio dissolvido em um corpo d'água, sendo a aeração também empregada para eliminação do gás carbônico e a amônia não ionizada (NH₃). Kubtiza (2014) considera que várias formas de aeração podem ser usadas em recirculação. Em geral, os aeradores de pás são mais eficientes na incorporação de oxigênio e ainda promovem movimentação circular da água nos cultivos. Em tanques pequenos, geralmente o oxigênio é incorporado nos sistemas por meio do fluxo de água previamente aerada antes de voltar para o sistema. Arana (1997) relata que existem quatro tipos básicos de aeradores que são mais utilizados em aquicultura: aeradores por gravidade, baseado no princípio de que a interface ar – água pode ser incrementada pela queda da água de baixa elevação; aeradores de superfície, que funcionam pela agitação na superfície da água para incrementar a interface ar – água; difusores de água, que injetam borbulhas de ar ou oxigênio dentro da água (a eficiência desse modelo depende do tamanho da bolha gerada); aeradores turbinados, utilizados em tanques profundos, onde o ar captado da atmosfera passa por um difusor e entra na água em forma de pequenas bolhas. No Tabela 1, encontra-se a taxa de transferência de oxigênio e a eficiência de diferentes tipos de aeradores.

AQUAPONIA

Os sistemas fechados com tratamento e recirculação de água quando empregados na

Tabela1. Taxa padrão de transferência de oxigênio (SOTR) e eficiência padrão de aeração (SAE) de diferentes aeradores

Tipos de aeradores	Número de aeradores testados	SOTR KgO ₂ /hora	SAE média KgO ₂ /HP/h	SAE faixa (Kg O ₂ /HP/h)
Aeradores de Pã	24	2,5 a 23,2	1,64	0,8 a 2,2
Propulsor de ar	11	0,1 a 24,4	1,19	1,0 a 1,3
Bombas verticais	15	0,3 a 10,9	1,04	0,5 a 1,3
Bombas aspersoras	3	11,9 a 14,5	0,97	0,7 a 1,4
Ar difuso	5	0,6 a 3,9	0,67	0,5 a 0,9

Fonte: Boyd e Ahmed (1987, apud Kubtza 2014).

aquicultura intensiva fornecem oportunidades para reduzir o uso da água e melhorar a gestão de resíduos e reciclagem de nutrientes, tornando a produção de peixes compatível com a sustentabilidade ambiental (MARTINS et al., 2010).

Scaglione et al. (2017) consideram que a aquaponia apresenta várias vantagens sobre os sistemas de produção de alimentos, dentre elas: reutilização da água - por ser um sistema fechado onde o tratamento físico, químico e biológico permite o reuso da água; espaço e eficiência na produção - a tecnificação na aquaponia permite o cultivo de grandes quantidades em pequena área; sustentabilidade ecológica - produz vegetais com valor agregado, pois podem ser considerados orgânicos e elimina o uso de compostos químicos, pesticidas e fertilizantes, contribuindo com a eficiência no uso de nutrientes, na sanidade e segurança alimentar; e é mais eficiente que pisciculturas convencionais - promove maior qualidade nos produtos finais (peixes e vegetais), menor impacto ambiental e otimização de recursos como mão de obra, espaço físico e água.

Porém, Carneiro et al. (2015) consideram como desvantagens do sistema: dependência contínua de energia elétrica, restrições quanto à utilização de agrotóxicos e antibióticos, em função dos diferentes seres vivos envolvidos no sistema; pouca tecnologia difundida no Brasil; necessidade de conhecimento básico em algumas áreas-chave como engenharia, hidráulica, biologia, fitotecnia e piscicultura.

Os principais componentes de uma aquaponia são o tanque aquícola e a bancada ou estrutura

hidropônica, além dos elementos secundários para o funcionamento do sistema, como filtros mecânicos (responsáveis por retirar os sólidos particulados oriundos da excreção dos organismos aquáticos ou restos de alimentos não ingeridos) e filtros biológicos (que viabilizam a nitrificação do sistema), além de aeradores e bombas de água (EMERENCIANO et al., 2015).

Para Hundley e Navarro (2013), em um sistema de aquaponia é necessária a realização de três processos complementares: o cultivo dos peixes no viveiro (onde há a entrada de nutrientes na forma de ração), a nitrificação das diferentes formas de apresentação do nitrogênio em filtros biológicos e mesas de hidroponia com a absorção de nutrientes pela parcela vegetal do sistema.

Na Figura 1 pode-se observar os componentes de um sistema básico de aquaponia, conforme Rackocy, Masser e Losordo, (2006), citados por Silva, Losekann e Hisano (2013).

Disposição ideal dos componentes do sistema aquapônico de recirculação de água. (RAKOCY; MASSER; LOSORDO, 2006, apud SILVA; LOSEKANN; HISANO, 2013)

RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA

As duas razões principais para manter o fluxo de água adequado dentro de um tanque de criação de peixes em aquaponia são: garantir o nível adequado de oxigênio dissolvido em todo volume de água do tanque e permitir a retirada contínua dos resíduos produzidos pelos peixes. Sistemas aquapônicos de pequeno porte normalmente são estocados

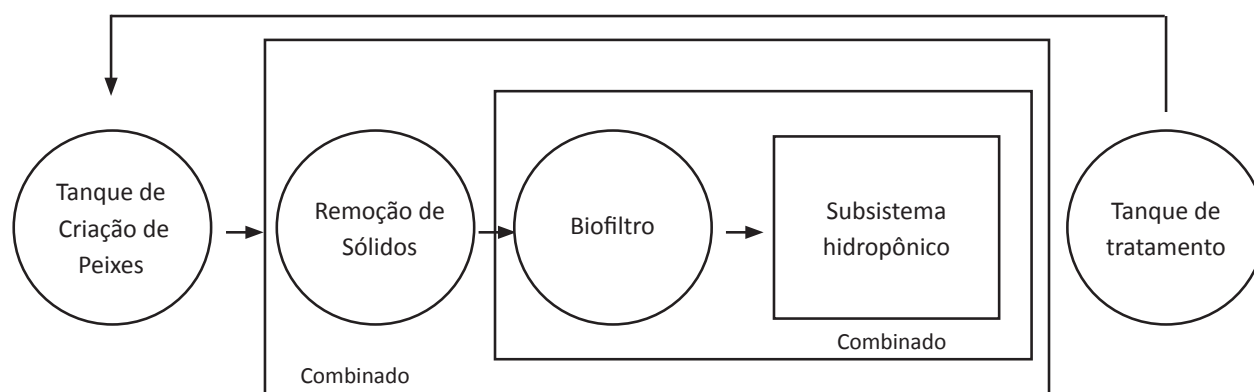


Figura 1. Disposição ideal dos componentes do sistema aquapônico de recirculação de água. (RAKOCY; MASSER; LOSORDO, 2006, apud SILVA; LOSEKANN; HISANO, 2013)

com densidades de peixes inferiores a 15 kg/m^3 , enquanto em sistemas comerciais de produção de peixes em recirculação são observadas normalmente densidades de estocagem acima de 50 kg/m^3 . Porém, para que sistemas aquapônicos possam utilizar densidades tão elevadas, é de fundamental importância que os tanques de criação respeitem alguns critérios. O fluxo de água que deve passar pelo tanque de criação é um aspecto muito importante e deve levar em conta fatores como a velocidade da água e a taxa de renovação. A velocidade da água não deve ser tão rápida a ponto de exigir esforço natatório demasiado dos peixes e conseqüentemente causar prejuízos a seu crescimento e bem-estar. Por outro lado, a velocidade da água precisa ser tal que possa auxiliar na retirada dos resíduos sólidos produzidos pelos peixes e evitar seu acúmulo dentro do tanque. A taxa de renovação de todo o volume dos tanques deve ser de pelo menos uma vez a cada duas horas e, caso a densidade seja elevada, acima de 10 kg/m^3 , uma vez por hora (CARNEIRO et al., 2015).

Tyson, Treadwell e Simonne, (2011) consideram que as bactérias nitrificantes juntamente com as plantas que estão sendo cultivadas desempenham papel importante na filtragem biológica da água, garantindo a condição adequada para o desenvolvimento normal dos peixes, já que ocorre a transformação de substâncias tóxicas produzidas pelos peixes em nutrientes assimiláveis pelas plantas.

PRODUÇÃO VEGETAL

O uso de hortaliças e variedades vegetais adaptadas à hidroponia é sempre recomendado para a aquaponia, uma vez que toleram altos teores de água em suas raízes, significativas variações nos teores de nutrientes dissolvidos na solução nutritiva, sem apresentar sintomas de deficiência nutricional, apresentando crescimento ótimo com o pH entre 5,8 e 6,2. O volume de água necessário para abastecer um sistema de aquaponia é baixo, se comparado aos sistemas tradicionais de olericultura e aquicultura, que necessitam de irrigação e renovação constante de água (SOARES et al., 2015).

Lennard e Leonard (2006) citam que são três os tipos de ambientes mais utilizados para o cultivo de vegetais em aquaponia: 1) argila expandida, pedra brita ou outro substrato com alta relação superfície: volume (*media-filled bed* ou *gravel bed*); 2) canaleta ou NFT (*Nutrient Film Technique*); e 3) flutuante (*float* ou *raft*).

Carneiro et al. (2015) relatam que no sistema *gravel bed* o mesmo substrato que dá suporte aos vegetais é colonizado por bactérias nitrificantes, ou seja, esse ambiente também funciona como filtro biológico. Por essa razão, a relação superfície: volume do substrato a ser utilizado deve ser alta para permitir o desenvolvimento adequado de muitas colônias de bactérias e, com isso, aumentar a eficiência do processo de nitrificação da amônia produzida pelos peixes.

Ainda segundo Carneiro et al. (2015), o sistema de canaletas ou NFT (Nutrient Film Technique) é o método utilizado mundialmente na produção de vegetais hidropônicos. Neste método, as raízes das plantas são alojadas em canaletas sendo parcialmente embebidas pela água que traz os nutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas. Trata-se do sistema mais indicado para as plantas classificadas como folhosas (alface, rúcula, ervas aromáticas, dentre outras), pela praticidade de colheita e comercialização. Esses autores consideram que nesse sistema as raízes das plantas estão sempre limpas, diferentemente do sistema descrito anteriormente, e não há a necessidade de lavagem após a colheita, o que diminui gastos com mão de obra e agrada o consumidor final.

Já no sistema flutuante ou *raft*, o ambiente é geralmente caracterizado por canais longos (dezenas de metros), estreitos (0,5-1,5 m) e rasos (0,2-0,4 m). Esses canais são usualmente construídos ao nível do solo e é por onde flui a água que vem dos tanques de criação dos peixes. Neste sistema, normalmente utilizado para produção de folhosas, as plantas são apoiadas em placas de poliestireno contendo orifícios espaçados entre si de acordo com as necessidades de crescimento de cada espécie. As raízes ficam submersas o tempo todo, portanto a fonte de aeração deve estar presente e distribuída ao longo de todo canal para manter alto e homogêneo o nível de oxigênio dissolvido na água (CARNEIRO et al., 2015).

Segundo Rakocy (1997), uma forma de quantificar a produção de hortaliças está baseada na quantidade de ração ofertada diariamente aos peixes, sendo a proporção de 60 a 100 gramas de ração de peixe/dia para cada metro de área de produção vegetal. Nesse caso, 60g/dia deve ser considerado para o cultivo de um metro quadrado de vegetais menos exigentes, como a alface e outras folhosas. Plantas mais exigentes, como tomateiros, necessitam de concentração maior de nutrientes na água do sistema, o que poderia ser alcançado com uma biomassa de peixes que demandasse 100 g de ração/dia/m².

Nelson (2007) sugere um dimensionamento entre peixes e plantas baseado na proporção das biomassas

produzidas, ou seja, para cada 1 kg de peixe estima-se que possam ser produzidos 7 kg de vegetais.

CULTIVO COM BIOFLOCOS

O sistema BFT (*Biofloc Technology System*), também conhecido como ZEAH (*Zero Exchange, Aerobic, Heterotrophic culture systems*), é um sistema de cultivo superintensivo, em que a forte aeração e a troca zero de água permitem a formação de macro agregados (flocos microbianos), constituídos basicamente por bactérias, protozoários, microalgas, metazoários, exoesqueletos, fezes, restos de organismos mortos, entre outros, predominando uma biota aeróbica e heterotrófica (SCHRYVER et al., 2008).

O sistema permite a utilização de elevadas densidades de estocagem na produção de organismos aquáticos, principalmente porque a assimilação e remoção dos compostos nitrogenados (amônia, nitrito e nitrato) é realizada com auxílio da biomassa microbiana formada no próprio ambiente de cultivo. Esta remoção pode ser realizada pelas bactérias heterotróficas, que transformam a amônia para biomassa microbiana, por meio das conversões realizadas pelas bactérias autotróficas, de amônia para nitrato, ou pela assimilação fotoautotrófica das microalgas (EBELING; TIMMONS; BISOGNI, 2006).

Segundo Lara et al. (2015), esses micro-organismos também servem como fonte suplementar de alimento, reduzindo o custo com ração, com consequente redução na conversão alimentar.

A formação do floco ou agregado microbiano ocorre a partir do acúmulo de matéria orgânica e da disponibilidade de oxigênio no sistema de produção, quando este é realizado em viveiros ou tanques revestidos com material impermeável sem renovação de água. Wasielesky et al. (2006) consideram que a limitada ou nenhuma renovação de água para o cultivo torna necessário o revestimento dos viveiros ou tanques com material impermeável, proporcionando um acúmulo de sólidos e matéria orgânica derivada do alimento ofertado e da produtividade natural.

No início do cultivo, a água clara cria a oportunidade para a proliferação de organismos fotoautotróficos. Os nutrientes presentes na água e a disponibilidade de luz para os processos fotossintéticos propiciam a dominância das microalgas nos primeiros dias do cultivo. À medida que a concentração da amônia vai aumentando, aumenta também a concentração das bactérias heterotróficas, beneficiadas pela sua maior capacidade de assimilação de nitrogênio amoniacal. Do resultado da ação dessas bactérias sobre a amônia observa-se o aumento da concentração de nitrito, um composto tóxico para os animais. Níveis crescentes de nitrito, por sua vez, estimulam a presença de bactérias nitrificantes que oxidam o nitrito transformando-o em nitrato, uma substância bem menos tóxica para os camarões confinados (GAONA et al., 2013).

Segundo Crab et al. (2007), a tecnologia de cultivo fechado com bioflocos proporciona um método sustentável de manutenção de qualidade de água, além da produção de fonte proteica de alimento. Os autores consideram que sistemas de tratamento de efluentes que mantêm a qualidade da água reciclam nutrientes e produzem alimento *in situ*, possuem conceitos mais sustentáveis quando comparadas com outras técnicas de cultivo, dentre elas, o sistema semi-intensivo tradicional.

Apesar de o sistema fornecer vantagens na produção aquícola, é necessário certo nível de controle sobre a concentração do biofoco para melhorar o desempenho zootécnico dos animais (RAY et al., 2010).

RELAÇÃO C/N

Avnimelech (1999) relata que a manutenção da relação carbono-nitrogênio (C:N) no sistema interfere na população bacteriana. A adição de carbono, usualmente na forma de melão (resíduo da fabricação de açúcar), favorece o crescimento de bactérias heterotróficas que imobilizam a amônia do meio, assimilando-a em sua biomassa.

Deve-se assegurar uma relação C/N próxima a 20:1. Essa relação depende dos níveis de proteína da ração utilizada. Segundo Kubitza (2011), uma ração

com 16% de proteína possui relação C/N próxima a 20:1, porém as rações utilizadas para crescimento de camarões contêm níveis de proteína acima de 30%, ou seja, com relação C/N menor que 11:1. Dessa forma, é necessária a adição de uma fonte extra de carbono no sistema (açúcar, melão, farinhas de trigo, fubá, mandioca, entre outras). Essa adição é realizada com base na concentração de nitrogênio na água dos tanques.

Diferentes fontes de carbono orgânico já foram utilizadas em cultivo heterotrófico com resultados satisfatórios, como o melão estudado por Silva et al. (2009) e por Burford et al. (2004), que alcançaram excelentes índices zootécnicos com essa mesma fonte de carboidratos. A fertilização com uma fonte rica em carbono orgânico (melão de cana), em viveiros de cultivo intensivo sem renovação de água do camarão *L. vannamei*, segundo Fróes et al. (2012), promove melhor desempenho zootécnico quando comparado a camarões cultivados sem adição de carbono orgânico.

Gandini (2013), testando fontes de carbono para a formação de bioflocos em cultivo de camarão branco, *Litopenaeus vannamei*, concluiu que o resíduo de cervejaria pode ser largamente utilizado como fonte de carboidrato para os sistemas sem renovação de água, assim como o melão. A autora considera que a vantagem da utilização do resíduo de cervejaria para o produtor seria a diminuição dos custos, por ser um produto barato e de fácil obtenção, geralmente descartado pela indústria cervejeira. Em relação à qualidade nutricional dos flocos, Gandini (2013) constatou maiores valores para o conteúdo proteico do meio de cultivo que utilizou o resíduo de cervejaria como composto orgânico, comparado com o melão e farinha de mandioca.

Vilani (2011), estudando o farelo de arroz como fonte de carbono em sistema de bioflocos para camarão marinho, verificou que é possível utilizar o farelo de arroz como fertilizante inicial da água, já que o metabolismo microbiano observado durante o período de fertilização, bem como durante o cultivo, demonstrou padrões similares quando comparado ao uso de melão e ração como fertilizante.

Hargreaves (2006) considera que a adição de matéria orgânica como um controle de amônia é um método que aumenta a demanda por oxigênio. Desta forma, os custos da produção também aumentam, já que se deve elevar a aeração do sistema para não prejudicar a concentração de oxigênio disponível.

EFICIÊNCIA NA ALIMENTAÇÃO

Godoy (2008) relata que um fator de grande importância nos sistemas ZEAH é a utilização de menor teor de proteína bruta nas rações, sendo esta suprida, em parte, pela produção natural associada à formação dos flocos microbianos e ao incremento na produtividade primária. Isso resulta na redução dos custos de alimentação, além do menor impacto ambiental, devido à redução do aporte de nitrogênio e do consumo do componente “farinha de peixe” na dieta, pois trata-se de um dos ingredientes mais caros na fabricação de rações.

Em um cultivo em escala comercial com juvenis de tilápias em sistema de bioflocos, Kubitzka (2011) obteve conversão alimentar de 0,98, valor considerado excelente para esta fase, verificado graças à restrição na oferta de ração e disponibilidade de bioflocos no sistema. Porém, Azim e Little (2008), estudando o desempenho de tilápias do Nilo em sistema de bioflocos, não verificaram diferença no ganho de peso dos peixes alimentados com ração de 35% e 24% de PB, mas ambas obtiveram um ganho superior do que o sistema controle (sem bioflocos) com 35% de PB. Pérez-Fuentes, Pérez-Rostro e Hernández-Vergara (2013) compararam o sistema de cultivo tradicional e em bioflocos no desempenho de juvenis de camarão *M. rosenbergii* e concluíram que o sistema de bioflocos contribui para o uso sustentável da água e melhoria da qualidade nutricional dos camarões. Prajith (2011), estudando o desempenho deste mesmo camarão em sistema de bioflocos, concluiu que a redução do teor proteico da ração de 32% para 24% reduz o custo de produção, e o decréscimo da proteína é compensado pelo incremento da proteína microbiana. O autor verificou também que os metabólitos nitrogenados do sistema foram reduzidos pelo metabolismo

bacteriano e considera que o sistema de tecnologia de bioflocos é uma tecnologia do futuro para aumentar a sustentabilidade ecológica e ambiental da carcinicultura.

QUALIDADE DA ÁGUA

O consumo de oxigênio pelos camarões quando em altas densidades, juntamente com os micro-organismos, é mais elevado no sistema de cultivo BFT, sendo necessária a utilização de aeração constante nos viveiros. Para comportar a respiração na coluna da água pelos organismos de cultivo, micro-organismos aeróbicos e decomposição da matéria orgânica, o sistema exige forte aeração para manutenção dos níveis de oxigênio dissolvido e o material particulado em suspensão (AVNIMELECH, et al. 2007; SCHRYVER et al., 2008).

O segundo fator limitante, depois do oxigênio, nos sistemas de bioflocos é a quantidade de sólidos em suspensão (EBELING; TIMMONS; BISOGNI, 2006). Os autores consideram que, dependendo do manejo adotado e das densidades de cultivo, pode ser necessária a remoção do excesso de sólidos.

Em um sistema BFT, se o número de organismos heterotróficos exceder o número de micro-organismos fotoautotróficos, a produção de CO₂ também excederá a produção de oxigênio dissolvido. Isso pode acumular CO₂ e reduzir os níveis de pH da água da cultura (VINATEA et al., 2010). A aeração deve ser bastante eficiente, pois conforme relatado por Furtado, Poersch e Wasielesky, (2014), sob condições de falha no sistema de aeração ou falha de energia, as concentrações de oxigênio dissolvido diminuem rapidamente; as concentrações de CO₂ aumentam e a água é acidificada.

Ao longo do cultivo de *L. vannamei* em sistema BFT, verifica-se a ocorrência de declínio dos níveis de alcalinidade e pH, incremento dos níveis de sólidos suspensos totais e também um aumento das concentrações de dióxido de carbono dissolvido. Essas reduções do pH e alcalinidade ocorrem devido ao consumo da alcalinidade pelas bactérias heterotróficas e nitrificantes que formam os bioflocos

(FURTADO; POERSCH; WASIELESKY, 2011). A alcalinidade em sistema de bioflocos, segundo Ebeling, Timmons, Bisogni (2006), deve ser mantida entre 100-150 mg CaCO₃/L, pois baixa alcalinidade pode levar a uma queda de pH e conseqüentemente comprometer o crescimento dos organismos cultivados.

Kubitza (2011) constatou, em ensaio comercial de produção de tilápias com bioflocos, que o custo de energia representou 15% do custo total de produção. Ele considerou que, apesar do uso de energia parecer muito intenso no sistema de bioflocos, este acaba sendo diluído pela maior produtividade, podendo ser ainda minimizado através de um design mais adequado dos tanques de criação, de forma a reduzir a potência de aeração necessária para uma eficiente circulação de água e manutenção dos resíduos orgânicos em suspensão.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produção de pescado vem aumentando nos últimos anos, o que aumenta o interesse pela busca de novas tecnologias de produção, sendo que o sistema fechado de aquicultura apresenta um importante papel no desenvolvimento do setor.

O modelo de produção em recirculação permitirá aumento de produção, uso racional dos recursos naturais, podendo, em pouco tempo, ocorrer uma popularização dos sistemas de recirculação, principalmente devido às elevadas taxas de produtividade.

A aquaponia se constitui como alternativa de produção de alimentos saudáveis, de forma sustentável e economicamente viável.

Quanto ao sistema de cultivo com bioflocos, uma decisão importante é a escolha da fonte de carbono orgânico a ser utilizada e, para isso, devem ser considerados os produtos com baixo valor econômico, como resíduos de produção industrial e com boa disponibilidade na região.

A presença de flocos no ambiente de cultivo com bioflocos permite a redução dos níveis de proteína bruta nas rações, possibilitando diminuição nos custos de produção.

Conclui-se, portanto, que a utilização de novas técnicas para a manutenção da qualidade da água e sustentabilidade dos recursos hídricos, aliada à rentabilidade do cultivo por meio de maiores densidades de estocagem e maior eficiência na alimentação, é primordial para proporcionar uma aquicultura ambientalmente correta e economicamente viável.

REFERÊNCIAS

- ANUÁRIO Brasileiro da Pesca e Aquicultura, 1. 2014. **Associação Cultural e Educacional Brasil – ACEB**. Disponível em: <http://formsus.datasus.gov.br/novoimgarq/16061/2489520_218117.pdf> Acesso em: 18 abr. 2018.
- ARANA, L. A. **Princípios químicos de qualidade de água em aquicultura: uma revisão para peixes e camarões**. Ed. Florianópolis: UFSC, 1997.
- AVNIMELECH, Y. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. **Aquaculture**. v.176, p.227-235, 1999.
- AVNIMELECH Y. et al. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. **Aquaculture**, v.264, p.140-147, 2007.
- AZIM, M. E.; LITTLE, D. C. The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: Water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v. 283, p. 29-35, 2008.
- BRAZ FILHO, M. dos S. P. **Qualidade na Produção de Peixes em Sistema de Recirculação de Água**. 2000. 42f. (Monografia Pós-Graduação em Qualidade nas Empresas). CENTRO Universitário Nove de Julho. São Paulo, 2000
- BREGBALLE, J. et al. **A guide to recirculation aquaculture: an introduction to the new environmentally friendly and highly productive closed fish farming systems**. FAO/ EUROFISH – Roma, p.100, 2015.
- BURFORD, M. A. et al. Nutrient and microbial dynamics in high-intensity, zero-exchange shrimp ponds in Belize. **Aquaculture**. v.219, p.393-411, 2003.
- BURFORD, M. A. et al. The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus vannamei*) nutrition in a high-intensive, zero-exchange system. **Aquaculture**. v. 232, p.525-537, 2004.
- CARNEIRO, P. C. F. et al. Aquaponia: produção sustentável de peixes e vegetais. In: TAVARES- DIAS, M.; MARIANO, W.S. (Org.). **Aquicultura no Brasil: novas perspectivas**. São Carlos, Editora Pedro & João, p. 683-706, 2015.
- CAVALLI, R. O.; FERREIRA, J. F. O futuro da pesca e da aquicultura marinha no Brasil: a maricultura. **Ciência e Cultura**. v.62, n.3, p.38-39, 2010.

- CRAB R. et al. Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. **Aquaculture**. V; 270, p. 1-14, 2007.
- DANTAS, D. P. et al. **Manual básico de carcinicultura: Criação do camarão-da-malásia**. Grupo de trabalho de camarão da Água Doce (CTCAD): Jaboticabal, 2017.
- 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. 257:346-358, 2006.
- EMERENCIANO, M. G. C. et al. Aquaponia: uma alternativa de diversificação na aquicultura. **Panorama da aquicultura**. v. 25. N. 147, jan/fev. 2015.
- ESTADO lidera produção de camarão em cativeiro. 2015. **A Tribuna**. Vitória, ES. 03 de janeiro de 2015.
- FAO - Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura. **The state of the world fisheries and aquaculture**. Rome, 2009.. Disponível em: <<http://www.fao.org>> Acesso em 12 mar. 2016.
- FRÓES, C.N. et al. Fertilização orgânica com carbono no cultivo intensivo em viveiros com sistema de bioflocos do camarão branco *Litopenaeus vannamei*. **Atlântica (Rio Grande)**, v. 34, n. 1, p. 31-39, 2012.
- FURTADO, P. S.; POERSCH, L. H.; WASIELESKY, W. Jr. Effect of calcium hydroxide, carbonate and sodium bicarbonate on water quality and zootechnical performance of Shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in Bio-Flocs Technology (BFT) Systems. **Aquaculture**. v. 321: 130-135, 2011.
- GANDINI, F. A. **Avaliação do resíduo de cervejaria e outras fontes de carboidratos para o sistema de bioflocos e o crescimento do camarão branco, *Litopenaeus vannamei***. 2013. 38 f. Dissertação (Mestre em Ciências). Programa de Pós Graduação em Zootecnia. Seropédica, 28 de fevereiro de 2013.
- GAONA, C. A. et al. - Sistema De Bioflocos A Importância E Manejo Dos Sólidos Suspensos – **Panorama da Aquicultura**. 2013. Disponível em: <http://www.panoramadaaquicultura.com.br/novosite/?p=1775> Acesso em: jun 2018.
- GODOY, L. C. de. **Desempenho do camarão-branco (*Litopenaeus vannamei*) cultivado em meio de diatomáceas ou flocos microbianos com mínima troca de água**. 2008. 66 f. Dissertação (Mestrado em aquicultura). Programa de Pós-Graduação em Aquicultura da Universidade Federal do Rio Grande. Rio Grande, 2008.
- GUTIERREZ-WING, M. T.; MALONE, R. F. Biological filters in aquacultures; trends and research directions for freshwater and marine applications. **Aquaculture**, v. 34, p. 163-171, 2006.
- HARGREAVES, J. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. **Aquacultural Engineering**, v. 34, p. 344-363, 2006.
- HUNDLEY, G. C.; NAVARRO, R. D. Aquaponia: a integração entre piscicultura e a hidroponia. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v.3, n.2., p.52-61, Dezembro, 2013
- HUNDLEY, G.C. et al. Aproveitamento do efluente da produção de tilápia do Nilo para o crescimento de manjerona (*Origanum majorana*) e manjerição (*Origanum basilicum*) em sistemas de Aquaponia. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.3, p.51-55, 2013.
- KRUMMENAUER, G. D. et al. Sistema de bioflocos: é possível utilizar água por diversos ciclos? **Panorama da Aquicultura**. 2013. Disponível em: <http://www.panoramadaaquicultura.com.br/novosite/?p=1540>. Acesso em: jun 2018
- KUBTIZA, F. Sistemas de recirculação: Sistemas fechados com tratamento e reuso de água. **Panorama da Aquicultura**, vol. 16, nº 95. 2006.
- KUBITZA, F. Criação de tilápias em sistema com bioflocos sem recirculação de água. **Panorama da Aquicultura**. v. 21, n. 125. p. 15-23. Maio/junho 2011.
- KUBITZA, F. **Fundamentos da piscicultura em sistemas de recirculação** – Cursos avançados em piscicultura. Jundiá – 2014.
- KUBITZA, F. A água na aquicultura – Parte 3: O impacto da amônia, do nitrito e do nitrato sobre o desempenho e a saúde dos peixes e camarões. **Panorama da Aquicultura**. v. 27, n. 164, 2017.
- LARA, G. et al. Sistema de bioflocos: processos de assimilação e remoção de nitrogênio. **Panorama da Aquicultura**. 2015. Disponível em: <<http://www.panoramadaaquicultura.com.br/novosite/?p=1881>> Acesso em: maio 2018
- LENNARD, W.A.; LEONARD, B.V.A comparison of three different hydroponic sub-systems (gravel bed, floating and nutrient film technique) in an Aquaponic test system. **Aquaculture International**, v.14, p. 539-550, 2006.
- MARTINS, C. I. M. et al. New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability. **Aquacultural Engineering** -The Foundation for Science and Technology, Portugal. v. 43, p. 83-93, 2010.
- MATEUS, J. Acuaponía: hidroponía y acuicultura, sistema integrado de producción de alimentos. **Red Hidroponía Boletín**, v.44, p.7-10, 2009.
- MUHLERT, A. C. S. et al. Indicadores numéricos como ferramenta para avaliação da sustentabilidade ecológica da carcinicultura marinha em Sergipe, Brasil. **Interciência**. v. 38, p. 615-620, 2013.
- NELSON, R. L. Ten aquaponic systems around the world. **Aquaponics Journal**, v.46, p.8-12, 2007.
- OLIVEIRA, P. N. **Engenharia para aquicultura**, Pedro Norberto de Oliveira: Fortaleza – 2013.
- OWATARI, M. S.; JESUS, G. F. A.; LAPA, K. R. **Mídias biológicas para sistemas de recirculação em aquicultura (RAS)**. 2017. Disponível em:< <http://www.aquaculturebrasil.com.br>

com/2017/01/16/midias-biologicas-para-sistemas-de-recirculacao-em-aquicultura-ras/#. >Acesso em: 22 jun 2018.

PÉREZ- FUENTES J. A.; PÉREZ-ROSTRO, C. I.; HERNÁNDEZ-VERGARA, M. P. Pond-reared Malaysian prawn *Macrobrachium rosenbergii* with the biofloc system. **Aquaculture**, v. 400-401, p.105-110, 2013.

PRAJITH K. K. **Application of biofloc technology (BFT) in the nursery rearing and farming of giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (de man)**. 2011. 226 f. Tese (Doctor of Philosophy in Aquaculture). School of Industrial Fisheries, Cochín University of Science and Technology, Kochi.

RAKOCY, J. E. Integrating tilapia culture with vegetable hydroponics in recirculating systems. In: COSTA-PIERCE, B.A.; RAKOCY, J.E. (Ed.). **Tilapia Aquaculture in the Americas**, Baton Rouge: World Aquaculture Society v. 1, p. 163-184, 1997.

RAKOCY, J. E.; MASSER, M. P.; LOSORDO, T. M. Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics—integrating fish and plant culture. **SRAC publication**, v. 454, p. 1-16, 2006.

RAY, A. J. et al. Suspended solids removal to improve shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production and an evaluation of a plant-based feed in minimal-exchange, superintensive culture systems. **Aquaculture**. v. 299, p. 89-98, 2010.

SCAGLIONE, M. C. et al. **Acuaponia, nueva tecnología de producción agropecuaria**. In: JORNADA DE DIFUSION DE LA INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN, V. Área temática Producción animal, 2017. Disponível em: < http://www.fcv.unLedu.ar/media/investigacion/JornadaFCV2017/fsccommand/PA_SCAGLIONE_C_ACUAPONIA.pdf> Acesso em: 12 jun 2018.

SCHRYVER P.D. et al. The basics of bioflocs technology: The added value for aquaculture. **Aquaculture**. v. 277, 125-137, 2008.

SECA severa encolhe cultivo de camarão da Malásia no ES. 2015. **A Gazeta**. Vitória, ES. 23 de novembro de 2015.

SILVA, U. L. et al. Efeito da adição do melaço na relação carbono/nitrogênio no cultivo de camarão *Litopenaeus vannamei* na fase berçário. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v. 31, n. 4, p. 337-343, 2009.

SILVA, M. S. G. M. e; LOSEKANN, M. E.; HISANO, H. **Aquicultura: manejo e aproveitamento de efluentes**. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, Documentos 95, 2013.

SOARES, E. C. et al. Peixe com salada: aquaponia possibilita o cultivo de peixes e alfaces sem agrotóxicos. **Panorama da Aquicultura**. v.148, p. 24-29, março/abril 2015.

TYSON, R V.; TREADWELL, D. D.; SIMONNE, E.H. Opportunities and challenges to sustainability in aquaponic systems. **HortTechnology**, v. 21, n. 1, p. 6-13, 2011.

VILANI, F. G. **Uso do farelo de arroz na fertilização da água em sistema de cultivo com bioflocos e seu efeito sobre o desempenho zootécnico de pós-larvas de *Litopenaeus vannamei***. Dissertação (Mestrado em aquicultura).

Programa de Pós-Graduação em Aquicultura. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2011.

VINATEA, L. et al. Photosynthesis, water respiration and growth performance of *Litopenaeus vannamei* in a super-intensive raceway culture with zero water exchange: interaction of water quality variables. **Aquacultural Engineering**, v. 42, n. 1, p. 17-24, 2010.

WASIELESKY, W. et al. Cultivos em meios com flocos microbianos: um novo caminho a ser percorrido. **Panorama da Aquicultura**, 2006. Disponível em: <<http://www.panoramadaaquicultura.com.br/paginas/Revistas/96/Flocosmicrobianos.asp>> Acesso em: 11 mar. 2016.