

Produção Integrada de Peixes e Vegetais em Aquaponia



ISSN 1678-1937

Outubro, 2015

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Tabuleiros Costeiros
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 189

Produção Integrada de Peixes e Vegetais em Aquaponia

Paulo César Falanghe Carneiro
Carlos Adriano Rocha Silva Morais
Maria Urbana Corrêa Nunes
Alexandre Nizio Maria
Rodrigo Yudi Fujimoto

Embrapa Tabuleiros Costeiros
Aracaju, SE
2015

Embrapa Tabuleiros Costeiros
Av. Beira Mar, 3250, CEP 49025-040, Aracaju, SE
Fone: (79) 4009-1300
Fax: (79) 4009-1369
www.embrapa.com.br
www.embrapa.br/fale-conosco

Comitê Local de Publicações

Comitê Local de Publicações da Embrapa Tabuleiros Costeiros

Presidente: *Marcelo Ferreira Fernandes*

Secretária-executiva: *Raquel Fernandes de Araújo Rodrigues*

Membros: *Ana Veruska Cruz da Silva Muniz, Carlos Alberto da Silva, Elio Cesar Guzzo, Hymerson Costa Azevedo, João Gomes da Costa, Josué Francisco da Silva Junior, Julio Roberto de Araujo Amorim, Viviane Talamini e Walane Maria Pereira de Mello Ivo*

Supervisão editorial: *Raquel Fernandes de Araújo Rodrigues*

Projeto gráfico e editoração eletrônica: *Arthur Henrique Costa Godofredo*

Figura da capa: *Vicente Henrique dos Santos Junior*

1ª Edição

On line (2015)

1ª impressão (2016) - 500 exemplares

Todos os direitos reservados.

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Tabuleiros Costeiros

Produção integrada de peixes e vegetais em aquaponia / Paulo César Falanghe Carneiro... [et. al.].- Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015.

27 p. Il. (Documentos / Embrapa Tabuleiros Costeiros, ISSN 1678-1937, 189).

1. Peixe. 2. Produção vegetal. 3. Alimento. I. Carneiro, Paulo César Falanghe. II. Morais, Carlos Adriano Rocha Silva. III. Nunes, Maria Urbana Corrêa. IV. Maria, Alexandre Nizio. V. Fujimoto, Rodrigo Yudi. VI. Título. VII. Séries.

CDD 639.31 (21. ed.)

©Embrapa 2015

Autores

Paulo César Falanghe Carneiro

Engenheiro-agrônomo, doutor em Zootecnia, pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE

Carlos Adriano Rocha Silva Morais

Engenheiro de Pesca, bolsista do Laboratório de Pesquisa em Aquaponia da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE

Maria Urbana Corrêa Nunes

Engenheira-agrônoma, doutora em Produção Vegetal, pesquisadora da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE

Alexandre Nizio Maria

Zootecnista, doutor em Zootecnia, pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE

Rodrigo Yudi Fujimoto

Zootecnista, doutor em Aquicultura, pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE

Apresentação

No cenário atual de escassez hídrica que assola nosso país, atingindo inclusive regiões onde a falta d'água nunca foi um problema, a busca por técnicas de produção agropecuária inovadoras é imprescindível para atender a demanda crescente por alimento e diminuir a velocidade de esgotamento de nossos recursos hídricos. Junto com o crescimento da população, eleva-se o consumo da água e a contaminação de nossos mananciais. Portanto, precisamos encontrar soluções ainda mais inovadoras para produção de alimentos com baixo consumo de água e que não gerem efluentes que contaminem nossos rios.

A aquaponia tem por princípio a produção de alimentos saudáveis com uma visão de respeito ao meio ambiente e atendimento às atuais demanda de um mercado consumidor mais consciente e exigente. É uma técnica de produção de alimentos que pode reduzir o consumo de água em até 90%, se comparada aos sistemas convencionais, e promover o reaproveitamento integral do efluente gerado dentro do próprio sistema.

Esta publicação traz uma síntese de informações gerais atualizadas sobre aquaponia, sistema de produção pouco conhecido no Brasil, e apresenta resultados preliminares de pesquisas desenvolvidas no Laboratório de Pesquisa em Aquaponia da Embrapa Tabuleiros Costeiros (LAPAq).

Manoel Moacir Costa Macêdo
Chefe-geral da Embrapa Tabuleiros

Sumário

Produção Integrada de Peixes e Vegetais em Aquaponia	9
Introdução	9
Princípios biológicos importantes	10
Componentes do sistema de aquaponia	14
Ambiente de criação dos peixes.....	14
Filtros de sólidos.....	15
Sistema de aeração.....	17
Ambientes de cultivo de vegetais	18
<i>Media-filled bed, gravel bed ou ambiente de cultivo em cascalho</i>	18
<i>DWC (deep water culture), floating, raft ou ambiente flutuante</i>	19
<i>NFT (nutrient film technique) ou ambiente de cultivo em canaletas</i>	20
<i>Wicking bed ou ambiente de cultivo em areia</i>	21
Peixes mais adequados para serem criados em aquaponia	23
Plantas mais adequadas para serem cultivadas em aquaponia	23
Relação entre as áreas de criação de peixes e de cultivo de vegetais	24
Perspectivas da aquaponia no Brasil e no mundo	25
Referências	26

Produção Integrada de Peixes e Vegetais em Aquaponia

Paulo César Falanghe Carneiro
Carlos Adriano Rocha Silva Morais
Maria Urbana Corrêa Nunes
Alexandre Nizio Maria
Rodrigo Yudi Fujimoto

Introdução

A palavra “aquaponia” é derivada da combinação entre “aquicultura” (produção de organismos aquáticos) e “hidroponia” (produção de plantas sem solo) e refere-se à integração entre a criação de organismos aquáticos, principalmente peixes, e o cultivo de vegetais hidropônicos. Apesar da aquicultura e da hidroponia serem práticas de produção de alimentos com estudos realizados há mais de cinquenta anos, as pesquisas em aquaponia somente começaram a apresentar seus resultados mais expressivos na última década (LENNARD; LEONARD, 2004; RAKOCY et al., 2006; TYSON, et al. 2008; ENDUT et al., 2010; ROOSTA; MOHSENIAN, 2012; LOVE et al., 2014; GODDEK et al., 2015). A literatura acadêmica brasileira ainda é pobre e incipiente sobre tema (HUNDLEY; NAVARRO, 2013; BRAZ FILHO, 2014; EMERENCIANO et al., 2015), sendo que apenas nos últimos anos pesquisadores de algumas universidades brasileiras e da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) iniciaram suas pesquisas.

Paralelamente às pesquisas realizadas durante a última década, em muitos países foi observado interesse crescente em aquaponia, tanto do ponto de vista comercial, onde já há registros das primeiras iniciativas de sucesso, quanto em pequena escala, ou residencial, também conhecido internacionalmente como “backyard aquaponics”, termo em inglês para “aquaponia de quintal” (BACKYARD AQUAPONICS, 2012). Em países como Austrália, Canadá e Estados Unidos, já são várias as empresas que fornecem equipamentos e consultoria especializada a quem quer produzir seus alimentos em sistemas

compactos de aquaponia instalados em suas próprias residências. Outra forma de utilização da aquaponia que está em ascensão em alguns países desenvolvidos, e que aos poucos vem chegando ao Brasil, está relacionada ao contexto educacional. Professores de diversas disciplinas, principalmente do ensino fundamental e médio, valem-se dos conceitos técnicos da aquaponia para melhorar o aprendizado de seus alunos. Em outras palavras, sistemas simples e compactos de aquaponia podem se tornar ferramentas de ensino muito eficientes para integrar temas tão distantes quanto biologia, sustentabilidade, física, química, matemática, economia e engenharia.

A Embrapa Tabuleiros Costeiros, em Aracaju, SE, implantou o Laboratório de Pesquisa em Aquaponia (LAPAq) no início de 2014, e está desenvolvendo e validando tanto sistemas compactos para a produção em nível familiar quanto sistemas modulares para produção em larga escala. Vários ensaios experimentais já foram realizados e muitos encontram-se em execução, tendo como foco a produção integrada de hortaliças dos grupos das folhosas (alface *Lactuca sativa*, manjeriço *Ocimum basilicum*, coentro *Coriandrum sativum* e rúcula *Eruca sativa*), das raízes (cenoura *Daucus carota*, rabanete *Raphanus sativus* e cebola *Allium cepa*) e dos legumes (tomate *Solanum lycopersicum*, pimentão *Capsicum annum*, pepino *Cucumis sativus* e quiabo *Abelmoschus esculentus*) com espécies de peixes nativas como o tambaqui *Colossoma macropomum* e exóticas como a tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus*. Resultados prévios desses trabalhos são muito animadores indicando a possibilidade de crescimento dos vegetais em patamares semelhantes ou superiores aos obtidos em cultivos hidropônicos. O mesmo vem sendo observado no crescimento dos peixes dentro dos vários sistemas de aquaponia em avaliação, sendo possível o alcance do peso comercial em período de tempo semelhante ao observado nos sistemas tradicionais, seja em viveiros escavados ou em tanques-rede.

Há grande expectativa de que essa técnica de produção de alimento se torne popular no Brasil num futuro próximo, a exemplo da sua rápida disseminação em outros países. Contudo, a aquaponia, seja para fins comerciais ou domésticos, envolve conhecimentos específicos para seu pleno funcionamento e o sucesso de sua aplicação requer a compreensão dos elementos biológicos envolvidos no sistema. Esta publicação traz, portanto, uma abordagem geral sobre os conceitos e princípios da aquaponia, informações básicas atualizadas, recomendações técnicas para seu funcionamento e algumas das várias

possibilidades de sistemas que podem ser utilizados. A informação contida neste documento tem como base a literatura especializada, observações dos autores e resultados de pesquisas conduzidas no LAPAQ financiadas pela Embrapa e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Princípios biológicos importantes

A aquaponia preconiza a reutilização total da água, evitando seu desperdício e diminuindo drasticamente, ou até eliminando, a liberação do efluente no meio ambiente. O volume de água necessário para um sistema de aquaponia é muito baixo se comparado aos sistemas tradicionais de agricultura e aquicultura. Uma vez abastecido e em funcionamento, um sistema de aquaponia pode ficar por tempo indefinido sem a necessidade de troca de água, sendo necessária somente a reposição da água perdida pela evaporação e pelas colheitas. Nesse sentido, a aquaponia é, inclusive, mais eficiente na utilização da água e geração de efluente que a própria hidroponia, que necessita constante renovação da solução hidropônica de nutrientes.

O fornecimento de ração aos peixes é a entrada de insumo mais importante num sistema aquapônico. Os peixes se alimentam da ração e produzem excretas que são convertidas nos nutrientes que, posteriormente, serão absorvidos pelas plantas. Na aquaponia, há um fluxo contínuo de nutrientes entre diferentes organismos vivos que estão relacionados por meio de ciclos biológicos naturais, notadamente a nitrificação promovida por bactérias. Bactérias nitrificantes dos gêneros nitrosomonas e nitrobacter são responsáveis pela conversão da amônia (NH_3) em nitrito (NO_2^-) e este em nitrato (NO_3^-), transformando substâncias tóxicas produzidas pelos peixes em nutrientes assimiláveis pelas plantas. Ao consumir esses nutrientes as plantas, juntamente com as bactérias, desempenham papel importante na filtragem biológica da água, garantindo sua condição adequada para o desenvolvimento normal dos peixes (Figura 1).

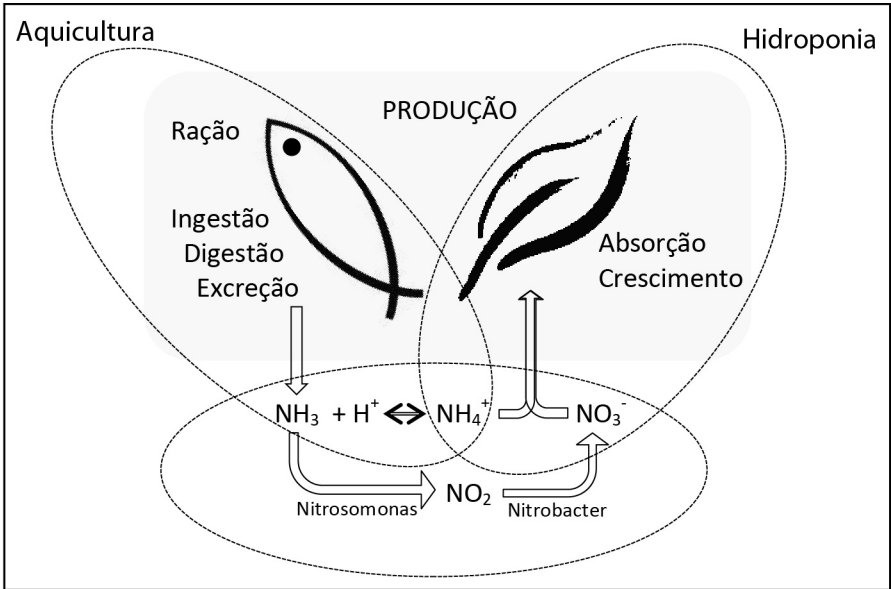


Figura 1. Interação entre os componentes biológicos de um sistema aquapônico.

Como o nitrogênio é o nutriente requerido pelas plantas em maior quantidade e o nitrato é a forma preferida de absorção, a compreensão e o manejo adequado das colônias de bactérias é de fundamental importância na aquaponia. O surgimento dessas bactérias num sistema de aquaponia se dá de forma natural num ambiente chamado de filtro biológico, porém pode ser estimulado pela introdução de água trazida de outro local onde é conhecida sua presença. Geralmente são necessários 20 a 40 dias após a introdução dos peixes para que um sistema aquapônico apresente seu ciclo de nitrificação em equilíbrio e seja possível o início da introdução das plantas (Figura 2).

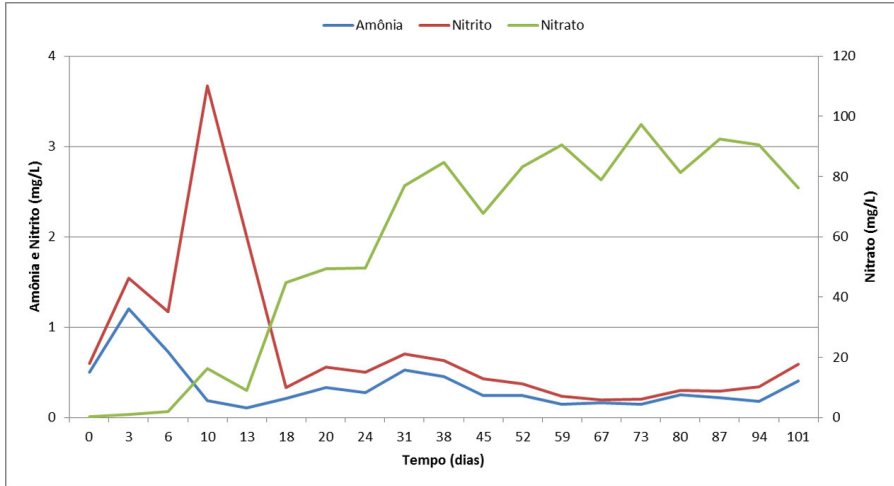


Figura 2. Perfil dos níveis de amônia, nitrito e nitrato num sistema de aquaponia ilustrando o período de tempo entre seu início de funcionamento com a introdução dos peixes (dia 0) e o equilíbrio do sistema a partir de aproximadamente 30 dias.

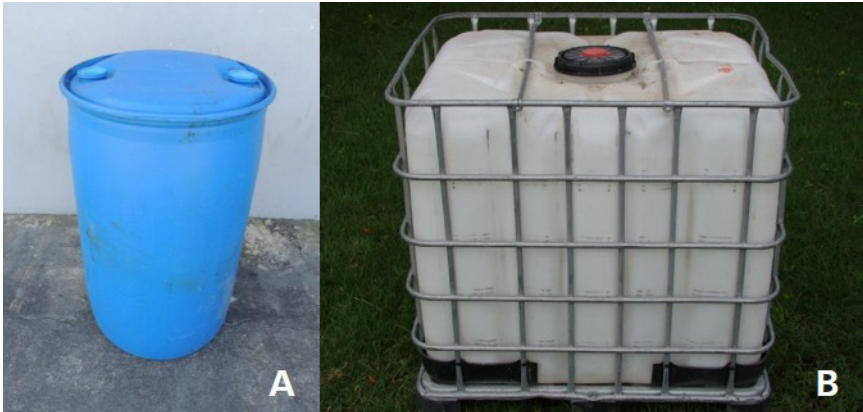
O pH é um dos pontos mais críticos e que requer muita atenção dentro de um sistema de aquaponia. Pelo fato da aquaponia envolver num mesmo corpo d'água três organismos muito distintos (peixes, plantas e bactérias) é de fundamental importância conhecer as necessidades de cada um deles para que o pH da água seja mantido numa faixa que atenda a todos satisfatoriamente. As bactérias nitrificantes são predominantemente aeróbicas e têm o pH ótimo no intervalo entre 7,0 e 8,0. Por outro lado, a maioria das plantas cultivadas em hidroponia cresce melhor em pH entre 5,5 e 6,5. Já para a maioria das espécies peixes de água doce de interesse econômico e que podem ser utilizados num sistema aquapônico, o pH ideal encontra-se entre 7,0 e 9,0. Com isso, recomenda-se que o pH da água seja mantido entre 6,5 e 7,0 para atender satisfatoriamente a todos os componentes biológicos presentes num sistema aquapônico. Vale ressaltar que após a colonização do filtro biológico pelas bactérias e o estabelecimento do equilíbrio de um sistema aquapônico é normal observar contínua tendência de redução dos valores de pH. Essa observação é importante pois indica o bom funcionamento do filtro biológico. Por outro lado, faz-se necessária a contínua correção do pH para atender às necessidades dos três componentes biológicos envolvidos. Dentre as opções de substâncias tamponantes que podem ser utilizadas para a correção e estabilização do pH em aquaponia, aquelas à base de potássio (K) e cálcio

(Ca) são as mais indicadas uma vez que se trata de nutrientes normalmente presentes em sistemas de aquaponia em quantidades inferiores às exigidas por muitos vegetais. Portanto, adições periódicas de substâncias como hidróxido de potássio KOH, bicarbonato de potássio KHCO_3 , hidróxido de cálcio Ca(OH)_2 e calcário dolomítico $\text{CaMg(CO}_3)_2$ num sistema de aquaponia pode ser uma constante, não apenas para o tamponamento e ajuste do pH da água como também para a suplementação de nutrientes importantes ao adequado desenvolvimento das plantas. A adição de KOH ou de Ca(OH)_2 deve ser feita com cautela e observando a resposta dos valores de pH da água, pois estas substâncias podem aumentar o pH rapidamente. Já o KHCO_3 e $\text{CaMg(CO}_3)_2$ fornecem carbonatos que contribuem para elevar a alcalinidade e, com isso, garantir maior estabilidade e menores oscilações nos valores do pH da água do sistema.

Componentes do sistema de aquaponia

Ambiente de criação dos peixes

O ambiente de criação dos peixes dentro de um sistema aquapônico é geralmente representado por um ou vários tanques nos mais diversos formatos e volumes, podendo variar de poucos litros a vários metros cúbicos e ser feito de vários tipos de materiais, desde que sejam resistentes e duráveis. Como se trata de um ambiente para a produção de alimentos, é muito importante também que sejam utilizados materiais que não liberem substâncias tóxicas na água. Em sistemas aquapônicos de pequeno porte, nos quais são utilizadas densidades de estocagem de peixes inferiores a 10 kg/m^3 são utilizados tanques ou caixas entre 100 L e 1.000 L, sendo muito comum o uso de toneis de 200 L e containers tipo IBC (*intermediate bulk container*) de 1.000 L (Figura 3).



Fotos: Paulo Sérgio Santos da Mota

Figura 3. Tonel de 200 L (A) e container tipo IBC (*intermediate bulk container* - B) de 1.000 L utilizados na criação de peixes em sistemas aquapônicos de pequeno porte.

O fluxo de água que passa pelo tanque de criação de peixes 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 dentro do tanque não pode 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 precisar ser tal que possa auxiliar na retirada dos dejetos produzidos pelos peixes e evitar seu acúmulo dentro do tanque. A taxa de renovação está relacionada positivamente à densidade de estocagem dos peixes criados dentro do tanque, devendo ser de pelo menos metade do volume do tanque a cada hora para densidades de até 10 kg/m^3 . Para densidades maiores, a taxa de renovação deve ser de pelo menos uma troca total por hora, ou seja, para um tanque de 500 L com mais de 5 kg de peixes deve ser utilizada uma bomba que garanta vazão de pelo menos 500 L/hora.

Filtros de sólidos

Sistemas aquapônicos com baixa biomassa de peixes, abaixo de 5 kg/m^3 , produzem poucos resíduos sólidos. Estes, por sua vez, são normalmente capturados e degradados dentro do próprio filtro biológico. Entretanto, o emprego de densidades mais elevadas, principalmente acima de 10 kg/m^3 , exige o uso de artifícios que permitam a retirada constante dos resíduos sólidos. Resíduos mais densos podem ser separados por algum aparato de filtração que promova sua sedimentação. São várias as opções de filtros decantadores que podem ser utilizados na aquaponia, sendo o mais eficiente aquele com fundo cônico, onde os resíduos se sedimentam e podem ser

retirados por meio de uma válvula instalada na sua base. Também é possível a construção de um decantador simples e barato com o uso de um tonel de 150 L a 200 L, como ilustra a Figura 4. Outra categoria de resíduos sólidos, conhecida como sólidos em suspensão, não é retida pelos filtros decantadores e necessita ser retirada do sistema por meio de um filtro de telas ou peneiras finas. É importante ressaltar que essas telas devem ser vistoriadas e limpas periodicamente para evitar entupimento.

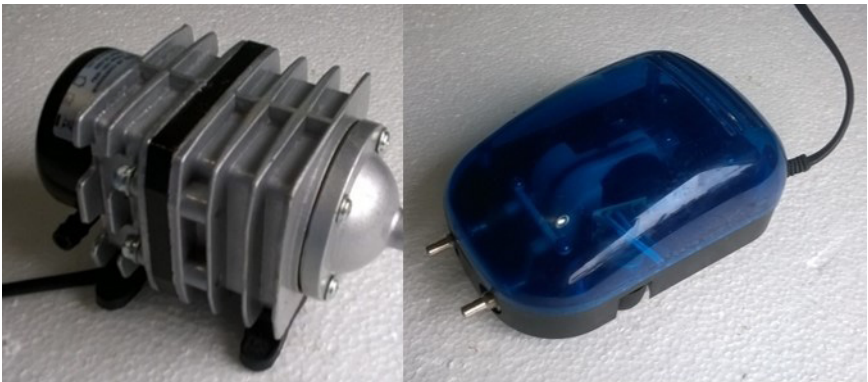


Figura 4. Filtro de sólidos por decantação utilizando um tonel plástico de 200 L. A água que vem do tanque de criação de peixes entra pela parte inferior do tonel e sai pela parte superior (ver setas) para permitir a decantação das fezes. Note balde com fezes coletada da base do decantador sendo mineralizadas pela ação de bactérias aeróbicas.

O resíduo sólido recolhido no filtro decantador pode ter destinos úteis diversos. Como se trata de um material rico em matéria orgânica caracterizado por fezes de peixes, ele pode ser aplicado diretamente ao solo como adubo orgânico na agricultura. Outra forma de aproveitamento desse material é através de um biodigestor anaeróbico, abrindo-se a possibilidade de produção de gás que pode ser aproveitado em algum processo de combustão. Adicionalmente, um biodigestor libera um líquido rico em nutrientes já mineralizados e que pode ser retornado ao sistema como fonte de macro e micronutrientes às plantas. Algo semelhante e mais simples pode ser feito também pela biodigestão aeróbica, simplesmente transferindo o dejetos para um recipiente provido de aeração (Figura 5). De tempos em tempos o sobrenadante pode ser retirado e devolvido ao sistema como fonte de nutrientes aos vegetais.

Sistema de aeração

Na aquaponia, a aeração é exigida não apenas pelos peixes, mas também pelas raízes das plantas e pelas bactérias nitrificantes do filtro biológico. Em clima tropical, a quantidade de oxigênio dissolvido na água deve ser sempre superior a 3 mg/L e pode ser mantida por compressores ou sopradores de ar (Figura 5). A aeração deve ser fornecida diretamente na água do tanque de criação dos peixes e também no ambiente de cultivo de vegetais quando se tratar do ambiente flutuante, conforme será apresentado posteriormente.



Fotos: Paulo César Falanghe Carneiro

Figura 5. Aeradores utilizados em aquaponia de pequeno porte encontrados em lojas de produtos para aquarofilia.

Ambientes de cultivo de vegetais

São vários os tipos de ambientes (ou substratos) utilizados para o cultivo de vegetais em aquaponia, cada um com suas particularidades e variações, vantagens e desvantagens. Como se trata de assunto ainda pouco difundido no Brasil, quase todos os termos utilizados para a descrição dos ambientes de cultivo de vegetais estão em inglês, porém estamos propondo uma nomenclatura em português para facilitar a compreensão. Serão apresentados aqui quatro tipos de ambientes.

***Media-filled bed, gravel bed* ou ambiente de cultivo em cascalho**

Esse é o ambiente que possui o maior número de adeptos da aquaponia em função de sua praticidade e funcionalidade. Como regra geral essa é uma boa opção quando são utilizadas baixas densidades de estocagem de peixes. Nesse ambiente, é necessário o uso de substrato com alta relação superfície:volume, como por exemplo argila expandida, pedra brita, seixos de leito de rio, rochas vulcânicas, areia grossa, perlita, entre outros. 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, permitindo o desenvolvimento adequado de muitas colônias de bactérias e, com isso, aumentando a eficiência do processo de nitrificação da amônia produzida pelos peixes. O uso de material com partículas muito pequenas não é recomendado para evitar problemas de entupimento, principalmente quando o sistema não contar com filtragem prévia para a retirada de sólidos.

A água do tanque de criação dos peixes é bombeada para o ambiente de cultivo dos vegetais e seu retorno é feito por gravidade através de um sifão do tipo sino (*bell siphon*: ver detalhes nos inúmeros textos e vídeos disponíveis na internet) que permite o enchimento e o esvaziamento cíclico desse ambiente. Essa é uma condição importante, pois garante a oxigenação constante e homogênea, tanto das raízes das plantas quanto das colônias de bactérias. A Figura 6 ilustra um sistema compacto de aquaponia em validação no LAPAQ caracterizado por um tanque (container tipo IBC) de criação de peixes de volume útil 600 L abaixo do ambiente de cultivo de vegetais contendo argila expandida como substrato para desenvolvimento de bactérias nitrificantes (filtro biológico) e suporte para o crescimento de vegetais. Normalmente este tanque de criação de peixes pode conter 20 a 25 tambaquis com peso individual variando entre 50 g e 1.000 g (densidade entre 6 kg/m³ e 8 kg/m³).



Foto: Paulo César Falanghe Carneiro

Figura 6. Sistema compacto de aquaponia com tanque de criação de peixes abaixo do ambiente de cultivo de vegetais composto de argila expandida.

DWC (deep water culture), floating, raft ou ambiente flutuante

A opção pelo ambiente flutuante normalmente é preferida em sistema de aquaponia de média ou grande escala. Esse ambiente é caracterizado por conter grande volume de água, o que lhe confere maior estabilidade aos parâmetros físico-químicos como a temperatura e o pH. O ambiente flutuante geralmente apresenta canais longos (dezenas de metros), estreitos (0,5 m – 1,5 m) e rasos (0,2 m - 0,4 m), sendo normalmente utilizado na produção de folhosas (alface, rúcula, ervas aromáticas etc). 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 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. Não apenas as raízes das plantas necessitam dessa oxigenação com também as bactérias nitrificantes que estarão colonizando as paredes e o fundo desse ambiente. Em sistemas de produção em larga escala, é grande a superfície disponível para o desenvolvimento de bactérias neste ambiente, não havendo a necessidade de instalação de um filtro biológico à parte. Por outro lado, a filtragem de sólidos da água que sai do tanque de criação dos peixes deve ser muito eficiente para evitar acúmulo de matéria orgânica nos canais, o que diminuiria a eficiência do processo de nitrificação e elevaria os custos de mão de obra para sua remoção (Figura 7).

Foto: Paulo César Falanghe Carneiro



Figura 7. Ambiente de cultivo de vegetais do tipo flutuante num sistema de aquaponia experimental, composto por mudas de alface apoiadas numa placa de poliestireno, tendo suas raízes imersas na água bombeada do tanque de criação dos peixes.

NFT (nutrient film technique) ou ambiente de cultivo em canaletas

O ambiente de canaletas é o método mais utilizado mundialmente na produção de vegetais hidropônicos. Nesse sistema, as raízes das plantas são alojadas em canaletas onde permanecem parcialmente embebidas pela água que traz os nutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas. Uma vantagem importante desse ambiente é sua ergonomia, pois as canaletas são geralmente dispostas numa bancada na altura da cintura, facilitando manobras como transplante, colheita e limpeza (Figura 8).



Foto: Paulo César Falanghe Carneiro

Figura 8. Sistema simples de aquaponia com canaletas para cultivo de vegetais em validação pelo LAPAQ. Os peixes são criados num container de 1.000 L (A). A água passa por um filtro para retirada de sólidos (B) e um filtro biológico (C) antes de ser bombeada para as canaletas (D).

Os conceitos técnicos envolvidos nesse caso são muito semelhantes àqueles utilizados na hidroponia, sendo inclusive uma excelente opção para produtores de vegetais hidropônicos interessados em migrar sua produção para a aquaponia por poder aproveitar grande parte da infraestrutura já existente e contar com sua experiência prévia. Nesse sistema, várias canaletas, representadas por tubos de PVC, são dispostas paralelamente e com desnível entre 8% e 12% para permitir a passagem da água por gravidade. A água que sai do tanque de criação dos peixes precisa passar por um sistema de filtragem de sólidos para evitar que partículas sejam depositadas nas raízes das plantas e, com isso, surjam problemas com sua nutrição e oxigenação. Adicionalmente, é vital que haja um filtro biológico uma vez que a superfície molhada das canaletas não é suficientemente grande para o processo de nitrificação da amônia produzida pelos peixes.

***Wicking bed* ou ambiente de cultivo em areia**

Dentre os ambientes de cultivo apresentados, este é o menos comum de ser utilizado em aquaponia, porém não deixa de ter sua importância. Trata-se de um ambiente que tem a areia, ou o pó de coco, como substrato de crescimento dos vegetais. A água entra nesse ambiente pela parte inferior (na base) através

de canos de PVC perfurados que, com auxílio de um dreno, mantém uma lâmina d'água de aproximadamente 5 cm de altura. Por capilaridade, essa água pode subir pela areia por cerca de 20 cm até a superfície, levando consigo os nutrientes necessários para o crescimento dos vegetais ali enraizados. Devido à característica física da areia, ou do pó de coco, esse ambiente é muito propício para o cultivo de raízes como cenoura, beterraba, rabanete, cebola, entre outras. Adicionalmente, é um ambiente adequado para a formação de mudas de alface, tomate e outras plantas que podem ser cultivadas posteriormente nos ambientes descritos acima (Figura 9).

Foto: Paulo César Falanghe Carneiro



Figura 9. Sistema modular de aquaponia em nível familiar em desenvolvimento pelo LAPAQ que conta com um tanque de criação de peixes de 600 L (A), filtro de sólidos decantáveis de 200 L (B), filtro de sólidos em suspensão de 20 L (C) e três ambientes distintos de cultivo com 1 m² cada: (D) ambiente de britas com tomateiros; (E) flutuante com plantas de alface apoiadas em placas de isopor; (F) areia com cenoura e cebola. Observar que foi feita uma derivação de parte da água de saída do ambiente com areia (F) para um segundo ambiente de areia onde é feita a produção de mudas de alface (G). Na sequência, toda água retorna à caixa dos peixes (A).

Peixes mais adequados para serem criados em aquaponia

A espécie de peixe deve ser tolerante a altas densidades de estocagem e a manejos frequentes. A tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus*, por ser um peixe rústico e resistente, apresentar boa conversão alimentar, tolerar altas densidades de estocagem, ter seu pacote tecnológico de cultivo difundido por todo o mundo e por ter, em geral, bom valor comercial, tem sido o peixe mais utilizado em sistemas de aquaponia, com resultados muito animadores. Como a aquaponia ainda está iniciando no Brasil, pouco se conhece sobre o comportamento de nossas espécies nativas neste sistema. Portanto, ao avaliar uma espécie nativa é importante considerar alguns fatores como temperatura da água do sistema, densidade de estocagem, disponibilidade de alevinos/juvenis e de ração e existência de mercado consumidor próximo. O tambaqui, *Colossoma macropomum*, é uma espécie nativa da Amazônia que reúne essas características e vem sendo utilizada com sucesso nos vários sistemas de aquaponia do LAPAQ.

O uso de peixes ornamentais é outra excelente opção em aquaponia. A carpa colorida, *Cyprinus carpio*, também conhecida como Koi ou Nishikigoi, é uma espécie muito resistente a variações nos parâmetros de qualidade da água e tolerante a altas densidades de estocagem. Apesar de também poder ser destinada ao abate, a carpa colorida pode alcançar preços muito mais elevados quando comercializada como peixe ornamental. Adicionalmente, o uso da carpa colorida e de outros peixes ornamentais em aquaponia também pode ser interessante para fins educacionais e em exposições onde podem ser criados cenários mais atrativos.

Plantas mais adequadas para serem cultivadas em aquaponia

No início dos estudos com aquaponia, pensava-se que apenas plantas menos exigentes como as folhosas poderiam ser cultivadas neste sistema. Porém, hoje já se sabe que é possível produzir uma gama muito grande de espécies vegetais em aquaponia como alface, manjeriço, agrião, repolho, rúcula, morango, pimenta, tomate, quiabo, pepino e muitas outras. Espécies vegetais adaptadas à hidroponia são sempre recomendadas para a aquaponia. Com base

nas necessidades do mercado, é possível desenhar um sistema de aquaponia capaz de produzir, teoricamente, qualquer vegetal de pequeno e médio porte. Basicamente o desenho dos sistemas deve observar as necessidades e limitações das plantas relacionadas a espaço, nutrição, aeração, temperatura e radiação solar.

Relação entre as áreas de criação de peixes e de cultivo de vegetais

Uma das primeiras perguntas de quem quer iniciar sua produção em aquaponia está relacionada à definição do tamanho da área que pode ser construída para o cultivo de vegetais. O quantitativo de plantas a ser produzido está diretamente ligado à densidade de peixes estocada no sistema que, por sua vez, dita a quantidade de nutrientes que estará disponível às plantas. A literatura apresenta várias formas de calcular ou estimar essa relação, sendo a mais utilizada aquela sugerida por Rakocy et al. (2006) e que relaciona a quantidade de alimento fornecido diariamente aos peixes com o tamanho da área que pode ser cultivada com vegetais. Assim, 60 g a 100 g de ração fornecidos diariamente proporcionam nutrientes para cada m^2 de área de produção vegetal. Nesse caso, 60 g/dia deve ser considerado para o cultivo de um metro quadrado de vegetais menos exigentes como 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. Porém, trabalhos de pesquisa em andamento no LAPAQ demonstram que esses valores podem ser reduzidos significativamente. Vários ciclos de produção de alface e tomate foram produzidos em diversos ambientes de cultivo utilizando ração na proporção de aproximadamente 25 g/dia/ m^2 a 40 g/dia/ m^2 . Em média, os peixes comem 1,5% de seu peso vivo ao dia. Ou seja, 10 kg de peixes consomem em torno de 150 g de ração por dia, o que possibilita o cultivo de vegetais em área de aproximadamente 6 m^2 com pés de alface ou 4 m^2 com tomateiros.

Perspectivas da aquaponia no Brasil e no mundo

Em muitos países, a aquaponia vem sendo adotada por um número crescente de pessoas que buscam alternativas para produzir seus próprios alimentos de maneira mais saudável e por acreditarem estar assim contribuindo com a sustentabilidade do planeta. Apesar da aquaponia ser uma técnica pouco difundida no Brasil, há fortes indícios de que esse quadro possa ser revertido em poucos anos. Embora ainda pequeno, é crescente o número de brasileiros que vêm montando pequenos sistemas de aquaponia residenciais e postando informações e vídeos na internet, sempre mostrando muito entusiasmo com os resultados alcançados. Adicionalmente, nos últimos anos vários pesquisadores de diferentes instituições de pesquisa e universidades vêm realizando seus ensaios experimentais, mostrando interesse crescente sobre o tema.

O Laboratório de Pesquisa em Aquaponia da Embrapa Tabuleiros Costeiros (LAPAq) executa um projeto de pesquisa que visa o desenvolvimento de sistemas modulares de aquaponia em nível familiar onde será possível a produção concomitante de várias espécies de hortaliças. Também está em andamento outro projeto de pesquisa, em parceria com produtores de vegetais em hidroponia do Estado de Sergipe, no qual está sendo desenvolvido um sistema de aquaponia em nível comercial para o cultivo de hortaliças folhosas. Outra linha de trabalho do LAPAq refere-se à área educacional no qual professores do ensino fundamental e médio serão capacitados sobre o tema e será desenvolvido um sistema compacto de aquaponia que possa ser utilizado como ferramenta auxiliar de ensino nas áreas de biologia, química, matemática, física, meio ambiente e sustentabilidade.

Referências

BACKYARD AQUAPONICS: bringing food production home. **Get to know aquaponics**. 2012. Disponível em: <<http://www.backyardaquaponics.com/>>. Acesso em: 01 set. 2015.

BRAZ FILHO, M. S. P. Aquaponia: alternativa para sustentabilidade na aquicultura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 24, 2014. **Anais...** Vitória: UFES, 2014.

EMERENCIANO, M. G. C.; MELLO, G. I.; PINHO, S. M.; MOLINARI, D.; BLUM, M. N. Aquaponia: uma alternativa de diversificação na aquicultura. **Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro, v. 25, p. 24-35, 2015.

ENDUT, A.; JUSOH, A.; ALI, N.; WAN NIK, W. B.; HASSAN, A. A study on the optimal hydraulic loading rate and plant ratios in recirculation aquaponic system. **Bioresource Technology**, v. 101, p. 1511-1517, 2010.

GODDEK, S.; DELAIDE, B.; MANKASINGH, U.; RAGNARSDOTTIR, K. V.; JIJAKLI, H.; THORARINSDOTTIR, R. Challenges of sustainable and commercial aquaponics. **Sustainability**, Basel, Switzerland, v. 7, p. 4199-4224, 2015.

HUNDLEY, G. M. C.; NAVARRO, R. D. Aquaponia: a integração entre piscicultura e a hidroponia. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, Viçosa, v. 3, p. 52-61, 2013.

LENNARD, W. A.; LEONARD, B. V. A comparison of reciprocating flow versus constant flow in an integrated, gravel bed, aquaponic test system. **Aquaculture International**, Cork, Ireland, v. 12, p. 539-553, 2004.

LOVE, D. C.; FRY, J. P.; GENELLO, L.; HILL, E. S.; FREDERICK, J.A.; LI, X.; SEMMENS, K. An international survey of aquaponics practitioners. **PLoS One**, San Francisco, USA, v. 9, p. 1-10, 2014.

RAKOCY, J. E.; LOSORDO, T. M.; MASSER, M. P. Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics: integrating fish and plant culture. **Aquaculture Center Publications**, n. 454, p. 1-7, 2006.

ROOSTA, H. R.; MOHSENIAN, Y. Effects of foliar spray of different Fe sources on pepper (*Capsicum annum* L.) plants in aquaponic system. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, Holland, v. 146, 182-191, 2012.

TYSON, R. V.; SIMONNE, E. H.; TREADWELL, D. D.; WHITE, J. M.; SIMONNE, A. Reconciling pH for ammonia biofiltration and cucumber yield in a recirculating aquaponic system with perlite biofilters. **HortScience**, Alexandria, USA, v. 43, p. 719-724, 2008.

Impressão e acabamento
Global Print Editora Gráfica Ltda.



Tabuleiros Costeiros

Ministério da
**Agricultura, Pecuária
e Abastecimento**

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PÁTRIA EDUCADORA