

AQUAPONIA: A INTEGRAÇÃO ENTRE PISCICULTURA E A HIDROPONIA¹

Guilherme Crispim Hundley², Rodrigo Diana Navarro³

RESUMO – A crescente população mundial combinada com o aumento da demanda por água impõe enorme pressão sobre os setores envolvidos na produção de alimentos. A sustentabilidade deixa de ser uma bandeira política e moral e passa a ser uma necessidade. A aquaponia tem sido predominantemente difundida por todo o mundo através de produtores em escala domiciliar, sendo uma modalidade de cultivo de alimentos que envolve a integração entre a aquicultura e a hidroponia em sistemas de recirculação de água e nutrientes. Além disso, a aquaponia apresenta-se como alternativa real para a produção de alimentos de maneira menos impactante ao meio ambiente, por suas características de sustentabilidade. Assim, a aquaponia está entre as técnicas sustentáveis dentro do sistema de produção de organismos aquáticos em cativeiro integrado com a hidroponia, capaz de garantir benefícios para ambos ao permitir que as plantas utilizem os nutrientes provenientes da água do cultivo de peixes, melhorando a qualidade da água.

Palavra chave: aquaponia, hidropônico, peixe, sustentabilidade.

AQUAPONICS: INTEGRATION BETWEEN AQUACULTURE AND HYDROPONICS

ABSTRACT – *The growing world population combined with the growing demand for water imposes enormous pressure on the sectors involved in food production. Sustainability is no longer a political or moral flag, sustainability has become a necessity. Aquaponics has been predominantly spread throughout the world through household-scale producers. Aquaponics is a method of producing food that involves the integration of aquaculture and hydroponics in recirculating systems for water and nutrients. Furthermore, Aquaponics presents itself as a real alternative for the production of food with reduced impact to the environment for its sustainability characteristics. Thus, Aquaponics is among the sustainable techniques involving fish and vegetable integrated production, capable of benefiting both. This integration allows the plant to use the nutrients from the water provided by the fish, thus improving water quality.*

Keywords: aquaponics, fish, hydroponic, sustainability.

1. INTRODUÇÃO

O sucesso da aquicultura depende basicamente da qualidade da água de abastecimento, da qualidade e da quantidade dos alimentos fornecidos, do tempo de residência do efluente dentro dos sistemas de criação, das espécies criadas, da densidade de estocagem e da biomassa dos organismos (Henry-Silva & Camargo, 2008).

A conservação e a sustentabilidade ambiental podem ser alcançadas, através de práticas adequadas da

aquicultura e por regulamentações e políticas eficientes. Uma das principais práticas seria o aproveitamento de efluentes em outras finalidades, tais como irrigação de plantações, hidroponia e a aquaponia (Henry-Silva & Camargo 2008; Hundley, 2013).

A crescente população mundial associada ao aumento da demanda por água impõe enorme pressão sobre os setores envolvidos na produção de alimentos. A sustentabilidade deixa de ser uma bandeira política

¹ Recebido para publicação em 04/09/2013 e aprovado em 28/12/2013.

² Grupo de pesquisa em aquicultura da Universidade de Brasília - AcquaUnB, Campus Universitário Darcy Ribeiro, Caixa Postal 4.508, CEP 70.910-970, Brasília-DF. vivendoaquaponia@gmail.com

³ Universidade de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro. navarrounb@gmail.com



e moral e passa a ser uma necessidade. Consequentemente, 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 (Hundley, 2013).

Apesar de a literatura acadêmica brasileira ser escassa sobre a aquaponia, há literatura abundante no exterior sobre o assunto, com destaque para países como Austrália, Estados Unidos, Israel e México. Observa-se que os países citados têm sérias dificuldades com a oferta de água, o que os obriga a buscar alternativas viáveis para a produção de alimentos com o máximo aproveitamento de água (Hundley, 2013).

A aquaponia tem sido predominantemente difundida por todo o mundo através de produtores em escala domiciliar, sendo por muitos referidos como “Backyard Aquaponics”, termo em inglês para “Aquaponia de Quintal” (Herbert & Herbert, 2008; Hundley et al., 2013).

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. Além disso, a aquaponia apresenta-se como alternativa real para a produção de alimentos de maneira menos impactante ao meio ambiente devido a suas características de sustentabilidade (Diver, 2006; Mateus, 2009; Hundley, 2013). Assim, dentro deste contexto sustentável, pequenos produtores podem produzir peixes e hortaliças utilizando-se de tambores e caixas de água, por exemplo (Figura 1) (Diver, 2006).

A prática de produção de alimentos, em especial hortaliças, na própria residência, doravante referida



Figura 1 - Foto de sistema de aquaponia de escala doméstica - “Aquaponia de Quintal”.

como agricultura urbana, é muito comum por todo o mundo, e tem sido bastante incentivada por contribuir com a sustentabilidade ao diminuir a pressão de demanda sobre o setor produtivo de alguns produtos (Aquino, 2005). Todavia, há severas restrições referentes à agricultura urbana, principalmente no risco de contaminação dos solos urbanos e da própria água a ser utilizada na irrigação se esta não for tratada. Este risco não está somente presente em propriedades domiciliares, mas também em propriedades rurais no entorno dos centros urbanos. Evidencia-se, portanto um conflito entre a demanda por produtos locais, frescos, altamente perecíveis, com vida de prateleira limitada, como no caso de hortaliças folhosas, e a capacidade sustentável real de produção local. Neste sentido, a aquaponia apresenta-se como alternativa viável para a composição de uma possível solução para este conflito, uma vez que não há o contato da água com o solo, possivelmente contaminado, e há a possibilidade da utilização de água tratada pelas centrais de abastecimento de água locais (opção mais comum) ou pelo tratamento da água de abastecimento por ozonização ou radiação ultravioleta minimizando os riscos de contaminação (Masser, 1999). 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. Uma vez abastecido e em funcionamento, um sistema de aquaponia pode ficar por muitos meses sem a necessidade de troca de água, sendo necessária apenas a reposição da água evaporada e evapotranspirada (Diver, 2006).

A sanidade dos cultivos e a mitigação dos impactos ambientais destacam-se dentre os novos desafios, senão como os maiores desafios para a florescente aquicultura brasileira. Patógenos utilizam a própria água de cultivo para difundir-se entre áreas e zonas de produção. Diversos resíduos orgânicos e inorgânicos de aquicultura são liberados no meio ambiente muitas vezes sem tratamento algum. Produções localizadas nas partes inferiores dos cursos de água muitas vezes estão expostas aos patógenos e aos contaminantes presentes na água, advindos de produções localizadas nas partes superiores daquele corpo de água, e esta mesma lógica de risco e impacto pode ser aplicada aos reservatórios, aos lagos, aos estuários e às baías, uma vez que compartilham do mesmo corpo de água (Poerch, 2012).

O crescente impacto ambiental e o crescente risco de contaminação dos corpos de água utilizados para



a produção aquícola são algumas das consequências do aumento da produção e da quantidade de unidades produtivas no modelo de produção adotado no Brasil. Os riscos podem ser locais e imperceptíveis à população e até mesmo aos técnicos e produtores envolvidos, ou podem ter efeitos devastadores como os casos ocorridos com o salmão chileno quando do surto de anemia infecciosa do salmão (*ISA, infectious salmon anemia*), com o camarão de Santa Catarina quando do surto de mancha branca (*WSSV, White Spot Syndrome Virus*) ou das perdas causadas pela Necrose Hipodérmica Hematopoiética Infecciosa (*IHHN, Infectious Hypodermal and Hematopoietic Necrosis*) no camarão do Nordeste. A aquicultura em recirculação, incluindo a aquaponia, apresenta-se como parte da solução para os desafios supracitados na produção comercial aquícola. Evidências desta possibilidade estão nos altos investimentos realizados por aquicultores em sistemas de recirculação no Brasil e o crescente interesse em sistemas de recirculação de água para a produção de alevinos (Kubitza, 2011; Poerch, 2012; Hundley, 2013).

Outra possibilidade de aproveitamento vantajosa do sistema produtivo de alimentos em aquaponia é a substituição de sistemas de produção de hortaliças em hidroponia clássica por aquaponia. Tal processo vem ocorrendo com sucesso no interior de São Paulo, em cidades com tradição hidropônica como São Roque. Nestas cidades algumas propriedades que trabalhavam com hidroponia clássica, em que nutrientes são dissolvidos em água e posteriormente ofertados às hortaliças, estão substituindo, com sucesso, suas hidroponias por aquaponias. O rendimento vegetal comparado entre cultivos em aquaponia, hidroponia e em solo, tem demonstrado equivalência em rendimento de variedades plantadas em hidroponia e aquaponia, ambas com rendimento superior ao cultivo em solo em diversos parâmetros (Grabe & Junge, 2007; Braz Filho, 2010).

Segundo Rakocy (2006), a aquaponia oferece uma série de benefícios por ser uma modalidade de cultivo integrado, onde uma segunda cultura aproveita os subprodutos de uma primeira cultura em seu benefício e em benefício do meio.

Braz Filho (2000) ressalta que a aquaponia apresenta-se como um sistema de criação de peixes “Super Intensivo com Recirculação de Água” (SIRA), cujas principais vantagens são o controle da qualidade da água, a

minimização dos resíduos orgânicos resultantes da aquicultura, redução na proliferação de algas e fungos que podem conferir sabor desagradável ao pescado, manutenção anual das condições ambientais propícias para a criação, possibilidade de obtenção de várias safras durante o ano e possibilidade de manejo intensivo para a obtenção de produtos mais homogêneos.

Alguns autores como Braz Filho (2000) e Lennard (2004) afirmam que as crescentes restrições e custos quanto ao uso da água já obrigam produtores rurais em inúmeros países a buscarem alternativas mais econômicas no que tange a utilização da água para viabilização da produção de alimentos.

1.1. Aquicultura em recirculação

A aquicultura em sistemas de recirculação apresenta-se como uma crescente realidade no Brasil e no mundo. Na maioria dos casos, a aquicultura em recirculação utiliza filtros biológicos para remoção dos resíduos potencialmente tóxicos da água (Tyson et al., 2008). Para serem viáveis economicamente, sistemas de recirculação de água e nutrientes na criação de peixes geralmente são desenhados para sustentarem altas densidades, atingindo capacidades de estocagem superior a cem quilos de peixe por metro cúbico de água (100 kg/m³) (Losordo, 1998), enquanto cultivos tradicionais no Brasil utilizam muitas vezes densidades de um quilo de peixe por metro cúbico de água (1 kg/m³). Segundo Braz Filho (2000), em sistemas super intensivos de aquicultura é possível produzir em 250 m² de lâmina de água, com mínima renovação de água, o equivalente à produção de 15.000 m² de viveiros escavados com até 20% de renovação de água diária.

Muitos dos sistemas de aquicultura em recirculação diferenciam-se da aquaponia pela ausência da parcela vegetal e utiliza-se de outros métodos para transformar, retirar e utilizar os nutrientes diluídos na água (Rackoy, 2006).

Os desenhos de um sistema de aquaponia podem variar muito, porém são necessários 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, mesas de hidroponia e a absorção de nutrientes pela parcela vegetal do sistema. Em aquaponia, os peixes também são, em geral, estocados em altas densidades, com



a circulação contínua de água e utilização de sistemas de aeração secundários nos viveiros de peixes (Rakocy, 2007).

1.2. Seleção de espécie de peixe

A alta densidade de peixes nos viveiros, característica de muitos sistemas de aquaponia e de sistemas de recirculação de água, é fator limitador na definição da espécie de peixe a ser utilizada. A espécie de peixe deve ser tolerante a altas densidades de estocagem e manejo frequente, que também é outra característica da aquaponia. Algumas das espécies utilizadas na aquaponia são bagre americano (*Ictalurus punctatus*), achigã (*Micropterus salmoides*), truta (*Oncorhynchus mykiss*), pacu (*Piaractus mesopotamicus*), carpa comum (*Cyprinus carpio*), perca gigante (*Lates calcarifer*), bacalhau australiano do rio (*Maccullochella peelii*) e tilápia (Rakocy, 2006), podendo algumas espécies serem utilizadas inclusive em consórcio com crustáceos, como o lagostino australiano da garra vermelha (*Cherax quadricarinatus*) (Martan, 2008). Alguns estudos sugerem o uso de alface (*Lactuca sativa*) e agrião (*Rorippa nasturtium aquaticum*) em hidroponia no tratamento de efluentes oriundos do berçário de camarão-da-amazônia (*Macrobrachium amazonicum*) (Hundley, 2013).

A tilápia, por ser um peixe bastante rústico e resistente, ter boa conversão alimentar, tolerar altas densidades de estocagem, ter seu pacote tecnológico de cultivo, de melhoramento, de reprodução e de nutrição avançados e difundidos por todo o mundo, além de ter um bom preço comercial, tem sido o peixe mais utilizado em sistemas de aquaponia (Figura 2) (Marengoni, 2006).



Figura 2 - Foto de tilápia criada em aquaponia (Hundley, 2013).

1.3. Seleção de espécie de plantas

A seleção das espécies de plantas a serem cultivadas em sistemas de aquaponia comercial deve ter como base primária o mercado. Com base nas necessidades do mercado é possível desenhar o sistema de aquaponia para produzir praticamente qualquer vegetal de pequeno e médio porte. O desenho dos sistemas deve observar e relacionar as necessidades e as limitações das plantas escolhidas com o espaço, nutrição, aeração, hidratação, temperatura, radiação solar, dentre outros fatores. Alguns vegetais se adaptam bem a esse cultivo como alface, manjerição (*Ocimum basilicum*), agrião, repolho (*Brassica oleracea var*), rúcula (*Eruca sativa*), morango (*Fragaria vesca*), pimenta (*Capsicum spp*), tomate (*Solanum lycopersicum*) e pepino (*Cucumis sativus*). (Braz Filho, 2000; Jones, 2002; Garcia-Ulloa, 2005; Rakocy, 2007; Tyson et al., 2008; Pantanella, 2010).

Espécies e variedades vegetais adaptadas a hidroponia são sempre recomendadas para a aquaponia, uma vez que a maioria delas têm o crescimento ótimo entre o pH de 5,8 e 6,2, toleram altos teores de água em suas raízes e significativas variações nos teores de nutrientes dissolvidos na solução nutritiva, sem apresentar sintomas de deficiência nutricional (Rakocy, 2007).

O manjerição e a manjerona são espécies muito adaptadas para o cultivo em climas tropicais e temperados, além de tolerarem altos índices de umidade em suas raízes. Essas plantas são muito utilizadas na culinária, compondo molhos, temperos secos e chás, sendo também utilizadas na medicina popular e na indústria (Figura 3).



Figura 3 - Foto de manjerição e manjerona em sistema cultivo aquaponia e hidropônica (Hundley, 2013).



1.4. Proporções plantas versus peixes

O quantitativo de plantas a ser utilizado no sistema de aquaponia está diretamente ligado à densidade de peixes estocada no sistema, o que por sua vez limita a quantidade de nutrientes disponíveis para as plantas. A literatura sugere proporções entre viveiro de peixes e a parte hidropônica que variam de 1:1 para até 1:4, no que tange ao volume de água do viveiro de peixes e da parte vegetal (Diver, 2006). Outra forma de quantificar a proporção é baseada na quantidade de ração ofertada diariamente aos peixes, sendo utilizada uma proporção de 60 a 100 gramas de ração de peixe por dia para cada metro de canteiro de hidroponia (Rakocy, 2006). Há ainda uma terceira forma de dimensionar as proporções entre peixes e plantas que é a proporção de 1 kg de peixe para cada 7 kg de plantas (Wilson, 2005). Deduz-se, portanto, que a parte hidropônica ocupa uma área muito maior do que a área de viveiro de peixes, o que somado ao fato do ciclo das hortaliças (25 a 90 dias) ser muito mais curto do que o ciclo dos peixes (210 a 270 dias), fica evidente a grande importância da parte vegetal em sistemas aquapônicos (Rakocy, 2007).

1.5. Parâmetros de qualidade de água

Plantas cultivadas em aquaponia necessitam em geral de oxigênio, hidrogênio e carbono, disponíveis na água e na atmosfera; nitrogênio, disponível também na atmosfera. Outros minerais como potássio, cálcio, magnésio, fósforo, e enxofre (macronutrientes); e cloro, ferro, manganês, boro, zinco, cobre e molibdênio (micronutrientes) (Ferri, 1979).

O pH exerce influência na disponibilidade de nutrientes (ferro, manganês, boro, zinco e cobre) para as plantas que decrescem drasticamente quando o pH é superior a 7,0. Além disso, outros nutrientes como fósforo, magnésio, cálcio e molibdênio decrescem em solubilidade em níveis de pH inferiores a 6. (Ferri, 1979). O pH ainda exerce determinante influência sobre o ciclo mais importante dentro de um sistema de aquaponia e um dos ciclos mais importantes na natureza, o ciclo de nitrificação do nitrogênio. As bactérias nitrificantes dos gêneros *nitrossomonas* e *nitrobarcters*, de ocorrências naturais e responsáveis pela nitrificação do amoníaco, são predominantemente aeróbicas e têm como pH ótimo no intervalo entre 7,0 e 8,0, tendo sua atividade reduzida a medida que o pH se distancia da neutralidade. Assim, recomenda-se o acompanhamento

periódico da água, aferindo temperatura, condutividade elétrica e pH (Braz Filho, 2000).

Ademais, o desequilíbrio dos nutrientes pode ainda afetar a absorção dos outros nutrientes, como, por exemplo, o excesso de potássio afeta a absorção de magnésio e cálcio por algumas plantas. A falta de molibdênio em níveis suficientes pode afetar a absorção e incorporação do nitrogênio pelas plantas (Ferri, 1979). Outro exemplo de desequilíbrio é a possível insuficiência na oferta de ferro para as plantas em determinadas situações. Tal deficiência, relativamente comum em sistemas de aquaponia, gera a necessidade de suplementação por ferro até as concentração mínima de 2 mg/L ou ainda por adubação foliar suplementar. Em aquaponia, outro fator que pode influenciar no rendimento das plantas é a quantidade de oxigênio dissolvido na água, que é determinante na seleção das espécies de microorganismo que se fixarão nas raízes das plantas (Rakocy, 2007). Quanto mais alto os níveis de oxigênio dissolvidos na água, maior a probabilidade de microorganismos benéficos se fixarem às raízes das plantas, enquanto que sob-baixos níveis de oxigênio dissolvidos há uma maior probabilidade de microorganismos maléficos se fixarem às raízes (Rakocy, 2007).

1.6. Nitrificação bacteriana

O nitrogênio orgânico presente nos restos de ração não ingeridos pelos peixes e nos dejetos sólidos dos peixes é decomposto em amônia por inúmeros microorganismos heterotróficos presentes na água, podendo acumular no sistema até atingir o ponto de toxicidade para os peixes e até mesmo para as plantas. Portanto, é necessário retirar ou transformar a amônia em nitrato presente no sistema. Parte da remoção da amônia se dá diretamente pelas plantas, uma vez que plantas utilizadas em hidroponia ou mesmo as plantas utilizadas em filtros biológicos, como o agrião, o papiro (*Cyperus papyrus*), o lírio do brejo (*Hedychium coronarium*) e a taboa (*Typha domingensis*), têm variáveis, apesar de geralmente reduzidas, capacidades de absorção de amônia em seu sistema radicular. A maior parte da amônia dissolvida na água necessita ser convertida em nitrato, forma de apresentação do nitrogênio de preferência da maioria das plantas de interesse em aquaponia (Tokuyama, 2004). O papiro por apresentar aerênquima no caule e raízes em forma de cabeleira favorece a existência de zonas micro-



aeróbicas, propício a sobrevivência de bactérias nitrificantes, acelerando, assim, o processo de nitrificação (Figura 4). (Abe et al., 1997). Isto favorece a transformação de nitrito em nitrato, e a utilização deste último pelas plantas do sistema impede o surgimento de altos níveis de compostos nitrogenados, que são negativos à saúde dos vertebrados aquáticos (Hundley et al., 2013).

No processo de nitrificação as bactérias dos gêneros *Nitrosomonas* e *Nitrobacters* oxidam a amônia inicialmente para nitrito, que pode ser tóxico, e, posteriormente, para nitrato. A taxa de nitrificação em ambientes aquáticos é potencializada em ambientes com pH próximo do neutro podendo ocorrer acúmulo de nitrito, relacionado diretamente à sensibilidade da bactéria do grupo nitrobacter aos sais de amônio em condições excessivamente alcalinas (Braz Filho, 2010). São estas bactérias, os seres vivos responsáveis por grande parte do processo de nitrificação biológica no meio ambiente (Tokuyama, 2004).

Bactérias nitrificantes precisam de ambiente amplamente aeróbico, pH perto da neutralidade, temperaturas entre 20 e 28° C, alcalinidade ótima mínima de 100 mg/L, e superfície de fixação para realizar seu papel na nitrificação. Assim, ao projetar um sistema de aquaponia, é necessário incluir um ambiente com ampla superfície de fixação para as bactérias; seixo rolado, argila expandida, brita, telhas coloniais quebradas, entre outros, são alguns exemplos de substratos comumente utilizados (Braz Filho, 2000; Rakocy, 2006).



Figura 4 - Foto de raiz de planta de filtro biológico, onde colônias de bactérias tendem a se estabelecer (Hundkey, 2013).

1.7. Filtro biológico

O ambiente apropriado para a realização da nitrificação é o próprio filtro biológico do sistema. Este filtro pode ser do tipo “alagado”, de maneira que esteja sempre cheio de água, ou de nível variável, de maneira que o nível da água esteja periodicamente alternando entre cheio e vazio. Filtros alagados podem comprometer a nitrificação em áreas de baixa circulação de água e de baixas taxas de oxigênio dissolvido na água. As áreas de baixa circulação de água são causadas por deficiências no desenho do sistema, uma vez que a água buscará o caminho mais curto e eficiente entre a entrada e a saída do filtro, podendo gerar pouca renovação em pontos periféricos. As baixas taxas de oxigênio dissolvido podem promover o acúmulo de microrganismos maléficos às plantas em suas raízes, e tornar o ambiente desfavorável para a formação de colônias de bactérias do gênero *Nitrosomonas* e *Nitrobacters*, que são aeróbicas. Filtros mais eficientes possuem equipamentos hidráulicos que permitem que o nível da água do tanque varie entre totalmente cheio e quase totalmente vazio (Figura 6). Esta variação permite que as bactérias e as raízes das plantas respirem o oxigênio atmosférico enquanto o filtro estiver vazio; e permite que quando o filtro voltar a encher-se a água leve hidratação e nutrientes por toda extensão do filtro biológico (Figura 5). Além dos filtros biológicos, o próprio meio de suporte das plantas nas mesas e calhas



Figura 5 - Foto de filtro biológico de nível variável, com destaque da posição direita da parte interna do filtro, que mostra a imagem do sifão regulador de nível (Hundley, 2013).



de hidroponia serve para fixação de bactérias em ambiente onde a água é corrente e está em constante oxigenação devido a sua turbulência (Braz Filho, 2000; Rakocy, 2006; Hundley, 2013).

1.8. Separação de sólidos

Para evitar o entupimento dos sistemas de produção em aquaponia são necessários sistemas suplementares de separação de sólidos. Busca-se no caso separar, por exemplo, os restos sólidos de ração, dejetos de peixes, colônias mortas de bactérias e algas filamentosas. O acúmulo de sólidos pode entupir o encanamento, filtros, saídas de água e bombas. Filtros de tela são pouco eficientes, pois tendem a entupir com o estabelecimento de colônias de bactérias no próprio filtro telado. Outros tipos de separadores de sólidos que utilizam os princípios da centrifugação, decantação e clarificação mostram-se muito mais eficientes na separação dos sólidos e são utilizados com frequência por produtores em sistemas de aquaponia (Figura 7 e 8) (Losordo, 1998; Braz Filho, 2000).

2. PRINCIPAIS SISTEMAS AQUAPONICOS UTILIZADOS NO MUNDO E NO BRASIL SEGUNDO HERBERT E HERBERT (2008)

2.1. “Media Based Systems”

Esse sistema é o mais usado no fundo de quintal e consiste no uso de cascalho ou seixos de argila onde

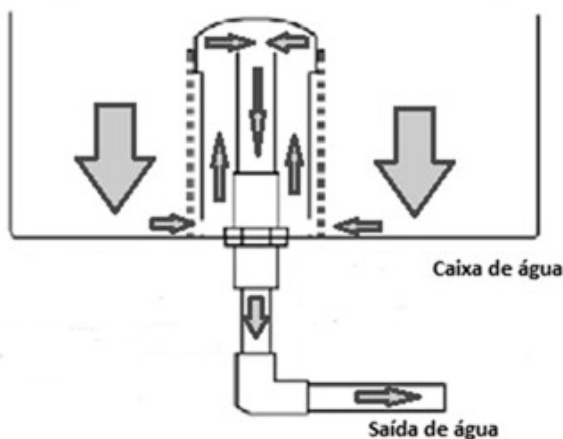


Figura 6 - Esquema do equipamento hidráulico utilizado para alternar o nível da água no filtro de nível variável, com a indicação do fluxo de água quando o equipamento está ativado (Ilustração elaborada por Guilherme Crispim Hundley).

as plantas serão plantadas diretamente no substrato por onde a água do tanque de peixe drena as raízes das plantas permitindo que ocorra o processo de nitrificação. Além disso, esse sistema permite que as raízes das plantas permaneçam sempre úmidas. As principais vantagens desse sistema são o fácil manuseio, sementes podem ser plantadas diretamente no substrato e possui boa superfície de área para as bactérias. As desvantagens são a alta manutenção devido aos constantes entupimentos, necessitando de suporte pesado e a presença de um sifão para drenar a água (Figura 9).

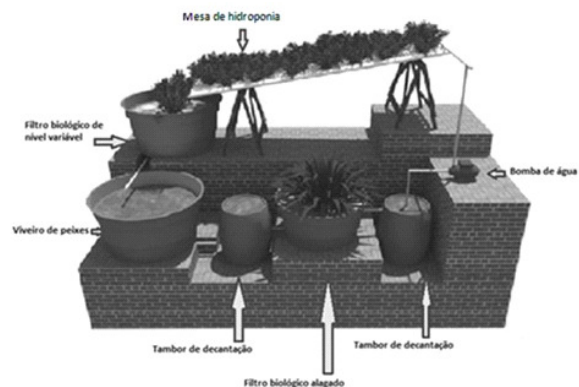


Figura 7 - Esquema de sistema de aquaponia: vista lateral (Ilustração elaborada por Luis Imenes).

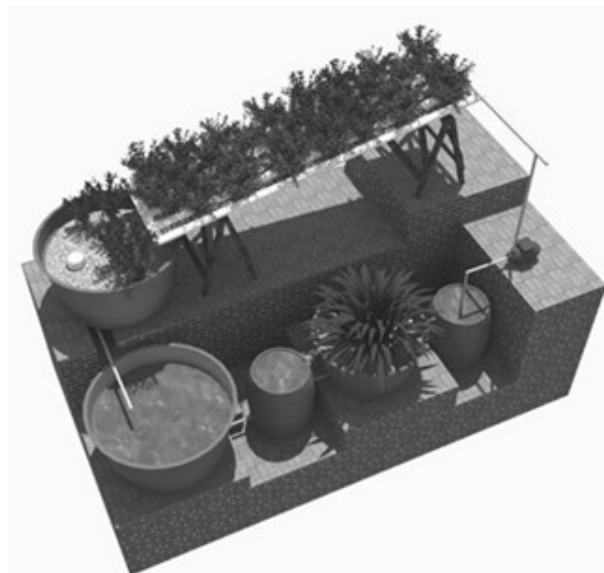


Figura 8 - Esquema de sistema de aquaponia: vista cavaleira (Ilustração elaborada por Luis Imenes).



2.2. “Nutrient Film Technique (NFT) Systems”

Esse sistema consiste na presença de plantas em vasos e uma pequena quantidade de água é gotejada através de uma base do canal, onde as raízes terão acesso à água. A vantagem desse sistema é o fácil manuseio e a possibilidade de aproveitar uma estrutura já existente como a hidroponia. Há principal desvantagem desse sistema é a necessidade de filtro, sólidos que podem se acumular na raiz pela infiltração inadequada e a presença de separador de sólidos (Figura 10).

2.3. “Deep flow system”

Neste sistema as plantas ficam flutuando em placas flutuantes de isopor ou de plásticos dentro de tanques com água proveniente do tanque de peixe. As raízes das plantas ficam totalmente submersas. Neste sistema é fundamental a utilização de aerador para fornecer oxigênio às raízes. Como principal vantagem, esse sistema pode ser usado em vários locais e não há a necessidade de substrato. A principal

desvantagem é a necessidade de separador de sólidos (Figura 11).

3. VANTAGENS E DESVANTAGENS DA AQUAPONIA

Afere-se que a aquaponia, dentro de suas limitações, é uma alternativa viável para a produção de alimentos saudáveis de maneira relativamente sustentável.

As principais vantagens da produção em aquaponia segundo Herbert e Herbert (2008) e Braz Filho (2000) são:

- Utilização de uma quantidade mínima de água;
- Possibilidade de produção em ambientes urbanos, perto dos centros de consumo;
- Aproveitamento integral dos insumos de água e ração;
- Possibilidade de trabalhar como um sistema super intensivo, de alta densidade de peixes e hortaliças;

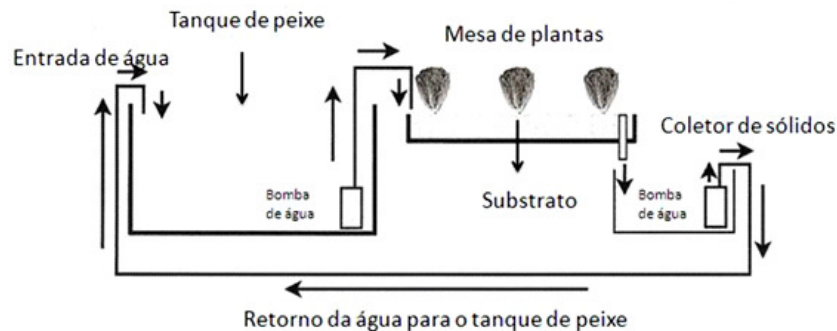


Figura 9 - Esquema de sistema de Aquaponia “Media Based Systems” adaptado de Herbert e Herbert (2008).

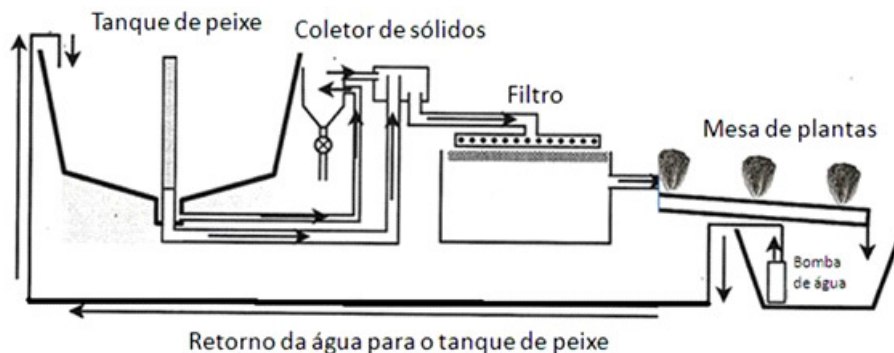


Figura 10 - Esquema de sistema de Aquaponia “Nutrient Film Technique (NFT) Systems”: adaptado de Herbert e Herbert (2008).



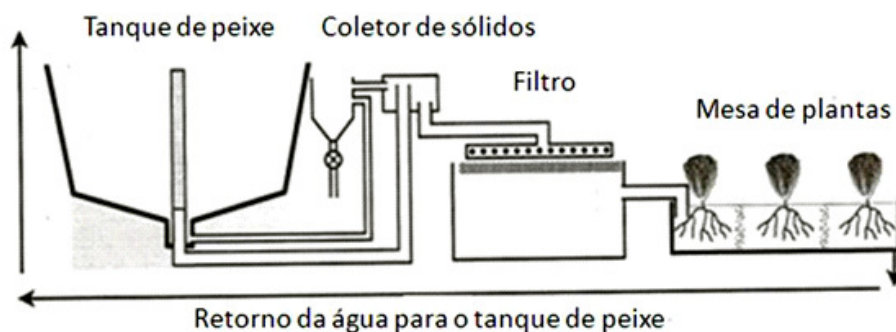


Figura 11 - Esquema de sistema de Aquaponia "Deep flow system" adaptado de Herbert e Herbert (2008).

- Obtenção de produtos de alta qualidade, livre de agrotóxicos e antibióticos;

- Diversificação na produção permitindo renda contínua ao produtor;

- Minimização dos riscos de contaminação química e biológica de aquíferos;

- Minimização dos riscos de introdução de espécies exógenas a aquíferos;

- Licenciamento facilitado para a produção.

As principais desvantagens da produção em aquaponia, segundo os autores citados acima são:

- Dependência contínua em energia elétrica;

- Severas limitações quanto à utilização de agrotóxicos e antibióticos;

- Necessidade de conhecimento em muitas áreas da engenharia; hidráulica, olericultura, veterinária, zootecnia, dentre outras;

- Altos custos de investimento inicial;

- Pouca tecnologia difundida na área no Brasil.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aquaponia está entre as técnicas sustentáveis dentro do sistema de produção de organismos aquáticos em cativeiro integrado com a hidroponia, capaz de garantir benefícios para ambos. Esta integração pode permitir que as plantas utilizem os nutrientes provenientes da água do cultivo de peixes, melhorando a qualidade da água. As informações da presente revisão poderão nortear experimentos vinculados a aquaponia, incentivando o desenvolvimento destas metodologias

ecoeficientes, capazes de garantir uma alta capacidade produtiva dentro do setor de piscicultura e de hortaliças de forma sustentável, além de fornecer ao mercado consumidor produtos orgânicos e de alta qualidade.

5. LITERATURA CITADA

ABE, K.; OZAKI, Y.; KIHOU, O. Introduction of fiber plants to plant bed filter systems for wastewater treatment in relation to resource recycling. **Soil Science and Plant Nutrition**, v.43, n.1, p.35-43, 1997.

AQUINO, A.M.; ASSIS, R.L. **Agroecologia, princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. Embrapa, Brasília, DF, 2005. 23p.

BRAZ FILHO, M.S.P. **Qualidade na produção de peixes em sistemas de recirculação de água**. São Paulo, SP: Centro Universitário Nove de Julho, 2000. 41p.

BRAZ FILHO, M.S.P.; PSILLAKIS, C.; YOSHIZUMI, M. **Agroindústria de processados**. São Roque, SP, 2010.

DIVER, S. **Aquaponics - Integration of hydroponics with aquaculture**. National Sustainable Agriculture Information Service, 2006. 28p.

FERRI, M.G. **Fisiologia Vegetal**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1979. 362p.

GARCÍA-ULLOA, M.; LEÓN, C.; HERNANDES, F. et al. Evaluación de un sistema experimental de acuaponia. **Revista Avances en investigación agropecuaria**, n.1, p.1-5, 2005.



- GRABER, A.; JUNGE, R. Aquaponic systems: Nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production. **Desalination**, v.246, n.1-3, p.147-156, 2007.
- HERBERT, S.; HERBERT, M. **Aquaponics in Australia - The integrations of Aquaculture and Hydroponics**. Mudge, Australia, 2008. 140p.
- HENRY-SILVA, G.G.; CAMARGO, A.F.M. Impacto das atividades de aquicultura e sistemas de tratamento de efluentes com macrófitas aquáticas – relato de caso. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.34, n.1, p.163-173, 2008.
- HUNDLEY, G.C.; NAVARRO, R.D.; FIGUEIREDO, C.M.G. 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.
- HUNDLEY, G.C. **Aquaponia, uma experiência com tilápia (*Oreochromis niloticus*), manjerição (*Ocimum basilicum*) e manjerona (*Origanum majorana*) em sistemas de recirculação de água e nutrientes**. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade de Brasília – UnB, Brasília, 2013. 52p.
- JONES, S. Evolution of aquaponics. **Aquaponics Journal**, v.6, p.14-17, 2002.
- KUBITZA, F. Criação de tilápias em sistema com bioflocos sem renovação de água. **Panorama da Aquicultura**, p.14, 2011.
- LENNARD, W.A. Aquaponics research at RMIT University Melbourne Australia. **Aquaponics Journal**, v.35, p.p18-24, 2004.
- LOSORDO, T.; LOSORDO, T.; RACKOY, J. et al. **Recirculating aquaculture tank production systems: a review of component options**. S. Region Aquaculture Center Publication, n.453, 1999. 12p.
- LOSORDO, T.; LOSORDO, T.; RACKOY, J. et al. **Recirculating aquaculture tank production systems: an overview of critical considerations**. S. Region Aquaculture Center Publication, n.451, 1998. 6p.
- MARENGONI, N.G. Produção de tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* (linhagem chitralada), cultivada em tanques-rede, sob diferentes densidades de estocagem. **Archivos de Zootecnia**, v.55, n.210, p.127-138, 2006.
- MARTAN, E. Polyculture of fishes in aquaponics and recirculating aquaculture. **Aquaponics Journal**, v.48, p.28-33, 2008.
- MASSER, M.; RAKOCY, J.; LOSORDO, T. **Recirculating aquaculture tank production systems**. Management of recirculating systems. Virgin Islands, EUA: SRAC Publication 452, 1999. 12p.
- MATEUS, J. Acuaponía: hidroponía y acuicultura, sistema integrado de producción de alimentos. **Red Hidroponía Boletín**, v.44, p.7-10, 2009.
- PANTANELLA, E.; CARDARELLI, M.; COLLA, G. et al. **Aquaponics vs. Hydroponics: Production and Quality of Lettuce Crop**. XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People (IHC2010): International Symposium, p.887-893, 2010.
- POERSH, L.H.; ALMEIDAM, M.; GAONA, C.A. et al. Bioflocos: Uma alternativa econômica viável para produtores de camarão em viveiro. **Panorama da Aquicultura**, p.37, 2012.
- RACKOY, J.; MASSER, M.; LOSORDO, T. Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics-integrating fish and plant culture. **SRAC Publication**, v.454, p.1-16, 2006.
- RACKOY, J.; MASSER, M.; LOSORDO, T. Ten Guidelines for Aquaponic Systems. **Aquaponics Journal**, v.46, p.14-17, 2007.
- TOKUYAMA, T.; MINE, A.; KAMIYAMA, K. et al. Nitrosomonas communis strain YNSRA, an ammonia-oxidizing bacterium, isolated from the reed rhizoplane in an aquaponics plant. **Journal of bioscience and bioengineering**, v.98, n.4, p.309-312, 2004.
- TYSON, R.V.; SIMONNE, E.H.; DANIELLE, D. Treadwell reconciling pH for ammonia biofiltration and yielding a recirculating aquaponic system with perlite biofilters. **Hortscience**, v.43, n.3, p.719-724, 2008.
- WILSON, G. Australian barramundi farm goes aquaponic. **Aquaponics Journal**, v.37, p.12-16, 2005.

