

CIRCULAR TÉCNICA

43

Macapá, AP
Novembro, 2020

Sistema de aquaponia com leito cultivado semisseco para recria de peixes redondos e cultivo de hortaliças

Jô de Farias Lima
Argemiro Midonês Bastos

OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL



Sistema de aquaponia com leito cultivado semisseco para recria de peixes redondos e cultivo de hortaliças¹

Introdução

Nos últimos anos, os métodos de produção na aquicultura têm buscado a intensificação em resposta ao aumento da demanda, que por outro lado, leva ao aumento do impacto ambiental da atividade, em função da produção de dejetos, uso de água e demanda por energias fósseis (Martins et al., 2010; Zhang et al., 2011). O sistema de aquicultura de recirculação (SAR) é um exemplo de sistema intensivo, onde a água é constantemente tratada e reutilizada, sendo tipicamente um sistema fechado que permite aos produtores controlar as condições ambientais, a emissão de dejetos e o uso de água, garantindo uma produção durante todo o ano (Martins et al., 2010; Zhang et al., 2011). Contudo, um SAR necessita de mecanismos de filtragem e tratamento de efluentes que oneram o sistema e muitas vezes inviabilizam sua utilização (Fang et al., 2017). Porém, uma boa estratégia para o manejo de dejetos pode trazer certa estabilidade ao sistema, favorecendo elevada produtividade, o que possibilita ganhos econômicos superiores aos de implantação e manutenção (Fang et al., 2017).

Existe um grande número de métodos físicos, químicos e biológicos utilizados no tratamento convencional de efluentes para SAR. Em todos eles a remoção de sólidos é acompanhada por sedimentação e filtração mecânica (Silva, 2012), enquanto as filtrações química e biológica são realizadas por meio de filtros biológicos (Fang et al., 2017).

Dentre os métodos de tratamentos de efluentes praticados, o sistema de “leitos cultivados” pode ser considerado um dos mais simples e baratos. Esse sistema de tratamento está baseado nas áreas alagadas naturais, artificial-

¹ Jô de Farias Lima, Biólogo, doutor em Zootecnia, pesquisador da Embrapa Amapá, Macapá, AP. Argemiro Midonês Bastos, Licenciado em Física, doutor em Biodiversidade e Biotecnologia, professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá, Macapá, AP.

mente projetado para utilizar plantas e substratos como areia, cascalhos, brita ou outros materiais inertes, onde se desenvolve biofilmes de microrganismos, os quais, por meio de processos biológicos, químicos e físicos, tratam os efluentes (Sousa et al., 2004; Harington; Mcinnes, 2009; Fang et al., 2017). Podem ser considerados filtros biológicos, estruturas em que os microrganismos aeróbios e anaeróbios, fixados à superfície do substrato e em associação às raízes e outras partes submersas da planta, atuam produzindo reações que decompõem e mineralizam a matéria orgânica presente no efluente, melhorando a qualidade da água (Klemenčič; Bulc, 2015).

O sistema de leitos cultivados é uma alternativa que vem sendo utilizada em várias partes do mundo; na América do Norte como parte do tratamento dos dejetos da produção de gado (Harington; Mcinnes, 2009), na Ásia e Europa em associação a projetos de aquicultura que utilizam sistema de recirculação (Zhang et al., 2011; Klemenčič; Bulc, 2015). A viabilidade técnica e econômica desse tipo de associação tem sido demonstrada por alguns cientistas (Schulz et al., 2003; Zachritz II et al., 2008).

No Brasil, a tecnologia de leitos cultivados tem sido associada ao desenvolvimento de sistemas para recuperação dos recursos hídricos, por meio do tratamento de esgoto urbano e de águas residuais da indústria (Mannarino et al., 2006; Calijuri et al., 2009). Poucos estudos têm buscado adaptar essa tecnologia ao tratamento de efluentes da aquicultura, sobretudo em sistemas intensivos (Sipaúba-Tavares; Braga, 2008; Sipaúba-Tavares; Santeiro, 2013; Santos; Camargo, 2015).

Ainda em se tratando de aquicultura intensiva, um sistema integrado que vem chamando a atenção no cenário mundial e nacional é a aquaponia. Esse sistema de produção se baseia no cultivo intensivo de organismos aquáticos integrados à produção de vegetais sem uso de solo, em três conceitos baseados nos suportes utilizados para o cultivo dos vegetais: leitos semissecos baseados em substratos; leitos em jangada flutuante; e técnica de fluxo laminar de nutriente. Entre eles, estudos têm demonstrado a aquaponia baseada em leitos contendo substratos semissecos como a mais eficiente na ciclagem de nutrientes, uma vez que poderia fornecer maior área superficial para microrganismos do que os demais tipos (Love et al., 2015). Um estudo recente apontou o uso de leitos cultivados com substratos semissecos como alternativa para produção integrada de camarões e vegetais, em um sistema de

baixo custo e elevada tecnologia, favorecendo maior área superficial para o desenvolvimento de microrganismos e plantas e aumento da capacidade de purificação do sistema (Lima et al., 2019). A presente publicação apresenta informações técnicas sobre a montagem e operação de um sistema de aquaponia utilizando a tecnologia de leitos cultivados semissecos para tratamento da água do cultivo de peixes redondos e produção de hortaliças folhosas de interesse para a agricultura familiar da região Amazônica. Essa proposta de sistema integrado contribui com o alcance do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) nº 2, pactuado na Conferência das Nações Unidas sobre desenvolvimento sustentável, ocorrido no Rio de Janeiro em 2012, que busca acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável. Aqui é demonstrado a eficiência de um sistema produtivo tecnológico, de baixo custo, menor consumo de água e área, que permite a ciclagem de nutrientes integrando o cultivo de peixes com vegetais em nível familiar.

Descrição geral e montagem dos componentes do sistema

As ideias e os princípios adotados no presente sistema têm como base diversos documentos técnico-científicos que demonstram sua viabilidade (Rakocy et al., 2006; Zachritz II et al., 2008; Zhang et al., 2011), incluindo documento publicado pela Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO) (Somerville et al., 2014). Esse sistema de recirculação foi testado e validado na área experimental de aquaponia da Embrapa Amapá, tendo recebido diversas adaptações visando à criação de alevinos de *Colossoma macropomum* (tambaqui) e seu híbrido tambatinga (*C. macropomum* x *Piaractus brachypomus*) e para a produção familiar de diferentes hortaliças como o jambu (*Acmella oleracea*), alface (*Lactuca sativa*), menta (*Mentha* sp.), manjeriço (*Ocimum basilicum*), entre outras.

O sistema de aquaponia aqui proposto se caracteriza pelo uso de um leito cultivado com cascalho, o qual é enchido e esvaziado periódica e sistematicamente, sendo, portanto, considerado como leito semisseco. Esse ambiente, além de servir para produção de hortaliças folhosas, funciona como filtro mecânico e biológico para tratamento de efluentes oriundos da criação dos

peixes. Os leitos cultivados semissecos são interligados por redes de abastecimento e drenagem aos tanques de recria de tambaqui e seus híbridos, formando um sistema fechado, que garante contínua recirculação e oxigenação da água. Nesse sistema, a água oriunda dos tanques de recria, repleta de materiais orgânicos sólidos e dissolvidos, é direcionada por gravidade, por meio da tubulação de drenagem, para o ambiente de controle e tratamento biológico de efluentes, que compreende um decantador e um filtro biológico aerado. A partir do filtro biológico aerado, parte da água é bombeada através de uma rede de abastecimento para o leito cultivado semisseco, de onde a água é drenada por um sifão de sino de volta para o filtro biológico, enquanto outra parte retorna diretamente para os tanques de recria fechando o circuito de recirculação (Figura 1).

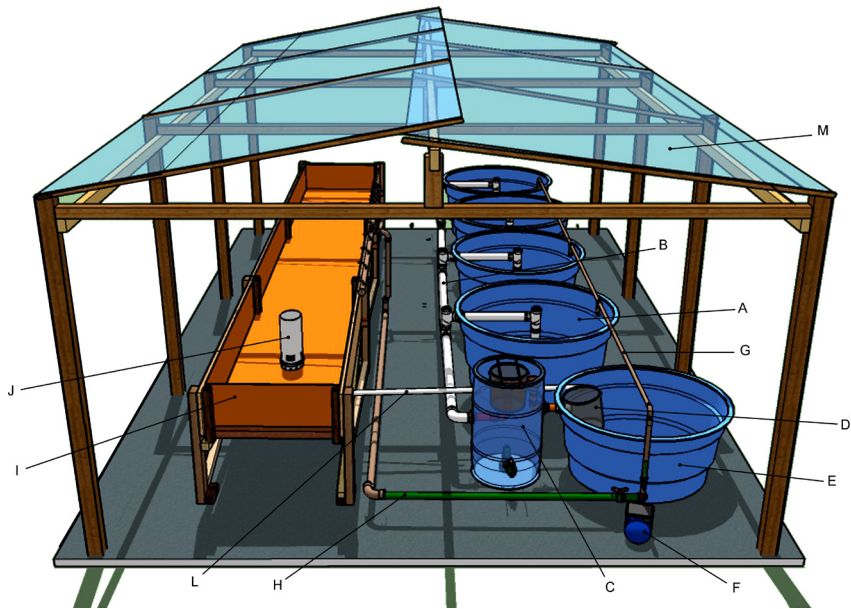


Figura 1. Esquema geral de um sistema de aquicultura de recirculação com leito cultivado semisseco, desenvolvido na Embrapa Amapá, para recria de alevinos de tambaqui e seus híbridos e diferentes hortaliças folhosas: tanques de recria (A); tubulação de drenagem (B); filtro decantador (C); filtro de sólidos em suspensão (D); filtro biológico aerado (E); motobomba de água (F); tubulação de abastecimento dos tanques de recria (G); tubulação de abastecimento do leito cultivado (H); leito cultivado semisseco (I); sifão de sino (J); tubulação de drenagem do leito cultivado (L); cobertura solar (M).

Ilustração: Jô de Farias Lima

Local de instalação

O sistema ilustrado na Figura 1 deve ser instalado em uma área de aproximadamente 3 m x 10 m, de preferência em local plano ou com leve declividade. As caixas para recria dos alevinos de tambaqui e seus híbridos devem ser abrigadas em área coberta ou sombreada evitando-se o aquecimento da água. As tampas das caixas de recria podem ser utilizadas para minimizar a insolação. Já os componentes de filtragem e tratamento de água devem ser protegidos da chuva e do excesso de sol. No caso das plantas, a cobertura deve conter pelo menos 50% de filtragem solar. Em ambientes com pelo menos 6 horas de sol, essa cobertura pode reduzir em até 5 graus a temperatura, favorecendo o desenvolvimento das plantas, especialmente hortaliças mais sensíveis como as alfaces.

Tanques de recria

O ambiente para recria dos alevinos de tambaqui e seus híbridos é composto por quatro caixas plásticas circulares com volume de 1.000 L, que facilmente podem ser encontradas em casas de materiais de construção. As caixas de recria são interligadas na parte superior a duas redes de tubulação, sendo uma rede de abastecimento (fluxo contínuo) e outra para drenagem (transbordamento com captação de fundo) (Figura 2). Essa arquitetura facilita que os restos de ração e fezes dos peixes sejam retirados e garante sempre um volume adequado para o desenvolvimento dos peixes. A rede de abastecimento pode ser construída utilizando-se mangueira de irrigação ou tubulação de $\frac{3}{4}$ de polegada interligadas a uma bomba de água com vazão mínima de 4.000 L/h. Já a rede de drenagem por transbordamento deve ser construída utilizando-se tubos e conexões de água fria de 50 mm e tubos e conexões para esgoto com calibre de 75 mm. Ter atenção para que a entrada de água na caixa de recria ocorra em sentido lateral, favorecendo o movimento circular da água, o qual direciona os resíduos para o centro do tanque.

A velocidade da água nos tanques de recria e a taxa de renovação são cruciais para o bom funcionamento de um sistema de recirculação e devem ser controladas. Para o presente modelo, cuja biomassa de estocagem sugerida é de no máximo 20 kg/m³, recomenda-se pelo menos uma troca total da água por hora, ou seja, para quatro tanques de 1.000 L com densidade de 20 kg de peixes deve ser utilizada uma bomba com vazão de pelo menos 4.000 L/hora.

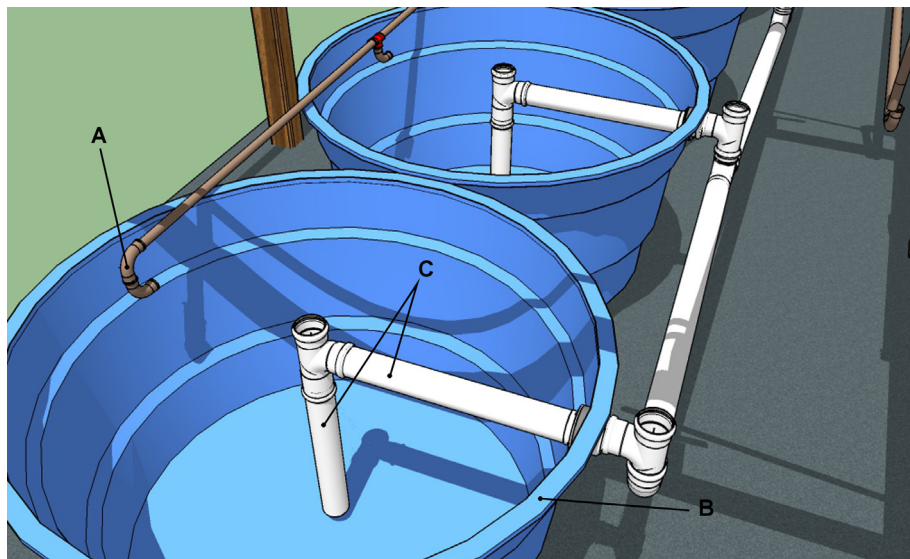


Figura 2. Detalhes da rede de abastecimento e drenagem dos tanques de recria de tambaqui e seus híbridos: tubulação de abastecimento (A); tanques de recria (B); tubulação para drenagem por transbordamento com captação de fundo (C).

Ilustração: Jô de Farias Lima

Tratamento de efluentes

A água oriunda do tanque de recria de peixes é rica em resíduos orgânicos sólidos e particulados (restos de fezes e ração) que devem ser retirados do sistema através do uso de decantadores (Figura 3A). Um tonel de 200 L pode ser utilizado como decantador, após receber algumas adaptações conforme mostra a Figura 3 (Carneiro et al., 2015). A retirada dos resíduos sólidos acumulados nos decantadores deve ser realizada uma vez por semana. Vale ressaltar que a maior parte dos resíduos suspensos na água de cultivo são retidos pelos decantadores, no entanto uma fração ainda fica disponível e deve ser retirada por meio de filtragem (exemplo em Pinho et al., 2017). Um filtro de resíduos sólidos, particulados em suspensão, que normalmente não são retidos pelos filtros decantadores, pode ser facilmente construído utilizando-se um balde de 20 L perfurado e preenchido com manta acrílica ou material similar, que deve ser vistoriada e limpa/trocada periodicamente para evitar entupimento e acúmulo de partículas orgânicas no biofiltro (Figura 3J).

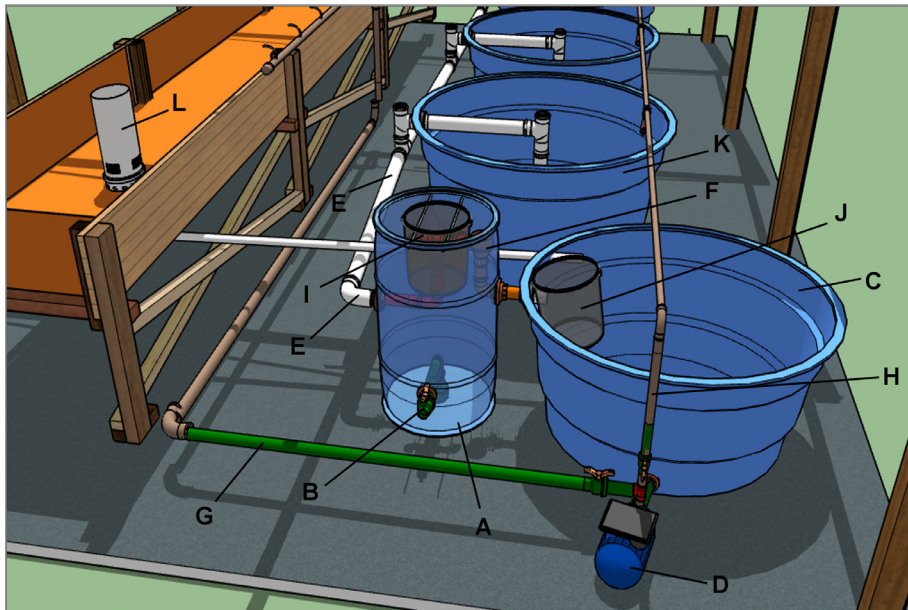


Figura 3. Esquema geral do sistema de filtragem de sólidos com uso de um decantador tipo ciclone: decantador tipo ciclone (A); válvulas de drenagem de fundo do decantador tipo ciclone (B); filtro biológico aerado (C); bomba de água (D); tubulação de drenagem dos tanques de recria (E); tubulação de drenagem de superfície do decantador ciclone (F); tubulação de abastecimento do leito cultivado semisseco (G); tubulação de abastecimento das caixas de recria (H); tubulação de entrada do filtro ciclone (I); filtro de sólidos em suspensão (J); tanques de recria (K); sifão de sino (L). Ilustração: Jô de Farias Lima. Adaptado de Carneiro et al. (2015)

O resíduo sólido recolhido no sistema de filtragem (filtro decantador e filtro de sólidos particulados) é um material rico em matéria orgânica, que pode ser aplicado diretamente ao solo como adubo orgânico (Omeir et al., 2019), em cultivo direto das plantas (Guimarães et al., 2016; Lima et al., 2019) ou transformado em biofertilizante utilizando-se biodigestores anaeróbicos ou aeróbicos (Hoque et al., 2012).

A partir do decantador, a água pré-filtrada segue seu caminho para o filtro biológico aerado e, a partir deste, é bombeada para o leito cultivado com substrato semisseco onde os nutrientes orgânicos fluidizados são mineralizados por microrganismos e absorvida pelas raízes das plantas. O filtro biológico aerado utilizado no presente sistema de recirculação é constituído de tanque circular de 500 L, preenchido, preferencialmente, por argila expandida (2 sacos de

50 litros), ou outro material que possa funcionar como meio flutuante, e um mecanismo de oxigenação por difusores de ar. Na ausência da argila expandida, outros materiais tais como seixo, pedaços de cerâmica e brita podem ser utilizados. É importante que no filtro biológico a água percorra todo o substrato, garantindo contato com as bactérias nitrificantes fixadas nos materiais que compõem o substrato, que devem ser organizados ao redor de um tubo de 150 mm com fundo vazado por onde a água deve ser captada. Para tal, pode ser utilizada uma bomba externa como mostra a Figura 4, ou uma bomba submersa. Vale lembrar que seixo, pedaços de cerâmica e brita são materiais pesados e podem causar certo inconveniente no momento das limpezas preventivas, que devem ocorrer periodicamente. Outras mídias como os “bio-balls”, especialmente desenhadas para os sistemas SAR, também podem ser utilizadas, mas o seu custo é maior. Independentemente do tipo de material utilizado, recomenda-se que sejam empacotados em sacos vazados pré-fabricados ou construídos manualmente, com telas plásticas tipo sombrite, de forma a facilitar o manejo e a limpeza dos filtros.

O produtor deve ficar atento para as mudanças nos valores do pH da água, pois esse é um forte indicador da colonização do filtro biológico e do leito cultivado por

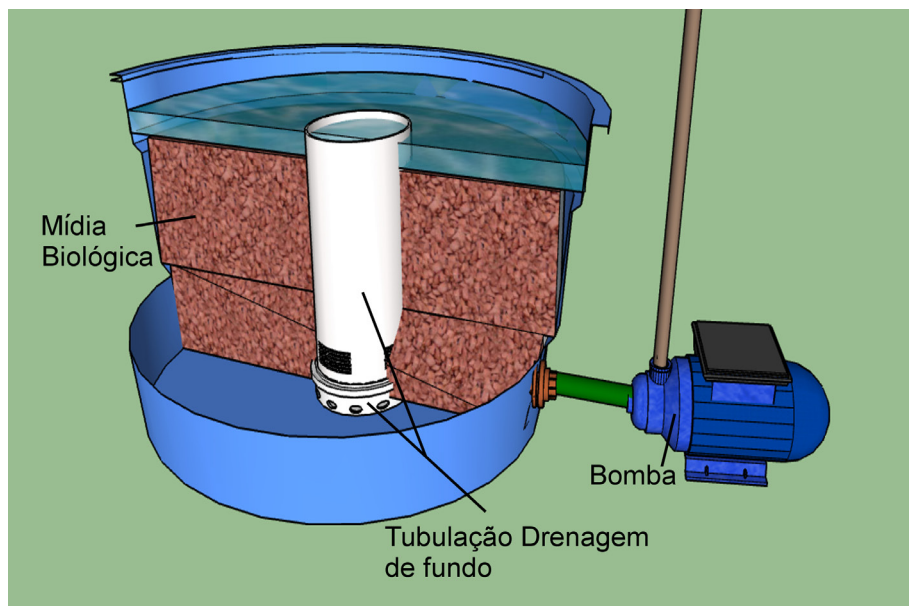


Figura 4. Filtro biológico aerado adaptado para uso de materiais submersos.

Ilustração: Jô de Farias Lima

bactérias anaeróbias e um alerta sobre o mal funcionamento do sistema. Nesse cenário é fundamental a verificação rotineira de possível acúmulo de matéria orgânica e, se necessário, realizar a limpeza (Somerville et al., 2014; Carneiro et al., 2015;). Recomenda-se uma limpeza preventiva dos decantadores a cada 30 dias, com lavagem dos materiais em tanque reservado para essa finalidade e a retirada do excesso de lodo nos leitos cultivados semissecos a cada 90 dias.

O leito cultivado semisseco apresentado aqui é construído a partir de um caixote de madeira medindo 0,30 m de altura, 1,00 m de largura e 6,0 m de comprimento, o qual deve ficar com fundo nivelado a 30 cm acima dos tanques de recria dos peixes. O seu interior deve ser forrado com papelão, lona plástica comum impermeável ou PEAD e sombrite comum ou outra malha, para que possa ser preenchido com água e com diferentes materiais (pedaços de cerâmica, brita, seixo ou argila expandida). O leito cultivado semisseco deve ser inundado e esvaziado periódica e sistematicamente por meio de uma bomba de recalque e um mecanismo elaborado com tubo e conexões de PVC denominado sifão de sino (Figura 5A-C), o qual proporciona ciclos regulares de enchimentos e esvaziamentos desse ambiente. A entrada de água deve ser feita de forma homogênea ao longo de todo o leito cultivado semisseco. É recomendado que o tamanho dos materiais filtrantes tenha entre 1 cm e 3 cm de diâmetro, de forma a garantir área superficial suficiente para o desenvolvimento das bactérias e ao mesmo tempo evitar entupimentos no sistema de drenagem. Vale salientar que o uso de cerâmicas no leito cultivado ou nos biofiltros pode acarretar em uma redução do pH da água. Um pH inferior a 7.0 pode interferir no correto funcionamento do filtro biológico, afetando assim o processo de nitrificação. Nas seções seguintes abordaremos como manter estável esse parâmetro.

Sistema de aeração

A oxigenação possui papel fundamental para o bom funcionamento do presente sistema. Ela é um componente crucial, não apenas para os peixes, mas também para as raízes das plantas e bactérias nitrificantes presentes no filtro biológico aerado e nos leitos cultivados semissecos. Assim, a quantidade de oxigênio dissolvido na água deve ser sempre superior a 3,5 mg/L e pode ser suprida por compressores radiais ou sopradores de ar com vazão mínima de 250 L/min (Figura 6). A aeração deve ser fornecida diretamente na água do tanque de recria e também no filtro biológico aerado. A rede de distribuição

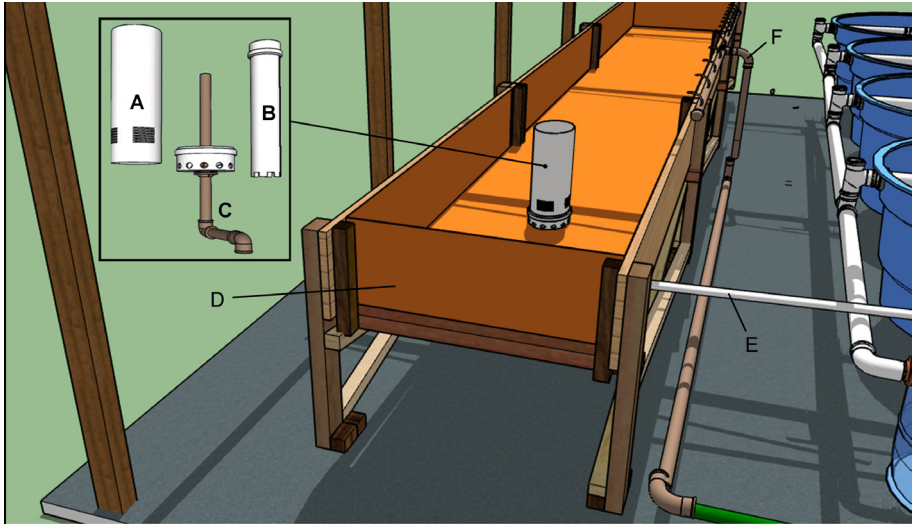


Figura 5. Esquema geral de um sifão de sino usado na drenagem de água nos leitos cultivados: câmara de proteção de 20 cm de altura composta de tubo de PVC de 100 mm (A); câmara de sucção de 20 cm de altura composta de tubo e cap de PVC de 70 mm (B); parte interna do sifão composta de um tubo de 32 mm com 15 cm de altura conectado a uma flange e adaptador de 32 mm conectando o sifão a um joelho que conduz a água de saída dos leitos semissecos para a tubulação que leva ao filtro biológico aerado com mídias flutuantes (C); leito cultivado construído com caixote de madeira (D); tubulação de drenagem (E); tubulação de abastecimento (F).

Ilustração: Jô de Farias Lima

de ar pode ser feita com tubulação rígida ou flexível para irrigação, devendo ter o mínimo de curvas possível. Recomenda-se proceder com no máximo duas reduções, por exemplo: de 50 mm para 25 mm e deste para 8 mm. Para difusão do ar, o uso de pedras porosas para aquários aumenta a eficiência de transferência de oxigênio.

Fotos: Jô de Farias Lima

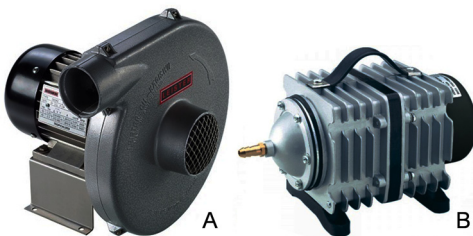


Figura 6. Exemplos de aeradores utilizados na oxigenação do sistema de aquaponia: aerador radial (A); e aerador eletromagnético (B).

Operação do sistema

Abastecimento, monitoramento e correção da água

A água de abastecimento e reposição pode ser oriunda de chuva, poços, rios, lagos ou da torneira. No caso de água tratada com cloro, a mesma deve ser utilizada somente após repouso de 24 horas (preferencialmente com aeração), tempo suficiente para que o cloro nela contida seja evaporado. Uma vez abastecido e em funcionamento, o presente sistema de recirculação pode ficar até 16 meses sem a necessidade de troca de água, sendo necessária apenas a reposição da água perdida pela evaporação e evapotranspiração. No estado do Amapá, por exemplo, pode chegar a 3% do volume ao dia, no período de junho a dezembro. Além disso, para que o sistema funcione adequadamente é necessário um controle rigoroso dos parâmetros de qualidade de água, tanto para a manutenção do bem-estar dos animais e plantas, quanto para o desenvolvimento da microbiota.

Com a estrutura montada, o sistema deve ser preenchido com água e testado, visando à identificação de vazamentos ou ao mal funcionamento de equipamentos (bombas de água e aeradores). O volume de água no sistema deve ser mantido através da instalação de uma rede de abastecimento ligada a uma boia, que deve ser inspecionada semanalmente. A boia liberará diariamente a água perdida por evaporação e transpiração das plantas e pode ser adquirida em qualquer casa de material de construção. Após inspeção de todos os componentes é hora de avaliar se a água apresenta parâmetros adequados ao desenvolvimento dos peixes. Caso os parâmetros de qualidade não estejam adequados, é necessário proceder com a correção da água, especialmente pH, dureza e alcalinidade. A Tabela 1 apresenta parâmetros de qualidade de água recomendados para o cultivo do tambaqui e seus híbridos.

Muitas reações químicas na água estão intimamente relacionadas com o pH, alcalinidade e dureza. O pH interfere nas reações metabólicas dos peixes nativos que possuem seu índice ótimo em valores próximos a 7,4 (Sá, 2012). O pH ainda exerce influência sobre o ciclo de nitrificação do nitrogênio, pois as bactérias nitrificantes dos gêneros *Nitrossomonas* e *Nitrobacter* são predominantemente aeróbicas e têm como pH ótimo valores entre 7,0 e 8,0 (Sá, 2012).

Tabela 1. Parâmetros básicos de qualidade de água sugeridos para o bom desenvolvimento de *Colossoma macropomum*.

Parâmetro	Valores recomendados	Referência
Temperatura (°C)	>26 <30	Gomes et al., 2010; Silva, 2011; Silva et al., 2013; Oliveira e Sousa, 2017
pH	>6 <9	Gomes et al., 2010; Silva, 2011; Silva et al., 2013
Oxigênio dissolvido (mg/L)	>4,5	Gomes et al., 2010; Silva, 2011; Silva et al., 2013;
Dureza (mg/L de CaCO ₃)	> 30	Gomes et al., 2010; Silva, 2011; Silva et al., 2013
Amônia não ionizada (mg/L)	<0,02	Gomes et al., 2010; Silva, 2011; Silva et al., 2013

Na região Norte do Brasil, as águas de rios, lagos e poços são geralmente ácidas e com baixa dureza, sendo necessário procedimentos de correção. Uma solução desenvolvida pela Embrapa Amapá foi uma pastilha corretiva de pH, alcalinidade e dureza. Essa pastilha pode ser confeccionada utilizando-se areia fina, cal hidratada e gesso agrícola ou de construção. Ao ser adicionada ao sistema, a pastilha inicia um processo de dissociação lenta e gradativa de íons Ca²⁺ e Mg²⁺ e carbonatos. Para correção em um sistema de recirculação, cada pastilha de 30 g poderá ser usada para equilibrar até o pH 7,0 um volume máximo de 200 L de água de cultivo com pH inicial 5,0, permanecendo no sistema em média de 10 a 15 dias, até sua dissolução completa (Lima et al., 2015). Outra opção de correção desses parâmetros é a adição direta de 50 g de calcário dolomítico a cada 15 dias para cada 1.000 L de água.

Além da correção do pH, alcalinidade e dureza, recomenda-se a maturação ou ativação prévia dos filtros biológicos e leitos cultivados semissecos. Esse processo consiste em promover o crescimento de bactérias nitrificantes no substrato em quantidades suficientes para nitrificar 100% da amônia produzida no sistema em 24 horas. Para maturação, deve-se adicionar 0,2 ml de NH₄NOH (amoníaco de farmácia 5%) e NaNO₂ (nitrito de sódio 5%) em 1 L de água de torneira para cada 100 L de água do sistema e distribuir de forma homogênea sobre a superfície do filtro. Um processo praticado rotineiramente na Embrapa Amapá que inclui a introdução de uma fonte de carbono e

corretor de pH e alcalinidade, pode acelerar o processo de nitrificação. Para isso, deve-se diluir 10 g de açúcar ou melaço e 20 g de cal hidratada em 1 L de água de torneira para cada 200 L de água do sistema e distribuir homogeneamente sobre a superfície do filtro. Colocar a mistura a cada 5 dias até que os níveis de amônia e nitrito estejam próximos de zero. Verificar novamente se os parâmetros de qualidade de água estão nas condições adequadas: pH próximo de 7, oxigênio dissolvido (OD) acima de 4,5 mg/L, amônia e nitrito próximos a zero, alcalinidade e dureza entre 50 mg/L e 100 mg/L. Atentar para a manutenção da aeração durante o processo de maturação do sistema.

Com os parâmetros da água corrigidos e estabilizados é hora de proceder com o povoamento dos peixes e plantio das hortaliças, conforme descrito a seguir. Caso não se queira efetuar a maturação prévia, o pleno funcionamento do filtro biológico deverá ocorrer entre 30 e 40 dias após a introdução dos peixes.

Povoamento e manejo dos peixes

Independente da procedência, os peixes devem passar por tratamento terapêutico profilático para evitar problemas sanitários no sistema de cultivo. Como tratamento profilático recomendamos o uso de solução salina contendo a mesma água dos tanques de recria adicionada de sal comum na concentração 6 g/L e peróxido de hidrogênio (H_2O_2) na concentração de 20 g/L, por um período de 20 minutos, sob oxigenação constante, para alevinos de até 50 g. O peróxido de hidrogênio vem sendo usado na aquicultura não apenas pela sua eficácia no tratamento contra infecções por fungos e bactérias em alevinos, mas também porque representa uma alternativa terapêutica barata e não prejudicial ao meio ambiente (Affonso et al., 2009).

O saco plástico, contendo os peixes, deve ficar flutuando na água do tratamento profilático por 15 minutos antes de ser aberto, para que haja ajuste da temperatura, permitindo a aclimação gradual dos animais às novas condições de qualidade da água. Após aberto, deve ser feita introdução gradual da água de tratamento profilático no saco com os peixes para equilibrar os parâmetros químicos da água. Após esses procedimentos de aclimação e tratamento profilático, os peixes devem ser transferidos para os tanques de recria sem a água utilizada no tratamento profilático, para diminuir as chances de introdução de contaminantes.

Ao longo do cultivo, as boas condições sanitárias podem ser obtidas efetuando medidas profiláticas simples, tais como:

- Manusear os peixes o mínimo necessário, para evitar estresse.
- Fornecer ração de boa qualidade, corretamente formulada, de boa procedência e armazenada adequadamente.
- Evitar o fornecimento excessivo de ração, pois haverá desperdício da mesma e as sobras que ficarem na água podem comprometer a qualidade da água.
- Utilizar materiais e equipamentos individuais para o sistema e desinfetar semanalmente com solução de peróxido de hidrogênio na concentração de 20 g/L por um período de 30 minutos.
- Realizar regularmente o monitoramento da qualidade de água e correção da mesma quando necessário.
- Após desinfecção, deixar os materiais (redes, puçás e baldes) lavados e secos.
- Em caso de contaminação por bactéria ou fungos, os peixes infectados devem receber banhos de sal e serem transferidos para tanques higienizados e submetidos novamente ao tratamento com peróxido de hidrogênio na concentração de 30 g/L por um período de 30 minutos.

Como citado anteriormente, nesse sistema de cultivo, é recomendada a recria de até 1.400 alevinos de peixes redondos onívoros como tambaqui, pirapitinga e seus híbridos com peso inicial de 5 g a 10 g, por um período de 60 dias, onde espera-se que alcancem massa corporal média de 70 g, alcançando a capacidade de suporte do sistema.

O manejo alimentar está intimamente relacionado com a biomassa utilizada no sistema, para isso é necessária uma avaliação periódica da massa corpórea dos animais, pelo menos a cada 15 dias. A biomassa é obtida multiplicando-se o número estimado de animais existentes em cada tanque de recria pela massa corpórea média dos animais (Chagas et al., 2007). Nesse sentido, as eventuais mortalidades ocorridas devem ser contabilizadas. A oferta diária de ração deve girar em torno de 3% a 5% do valor da biomassa quando os animais estiverem na fase de recria. A frequência alimentar, o número de vezes que os peixes devem ser alimentados por dia, no caso do tambaqui e seus híbridos, é de três vezes. Quando a temperatura diminui, o consumo

de ração é menor e, portanto, o seu fornecimento deve ser menor. O ideal é fornecer a ração sempre nos mesmos horários, para que haja um condicionamento alimentar dos animais. Para tambaqui (*Colossoma macropomum*) na fase de recria, recomenda-se a utilização de ração extrusada e balanceada com, no mínimo, 36% de proteína bruta nos primeiros 30 dias de cultivo e 32% nos próximos 30 dias. A quantidade de ração ofertada deve ser ajustada de acordo com os dados de acompanhamento de ganho de massa corpórea. O tamanho dos péletes deve seguir o tamanho da boca dos peixes, de forma que a ração possa atender às necessidades dos animais em cada fase de desenvolvimento (maiores informações sobre a alimentação e nutrição de tambaqui em Chagas et al., 2007).

Povoamento e manejo das plantas nos leitos cultivados

Assim como os peixes, as mudas das hortaliças devem ter aspecto vistoso e livres de indícios de patógenos. Podem ser adquiridas junto a horticultores da região ou produzidas na propriedade. Recomenda-se para todas as mudas um banho profilático de peróxido de hidrogênio na concentração de 20 g/L por um período de 20 minutos, passando em seguida por lavagem em água corrente para retirada de resíduos do tratamento e restos de substrato das raízes.

Mudas com sinais de infestação por fungos ou bactérias, apresentando pontos de necrose ou com deformidades nas folhas, devem ser eliminadas do sistema imediatamente. No caso das diferentes variedades de alface (*Lactuca sativa*), mudas com 15 a 20 dias após a semeadura (aproximadamente 5 cm) estão em tamanho ideal para avaliação visual e uso no sistema. As plantas devem ser inseridas no leito semisseco de 10 em 10 dias, para que o sistema sempre tenha plantas em crescimento e plantas em época de colheita (40 a 50 dias após o plantio).

Outras hortaliças, onde somente a parte aérea é colhida e ocorre o rebrote (por exemplo o jambu (*Acmela oleracea*), hortelã (*Mentha spicata*), manjeriçã (*Ocimum basilicum* L.) e outras), os cuidados sanitários na produção e seleção de mudas e monitoramento de doenças seguido de retirada das plantas doentes, devem ser os mesmos. Nessas plantas a introdução de novas mudas deve ocorrer a cada 30 dias, visto que somente a parte aérea dessas plantas é frequentemente colhida pelo produtor, diferentemente da alface,

em que a planta é colhida inteira. O objetivo é evitar que o sistema de leito semisseco fique sem vegetação, fato que pode promover desequilíbrio no sistema, causando mudanças bruscas em parâmetros críticos de qualidade da água, como é o caso da amônia. Atentar para a distância mínima exigida para cada espécie cultivada. Em se tratando das alfaces e jambu recomenda-se espaçamento de 25 cm e 30 cm, respectivamente.

Considerações finais e indicadores de produção e custos

Esse sistema apresentado possui componentes e materiais de fácil montagem e manutenção (Anexo 1), entretanto requer conhecimento básico sobre cultivo de peixes e de vegetais. Seguindo as recomendações de montagem e operação desse sistema de recirculação é possível produzir até 864 pés de alface ($1,9 \text{ kg/m}^2$) em nove ciclos de 40 dias e recriar até 1.400 alevinos de tambaqui (350 alevinos/m^3) com peso inicial de 5 g a 10 g até o tamanho de 70 g ($24,5 \text{ kg/m}^3$ de peixes) em ciclos de 60 dias, totalizando a recria de 8.400 alevinos ao longo de um ano. Levando-se em consideração que no estado do Amapá o custo de mil alevinos com massa corporal média de 70 g varia de R\$ 850,00 a R\$ 1.300,00, a renda familiar pode chegar a R\$ 10.900,00 somente com a venda direta de alevinos, sem mencionar a renda de aproximadamente R\$ 1.700,00 com a venda de alfaces ao custo de R\$ 2,00 por planta, recuperando-se o investimento de implantação do sistema (R\$ 4.870,00) ainda no primeiro ano, nas condições climáticas e de mercado do Amapá. Para outros estados, é necessário avaliar a viabilidade econômica do sistema proposto.

Agradecimentos

Aos acadêmicos Uclédia Roberta Alberto dos Santos, Rogério Morais de Lima e Claudiana de Lima Castilho pela colaboração na montagem do Sistema de leitos cultivados semissecos e canaletas.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária pelo apoio estrutural e financeiro ao projeto código SEG 03.13.09.011.00.00 e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro, conforme processo nº 444367/2014-4.

Referências

- AFFONSO, E. G.; BARROS, F. P.; BRASIL, E. M.; TAVARES-DIAS, M.; ONO, E. A. Indicadores fisiológicos de estresse em peixes expostos ao peróxido de hidrogênio (H₂O₂). In: TAVARES-DIAS, M. (Org.). **Manejo e sanidade de peixes em cultivo**. Macapá: Embrapa Amapá, 2009. p. 346-360.
- CALIJURI, M. L.; BASTOS, R. K. X.; MAGALHÃES, T. B.; CAPELETE, B. C.; DIAS, E. H. O. Tratamento de esgotos sanitários em sistemas reatores UASB/leitões cultivados de fluxo horizontal eficiência e estabilidade de remoção de matéria orgânica, sólidos, nutrientes e coliformes. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.14, n. 3, p. 421-430, 2009.
- CARNEIRO, P. C. F.; MORAIS, C. A. R.; NUNES, M. U. C.; MARIA, A. N.; FUJIMOTO, R. Y. **Produção integrada de peixes e vegetais em aquaponia**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. 23 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Comunicado técnico, 189).
- CHAGAS, E. C.; GOMES, L. de C.; MARTINS JUNIOR, H.; ROUBACH, R. Produtividade de tambaqui criado em tanque-rede com diferentes taxas de alimentação. **Ciência Rural**, v. 37, n. 4, p. 1109-1115, 2007.
- FANG, Y.; HU, Z.; ZOU, Y.; FAN, J.; WANG, Q.; ZHU, Z. Increasing economic and environmental benefits of media-based aquaponics through optimizing aeration pattern. **Journal of Cleaner Production**, v. 162, p. 1111-1117, 2017. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.06.158.
- GUIMARÃES, I. P.; OLIVEIRA, F. de A.; TORRES, S. B.; PEREIRA, F. E. C. B.; FRANÇA, F. D.; OLIVEIRA, M. K. T. Use of fish-farming wastewater in lettuce cultivation. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 8, p. 728-733, 2016.
- GOMES, L. C.; SIMÕES, L. N.; ARAUJO-LIMA, C. A. R. M. Tambaqui (*Colossoma macropomum*). In: BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L. C. (Ed.). **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. Santa Maria, RS: Ed. UFSM, 2010. p.175-204.
- HARRINGTON, R.; MCINNES, R. Integrated constructed wetlands (ICW) for livestock wastewater management. **Bioresource Technology**, v. 100, p. 5498-5505, 2009.
- HOQUE, S.; WEBB, J. B.; DANYLCHUK, A. Building integrated aquaculture. **ASHRAE Journal**, v. 54, n. 2, p.16-24, Feb. 2012.
- KLEMENČIČ, A. K.; BULC, T. G. The use of vertical constructed wetland and ultrasound in aquaponic systems. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 22, p. 1420-1430, 2015.

LIMA, J. F.; TAVARES-DIAS, M.; YOSHIOKA, E. T. O.; SANTOS, E. F.; DUARTE, S. S.; BASTOS, A. M.; MONTAGNER, D. **Sistema fechado simples de recirculação para recria de peixes ou camarões de água-doce**. Macapá: Embrapa Amapá, 2015. 8 p. (Embrapa Amapá. Comunicado técnico, 136).

LIMA, J. F.; DUARTE, S. S.; BASTOS, A. M.; CARVALHO, T. Performance of an aquaponics system using constructed semi-dry wetland with lettuce (*Lactuca sativa* L.) on treating wastewater of culture of Amazon River shrimp (*Macrobrachium amazonicum*). **Environmental Science and Pollution Research**, v. 26, n. 13, p. 13476-13488, 2019. Doi: <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04496-5>

LOVE, D. C.; FRY, J. P.; LI, X.; HILL, E. S.; GENELLO, L. SEMMENS, K.; THOMPSON, R. E. Commercial aquaponics production and profitability: Findings from an international survey, **Aquaculture**, v. 435, p. 67-74. 2015.

MANNARINO, C. F.; FERREIRA, J. A.; CAMPOS, J. C.; RITTER, E. Wetlands para tratamento de lixiviados de aterros sanitários – experiências no Aterro Sanitário de Pirai e no Aterro Metropolitano de Gramacho (RJ). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 11, n. 2, p. 108-112, 2006.

MARTINS, C. I. M.; EDING, E. P.; VERRETH, J. A. J. The effect of recirculating aquaculture systems on the concentrations of heavy metals in culture water and tissues of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. **Food Chemistry**, v. 126, n. 3, p. 1001-1005, 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814610015268> . Acesso em: 04 jun. 2019.

OLIVEIRA, C. M.; SOUSA, R. G. C. Cultivo de tambaquis da pré-engorda ao abate com diferentes taxas de arraçoamento. **Biota Amazônia**, v. 7, n. 4, p. 20-25, 2017.

OMEIR, M. K.; JAFARI, A.; SHIRMARDI M.; ROOSTA H. Effects of Irrigation with fish farm effluent on nutrient content of Basil and Purslane. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, India Section B: Biological Sciences, Dec. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40011-019-01155-0>. 2019.

PINHO, S. M.; MOLINARI, D.; MELLO, G. L. D.; FITZSIMMONS, K. M. Effluent from a biofloc technology (bft) tilapia culture on the aquaponics production of different lettuce varieties. **Ecological Engineering**, v. 103, p. 146–153, June, 2017. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2017.03.009

SÁ, M. V. **Limnocultura**: limnologia para aquicultura. Fortaleza: Edições UFC, 2012.

SANTOS, A. A. O.; CAMARGO, A. F. M. Constructed wetlands for treatment of harvest effluents from grow-out ponds of the Amazon river prawn. **Aquaculture Research**, v. 46, n. 11, p. 2676-2684, 2015.

SCHULZ, C.; GELBRECHT, J.; RENNERT, B. Treatment of rainbow trout farm effluents in constructed wetland with emergent plants and subsurface horizontal water flow. **Aquaculture**, v. 217, n. 1, p. 207-221, 2003.

SILVA, M. S. G. M. **Desenvolvimento de um sistema de recirculação com o uso de Wetlands construídas para efluentes da piscicultura**. 2012. 115 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Feagri, Unicamp, Campinas.

SILVA, C. A. **Boas Práticas de Manejo na criação de tambaqui em viveiro no Baixo São Francisco**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2011. 8 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Circular técnica, 64).

SILVA, A. D. R.; SANTOS, R. B.; BRUNO, A. M. S. S.; SOARES, E. C. Cultivo de tambaqui em canais de abastecimento sob diferentes densidades de peixes. **Acta Amazonica**, v. 43, n. 4, p. 517-524, 2013.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; BRAGA, F. M. S. Constructed wetland in wastewater treatment. **Acta Scientiarum. Biological Science**, v. 30, n. 3, p. 261-265, 2008.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; SANTEIRO, R. M. Fish farm and water quality management. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 35, n. 1, p. 21-27, 2013.

SOMMERVILLE, C.; COHEN, M.; PANTANELLA, E.; STANKUS, A.; LOVATELLI, A. **Small-Scale Aquaponic Food Production: Integrated Fish and Plant Farming**. Rome: FAO, 2014. 288 p. (Fisheries and Aquaculture Technical Paper, n. 589)

SOUSA, J. T.; VAN HAANDEL, A.; LIMA, E. P. C.; HENRIQUE, I. N. Utilização de wetland construído no pós-tratamento de esgotos domésticos pré-tratados em reator UASB. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 9, n. 4, p. 285-290, 2004.

RAKOCY, J. E.; MASSER, M. P.; LOSORDO, T. M. **Recirculating Aquaculture Tank Production Systems: Aquaponics - Integrating Fish and Plant Culture**. [S.l.]: SRAC, 2006. 16 p. (SRAC Publication 454).

ZACHRITZ II, W. H.; HANSON, A. T.; SAUCEDA, J. A.; FITZSIMMONS, K. M. Evaluation of submerged surface flow (SSF) constructed wetlands for recirculating tilapia production systems. **Aquacultural Engineering**, v. 39, n. 1, p. 16-23, 2008.

ZHANG, S.; LI, G.; WU, H.; LIU, X.; YAO, Y.; TAO, L.; LIU, H. An integrated recirculating aquaculture system (RAS) for land-based fish farming: The effects on water quality and fish production. **Aquacultural Engineering**, v. 45, n. 3, p. 93-102, 2011.

Anexo 1. Lista de materiais necessários para montagem do sistema utilizando leitos cultivados semissecos para produção integrada de peixes (tambaqui e seus híbridos) e hortaliças folhosas.

Item	Descrição do material	Unid.	Quant.	Unit. (R\$)	Subtotal (R\$)
1	Caixa plástica em PVC de 1.000 L para água potável	unid	4	260,00	1.040,00
2	Caixa plástica em PVC de 500 L para água potável	unid	1	160,00	160,00
3	Tambor plástico de 200 L	unid	1	120,00	120,00
4	Flange com adaptador de 50 mm	unid	6	9,20	55,20
5	Tubo PVC de 32 mm irrigação azul com 6 metros	unid	4	12,50	50,00
6	Conexão T em PVC tubo 32 mm irrigação azul	unid	8	3,50	28,00
7	Conexão joelho 90° em PVC tubo 32 mm para irrigação azul	unid	4	3,50	14,00
8	Redução em PVC 32 mm para 25 mm	unid	4	3,00	12,00
9	Registro de esfera PVC 32 mm	unid	3	9,00	27,00
10	Torneira plástica de jardim	unid	6	3,50	21,00
11	Soprador compressor radial turbina de ar 1/3 de CV	unid	1	990,00	990,00
12	Balde de 20 litros reutilizado	unid	1	6,50	6,50
13	Bomba de água com vazão de 4.000 L/h para lagos	unid	1	350,00	350,00
14	Filme plástico difusor estufa agrícola 150 micras	m ²	12	10,0	120,00
15	Lona plástica 150 micras (preta e branca)	m ²	10	4,5	45,00
16	Estreios em madeira 0,10 m x 0,10 m x 4 m	unid	16	45,00	720,00
17	Réguas em madeira medindo 0,07 m x 0,12 m x 6m	unid	10	35,00	350,00
18	Ripão medindo 0,04 m x 0,04 m x 4 m	dúzia	2	45,00	100,00
19	Perna manca 0,04 m x 0,08 m x 4 m	dúzia	4	65,00	260,00
20	Mourão de madeira 10 cm x 10 cm x 400 cm	unid	8	50,00	400,00
20	Tábuas 0,03 m x 0,20 m x 4 m	dúzia	2	65,00	130,00
21	Pregos 2 1/2 x 11"	kg	2	8,50	17,00
22	Prego 3 x 9"	kg	2	8,50	17,00
23	Brita nº 2	m ³	0,5	180,00	90,00
24	Argila expandida saco com 50 L	saco	2	75,00	150,00
25	Mangueira 8 mm	m	20	1,50	30,00
Total					5.302,70

Exemplares desta edição
podem ser adquiridos na:

Embrapa Amapá

Rodovia Juscelino Kubitschek, nº 2.600,
Km 05, CEP 68903-419
Caixa Postal 10, CEP 68906-970,
Macapá, AP
Fone: (96) 3203-0201
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

1ª edição

Publicação digital (2020)



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL

Comitê Local de Publicações

Presidente

Jamile da Costa Araújo

Secretário-Executivo

Daniel Marcos de Freitas Araújo

Membros

*Adelina do Socorro Serrão Belém, Elisabete da
Silva Ramos, Gilberto Ken Iti Yokomizo, Jô de
Farias Lima, Leandro Fernandes Damasceno,
Ricardo Adaime da Silva, Sônia Maria
Schaefer Jordão, Wardsson Lustrino Borges*

Supervisão editorial e
normalização bibliográfica

Adelina do Socorro Serrão Belém

Revisão de texto

Elisabete da Silva Ramos

Editoração eletrônica

Fábio Sian Martins

Ilustração da capa

Jô de Farias Lima