



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
REGIONAL JATAÍ
CURSO DE ZOOTECNIA
PROJETO ORIENTADO



SAULO DUARTE DE OLIVEIRA

SISTEMA DE AQUAPONIA

JATAÍ - GO

2016

SAULO DUARTE DE OLIVEIRA

SISTEMA DE AQUAPONIA

Orientadora: Profª Dra. Erin Caperuto de Almeida

Relatório de Projeto Orientado apresentado à Universidade Federal de Goiás–UFG, Regional Jataí, como parte das exigências para a obtenção do título de Bacharel em Zootecnia.

JATAÍ – GO
2016

SAULO DUARTE OLIVEIRA

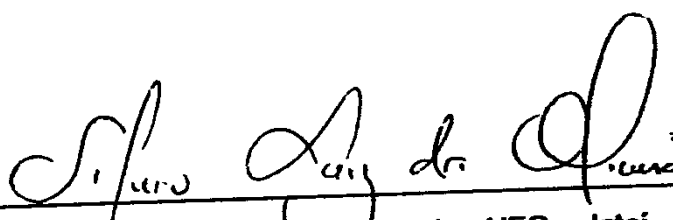
Relatório de Projeto Orientado apresentado como parte das exigências para a obtenção do título de Bacharel em Zootecnia, defendido e provado em 16 de março de 2016, pela seguinte banca examinadora:



Profa. Dra. Erin Caperuto de Almeida, UFG - Jataí
Presidente da Banca



Prof. Dr. Igo Gomes Guimarães, UFG – Jataí
Membro da Banca



Prof. Dr. Silvio Luiz de Oliveira, UFG – Jataí
Membro da Banca Folha de Aprovação

Dedico

Aos meus pais e ao meu irmão, por tudo que sempre se dispuseram a me ajudar e agradeço a todos os meus amigos por todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

Eu sou uma pessoa que devo agradecer a todos e por tudo, pois sou uma pessoa muito dependente. Dependo todos os dias de muitas pessoas, dependo de uma informação, de uma opinião, de uma palavra ou até mesmo uma frase carismática, e isso quem mais me proporciona são meus amigos e meus companheiros de guerra ou posso assim dizer companheiros de vida! Pois eles não vieram atoa nesse mundo e nem na minha vida! Sou grato a todos por me ensinarem coisas pessoais, profissionais, e por que não, as malandragens que precisamos ter para sobreviver.

Agradeço a minha família, Saidio Duarte de Oliveira, Eliane Pereira Duarte de Oliveira, Sebastião de Oliveira e não posso esquecer da minha cunhada, que tomou meu lugar na minha casa, Nayane Oliveira Almeida pelo carinho, amor, honestidade e respeito que todos eles têm comigo. Eu amo todos vocês, do fundo do meu coração e desejo tudo de melhor que a vida pode oferecer para vocês.

Eu tenho muito que receber pelos meus serviços prestados à Republica Lisossomos, tanto profissional quanto pessoal. Meus amigos Leonardo Alves Gomes, Otavio Pereira Martins, Douglas de Paula dos Anjos, Vicente Carvalho de Paula Filho, Nayane Gonçalves, Irene Gonçalves, Amanda Gomes Prado vocês são as pessoas que eu tanto admiro e são as pessoas que mais me ajudaram dentre outras pessoas e particularmente a Ana Paula de Jesus você me ensinou o que é ter uma pessoa para sempre contar e mostrou o que toda pessoa quer ter em toda a sua vida que é amor e carinho e muita fé, eu sou muito grato a vocês e espero que neste caminho da vida todos nós possamos ser os melhores e fazer o melhor de nós como fazemos em nossa casa e isso é o que nos uniu e que sempre vai nos unir. Isso sim é uma casa de família “Republica Lisossomos-agressivando os horizontes”.

Deus colocou algo inesperado em minha vida, apesar de não ter visto nascer eu sinto que é um pedaço meu e eu tenho o prazer de sentir e ganhar o seu carinho todos os dias, obrigado senhor por ter colocado a minha cachorra “cachorra” em meu caminho.

RESUMO

O sistema de aquaponia integra o cultivo de peixes e hortaliças em sistemas de recirculação de água e nutrientes, sendo uma alternativa de renda para pequenos produtores e ambientes urbanos com pouco espaço, utilizando quantidade reduzida de água. Objetiva-se com esta revisão, mostrar algumas características do cultivo hidropônico e sistema de recirculação de água na produção de peixe, objetivando evidenciar os benefícios da interação entre os dois cultivos.

Palavra-chave: hidropônia, peixes, recirculação.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1. AQUAPONIA	3
2.2. HIDROPONIA	7
2.3. PRODUÇÃO DE PEIXES DE FORMA INTENSIVA EM SISTEMAS DE RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA	10
3. CONCLUSÃO	15
4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS... ..	17

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a preocupação pública com os desastres decorrentes da produção alimentícia convencional está cada vez maior. Com a degradação dos solos, poluição das águas e do ar e até mesmo problemas decorrentes dos resíduos de produtos tóxicos nos alimentos, faz com que o cultivo destes esteja se modificando para uma produção ecologicamente correta, entretanto a produção alimentícia de grande escala ainda se faz necessária devido à falta de produtos para atender todo o mercado.

Desta forma, uma das grandes preocupações do mercado consumidor e dos produtores é aumentar a produtividade com baixo custo e sem riscos ao meio ambiente.

A tendência é aprimorar o cultivo para atender o mercado consumidor, utilizando novas técnicas visando a produção de hortaliças e peixes em cativeiro com a intenção de minimizar os impactos ambientais, que no caso da produção de organismos aquáticos sem recirculação de água, promove a liberação de efluentes ricos em nutrientes em corpos d' água causando a eutrofização dos mesmos, além da introdução de espécies exóticas em rios e lagos e erosão com o carregamento e sedimento para cursos d' água naturais.

No Brasil ainda são escassos os estudos sobre aquaponia, mas outros países como Canadá, Austrália, Estados Unidos, México e Israel pesquisas têm sido realizadas e com resultados satisfatórios. Além disso, há um grande número de residências que são produtoras de hortaliças, sendo chamadas de “backyard aquaponics” ou “aquaponia de quintal”. Nestes países, a maior parte dos produtos oriundos da aquaponia são das produções de pequena escala, sendo encontradas também produções em larga escala. Situa-se na Alemanha umas das maiores propriedades que adotam sistema aquapônico no mundo e, com um investimento de pouco mais de 1 milhão de euros, destaca-se como uma das maiores estruturas já construídas com a capacidade de produzir anualmente 35 toneladas de verduras e legumes e 25 toneladas de peixes. (CARNEIRO et al., 2015; CORSO, 2010).

A hidroponia e a aquaponia são técnicas que objetivam não apenas a redução do impacto ambiental, mas também a superação ambiental, driblando deficiências que prejudicam o sistema produtivo, como por exemplo, a escassez de água, utilização de terras que não permitem o cultivo convencional de plantas e utilização de nutrientes que seriam eliminados para o ambiente. Diante destes fatos, a aquaponia têm se tornado uma técnica promissora e lucrativa devido a utilização de benefícios dos dois cultivos. (ZELAYA et al, 2001; CARVALHO, 2005; MATSON, 2008;).

A aquaponia se espelha em dois sistemas: o sistema de produção de peixes em sistema de recirculação de água e o sistema hidropônico, unificando sua produção, onde ocorrem benefícios para ambas às partes. Ela se assemelha com os processos de simbiose ocorridos na natureza, onde os peixes dos rios produzem dejetos nitrogenados, que também possuem uma fração de nutrientes que atende as exigências dos vegetais, e os organismos vegetais utilizam estes compostos para sua própria produção de biomassa, retirando estes compostos da água, tornando a água limpa para o ambiente novamente. (RAKOCY, 2006; HUNDLEY, 2013; CARNEIRO et al., 2015;)

Produtos oriundos da aquaponia apresentam algumas vantagens para os consumidores. A restrição no uso de agrotóxicos no controle de pragas nos vegetais é necessária devido ao comprometimento da saúde dos peixes, sendo assim, os produtos oriundos de sistemas aquaponicos tem apelo humanitário, zelando pela saúde dos consumidores.

Portanto, faz-se necessário o estudo do sistema de produção de alimentos através da aquaponia, por fornecer aos consumidores, produtos com maior nível de segurança alimentar e por apresentar preservação dos recursos hídricos devido ao baixo consumo de água para a produção dos vegetais e menor risco ambiental por contaminação de solos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aquaponia

As primeiras tentativas publicadas sobre a aquaponia foram em torno da década de 70, onde foi evidenciado que o desperdício metabólico dos peixes poderia ser utilizado no cultivo hidropônico (LEWIS, 1978).

A aquaponia é uma interação entre o cultivo hidropônico e o cultivo aquícola em sistema de recirculação de água, para aumentar a eficiência da produção de alimentos, tornar as duas produções menos impactante ao meio ambiente, e fornecer condições à agricultura familiar de produzir próximo ou em perímetro urbano peixes e hortaliças em um espaço reduzido com um investimento menor, pois é um sistema de produção simbiótica entre peixes e plantas, onde emprega os resíduos dos peixes como fertilizantes para as plantas reduzindo assim custos para uma segunda produção (ROOSTA & AFSHARIPOOR, 2012; PINTO, 2014).

A aquaponia utiliza água recircular no sistema, a perda de água para o ambiente é consideravelmente baixa comparando-se com a horticultura convencional e produção de pescados em tanques escavados. Resumindo, as perdas de água para o ambiente se dão pela evapotranspiração do vegetal e pela evaporação da água do reservatório onde ficam alojados os peixes e o filtro (DIVER, 2006). Hundley & Navarro (2013), afirmam que a aquaponia além de ser uma produção sustentável é uma produção de alimentos mais saudáveis.

Outras vantagens da aquaponia são a utilização mínima de água para dois cultivos, capacidade de produção dentro de centros urbanos, aproveitamento integral de água e ração, capacidade de obter um sistema de alta densidade de peixes e hortaliças, redução no risco de que espécies exóticas sejam introduzidas nos rios nativos, produção de um produto de alta qualidade e livre de agrotóxicos e antibióticos, diversificação e aumento da renda e menor investimento em fertilizantes para o cultivo das plantas (HERBERT, 2008; BRAZ FILHO, 2000; CARNEIRO et al., 2015)

Entretanto, segundo Carneiro et al. (2015), as desvantagens do sistema aquapônico são a dependência de energia elétrica, dependência de conhecimento básico de biologia, fitotecnia, piscicultura, hidráulica e engenharia.

Outras desvantagens encontradas por Herbert (2008) e Braz Filho (2000), são alto custo de investimento inicial, pouca tecnologia e informações difundida no Brasil, e limitações quanto a utilização de agrotóxicos e antibióticos.

A estrutura principal para um sistema aquapônico pode variar muito, mas algumas estruturas são imprescindíveis para realizar os principais procedimentos (Figura 1 e 2), tais como: tanques de criação de peixes, tanque para tratamento e decantação dos sólidos por filtros e transformação da amônia à nitrato através das bactérias que estão alojadas nos biofiltros e uma estrutura hidropônica. Após percorrer todo o sistema, a água deve retornar novamente para os tanques de criação, se possível, através de queda livre para evitar custos com energia e compra de bombas (RAKOCY et al, 2006).

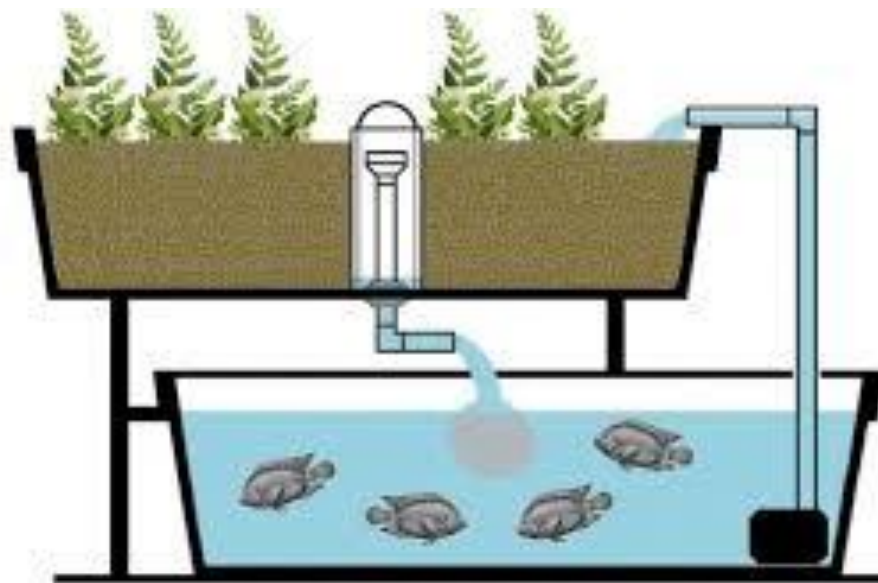


Figura 1. Esquema de sistema de aquaponia em escala doméstica

Fonte: <http://www.guiadailhacomprida.com/wp-content/uploads/2014/06/Foto-projeto-Aquaponia-300x169.jpg>

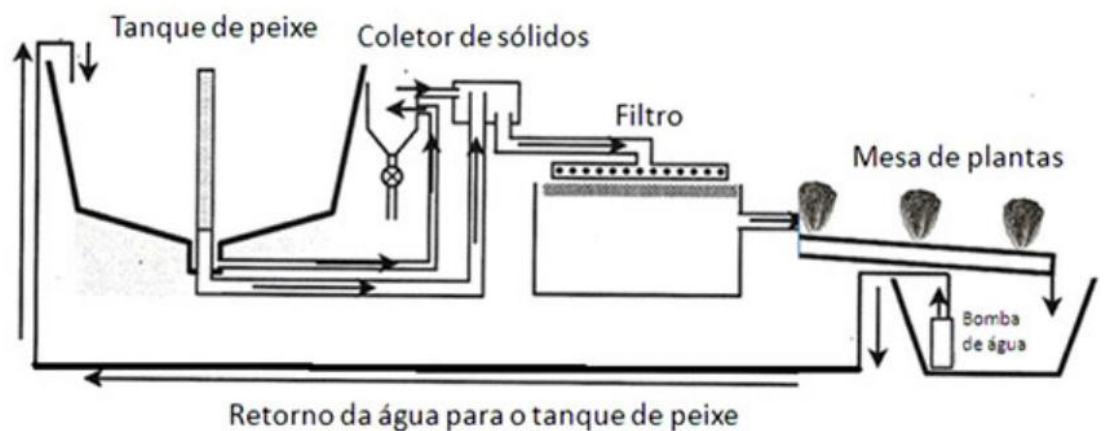


Figura 2. Esquema de sistema de aquaponia em escala comercial

Fonte: adaptado de Herbert (2008).

Dentro do sistema de aquaponia, o cultivo hidropônico será utilizado como filtro biológico para a melhoria da qualidade da água do cultivo dos peixes. Nesse caso, a elevada concentração de nitrato proveniente do metabolismo dos peixes poderá ser absorvida rapidamente pelas raízes da alface em cultivo hidropônico, cujo sistema deverá ser dimensionado para aplicação em pequenas pisciculturas.

Estudos realizados por Corso (2010), apontam que a quantidade de água gasta em um sistema de recirculação para o cultivo de 1 kg de peixe é de apenas 27,5% do total de água gasta em um sistema piscícola convencional.

O baixo custo com adubos também pode ser observado, pois os peixes que proporcionarão a solução nutritiva de baixíssimo custo para os vegetais. Os dejetos então serão aproveitados no sistema e não direcionando para a natureza, evitando assim o aumento da poluição ambiental.

As chances de fuga de espécies exóticas para a natureza serão reduzidas, pois é um sistema de água recircular, o que evita a proliferação de espécies exóticas, que pode levar à extinção de espécies nativas.

Para o consumidor ainda há a possibilidade de apreciar um produto de sabor agradável, pois é possível controlar a proliferação de algas na água, que quando consumida pelos peixes dá um sabor desagradável na carne. Na aquaponia deve-se atender algumas técnicas para não prejudicar a produtividade, evitando interferências em algum cultivo, sendo assim, é necessário analisar a qualidade e temperatura da água, quantidade de vegetais a ser produzida, espécie de peixes escolhida para a produção, ou seja, observar todos os fatores necessários para obter uma melhor produtividade e não oferecer risco à produção.

No Brasil ainda não existe uma divulgação ampla da aquaponia para correlacionar sua produtividade com espécies nativas. Portanto, para a escolha de uma espécie nativa deve-se atentar a alguns fatores importantes como a densidade de estocagem, temperatura da água, disponibilidade de alevinos ou juvenis (HUNDLEY, 2013; CARNEIRO et al., 2015).

Espécies de peixes ideais para o cultivo em sistema aquapônico estão relacionadas com o cultivo das plantas, devido à cada espécie de peixe ter uma característica de qualidade de água desejada para expressar seu melhor desempenho produtivo e que possua uma maior resistência a maiores concentrações de nitrogênio no sistema assim como as plantas. A melhor escolha seria a combinação da espécie do peixe combinada com a espécie da planta, tentando encaixar parâmetros como faixa ideal de pH e temperatura parecidos, para beneficiar os dois cultivos obtendo melhores resultados (CALÓ, 2011).

Várias espécies de peixes já foram testadas no sistema aquapônico, exemplo de algumas delas são pacu, tilápia, carpa comum e até peixes ornamentais. O mesmo foi realizado para plantas, como a alface, acelga, rúcula, melão, salsa, brócolis, pimentão, cebola e plantas ornamentais, como flores (CALÓ, 2011).

Segundo Carneiro et al. (2015), as espécies de plantas mais recomendadas para o cultivo aquapônico são as espécies adaptadas a hidroponia, pois elas toleram altos teores de água em suas raízes, suportam oscilações nos teores de nutrientes dissolvidos na solução nutritiva sem apresentar deficiência nutricional. A escolha deve ser realizada por questões de limitações, como espaço, nutrição, temperatura, radiação solar entre outros fatores.

De Faria (2013), sugere que uma análise econômica criteriosa em sistemas comerciais deve ser realizada para cada fase de produção dos diferentes híbridos, uma vez que a demanda do mercado, custo de rações ou custo e peso dos alevinos fornecidos pode influenciar na escolha da densidade a ser utilizada.

Ressalta-se que um inadequado manejo sanitário e a falta do conhecimento sobre boas práticas de manejo e de medidas profiláticas podem aumentar a ocorrência de doenças minimizando assim os lucros (CORSO, 2010).

A quantificação da produção dos vegetais está diretamente ligada à densidade de estocagem de peixes, pois será a forma básica de fornecer nutrientes aos vegetais. Devido a este fato, não pode-se deixar de fornecer a quantidade mínima de nutrientes para as plantas. Cortez (1999) chegou à conclusão de que os resíduos dissolvidos na água de um sistema de criação de peixes intensiva não foram capazes de atender a demanda de nutrientes para a alface, devendo assim fazer a complementação principalmente de potássio e magnésio.

Entretanto, Lewis em (1978), relatou redução dos níveis de amônia, nitrato e fosfato dissolvidos na água de retorno ao tanque de produção de peixes, após a passagem pelo sistema de cultivo hidropônico, mostrando a eficiência da aquaponia na redução de compostos indesejáveis através da associação dos cultivos.

Wilson (2005) sugeriu que uma forma de quantificar a produção de vegetais seria correlacionar a produção de 7 kg de vegetais para 1 kg de peixe estocado. Outras formas de dimensionar a produção de vegetais podem ser observadas, uma delas é através da quantidade de ração utilizada para a alimentação dos peixes, sendo que a proporção utilizada é de 60 a 100g de ração por dia para cada metro de canteiro (RAKOCY, 2006).

Conforme demonstrado, a aquaponia é constituída da junção dos sistemas de hidroponia e criação de peixes de forma intensiva com recirculação de água, o que faz

com que o conhecimento destes diferentes sistemas seja necessário para melhor compreensão do funcionamento como um todo e sua aplicação prática.

2.1.1. Hidroponia

Tempos atrás, pensava-se que apenas plantas nutricionalmente menos exigentes e mais rústicas poderiam ser cultivadas em meio hidropônico. Entretanto atualmente sabe-se que é possível produzir uma variedade grande de vegetais em meio hidropônico, como o pepino, alface, tomate, quiabo, pimenta entre outros vegetais. (CARNEIRO et al., 2015)

O cultivo em sistema hidropônico apresenta várias vantagens sobre o cultivo convencional de hortaliças, como maior rendimento por área, utilização do espaço na vertical, melhor qualidade dos produtos, maior facilidade da mão de obra para o cultivo, pois não há presença de ervas daninhas e não necessita capinar, menor incidência de pragas e doenças, melhor programação da produção, o ciclo de produção apresenta-se mais curto, menor perda de nutrientes para o ambiente por meio de maior fixação dos nutrientes, redução da lixiviação e perdas por escoamento. Todos esses fatores permitem um maior controle do ambiente de cultivo, promovendo a utilização mais eficiente dos fertilizantes. (TEIXEIRA, 1996; MARTINEZ, 1997; ALBERONI, 1998; FAQUIN & FURLANI, 1999; RODRIGUES, 2002;).

Os sistemas hidropônicos se diferem na forma de sustentação da planta, podendo ser por meio líquido ou substrato, apresentando diferenças na forma de fornecimento da solução nutritiva, podendo ser realizada por meio de recirculação “ativa” ou sem recirculação da solução nutritiva, denominada “passiva” e com fornecimento contínuo ou intermitente. Assim, todos os sistemas hidropônicos são cultivados em estufa (Figura 3) (TACHIKAWA, 2008; DE SOUZA, 2010).

Dentro dos diferentes sistemas hidropônicos, o mais comum utilizado na aquaponia é o sistema com substratos. Este é um sistema ativo, onde se utiliza matérias inertes em canaletas ou em vasos, exigindo plantas com suas partes radiculares e aéreas mais desenvolvidas. A solução se propaga através do material e então é drenada para o reservatório novamente. Os materiais inertes podem ser de vários tamanhos ou estruturas como brita, pedras, espuma fenólica e areia. (BRAGA, 2009)

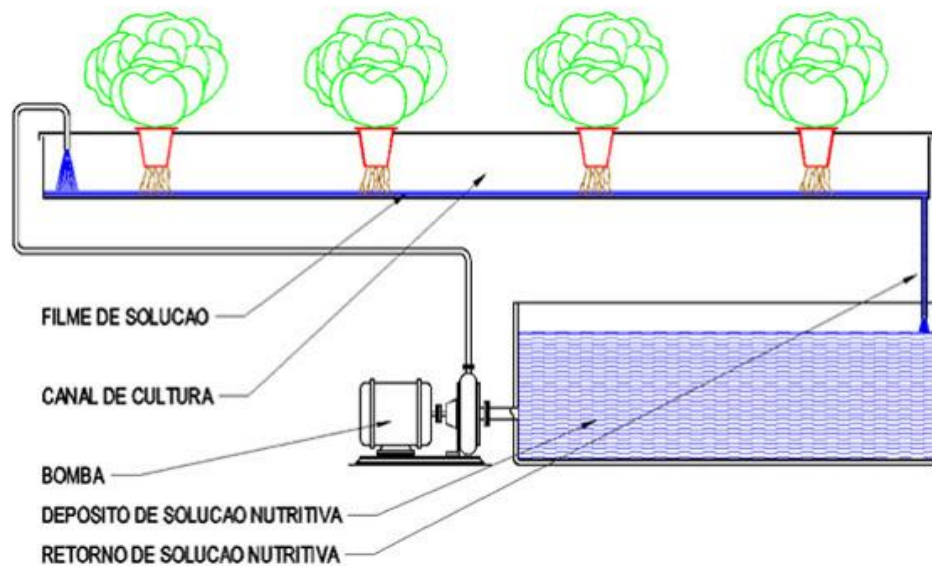


Figura 3. Hidropônia em sistema NFT

Fonte: <http://www.hydor.eng.br/PAGINAS-P/P11-P.html>

De acordo com Douglas (1997), no cultivo hidropônico a solução nutritiva é o único meio de oferecer às plantas os nutrientes. Sendo assim a solução é preparada com sais fertilizantes ou adubos químicos que são encontrados no mercado. Esses sais e adubos químicos fornecem os nutrientes necessários para o preparo da solução, porém deve-se optar por um adubo de fácil obtenção no mercado um fertilizante que se dissolva facilmente e que seja de baixo custo.

Os produtores procuram uma fórmula para essa solução nutritiva que atenda a exigência de todas as culturas. Tal fato não é possível, devido à existência de algumas variáveis a serem consideradas na nutrição das plantas, como por exemplo, o estágio de crescimento, parte da planta que será colhida e temperatura de cultivo (FURLANI, 1999).

A solução nutritiva deve manter uma constante de equilíbrio de nutrientes, para que as plantas tenham o melhor desenvolvimento. Os nutrientes devem estar em faixas limitadas, para que não tenha excesso e nem escassez. Para que se tenha uma solução ideal para o cultivo, deve-se fazer uma análise de dois fatores na solução que são importantes para a produção: a condutividade elétrica da solução nutritiva e o pH da solução. O pH ideal para o cultivo é em torno de 5,5 a 6,5 e a condutividade elétrica é o que determina a quantidade de adubo que existe na solução, quanto mais íons existir na solução maior será a condutividade elétrica (CARNEIRO et al., 2015.)

A solução nutritiva possui especificações para cada espécie de vegetal e estas podem ser adquiridas através do contato com os fornecedores da semente para o cultivo ou por meio de dados já existentes na literatura (DE SOUZA, 2010).

O cultivo hidropônico que apresenta as maiores produções é o da alface (*Lactuca sativa* L.). Esta é a hortaliça mais consumida no Brasil, exigindo produtos finais de melhor qualidade e maior difusão de tecnologia para a produção (COMETTI, 2003; MORETTI & MATTOS, 2008).

Segundo Furlani (2009), O cultivo da alface é dividido em quatro fases, sendo que a primeira fase compreende o intervalo entre a semeadura e o início do aparecimento da primeira folha, podendo ser chamado de emergência, com duração de sete dias.

A segunda fase compreende um período de 14 dias, onde é realizado o transplante direto para os canais de crescimento. Tem início na emergência da primeira folha até o aparecimento da quinta folha e exige um espaçamento de 0,05m x 0,05m entre plantas.

Na terceira fase, o tempo de formação é de 14 dias, esta fase da planta é conhecida como fase intermediária e necessita de 0,125 m x 0,125 m entre as plantas. A quarta fase chamada de fase definitiva tem duração de 14 dias, após a fase definitiva a planta está pronta para comercialização.

O ciclo total da produção da alface é em torno de 50 dias e a semeadura é realizada de acordo com a comercialização. Na prática, os produtores geralmente realizam semeadura e colheita toda semana, assim semanalmente há produtos para serem comercializados. Na tabela 1 apresenta-se uma solução nutritiva para o cultivo da alface recomendada por FURLANI (1998) na região de viçosa - MG.

Tabela 1. Solução nutritiva para o cultivo de alface no sistema de hidroponia

Nutriente	Concentração (mmol/L)	Nutriente	Concentração (mol/L)
N-NO ₃	9	H ₃ BO ₃	19.10 ⁻³
N-NH ₄	3	Fe EDTA	3,8.10 ⁻²
H ₂ PO ₄ ⁻	1	MnCl ₂ 4H ₂ O	7.10 ⁻³
K	7	ZnSO ₄ 7H ₂ O	2.10 ⁻³
Ca ²⁺	4,5	CuSO ₄ 5H ₂ O	5.10 ⁻⁴
Mg ²⁺	2	6Mo ₇ O ₂₄ 4H ₂ O	86.10 ⁻⁶
S-SO ₄	3,5		

Fonte: Silva (2015).

2.1.2. Produção de peixes de forma intensiva em sistemas de recirculação de água

A estrutura do sistema de recirculação baseia-se no princípio de que a água passe por todos os pontos do sistema: os tanques de produção, onde ficam alojados os peixes; tanque de tratamento onde encontram-se os filtros mecânicos e biológicos; e os tanques de produção que retorna a água para o sistema por meio de bombeamento. Mesmo sem perda direta de água, o sistema exige que seja feita reposição de água para suprir a perda por evaporação, que oscila de 2 a 10% do volume total por dia (CREPALDI et al., 2006).

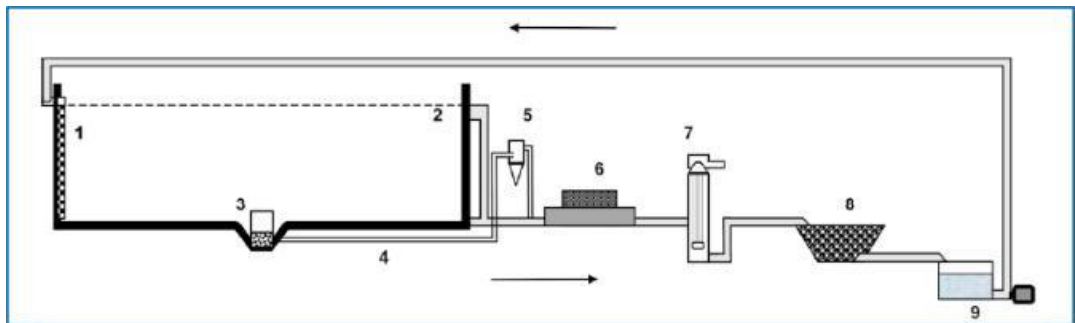


Figura 4. Sistema de recirculação convencional em escala comercial

Fonte: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAABbTcAK/sistemas-utilizados-na-carcinicultura?part=2>

Descrição da Figura 4: (1) A água de entrada é distribuída verticalmente na coluna d'água através de um tubo perfurado, promovendo uma corrente circular que facilita a concentração dos sólidos decantáveis no dreno central; (2) O excesso de água geralmente sai do tanque por um dreno de superfície; (3) Dreno central; (4) Os sólidos são conduzidos até o decantador ou cone por um tubo de pequeno calibre, onde são drenados os sólidos concentrados; (5) Cones e decantadores podem ser usados para concentrar os sólidos decantáveis (partículas >100 µm ou 0,1 m); (6) Filtro mecânico com telas finas ou filtros fechados com meio filtrante de areia, cascalho ou esferas de plástico (filtros tipo piscina) concentram e removem os sólidos em suspensão (partículas entre 40 e 100 µm); (7) Filtro mecânico onde os sólidos dissolvidos (partículas <40 µm) podem ser concentrados, grande parte destes sólidos tem <20 µm, e são removidos do sistema também com a utilização de filtração mecânica e do fracionador de espuma; (8) Os filtros biológicos são fundamentais para a saúde do sistema. É composto por uma caixa, tanque cilindro ou gaiola preenchida com um substrato que possibilita a fixação de bactérias

nitrificadoras, que promovem a oxidação da amônia a nitrato; (9) No sistema há necessidade de se instalar bombas para retornar a água tratada e reoxigenada para os tanques de cultivo.

Segundo Sampaio et al. (2010), cada sistema deve ser desenhado e dimensionado em função da produção, produtividade, região e do recurso disponível.

Entre os vários volumes de capacidade de suporte de água, os tanques ideais devem ter o formato circular ou octogonal, para facilitar a remoção dos sólidos decantáveis através de um dreno central por consequência da circulação da água. Desde que seja de um material inerte, o tanque pode ser de vários materiais como concreto, fibras próprias para o cultivo, inox, ou qualquer outro material que impossibilite a perda de água por infiltração. Entretanto vale ressaltar que o tanque de concreto deve ter uma boa impermeabilização, e os pontos de entrada e de saída de água devem ser em locais estratégicos para forçar a troca de água em todo o tanque (DE AZEVEDO et al., 2014).

Os sólidos gerados pelas fezes dos peixes são retirados do sistema por meio da filtragem física. Os resíduos além de gerarem problemas no sistema de recirculação como obstrução dos canos, consomem oxigênio e produzem amônia. Os sólidos são retirados do ponto de saída do fundo do tanque de cultivo dos peixes e enviados para o tanque de decantação. Geralmente se utiliza macrófitas para a remoção de nitrogênio e fósforo do sistema.

Os sólidos decantáveis (partículas maiores que 100 μm) e sólidos suspensos (partículas entre 40 e 100 μm) são retidos no fundo ou em coletores superficiais antes de entrar no tanque de decantação ou tanque do filtro sendo retirados por filtros mecânicos. O filtro mecânico pode ser feito de telas, ou camadas de britas ou areia. Os sólidos dissolvidos (partículas menores que 40 μm), em sua maioria, só podem ser retirados por fracionadores de proteína (KUBITZA, 2006; DE AZEVEDO et al., 2014)

Os filtros biológicos são fundamentais para o sistema devido a sua capacidade de fixar bactérias nitrificantes e promover a oxidação da amônia a nitrato. Geralmente consistem em uma caixa, tanque, cilindro, ou gaiola preenchida com substrato. Os substratos utilizados podem ser de vários tipos como britas, areia grossa, cascalho entre outros (KUBITZA, 2006).

Na produção de pescados no sistema de recirculação de água, deve atentar-se principalmente para a qualidade da água, pois é nela que os animais encontram as condições para sobreviver e obter maior desempenho produtivo. Por isso deve-se ter precauções com a densidade de estocagem, qualidade do alimento fornecido, garantia de qualidade dos filtros utilizados, sempre buscando manter uma boa qualidade da água (BRAZ FILHO, 2000).

Os peixes influenciam na qualidade da água por meios de eliminação de dejetos e respiração. A quantidade e a qualidade da ração também influenciam na qualidade da água (SILVA, 2001).

O monitoramento da qualidade da água deve ser realizado periodicamente, e isso pode ser feito através de kits de análise encontrados com facilidade em lojas de pesca e casas de peixes ornamentais. No entanto, não basta fazer somente a análise da água periodicamente, deve ser feita também a observação do comportamento dos peixes para detectar irregularidades e assim realizar os possíveis tratamentos. Os tratamentos para corrigir a qualidade da água devem ser realizados para correção gradativa, evitando um impacto no sistema (BRAZ FILHO, 2000).

Para cada espécie de peixes em cultivo, deve-se adotar o parâmetro de qualidade da água de forma a manter o conforto para a espécie cultivada. Algumas espécies exigem temperatura baixa para estar em uma zona de conforto ideal enquanto outras espécies exigem uma temperatura mais alta, podendo acontecer com outros parâmetros, como o oxigênio dissolvido (BRAZ FILHO, 2000; SÁ 2012).

Entre todos os parâmetros, a temperatura é um dos mais importantes, pois ele pode limitar a produção. A temperatura afeta diretamente todas as atividades fisiológicas dos peixes (alimentação, respiração, digestão e pode aumentar a susceptibilidade de doenças) e afeta a eficiência do biofiltro, a menos que este parâmetro chegue aos extremos, dificilmente levará a morte dos animais, entretanto limita a produção (BRAZ FILHO, 2000; SÁ, 2012).

O aumento da temperatura ou a queda da temperatura podem fazer com que os peixes saiam da sua zona de conforto, mas esta temperatura de conforto é caracterizada por espécie, e isso é um fator muito importante, onde pode limitar a escolha da espécie a ser cultivada. Em sistema de recirculação, no caso de alterar a espécie em cultivo, deve-se alterar a temperatura, onde deve-se esperar por um período onde ocorra a adaptação das bactérias do filtro (BRAZ FILHO, 2000 e SÁ, 2012).

É importante ressaltar que os peixes são animais pecilotérmicos, logo, dependem diretamente da temperatura da água para manter a sua temperatura corporal e seu metabolismo funcionando corretamente. O metabolismo do peixe é maior à medida que aumenta a temperatura da água, mas isso até certa temperatura. Os peixes de águas tropicais possuem uma zona de conforto entre temperaturas de 20 a 28°C. Se a temperatura for superior a 32°C pode ocorrer mortalidades, e abaixo de 24°C decresce o apetite rapidamente e aumenta a chance de proliferação de doenças (BRAZ FILHO, 2000; SÁ 2012).

Associada a temperatura o estudo da concentração de oxigênio se faz importante, pois sabe-se que esta molécula é utilizada pelos seres vivos para extrair a energia química dos nutrientes. A velocidade do metabolismo do animal varia em função da disponibilidade de energia nas células, logo quanto maior for a concentração de oxigênio no meio, maior será a taxa de crescimento e as atividades celulares (SÁ, 2012).

A concentração de oxigênio depende da temperatura da água (quanto maior sua temperatura, menor será a concentração de oxigênio, e quanto menor a temperatura maior será sua concentração no meio), das substâncias químicas (algumas substâncias podem absorver oxigênio), e da demanda biológica (é o oxigênio consumido pelos seres vivos aquáticos e quanto maior a densidade, maior a necessidade de oxigênio). Espécies tropicais são mais resistentes a hipóxia, ou seja, suportam mais as baixas concentrações de oxigênio dissolvido, em relação aos peixes de águas frias (TRUSSEL, 1972; BRAZ FILHO, 2000),

O oxigênio dissolvido (O_2D) varia de 0 a 13mg/L. A temperatura em 15°C pode conter até 10,05 mg/L de oxigênio dissolvido e em 30°C pode chegar até 7,57 mg de oxigênio dissolvido. Juntamente com a temperatura, a salinidade pode afetar a quantidade de O_2D , pois quanto maior a salinidade, menor será a concentração de O_2D na água (BRAZ FILHO, 2000). Os efeitos promovidos pela concentração de oxigênio na água podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2. Alguns efeitos da concentração de oxigênio na água

O_2D (mg/L)	Efeito
>15,0	Trauma da bolha de gás
4,0 – 15,0	Nível desejável; bom crescimento e integridade imunológica.
1,5 – 4,0	Animais estressados, baixo crescimento e é mais propicio a ter doenças.
< 1,5	Em tempos prolongados leva a morte.

Fonte: adaptação de BOYD & TUCKER (1998).

No sistema de recirculação de água o oxigênio é totalmente transferido para a água dos tanques através de sopradores de ar e difusores, devido à ausência de vegetais capazes de adicionar oxigênio através da fotossíntese na água (KUBITZA, 2006).

A concentração de oxigênio também irá variar após o arraçoamento, e para que não tenha uma grande variação, deve-se dividir a alimentação em várias vezes ao dia. As diferenças na concentração de oxigênio podem causar estresse e pode levar até a morte do peixe (BRAZ FILHO, 2000; SÁ, 2012).

Outro importante parâmetro que deve ser avaliado é a amônia, que no sistema é oriunda das excretas dos peixes tanto branqueais quanto fecais, resultantes do metabolismo proteico, e também é originado da ração não consumida (BRAZ FILHO, 2000; CAVERO et al, 2004; Sá, 2012).

A amônia (NH_3) não ionizada é altamente tóxica, mas em contato com a água a amônia é convertida em íon (NH_4^+) amônio ou amônia ionizada que é uma forma atóxica. Essas duas formas encontradas no ambiente somadas resulta em amônia total, mas essa proporção é afetada de acordo com o pH e a temperatura da água (Tabela 3), onde há um aumento na concentração de amônia não ionizada de acordo com o aumento da temperatura e o valor apresentado na tabela é o percentual de amônia tóxica na água.

Tabela 3. Concentração da amônia em relação ao pH e a temperatura da água.

pH	12°C	16°C	20°C	24°C	28°C	32°C
7,0	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7	1,0
7,4	0,5	0,7	1,0	1,3	1,7	2,4
7,8	1,4	1,8	2,5	3,2	4,2	5,7
8,2	3,3	4,5	5,9	7,7	11,0	13,2
8,6	7,9	10,6	13,7	17,3	21,8	27,7
9,0	17,8	22,9	28,5	34,4	41,2	49,0
9,2	35,2	42,7	50,0	56,9	63,8	70,8
9,6	57,7	65,2	71,5	76,8	81,6	85,9
10,0	68,4	74,8	79,9	84,0	87,5	90,6

Fonte: BRAZ FILHO (2000).

A amônia tem caráter básico, então quando o pH fica elevado (> 9) também fica elevado o risco de toxicidade por amônia, pois há uma maior concentração de amônia tóxica no sistema. O ideal é que a concentração da amônia total fique abaixo de 1,5 a 2 ppm (BRAZ FILHO, 2000; Sá, 2012).

O nitrito (NO_2) é oriundo da oxidação parcial da amônia pela ação de bactérias do gênero *nitrossomonas spp.* O nitrito também é tóxico para os peixes, pois ele é absorvido pelas brânquias e então ele pode oxidar o ferro da molécula de hemoglobina dos peixes e que acabam perdendo a capacidade de transportar oxigênio para os demais tecidos, levando à morte dos animais por asfixia.

Entretanto o nitrito não permanece no sistema, ele é oxidado por bactérias do gênero *nitrobacter spp* e então é gerado o nitrato. O nitrato não é tóxico aos animais. A transformação de nitrito a nitrato exige uma quantidade significativa de oxigênio na água,

e com isso a concentração de oxigênio na água pode abaixar devido a exigência de oxigênio para a ação das bactérias.

A transformação de amônia até o nitrato é conhecido como processo de nitrificação e as bactérias (nitrossomonas e nitrobacter) são conhecidos como bactérias nitrificantes.

O nitrato e o amônio são absorvidos pelas plantas retirando-os assim do sistema. Quando não se possui plantas, deve-se ter uma renovação de 5 a 10% do volume total de água para o controle e assim evitar intoxicação dos animais. Essas bactérias ficam alojadas no biofiltro (BRAZ FILHO, 2000; TOKUYAMA, 2004).

O pH ótimo para o crescimento e atividade das bactérias está situado entre 7,0 e 8,0 e quanto mais o pH se distancia desta faixa a atividade das mesmas se reduz (KUBITZA, 2006).

Nesse contexto, é possível observar que a acidez da água está correlacionada com diferentes parâmetros importantes para a criação dos peixes, sendo determinada pela concentração de íons H^+ presentes no meio. Quanto maior a concentração de H^+ maior será a acidez e quanto menor a concentração de H^+ menor será a acidez. O pH pode variar entre 0 e 14, de acordo com a concentração de íons H^+ , modificando assim sua acidez no meio. Quanto mais íons H^+ presentes, mais próximo será de 0 e quanto menor a concentração de íons H^+ presentes mais próximo de 14 (BRAZ FILHO, 2000; SÁ 2012).

O pH ideal para a produção de peixes nativos e de produção é aproximadamente 7,4, pois este é justamente o pH do sangue destes animais. Mas a faixa que procura-se manter é de 6,5 a 9. O pH viabiliza vida aquática entre a faixa de 4 a 11, ou seja, um valor acima ou abaixo desta faixa apresenta risco de morte imediata. Os peixes possuem um poder tampão, onde eles conseguem manter o pH do sangue na faixa ideal, isso se o pH não estiver longe da faixa que é menor do que 6 ou maior do que 9. Quando o pH está distante de 7,4 os peixes podem apresentar crescimento lento, maior susceptibilidade a doenças e mau aproveitamento dos alimentos (SÁ, 2012).

3. Conclusão

De acordo com o que foi abordado, pode-se dizer que é de fundamental importância integrar a piscicultura com a hidroponia, pois isso resultará em maior diversidade de produtos ou aproveitamento de recursos não explorados, tornando-se possível produzir duas culturas utilizando a mesma água, diminuindo o impacto ambiental, diminuindo os custos através dos benefícios da interação entre as duas

culturas. Para a aquaponia ser mais promissora necessita-se ainda de mais estudos e de melhoramento genético para as espécies de peixes e de plantas terem uma maior proximidade em suas exigências ao meio de cultivo, aumentando assim a eficiência em desempenho na produção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERONI, R.B. **Hidroponia: como instalar e manejar o plantio de hortaliças dispensando o uso do solo**. Nobel, São Paulo, 1998. 102p.
- BOYD, C. E.; TUCKER, C. S. **Pond Aquaculture Water Quality Management Kluwer Academic Publishers**. Boston, MA, 1998. v. 700.
- BRADLEY, T.J. **Animal Osmoregulation**. Oxford Univ. Press. 320 p. 2009.
- BRAGA, G.N.M. **Hidroponia**. [S.l.]: jun. 2009. Disponível em: <http://agronomiacomgismonti.blogspot.com/2009/06/hidroponia.html>>. Acesso em: 23 fevereiro. 2016.
- BRAZ FILHO, M.S.P. **Qualidade na produção de peixes em sistema de recirculação de água**. Monografia (Pós Graduação em Qualidade nas Empresas) - Centro Universitário Nove de Julho, São Paulo. 2000. 41p.
- CALÓ, P. Introducción a la Acuaponia. **Centro Nacional de Desarrollo acuícola (CENADAC)**. Ministerio de Agricultura, Ganaderia y Pesca. Argentina, 2011. 15 p.
- CARNEIRO, P.C.F. et al. **Aquaponia: produção sustentável de peixes e vegetais**. Macapá, 2015. 683–706p. v 2 .
- CARVALHO, M.B. Larvicultura de beijupirá. **Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro, 2005. v. 15, n. 92, 45-53p.
- CAVERO, B.A.S. et al. Tolerância de juvenis de pirarucu ao aumento da concentração de amônia em ambiente confinado. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, 39(5): 513-516. 2004. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2004000500015&lng=pt&nrm=iso Acesso em: 23 fevereiro. 2016.
- COMETTI NN. **Nutrição mineral da alface (Lactuca sativa L.) em cultura hidropônica – sistema NFT**. Seropédica: UFRRJ. 2003. 128p.
- Corso, M.N. **Uso de sistemas com recirculação em aquicultura**. Porto alegre. 2010. 36 p.
- CORTEZ, G. E. P. Cultivo de alface em hidroponia associado à criação de peixes. I. Qualidade da água. In: **Anais do Congresso Brasileiro de Olericultura**. 2000. 192-3p.
- CREPALDI, D. V. et al. Sistemas de produção na piscicultura. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, 2006. v. 30, n. 3-4, p. 86-99,
- DE AZEVEDO, V.G. et al. **Sistemas de Recirculação para Cultivo de Peixes Marinhas-Procedimento Operacional Padrão (POP)** - Núcleo, Ubatuba, SP, 2014. 13p.
- DE FARIA, R.H.S. et al. **Criação de peixes em viveiros**. Brasília. Codevasf, 2013. p. 54-65
- DE SOUZA, E.S. **Controle de sistema hidropônico utilizando a técnica de fluxo laminar de nutrientes**. Itatiba. 2010. 77p.

- DIVER, S. **Aquaponics—Integration of Hydroponics with Aquaculture**. National Sustainable Agriculture Information Service, Washington, EUA. 2006. p. 1-27.
- DOUGLAS, J.S. **Hidroponia Cultura sem terra**. 6. Ed. São Paulo: Nobel, 1997. 144 p.
- ESTEVEES, F.A. **Fundamentos da limnologia**. 3.ed. Rio de Janeiro: Interciência/FINEP, 2011. 826p.
- EVANS, D.H.; CLAIBORNE, J.B. Osmotic and ionic regulation in fishes. In: **D.H. Evans, Editor, Osmotic and ionic regulation: cells and animals, CRC Press, Taylor and Francis Group**, Florida, pp. 2009. 295–366p.
- FAQUIN, V.; FURLANI, P.R. Cultivo de hortaliças de folhas em hidroponia em ambiente protegido. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, 1999. v. 20, n. 200/201, 99-104p.
- FURLANI, P.R. **Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia - NFT**. Campinas, Instituto Agrônômico de 1998, 30p.
- FURLANI, P.R. et al. **Cultivo Hidropônico de Plantas**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1999. 52p.
- FURLANI, P.R. et al. **Cultivo Hidropônico de Plantas: Parte 3 - Produção de mudas para hidroponia**. 2009. Artigo em Hypertexto. Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2009_2/hidroponiap3/index.htm. Acesso em: 25 de fevereiro de 2016.
- HERBERT, S. et al., **Aquaponics in Australia - The integrations of Aquaculture and Hydroponics**. Mudge, Australia, 2008, 28p.
- HUNDLEY, G. C. **Aquaponia, uma experiência com tilápia (*Oreochromis niloticus*), manjeriço (*Ocimum basilicum*) e manjerona (*Origanum majorana*) em sistemas de recirculação de água e nutrientes**. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade de Brasília – UnB, Brasília, 2013. 57p.
- HUNDLEY, G.C.; NAVARRO, R.D. Aquaponia: a integração entre piscicultura e a hidroponia. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 3, n. 2, 2013.
- KUBITZA, F. Sistemas de Recirculação: Sistemas Fechados com Tratamento e reuso da Água. **Panorama da Aqüicultura**, 2006.v 16, n. 95, 15-22p,
- LEWIS, W.M. et al. Use of hydroponics to maintain quality of recirculated water in a fish culture system. **Transactions of American Fisheries Society**, 1978. v. 107, n. 1, p. 92-99,
- SÁ, M.V.C. **Limnocultura: limnologia para aquicultura**. Fortaleza: Edições UFC. 2012. 218p.
- MARTINEZ, H.E.P. **O uso do cultivo hidropônico de plantas em pesquisa**. Viçosa: UFV, 1997. 37p.
- MATSON, J. Fisingando peixes e plantas. **Scientific American Brasil**, [S.l.], n. 89, primavera 2008. Disponível em:

<http://www2.uol.com.br/sciam/noticias/fisgando_peixes_-_e_plantas_2.html>. Acesso em: 29 de fevereiro de 2016

- MORETTI, C.L.; MATTOS, L.M. Processamento mínimo de alface crespa. Comunicado Técnico 25: **Embrapa Hortaliças**. 2008. Disponível em: http://www.cnph.embrapa.br/paginas/serie_documentos/publicacoes2006/cot_36.pdf >. Acesso em: 23 fevereiro de 2016.
- PINTO, C.A. et al. Irrigação e nutrição na escola pelo sistema de aquaponia. In: **12ª Feira de Ciências e 3ª Mostra de Iniciação Científica (FEMMIC 2014)**. 2014.
- RAKOCY, J.E.; LOSORDO, T.M.; MASSER, M.P. **Recirculating Aquaculture Tank Production Systems**, SRAC publication. 2006. 454p.
- RODRIGUES, L.R.F. **Técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido**. Jaboticabal, FUNEP, 2002. 762p.
- ROOSTA, H. R.; AFSHARIPOOR, S. Effects of different cultivation media on vegetative growth, ecophysio local trait sand nutrients concentration in strawberry under hydroponic and aquaponic cultivation systems. **Advances in Environmental Biology**, Amman, 2012. v.6, n.2, p.543-555,
- SAMPAIO, L.A.N.D.; TESSER, M.B.; WASIELESKY JUNIOR, W.F.B. Avanços da maricultura na primeira década do século XXI: piscicultura e carcinocultura marinha. **Revista Brasileira de Zootecnia** 2010. v.39, p.102-111.
- SCHMIDT-NIELSEN, K. **Fisiologia Animal: adaptação e meio ambiente**. Grupo Gen-Livraria Santos Editora Ltda. São Paulo: Santos. 2002. 5.ed
- SILVA, P.F.D et al. “ produção de mini-alface em cultivo hidropônico” unimontes Científica, 2015 v.8 n. 1 p. 75-78
- SILVA, V.K.; FERREIRA, M.W.; LOGATO, P.V.R. Qualidade da água na Piscicultura. **Boletim de Extensão da UFLA, Lavras, MG**, 2001. n. 94. 16p.
- TACHIKAWA. E.M. **Automação de técnica de cultivos hidropônicos**. Itatiba, São Paulo, 2008. 53p.
- TEIXEIRA, N.T. **Hidroponia: uma alternativa para pequenas áreas**. Agropecuária, 1996.
- TOKUYAMA, T. et al., Nitrosomonas communis strain YNSRA, an ammonia-oxidizing bacterium, isolated from the reed rhizoplane in an aquaponics plant. **Journal of bioscience and bioengineering**, 2004. v. 98, n. 4, p. 309-312.
- TRUSSELL, RP. The Percent Un-Ionized Ammonia in Aqueous Ammonia Solutions at Different p H Levels and Temperatures. **Journal of Fisheries Board of Canada**, 1972. v. 29, n. 10, p. 1505-1507.
- WILSON, G. Australian barramundi farm goes aquaponic, **Aquaponics Journal**, 37. Sidney, Australia, 2005. p 12–16.

ZELAYA, O.; BOYD et al. Effects of Water Recirculation on Water Quality and Bottom Soil in Aquaculture Ponds. In: **EIGHTEENTH ANNUAL TECHNICAL REPORT, POND DYNAMICS/AQUACULTURE CRSP**. Oregon, 2001. v. 1, p. 711.