



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM  
CIÊNCIAS AMBIENTAIS

Aproveitamento do Efluente Oriundo da Criação de Tilápias do Nilo  
(*Oreochromis niloticus*) em Sistema Aquapônico para Produção de  
Alface (*Lactuca sativa* cv. Brunela)

Arthur Sampaio Cardoso Lima

Itapetinga  
Bahia

Fevereiro – 2016



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM  
CIÊNCIAS AMBIENTAIS

Aproveitamento do Efluente Oriundo da Criação de Tilápias  
(*Oreochromis niloticus*) em Sistema Aquapônico para Produção de  
Alface (*Lactuca sativa* cv. Brunela)

Autor: Arthur Sampaio Cardoso Lima  
Orientador: Dr. Alaor Maciel Junior  
Coorientadora: Dr<sup>a</sup>. Cláudia M. R. Raposo Maciel

“Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS, no Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Ambientais da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – Área de concentração: Meio Ambiente e Desenvolvimento”

Itapetinga  
Bahia  
Fevereiro – 2016

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me proporcionar a vida, e sempre iluminar os meus caminhos. Sem fé jamais conseguiria terminar esta pesquisa.

A toda minha família por sempre estar ao meu lado em momentos difíceis, e apesar da distância nestes últimos anos, sempre foram o principal motivo de todos os meus esforços.

Ao meu tio e melhor amigo Artur Gonçalves Sampaio, por ter me apoiado e me proporcionado a chance de mudar de cidade e cursar uma faculdade. Tentei seguir o máximo suas palavras.

Minha mãe, Nelma Suely Gonçalves Sampaio, meu pai, Antônio Cardoso Lima e minha irmã, Lorena Sampaio Cardoso Lima, sempre apoiando todas as minhas decisões, ligando quase todos os dias para saber se estou bem, se tenho roupa, se estou me alimentando direito, e principalmente a velha pergunta “Vêm quando Arthur?” Vocês foram a maior inspiração que um filho pode ter, sei que foi difícil para vocês, mas a vitória é nossa.

A Felipe Vilani e Poly, por terem me ensinado um pouco sobre aquaponia. Sou eternamente grato pelo acolhimento, pelo estágio intensivo e principalmente pela amizade, sem vocês este estudo não teria acontecido. Sempre estaremos juntos inovando cada vez mais essa técnica.

Aos meus orientadores, Alaor Maciel Jr. e Cláudia Maciel, pela oportunidade, amizade e orientação nos últimos anos. Não tenho palavras para agradecer a vocês o quanto foram importantes para mim durante toda a graduação e agora no mestrado muito obrigado por tudo.

Aos professores Paulo Sávio, Paulo Bonomo, Alexilda Oliveira, Danilo Paulucio, Daniela Fries, Dimas Santos, Andreia Gomes, Carmen Rech e José Luiz Rech pelo apoio, incentivo, sugestões, amizade, paciência, mas principalmente por terem acreditado e confiado em minhas ideias.

A todos os professores, que de alguma forma ajudaram, com sugestões, empréstimo de material e equipamentos, para que o projeto fosse montado, Sônia Teodoro e Ronaldo Vasconcelos Filho, muito obrigado.

A todos os meus amigos que me ajudaram no decorrer do experimento, com análises e coletas, Ezaú muito obrigado pela ajuda durante o experimento, sem palavras para descrever

o quanto, você foi importante durante toda a pesquisa. Lucas, muito obrigado pela amizade e disponibilidade, durante as análises da água. Vitão e Zé obrigado pela ajuda durante a análise das plantas.

A todos os colegas do grupo “NEOAQUA” pela amizade e constante apoio.

A todos os meus colegas da pós graduação.

À empresa “HIDROPONIA” pela produção das mudas. Obrigado pela força Garga!!!

À empresa “AQUAVALE”, em especial para Arleques Teixeira, pelo fornecimento dos alevinos.

À minha família “Green House”: Lucas, Renam, Wesley, Marconi, Keko, Gabriel, Breno, Rodrigo, Cirilo, Tripa, Laís, Neura, Davi, Stênio, Thiago e Paulo Sávio, por compartilharem comigo momentos felizes e tristes.

A meus amigos Quetinho (Alexsandro) e Juliana por todo apoio durante a pesquisa.

A Eudes Vinícius e Gabriel Oliveira, que apesar da distância, nosso laço de amizade nunca foi abalado. Obrigado meus amigos por acreditarem e apoiarem minha escolha.

À minha namorada Claudinha, por ter aparecido em minha vida no momento em que mais precisei. Obrigado meu amor pelo seu companheirismo, carinho, ajuda, sugestões e incentivo.

A todos os funcionários da UESB envolvidos no projeto, pela constante ajuda durante a montagem e execução do projeto. Em especial a Nelson, Baducha, Jutai, Reginaldo, Ataíde, Manuel e Sr. José Carlos (Setor de transportes) e a todo o pessoal da UINFOR.

A todos que direta e indiretamente ajudaram nesta pesquisa.

## SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO.....	3
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	5
2.1. Aquicultura.....	5
2.2. Qualidade de água.....	6
2.3. Sistemas de Produção de Peixes.....	8
2.5. Histórico da hidroponia.....	10
2.6. Aquaponia.....	11
2.7. Tilápia do Nilo ( <i>Oreochromis niloticus</i> Linnaeus, 1758).....	13
2.8. Alface ( <i>Lactuca sativa</i> cv. Brunela).....	14
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1. Montagem do Sistema Aquapônico.....	16
3.2. Os animais.....	18
3.3. Montagem.....	18
3.4. Desempenho dos Peixes.....	19
3.5. As hortaliças.....	19
3.6. Análise da água.....	19
3.6.1. Análise físico-química da água.....	19
3.6.2. Análise Química da água.....	20
3.7. Análise das Plantas.....	20
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
4.1. Temperatura.....	22
4.2. Qualidade da água.....	23
4.3. Desempenho dos Peixes.....	29
4.4. Massa fresca da plantas.....	31
4.5. Composição centesimal das plantas.....	34

4.5.1 Umidade.....	34
4.5.2. Proteína bruta.....	35
4.5.3. Fibras.....	36
4.5.4. Matéria Mineral.....	37
5. CONCLUSÃO.....	38
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39

## RESUMO

LIMA, A, S, C. Aproveitamento do Efluente Oriundo da Criação de Tilápias do Nilo(*Oreochromis niloticus*) em Sistema Aquapônico para Produção de Alface (*Lactuca sativa* cv. Brunela), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia- UESB, Itapetinga/BA, 2016.

A técnica conhecida como aquaponia integra o cultivo de peixes e a agricultura hidropônica. O sistema aquapônico evita o acúmulo de resíduos de excreção dos peixes na água e conseqüentemente, reduz a toxicidade do sistema aquático. Isto é possível devido à conversão aeróbia de amônia em outros compostos nitrogenados pela ação de microorganismos. Objetivou-se avaliar o sistema aquapônico de cultivo de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) consorciadas com alface (*Lactuca sativa* cv. Brunela) que apresentasse o melhor ajuste de densidade de estocagem dos peixes para a melhor produção vegetal. O experimento foi conduzido na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – Campus Juvino de Oliveira em Itapetinga – Ba, no laboratório de pesquisas em Aquicultura. O sistema foi montado no interior de uma estufa agrícola, sendo composto por quatro tanques, com capacidade para 1000 litros cada, contendo diferentes densidades de peixes por tanque (0, 30,60,90 alevinos/m<sup>3</sup>). Cada tanque abastecia quatro calhas hidropônicas contendo 10 plantas em cada. O ensaio foi realizado no período de julho a setembro de 2015, totalizando 45 dias. A técnica hidropônica utilizada é conhecida como NFT (*Nutrient film technique*). Foram analisados o crescimento dos peixes, a qualidade da água, por meio das variáveis físico-químicas, e das hortaliças foram analisados o peso fresco, matéria mineral, nitrogênio total, fibra e proteína bruta. Com os resultados, por meio de análise de regressão, foi possível concluir que o tratamento com maior densidade de peixes, na fase juvenil, resultou em melhor produção vegetal no sistema aquapônico.

**Palavras-chave:** Alface, aquaponia, efluentes, peixes, recirculação, qualidade de água.



## ABSTRACT

LIMA, A, S, C. Use of effluent from the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in aquaponic system for lettuce (*Lactuca sativa* cv. Brunela) production. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia- UESB, Itapetinga, BA, 2016.

The technique known as aquaponics integrates the cultivation of fish and hydroponic agriculture. This system avoids accumulation of waste from fish excretion in water, and hence, reduces the toxicity of the water system. This is possible due to aerobic conversion of ammonia in other nitrogen compounds by the microorganism action. This study aimed to evaluate the aquaponic system of Nile tilapia culture (*Oreochromis niloticus*) intercropped with lettuce (*Lactuca sativa* cv. Brunela) to present the best fit of fish stocking density for optimal crop production. The assay was conducted at the Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - Campus "Juvino Oliveira", Itapetinga - Ba, at the Aquaculture research laboratory. The system was fitted inside of a greenhouse, consisting of four 1000 liter tanks containing different fish densities per tank (0, 30, 60 and 90 fingerlings/ m<sup>3</sup>). Tanks supplied four hydroponic troughs containing 10 plants each. The survey was carried out from July to September 2015, totaling 45 days. Hydroponics technique used is known as NFT (Nutrient film technique). It was analyzed the fish growth and water quality described through physicochemical variables. The vegetables were examined; fresh weight, mineral matter, total nitrogen, fiber and crude protein. With the results, by the regression analysis, it was concluded that the treatment with higher fish density in the juvenile stage, resulted in improved production on aquaponic system.

Keywords: Lettuce Brunela ,aquaponics, effluent, fish, recirculation ,Nile tilapia.

## 1. INTRODUÇÃO

Aproximadamente 97% da água existente no planeta encontram-se nos mares e oceanos, restando cerca de 3% da capacidade hídrica total do planeta, que são próprias para o consumo humano. Destes, 2% dessa água estão nas calotas polares, restando apenas 1 % de água doce, que poderá ser utilizada pelo consumo humano (NOBRE et al., 2014; NOBREGA., 2015).

Conforme as previsões de crescimento demográfico mundial, nos últimos 50 anos a população duplicou. Produzir alimentos para toda essa população, aliado a gestão dos recursos hídricos, torna-se um grande desafio, uma vez que 70% da água doce no planeta são empregadas na produção de alimentos (FAO, 2014).

Neste contexto, a aquicultura, que é o cultivo de organismos aquáticos, pode se tornar ameaça aos recursos hídricos em longo prazo, pois a eutrofização provocada pelo acúmulo de nutrientes na água, oriundos das excreções destes organismos, proporciona um ambiente insalubre para os animais, sendo necessária constante renovação nos ambientes de cultivo (CORTEZ et al., 2009). Normalmente o efluente da aquicultura é descarregado em canais, riachos, rios ou mares, podendo comprometer o equilíbrio natural e causar danos ao meio ambiente.

Boas práticas de manejo na aquicultura, visando reduzir as cargas poluentes, são fundamentais para tornar a atividade menos impactante ao meio ambiente. A aquaponia tem sido apontada como alternativa promissora, pois é uma modalidade de cultivo de alimentos que envolvem a integração entre aquicultura e a hidroponia em sistemas de recirculação de água e nutrientes. (TONET et al., 2011; BRAGA, 2013; LOVE et al., 2014).

Os primeiros estudos sobre aquaponia (RAKOCY et al., 1989; QUILLERÉ et al., 1993; SEAWRIGHT et al., 1998), demonstraram que é possível a criação intensiva de peixes consorciada com cultivo de vegetais em hidroponia. Este processo acontece devido à ação de

um sistema de biofiltro ou filtro biológico, local onde os compostos orgânicos e inorgânicos provenientes das excretas dos animais são convertidos em formas assimiláveis pelas plantas (SIPAÚBA-TAVARES, 2002). Este modelo conta com aplicação de conceitos e técnicas comuns a ambos os sistemas, piscicultura e hidroponia.

Alguns autores, como Herbert (2008) e Braz (2000), destacaram as principais vantagens da produção em aquaponia. Com o aproveitamento da água em sistemas de recirculação, os benefícios ao meio ambiente são notórios, pois o descarte de efluentes é quase nulo, isso faz com que o risco de contaminação dos mananciais seja reduzido, ou seja, é possível trabalhar como um sistema superintensivo, com alta densidade de peixes e hortaliças, obtendo-se produtos finais de qualidade e sem uso de agrotóxicos. Entretanto, os mesmos autores ressaltaram as principais desvantagens da produção em aquaponia. A dependência contínua em energia elétrica e a necessidade de treinamento da mão de obra, por demandar conhecimentos em áreas específicas, altos custos de investimento inicial e pouca tecnologia difundida no Brasil.

Diante das possibilidades que a aquaponia apresenta, especialmente na questão do aproveitamento da água oriunda do efluente da piscicultura, objetivou-se avaliar o sistema aquapônico de cultivo de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) consorciadas com alface (*Lactuca sativa* cv. Brunela) que ajuste a melhor densidade de estocagem dos peixes para a produção vegetal, contribuindo assim, para a diminuição dos impactos ambientais que seriam causados pelo descarte do efluente e promovendo um destino nobre na utilização no cultivo de alface.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1. Aquicultura

Jasper (1992) definiu aquicultura como a produção de organismos que vivem em ambientes aquáticos, englobando vegetais e animais em água doce, marinha ou salobra.

Existem relatos em que a aquicultura teve início na China, há cerca de 2500 anos, voltada para a subsistência (CASTAGNOLLI, 1992). Registros encontrados por arqueólogos no Egito comprovam que por volta do século XX A.C. os nobres egípcios criavam tilápias em suas piscinas, com fins ornamentais (SCHMIAT, 1998).

O nascimento da piscicultura na idade média ocorreu na Europa Central, relacionado com a produção em mosteiros, atribuído aos períodos de abstinência da carne (SCHMIAT, 1998). O peixe era um alimento permitido durante os períodos de jejum, que chegavam a 200 dias por ano.

Somente no século passado a piscicultura começou a ser praticada com fins comerciais no Japão, e apenas na década de 1940, foram realizadas pesquisas voltadas para a nutrição dos peixes (CASTANGNOLLI, 1992).

No Brasil a piscicultura começou a ser difundida em 1912 pelo cientista Rodolpho Von Ihering (SCHMIAT, 1998), especialista em pesquisas voltadas a reprodução de espécies nativas tais como curimatá (*Prochilodus lineatus*), dourado (*Salminus maxillosus*), matrinxã (*Brycon lundii*), mandi-guaçu (*Pimelodus maculatus*) e outras, objetivando viabilizá-las para o desenvolvimento da piscicultura nacional (GODOY, 1964).

O Brasil sofreu influência principalmente dos modelos de produção aplicados na China, Hungria, e EUA. O policultivo, que é uma prática antiga e muito comum na China, e a utilização da fertilização orgânica nos viveiros dos peixes, foram influências que os chineses trouxeram para o Brasil. Da Hungria, o Brasil inspirou-se nos modelos de mecanização mais sofisticados, tais como: aeração, alimentação suplementar, e utilização de terras inférteis para

a construção de viveiros escavados. Dos EUA, a principal influência foi à utilização de ração extrusada (SILVA, 2005). As informações que chegaram ao Brasil sobre as técnicas de criação de peixes se diferenciavam de acordo com a natureza dos insumos e equipamentos utilizados (SILVA, 2005).

## **2.2. Qualidade de água**

Os peixes influenciam na qualidade da água por meio de processos como eliminação de dejetos e respiração, além da quantidade de ração fornecida e o uso de fármacos. O conhecimento e acompanhamento dos parâmetros de qualidade de água são necessários para um bom manejo do sistema de cultivo de peixes. Abaixo serão descritos alguns parâmetros para um bom manejo de criação: Temperatura, oxigênio dissolvido (OD), potencial de hidrogênio (pH), condutividade elétrica (CE), e salinidade (SAL), dentre outros.

A Temperatura está diretamente ligada a todas as atividades fisiológicas dos peixes (respiração, digestão, reprodução, etc). Isto se deve ao fato dos peixes serem animais ectotérmicos, ou seja, ajustam sua temperatura corporal de acordo com a temperatura da água.

Os peixes apresentam baixa tolerância a variações bruscas de temperatura podendo ocasionar a morte dos animais. Em sistemas intensivos de produção, um aspecto imprescindível para o sucesso na criação é a manutenção da temperatura da água nos tanques nas temperaturas de conforto das espécies (JORDAN et al., 2014).

Cada espécie tem uma temperatura ótima para seu desenvolvimento (SILVA et al., 2007). Dentro dos limites de tolerância térmica, quanto maior a temperatura da água maior a velocidade dos fenômenos fisiológicos dos animais, sendo o contrário encontrado em temperaturas mais baixas (JORDAN et al., 2014; SCHMIDT-NIELSEN, 1997). Tal fato exerce influência na concentração de oxigênio da água, na proporção de quanto maior a temperatura, maior o desempenho dos animais, e conseqüentemente maior o consumo de oxigênio dissolvido na água (SILVA et al., 2007). Soma-se a isso a perda da capacidade de retenção de oxigênio da água, com a elevação da temperatura.

O oxigênio é o elemento mais importante para o desenvolvimento dos organismos aeróbios e está intimamente ligada com a temperatura, taxa fotossintética dos viveiros e da pressão atmosférica. O oxigênio pode chegar aos viveiros por contato direto com a atmosfera, principalmente por mistura mecânica provocada pelos ventos ou aeradores mecânicos e pelo processo fotossintético (SILVA et al., 2007).

A concentração de oxigênio dissolvido na água varia constantemente durante o dia graças à ação do fitoplâncton (algas clorofiladas), tal processo ocorre graças a ação fotossintetizante desses microrganismos. Durante o dia o oxigênio é obtido graças a fotossíntese das algas no qual o gás carbônico contido na água é convertido em oxigênio e carboidratos na presença da luz, ocorrendo o inverso no período noturno, ou seja na ausência de luz o fitoplâncton converte o oxigênio em gás carbônico (SILVA et al., 2007). Com isso no período noturno a disponibilidade de oxigênio é menor, chegando a valores críticos para a sobrevivência dos animais.

A concentração mínima de oxigênio dissolvido que os peixes podem tolerar com segurança depende da temperatura e da espécie, contudo o padrão estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 para corpos d'água classe 2 é de 5 mg/L de OD (SILVA et al., 2007).

A diminuição do oxigênio dissolvido ocorre essencialmente pela decomposição de matéria orgânica (oxidação), pelas perdas para a atmosfera, pela respiração de organismos aquáticos e pela oxidação de íons metálicos (BOYD e TUCKER., 1998).

A maioria dos peixes sobrevive e cresce melhor em água com pH próximo a neutralidade, ou seja valores entre 6,5 a 8, pois a disponibilidade e absorção de nutrientes são realizadas nestes valores (DELINCÉ 1992). O pH é dito ácido quando ele encontra-se abaixo de 7 e alcalino quando encontra-se acima deste valor.

No decorrer do dia o pH da água sofre diversas oscilações. Nas primeiras horas do dia, o pH geralmente está um pouco mais ácido, e no turno da tarde ele encontra-se mais alcalino. Isto se dá graças ao processo de fotossíntese das algas, o gás carbônico se acumula na água, promovendo acidez do meio, causando o declínio do pH durante o dia. A ligeira elevação do pH pode ser relacionada à remoção do gás carbônico pelo uso na fotossíntese. Ao entardecer, o processo de fotossíntese cessa e o gás carbônico se acumula na água, promovendo acidez do meio e causando o declínio do pH (MERCANTE et al., 2012).

A salinidade é uma característica natural da água, os conjuntos de sais dissolvidos podem tornar a água salobra e com características incrustantes (BRAGA et al., 2005). Em relação à qualidade de água os sais podem ser utilizados como indicadores de alguma fonte poluidora, que ocasionam um aumento na salinidade (CETESB, 2013).

A condutividade elétrica fornece informações sobre o metabolismo no tanque e está ligada na quantidade de sais capazes de conduzir corrente elétrica (SILVA et al., 2007). A condução elétrica é consequência da maior concentração iônica. Em águas muito puras, maior será a resistividade e menor a condutividade, o inverso acontece quando a condutividade

apresenta-se alta, indicando um grau de decomposição elevado. Portanto a condutividade, ajuda no acompanhamento de toda a dinâmica da criação de peixes, podendo detectar alguma possível ação corrosiva para o sistema (BARRETO et al., 2012).

### **2.3. Sistemas de Produção de Peixes**

Um sistema de produção pode ser entendido como um conjunto de elementos que se inter-relacionam com o objetivo de transformar entradas (insumos) em saídas (produtos), através de um processo predefinido (sistema de produção)(LIMA, 2013). Considerando-sea piscicultura, as entradas seriam os alevinos, a água e a ração, enquanto que as saídas seriam os peixes em tamanho comercial, resíduos e água de descarte. Todos os sistemas de produção variam de acordo com a infraestrutura utilizada. As classificações dos sistemas de produção têm por objetivo facilitar a compreensão de suas características e relações com as atividades de planejamento e manejo (LIMA, 2013).

Os sistemas de produção de peixes podem ser classificados como, extensivo, semi-intensivo e intensivo.

No modelo extensivo ocorre mínima ou nenhuma intervenção do homem, a alimentação dos peixes é oriunda da produtividade natural do corpo d'água, (açude ou represa) (FARIAet al., 2013). A taxa de estocagem dos peixes geralmente é muito baixa (entre 150 a 500 kg/ha/ciclo) podendo ser utilizadas várias espécies de peixes, geralmente em policultivo, e a despesca geralmente é parcial, utilizando-se redes de arrasto (LIMA, 2013,FARIAet al., 2013).

Os custos de produção no sistema extensivo são baixos e a suscetibilidade dos animais a doenças também, devido principalmente à similaridade das condições de cultivo àquelas do ambiente natural, e inexistência do manejo durante a produção.Entretanto ocorre uma redução do estresse para os animais em comparação aos outros tipos de cultivo (LIMA, 2013).

No modelo de produção semi-intensivoé necessário uma maior intervenção do homem. É considerado como o modelo de produção mais utilizado pelos produtores do Brasil(LIMA, 2013),em que a fertilização da água é feita com objetivo de aumentar a produtividade primária (fito e zooplâncton), que é fonte de alimento natural para os animais, associada ao uso de ração balanceada. É necessário o controle da qualidade de água sendo

aferidos rotineiramente parâmetros como: temperatura, transparência, pH e oxigênio dissolvido, além de acompanhamentos periódicos da amônia, nitrito e nitrato, com intuito de suportar maiores densidades de estocagem que o sistema extensivo. Quando os parâmetros estão em desequilíbrio é necessária renovação da água, gerando efluentes para o meio ambiente (LIMA, 2013).

Os custos de produção são maiores que no sistema extensivo, entretanto a produtividade final varia entre 2.500 a 12.500 kg/ha/ciclo, sendo que o ciclo varia em função da espécie e pode durar de 4 a 12 meses. Quanto maior a produtividade final do sistema, maiores são as necessidades de manejo e acompanhamento da produção, pois devido a altas estocagens, os animais ficam mais estressados, aumentando a suscetibilidade a doenças (LIMA, 2013).

No sistema intensivo de produção os viveiros necessitam maior taxa de renovação de água, em razão das altas densidades de estocagens de peixes, e conseqüentemente maior liberação de resíduos metabólicos, gerando grande liberação de efluentes ao meio ambiente (LIMA, 2013). Neste tipo de modelo utiliza-se aeração artificial suplementar, cujo objetivo é elevar as taxas de oxigênio dissolvido na água (FARIA et al., 2013). É o sistema com maior potencialidade de crescimento do Brasil, apesar de não ser o modelo de cultivo dominante devido aos custos de implantação e manutenção mais elevados e da necessidade de acompanhamento especializado (LIMA, 2013).

Neste modelo de produção é possível alcançar uma estocagem de 150 kg/m<sup>3</sup>/ciclo, tendo como consequência altos níveis de estresse nos animais, tornando-os vulneráveis a doenças, podendo comprometer toda a produção final (LIMA, 2013).

A aquicultura pode ser desenvolvida em diversos modelos de infraestrutura, dentre elas viveiros com uso de aeradores, tanques redes, tanques de alto fluxo (*“raceways”*), canais de irrigação e canais de igarapé (LIMA, 2013).

#### **2.4. Aquicultura e meio ambiente**

Os crescentes avanços das degradações ambientais e os riscos 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 (HUNDLEY e NAVARRO, 2013). Os mesmos autores comentaram que 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–InfectiousSalmonAnemia*), com o camarão de Santa Catarina, quando do surto de mancha branca (*WSSV - White Spot SyndromeVirus*), ou das perdas causadas pela Necrose Hipodérmica Hematopoiética Infecciosa (*IHHN, InfectiousHypodermalandHematopoieticNecrosis*) no camarão do Nordeste.

A aquicultura em recirculação, incluindo a aquaponia, apresenta-se como parte da solução para os desafios ambientais 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; POERSH, 2012; HUNDLEY e NAVARRO, 2013).

## **2.5.Histórico da hidroponia**

A hidroponia consiste em um sistema de cultivo sem uso do solo, em que os nutrientes que as plantas precisam são fornecidos por uma solução aquosa (solução hidropônica), que atende às exigências dos vegetais (FURLANI et al., 1999).

O cultivo de plantas na água é uma técnica antiga, sendo possível afirmar que as culturas na água antecederam as culturas na terra. Existem indícios de cultivos sem solo, sejam por fatos históricos, por fatos religiosos ou até mesmo por ruínas ainda existentes, como, por exemplo, os Jardins suspensos da Babilônia (600 a.C), Jardins Flutuantes da China (500-700 anos) e as Chinampas Astecas (1300 -1400) (COMETI, 2003).

O termo hidroponia foi utilizado pela primeira vez em 1935 por William F. Gericke, agrônomo e professor de nutrição de plantas na Universidade da Califórnia, autor do livro “The Complete Guide to Soilless Gardening” impulsionando o cultivo comercial desta cultura. A origem da palavra hidroponia vem do termo “Hydroponics” do grego “*Hidro*” significando água e “*Ponos*” significando trabalho. (COMETI, 2003).

Em 1975 um grupo de cientistas liderados pelo Dr Allen Cooper, revolucionou a história da hidroponia com o desenvolvimento da técnica do fluxo laminar de nutrientes – NFT (*Nutrient Film Technique* ou *Nutrient Flow Technique*), descrevendo todos os detalhes do sistema em um livro conhecido como “The ABC of NFT” editado em todo o mundo. Tal livro não se baseia apenas em um resultado que deu certo, e sim em conceitos de experiências a cerca de fisiologia e nutrição das plantas. Com o advento do NFT a hidroponia se expandiu

cada vez mais em todo o mundo, tornando-se uma alternativa econômica, altamente viável. (JONES et al., 1983; SANTOS, 1998; COMETI, 2003).

O NFT consiste em um sistema de cultivo fechado no qual o sistema radicular da planta fica dentro de uma calha por onde circula uma solução composta de água e nutrientes. Para tal é necessária uma motobomba hidráulica, com função de bombear a solução para as calhas de cultivo, em geral em bancadas elevadas 1m acima do solo, construídas geralmente por tubos de PVC (FAQUIN et al., 1996, COMETTI, 2003). A solução nutritiva em circulação irriga e nutre as raízes das plantas. Parte do percurso é por efeito do bombeamento e o restante se dá por gravidade. A medida que as plantas vão absorvendo os nutrientes, faz-se necessário a reposição de uma nova solução, para acompanhar o bom desenvolvimento das plantas (FURLANI et al., 1999). Atualmente o NFT é o método mais utilizado na hidroponia devido a uma série de vantagens, tais como: baixo custo para instalação, maior rapidez na colheita, menor mão-de-obra. Entretanto o sistema é altamente dependente de energia elétrica, sendo necessário obter fontes extras de energia, pois em menos de 3h é possível perder toda a produção (SILVA e MELO, 2015).

Segundo Furlani et al. (1999) e Silva e Melo (2015), além de maior valor final do produto, a produção hidropônica possui as vantagens quantitativa e qualitativa em espaços reduzidos, em menor tempo, com menor mão de obra, menor consumo de água, menor incidência de ataques de insetos quando comparada ao cultivo convencional no solo. Contudo, apresenta como desvantagem o custo inicial mais elevado, mão de obra capacitada, dependência de energia elétrica e manutenção constante, quando comparada ao modelo tradicional de cultivo no solo.

## **2.6. Aquaponia**

A aquaponia é uma modalidade de cultivo de alimentos que envolvem a integração entre aquicultura e a hidroponia em sistemas de recirculação de água e nutrientes. Este modelo de produção conta com a aplicação de conceitos e técnicas comuns a ambos os sistemas. Através desta integração, é possível num sistema fechado gerar dois produtos finais: o pescado e a planta (TONET et al., 2011 e BRAGA, 2013).

Todo o processo químico ocorre através da simbiose entre bactérias, plantas e organismos que excretam na água. Os nutrientes necessários para o crescimento dos vegetais são obtidos nas excretas e em outros resíduos metabólicos dos animais, ricos em compostos e

amônia que em altas concentrações podem comprometer a sanidade dos peixes (JORDANet al., 2014).

A água, rica em amônia e outros compostos, é bombeada para um filtro biológico, local onde estão alocadas comunidades de bactérias capazes de converter a amônia em compostos nitrogenados absorvíveis pelas plantas na forma de nitrato. Este último passa por um processo conhecido como desnitrificação, realizado por bactérias desnitrificantes alocadas nas raízes das plantas, transformando o nitrito em nitrato (BERNSTEIN, 2015).

Ao final do ciclo, a água que retorna ao tanque de criação contém baixa concentração de impurezas, podendo ser reutilizada novamente no ciclo, sendo repostada apenas a água absorvida pelas plantas e perdida durante a transpiração das mesmas, além da água que foi evaporada, tornando o ambiente equilibrado, com condições similares às que a natureza proporciona, (BRAGA, 2013). Porém, devido à sua complexidade, faz-se necessário o monitoramento constante.

Em síntese trata-se de uma criação de animais em um sistema intensivo, com recirculação total da água de cultivo em um curto período (minimizando o acúmulo de substâncias tóxicas) associado à produção de hortaliças em sistema hidropônico, visando à produção de alimentos e geração de renda.

Hundley e Navarro (2013) relataram que a aquaponia tem sido predominantemente difundida por todo o mundo através de produtores em escala domiciliar, algo por muitos referidos como "*BackyardAquaponics*", que significa "Aquaponia de Quintal" (tradução livre). Portanto a aquaponia apresenta-se como alternativa real para a produção de alimentos de maneira menos impactante ao meio ambiente, por suas características de sustentabilidade (HUNDLEY e NAVARRO, 2013).

Neste sistema, os resíduos metabólicos dos peixes são fontes de sais minerais, ricos em compostos nitrogenados, que em sua forma inorgânica, são absorvidos pelas plantas, possibilitando então o retorno de uma água com baixa concentração de sais e impurezas aos tanques de criação (PEDREIRA et al, 2014).

Os sólidos em suspensão presentes na água, como sobras de ração, dejetos e partículas corporais são removidos por meio de um filtro biológico, sendo necessária uma boa oxigenação para permitir que ocorram os processos de nitrificação (HUNDLEY E NAVARRO, 2013).

O papel do filtro acontece com a retirada da água do tanque de criação dos animais, com auxílio de uma motobomba, e a passagem da mesma pela bancada hidropônica, que serve de sustentação para as plantas (HANCOCK, 2012). Além disso, não são filtradas somente as

macro partículas neste processo, pois esta camada de substrato (Brita, cacos de telha, argila expandida, etc.) serve para a fixação e desenvolvimento de bactérias responsáveis pela transformação de compostos nitrogenados presentes na água, que são tóxicos aos animais (nitrito e amônia), em substâncias absorvíveis e menos tóxicas (nitrato)(BERNSTEIN, 2015).

Alguns autores, como Braz (2000) e Herbert (2008), destacaram as principais vantagens da produção em aquaponia, que são as mesmas da hidroponia com uma vantagem extra, da não utilização da solução hidropônica, bem como a possibilidade de trabalhar como um sistema superintensivo, com alta densidade de peixes e hortaliças, obtendo-se produtos finais de qualidade e sem uso de agrotóxicos. Com o aproveitamento da água em sistemas de recirculação os benefícios ao meio ambiente são notórios, pois o descarte de efluentes é quase nulo, o que reduz o risco de contaminação dos mananciais. Entretanto, os mesmos autores ressaltaram as principais desvantagens da produção em aquaponia, também encontrados na hidroponia, que são a dependência contínua em energia elétrica e a necessidade de treinamento da mão de obra, por demandar conhecimentos em áreas específicas, altos custos de investimento inicial e pouca tecnologia difundida no Brasil.

De acordo com Hundley e Navarro(2013), pode-se aferir que a aquaponia, apesar de suas limitações, é uma alternativa viável para a produção de alimentos saudáveis de maneira relativamente sustentável.

## **2.7. Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758)**

A espécie *Oreochromis niloticus* é representante da Ordem Perciformes, família Cichlidae, popularmente conhecidas como tilápias, originárias da África, Israel e Jordânia. Possuem grande resistência a doenças, toleram baixos teores de oxigênio, aceitam altas taxas e densidade no viveiro, e adaptam-se a diversos sistemas de produção, sendo o sistema semi-intensivo o mais utilizado no Brasil (MORO et al., 2013; FARIA, et al., 2013).

No cenário nacional o cultivo de tilápias vem se destacando em algumas regiões do país como o Nordeste, Sul e Sudeste (BRASIL, Ministério de Pesca e Aquicultura, 2014). A legislação brasileira limita a criação de espécies exóticas nos diferentes corpos d'água, exceto quando a espécie já esteja comprovadamente detectada em uma bacia hidrográfica, de acordo com a Portaria do IBAMA nº 145/N, de 29 de outubro de 1998.

Geralmente o peixe é comercializado com peso acima de 600 gramas, com ciclo de produção em torno de 8 a 12 meses (FARIA et al., 2013). Isoladamente, a produção de tilápia aumentou 105% em apenas sete anos (2003-2009). Em conjunto, a aquicultura cresceu 43,8%,

entre 2007 e 2009, tornando a produção de pescado a que mais cresceu no mercado nacional de carnes no período (BRASIL, Ministério de Pesca e Aquicultura, 2014).

O grande empecilho para produção desta espécie é a sua maturação sexual precoce, e por isso é indicado à criação de populações monosexo, evitando assim a reprodução indesejada em cativeiro, durante a fase de engorda (MORO et al., 2013). Em escala comercial são utilizados alevinos masculinizados, por meio de uso de rações contendo hormônios masculinizantes na fase de pós-larva, entretanto o processo de hibridização também pode ser uma opção (FARIA, et al., 2013).

## **2.8. Alface (*Lactuca sativa* cv. Brunela)**

Espécie originária do mediterrâneo, a alface (*Lactuca sativa*) é a hortaliça mais produzida e comercializada no Brasil e no mundo, sendo consumido *in natura*, (SALA e COSTA, 2012; PORTO et al., 2012). Há indícios que esta hortaliça foi introduzida no Brasil pelos portugueses em 1.650 (SALA e COSTA, 2012).

Características como a sua boa adaptação a diversas variações climáticas, a sua grande resistência a pragas, boa aceitação pela população, tornam a alface a hortaliça preferida dos agricultores (REZENDE et al., 2005, PETRAZZANI et al., 2014). Tal hortaliça pode ser cultivada em campos abertos, estufas ou hidroponias (PORTO et al., 2012; PETRAZZANI et al., 2014). Vantagens como a utilização de pouco espaço, cultivo no interior de estufas, precocidade na colheita, economia de água, menor uso de agrotóxicos, maior controle nutricional das plantas, produção durante o ano inteiro, melhores preços e rápido retorno econômico, tornam a alface a hortaliça mais produzida em hidroponias, principalmente pela técnica do NFT (PORTO et al., 2012; AZEVEDO et al., 2013; COMETI et al., 2013). Entretanto, a maior produção de alface em território nacional se dá em solo, mesmo sendo comprometida em épocas mais quentes, além de deixar as safras mais vulneráveis a pragas e doenças (SALA e COSTA, 2012).

Dentre os vários tipos de alface produzidos no Brasil o tipo “crespa”, e o tipo “americana” são os mais populares, cuja produção aumenta no verão, quando a procura aumenta (SALA e COSTA, 2008; SALA e COSTA, 2012; PETRAZZINI et al., 2014).

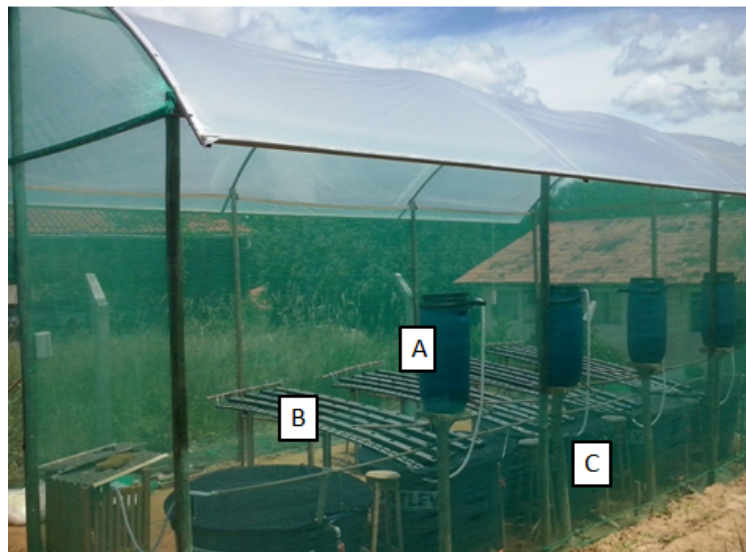
O grande desafio da alfacicultura brasileira, visando um consenso entre o produtor e o mercado consumidor, era a criação de uma cultivar que unisse características de rusticidade da alface crespa com a crocância da americana. O melhoramento genético torna-se a principal alternativa para a criação desta nova variedade (MOU, 2011). Em maio de 2013

pesquisadores da UFSCar, desenvolveram uma nova cultivar de alface, com características de resistência ao calor, sem formação de cabeça, mais crocante e com precocidade na colheita, batizada “alface Brunela”, resultado dos trabalhos dos pesquisadores Fernando Cesar Sala e Cyro Paulino da Costa. Essa cultivar tem ganhado espaço e rapidamente tem conquistado a preferência dos produtores e dos consumidores (SALA e COSTA, 2013).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Montagem do Sistema Aquapônico

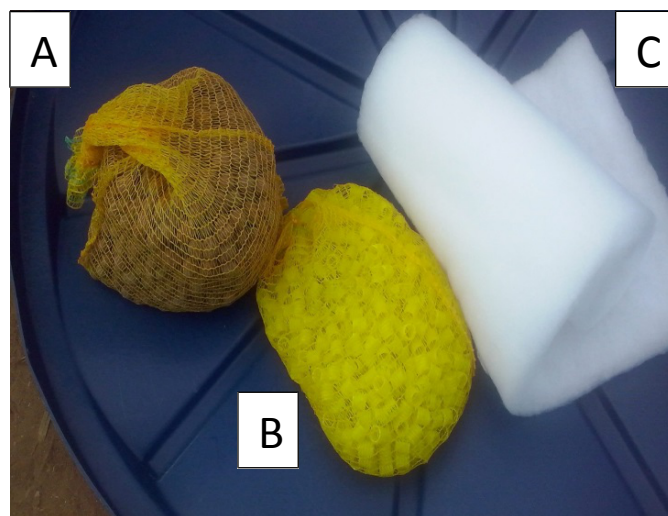
A pesquisa foi conduzida na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – Campus Juvino de Oliveira, em Itapetinga – Ba, no laboratório de pesquisas em Aquicultura – AQUALAB onde o ensaio foi realizado no período de julho a agosto de 2015, totalizando 45 dias. A estrutura montada pode ser visualizada na Figura 1.



**Figura 1:** Estufa de produção aquapônica experimental. Filtro Biológico (A), Bancadas Hidropônicas (B), Tanques de 1000 litros (C). Itapetinga – BA. UESB, 2015

Um sistema aquapônico foi montado pelos responsáveis pela pesquisa, no qual construíram uma estufa agrícola e adaptaram um modelo de produção contendo, quatro tratamentos com densidades diferentes de peixes, um tanque com capacidade para 1000 litros de água, uma bateria de calhas hidropônicas com capacidade para alocação de 40 plantas e um filtro biológico. O sistema consistiu em regime de circulação fechada de água, no qual a água de cada tanque era bombeada para um filtro biológico, como pode ser verificado na Figura 1.

Foram criados e montados quatro filtros biológicos, utilizando-se um tambor de polietileno, com capacidade para 80 litros, contendo uma camada de cerca de 25 cm de argila expandida, seguida de uma camada de 25 cm de anéis de PVC corrugados e uma camada de 25 cm de manta de lã acrílica (perlon). Os detalhes e materiais dos biofiltros são apresentados nas Figuras 2 e 3. Com exceção da manta acrílica, cuja função era a filtração mecânica de partículas sólidas maiores, a função dos demais substratos era a fixação de colônias de bactérias. O restante do espaço livre no tambor de polietileno serviu como reservatório de água a ser filtrado (Figura 4).



**Figura 2:** Materiais utilizados para montagem do filtro biológico. Argila expandida (A), Anéis de PVC corrugados (B) e Perlon (C). Itapetinga – BA. UESB 2015.





**Figura 3:** Tambor de polietileno, utilizado como filtro biológico. Itapetinga – BA. UESB 2015.

Fonte: o autor

Os filtros eram abastecidos pela parte superior, com o auxílio de motobombas hidráulicas com vazão de 2000L/h, e a filtragem se dava por gravidade. Após a filtragem, a água seguia também por gravidade, abastecendo a bancada de calhas hidropônicas, retornando, ainda por gravidade, ao tanque dos peixes, fechando o circuito. O sistema hidropônico era do tipo NFT (“*NutrientFilmTechnique*”) conforme Cometti(2003).

A oxigenação do sistema foi feita com auxílio de um compressor de ar do tipo diafragma, e distribuída igualmente em todos os tratamentos.

A água de abastecimento do sistema era canalizada e tratada pelo SAAE-Itapetinga, não havendo renovação, apenas reposição dos volumes consumidos pelas plantas ou perdas por evaporação. O controle do nível dos tanques foi feito por meio de torneira de “bóia” usada em caixas d’água.

Os tratamentos denominados de T1, T2 T3 e T4, eram idênticos estruturalmente, diferindo apenas na densidade de peixes, que foi 0, 30, 60 e 90 peixes/m<sup>3</sup> respectivamente.

### 3.2. Os animais

A espécie utilizada foi tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758), na fase de juvenil, com peso médio inicial de 20,0g, cedidas pela empresa Aquavale – Fazendas Reunidas do Vale do Juliana, no município de Ituberá – BA. Embora não seja uma espécie nativa da ictiofauna brasileira, a espécie já se encontra disseminada por todo o país e sua escolha foi devido ao valor comercial, sua rusticidade, resistência ao estresse e capacidade de adaptação a sistemas fechados de cultivo.

### 3.3. Montagem

Os peixes passaram por um período pré-experimental de adaptação por uma semana, sendo acondicionados inicialmente em um tanque de 1000L e alimentados três vezes ao dia em horários fixos (8:00, 12:00 e 18:00 horas). Após este período, 180 peixes, com peso médio de 26g, foram transferidos para quatro tanques, em número de 0, 30, 60 e 90 peixes/tanque correspondentes a T1, T2, T3 e T4. A alimentação foi feita por meio de ração comercial inicial extrusada para peixes onívoros, com 36% de proteína bruta (PB) e pellets de 2,6 mm, sendo fornecida “*ad libitum*” até a saciedade aparente, três vezes ao dia.

### 3.4. Desempenhos Peixes

Ao final do experimento foram analisados: Taxa de Sobrevivência (%), Ganho de Peso Médio (GP) o Consumo Médio de Ração (CR), a Conversão Alimentar Aparente (CAA) e a Taxa de Crescimento Específico (TCE).

Para determinação da Taxa de Crescimento Específico (TCE) foi utilizada a seguinte expressão (BUSACKER et al., 1990):

$$TCE = \frac{[ln \text{ peso final (g)} - ln \text{ peso inicial (g)}] \times 100}{\text{Período experimental (dias)}} \quad \text{onde:}$$

$ln$  = logaritmo natural (ou neperiano)

### **3.5. As hortaliças**

A espécie vegetal utilizada foi a alface “Brunela” (*Lactuca sativa* cv. Brunela), que facilmente se adapta ao sistema NFT. Foram utilizadas sementes peletizadas semeadas e germinadas em espuma fenólica, e alocadas em uma estufa hidropônica, localizada no município de Ilhéus-BA, onde permaneceram 25 dias até atingirem maturidade suficiente para transferência para as calhas hidropônicas contidas no ensaio experimental, local onde permaneceram mais quarenta e cinco dias, totalizando seu ciclo de vida com setenta dias.

As plantas de alface receberam como única fonte nutriente, a água de reuso da piscicultura dos tanques do sistema aquapônico, após a filtração mecânica e biológica, em recirculação ininterrupta durante todo o período experimental.

### **3.6. Análise da água**

#### **3.6.1. Análise físico-química da água**

Durante o período experimental foram medidos os parâmetros físico-químicos da água: temperatura, oxigênio dissolvido (OD), potencial de hidrogênio (pH) a condutividade elétrica (CE), a salinidade (SAL), os sólidos totais dissolvidos (STD). A temperatura (°C) foi medida diariamente três vezes ao dia por meio do termômetro digital, o OD, o pH, a CE, a SAL e os STD foram medidos semanalmente, por meio de medidor multiparâmetros de campo (Hanna Instruments – HI 9828).

#### **3.6.2. Análise Química da água**

Os teores de amônia, nitrato, nitrito, fosfato e alcalinidade total da água foram analisados quinzenalmente, por meio de um fotômetro multiparâmetros (Hanna Instruments – HI 83099). Todos os parâmetros foram coletados no horário das 12h e transferidos para um freezer.

### **3.7. Análise das Plantas**

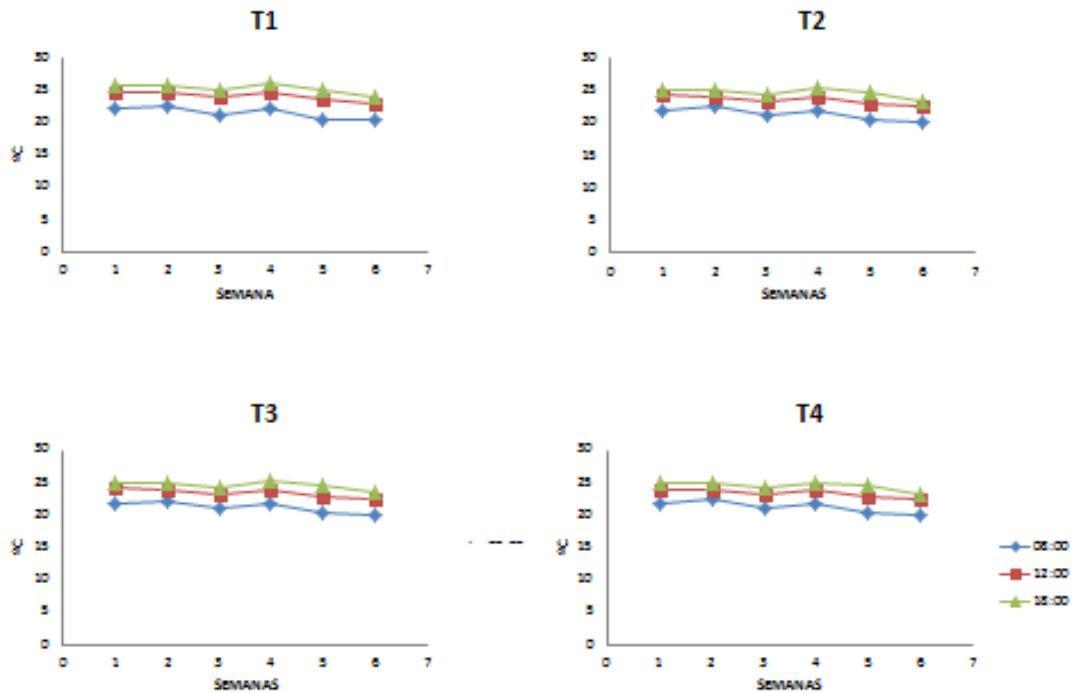
A análise da composição centesimal da parte aérea foi feita retirando-se a raiz, em seguida foram coletados 5 gramas de amostra da parte aérea, e colocadas em cadinhos de alumínio, depois foram levados à estufa com circulação de ar forçada a 105°C e monitoradas a cada três horas até ser atingida a massa constante, para então ser determinado o teor de umidade, através do qual foi realizada a análise da composição centesimal (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985).

As análises de matéria mineral (MM), nitrogênio total (NT), Fibra em Detergente Neutro (FBN), foram realizadas segundo os procedimentos descritos por Dettmanet al., (2012), sendo que o teor de proteína bruta (PB) foi obtido indiretamente, multiplicando-se o NT pelo fator 6,25.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Temperatura

Os valores de temperatura da água são apresentados na Figura 4, e apresentaram comportamento muito semelhante nos tanque de cultivo durante o período experimental.



**Figura 4.** Temperatura média semanal da água dos tratamentos T1,T2, T3 e T4. Itapetinga – BA. UESB 2015.

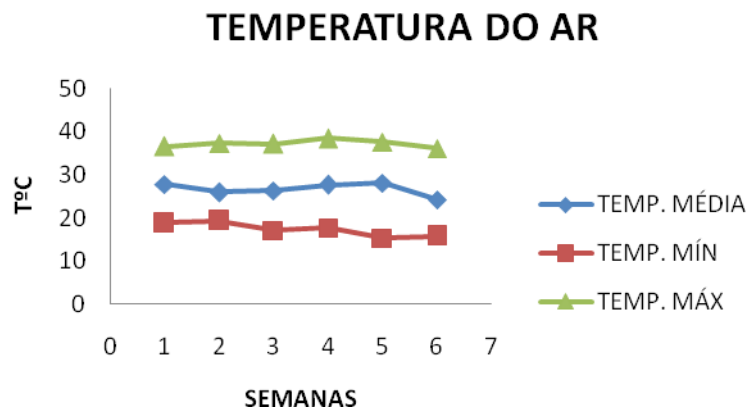
A temperatura da água em todos os tratamentos se manteve na faixa de 20°C até 25°C nos três horários (8:00;12:00;18:00h) em que as temperaturas foram aferidas, sendo que na última semana de experimento, ocorreu uma baixa na temperatura do ar, deixando a água a níveis abaixo de 20°C no turno matutino (8:00h), influenciando na taxa de alimentação nesse período do dia. As maiores temperaturas da água foram encontradas no final do dia e início da noite, uma vez que a água absorveu calor durante todo o dia.

Maciel Jr. (2006) e Jordan et al. (2014) trabalhando com tilápias em diferentes temperaturas observaram que os animais submetidos a temperaturas de 28°C obtiveram um melhor desenvolvimento quanto aos mantidos em temperatura da ordem de 20°C.

Santos et al. (2011) avaliando o desenvolvimento de alfaces em sistema NTF, encontrou temperaturas em torno de 30°C e 38°C, tendo ocasionado um estresse térmico nas

raízes das plantas. O valor indicado por Alberoni (1998) é de 18°C a 24°C, para períodos quentes, valor semelhante ao encontrado durante o ensaio.

A temperatura interna da estufa apresentou grandes variações ao longo do dia, tendo uma média 16°C até 37°C, como pode ser verificada na Figura 5.

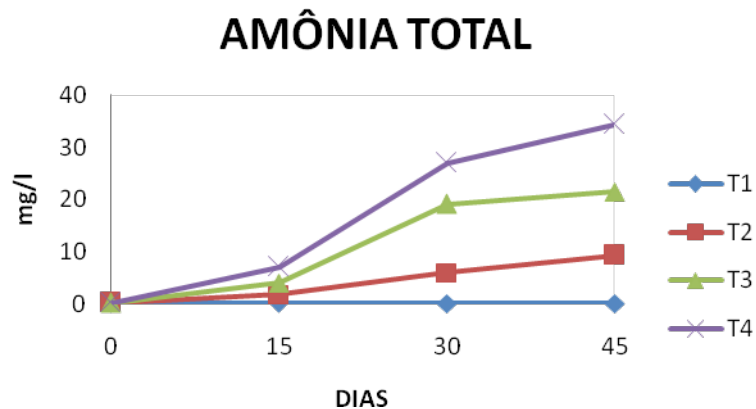


**Figura 5:** Temperatura média, máxima e mínima do interior da estufa (E). Itapetinga – BA. UESB 2015.

#### 4.2. Qualidade da água

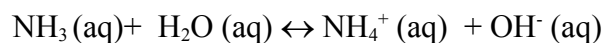
Os valores de amônia, apresentados na Figura 6, variaram entre os tratamentos em função da quantidade de peixes, na proporção de quanto maior o número de peixes, maior a produção de dejetos na água e conseqüentemente maior o teor de amônia dissolvida na água. Summerfelt (2000) indicou que a principal fonte de amônia em criação de peixes provém de suas excreções, principalmente de suas brânquias.

Em T1 ocorreu pouca variação, ao longo do experimento, em virtude da ausência de peixes neste tratamento, e seus índices permaneceram próximos a zero. T2, T3 e T4, sofreram grandes variações ao longo do ensaio, sendo que a partir de 30 dias esses teores começaram a crescer pouco em relação às primeiras semanas. Esse comportamento permitiu inferir que com o crescimento das plantas os teores de amônia, ainda que considerados elevados para a criação de peixes, obtiveram uma taxa de aumento menor devido à nitrificação ocorrida pela ação do biofiltro e a conversão do nitrogênio em nitrito e nitrato, sendo este último, nutriente para o crescimento vegetal (BERNSTEIN, 2014) e conseqüentemente reduzindo a taxa de elevação dos teores de amônia nos tanques.



**Figura 6:** Teores de Amônia Total, nos tanques de criação de Tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758) em sistema aquapônico. Itapetinga – BA. UESB 2015.

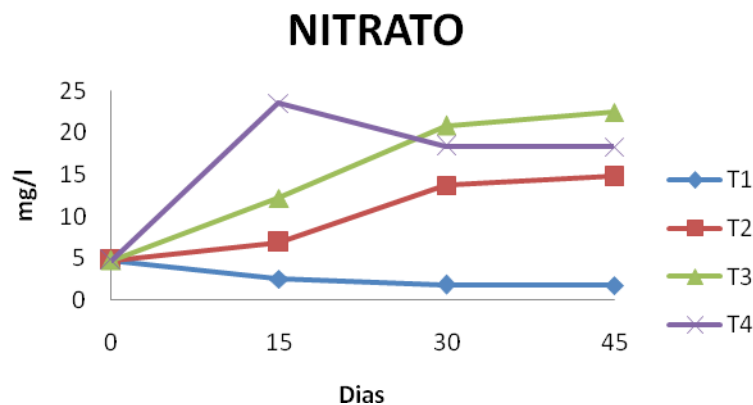
Os resultados do teor de amônia total (Figura 6) evidenciaram que este parâmetro esteve sempre acima do recomendado para criação de peixes que é de até 0,05 mg/L (BOYD, 1997). No entanto, os elevados teores de amônia total, encontrados em todos os tratamentos não afetaram o desenvolvimento dos peixes, sugere-se que este comportamento pode ser atribuído à presença de maior quantidade de íons amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) em detrimento da espécie  $\text{NH}_3$ , pois em meio aquoso as duas espécies estão presentes em equilíbrio de acordo com a equação (SHRIVER e ATKINS, 2003):



A toxicidade da amônia para os peixes está relacionada principalmente à forma não ionizada ( $\text{NH}_3$ ), devido à facilidade em difundir para dentro do peixe através das membranas respiratórias, causando danos ao epitélio branquial e, conseqüentemente dificultando as trocas gasosas entre o animal e a água, desestabilizando assim, o sistema de osmorregulação (PIEDRAS et al., 2006). A maioria das membranas biológicas é permeável ao  $\text{NH}_3$  e pouco permeável ao íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ ). A amônia não ionizada é de natureza lipofílica, com isso, difunde-se rapidamente através das membranas biológicas, por outro lado, a amônia ionizada tem uma estrutura maior, pois é hidratada e carregada o que dificulta a sua difusão por meio das membranas biológicas (MARTINEZ et al., 2006).

Diante do exposto, pode-se compreender a tolerância dos peixes às altas taxas de amônia total presente na água.

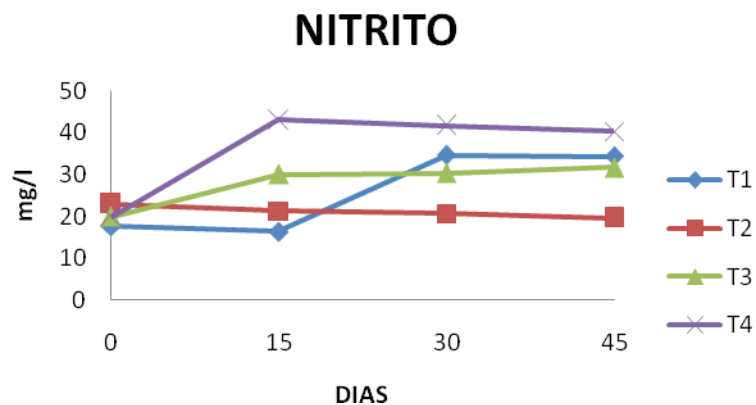
Os teores de Nitrato (Figura 7) variaram em função dos tratamentos, sendo que no final mantiveram-se em níveis mais estáveis, com exceção do tratamento T1, no qual uma redução ao longo do ensaio sugere que a ausência de peixes tenha feito com que o nível inicial de nitrato (4,7 mg/l) tenha sido assimilado pelas plantas, apontando uma queda ao longo do ensaio. Os níveis de nitrato em T2 e T3 cresceram de maneira linear, atingindo níveis mais estáveis ao final do experimento, indicando que a geração de resíduos, aumentada com o crescimento dos peixes, foi acompanhada do maior tamanho das plantas e conseqüentemente maior assimilação dos compostos nitrogenados presentes água. O tratamento T4 resultou em teores de nitrato (Figura 7) mais elevados, em razão da maior biomassa de peixes e conseqüentemente maior produção de dejetos e maior liberação de compostos nitrogenados. Entretanto na fase final do experimento observou-se uma queda nos níveis de nitrato, acredita-se que como este tratamento foi superior e com o maior crescimento das plantas, possivelmente tenha-se obtido uma maior assimilação deste composto.



**Figura 7:** Teores de Nitrato, nos tanques de criação de Tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758) em sistema aquapônico. Itapetinga – BA. UESB 2015.

Durante o período experimental os teores de nitrito (Figura 8) aumentaram e variaram entre os tratamentos. Em T1 o aumento foi considerável, o que pode ser atribuído à presença de fitoplâncton que proliferou espontaneamente neste tratamento. Em T2, T3 e T4 este composto variou devido às diferentes proporções de peixes e a partir da segunda amostragem da água foi observada uma linearidade. Possivelmente os teores de nitrito foram constantes devido à assimilação da amônia (Figura 8) no processo de nitrificação do biofiltros.

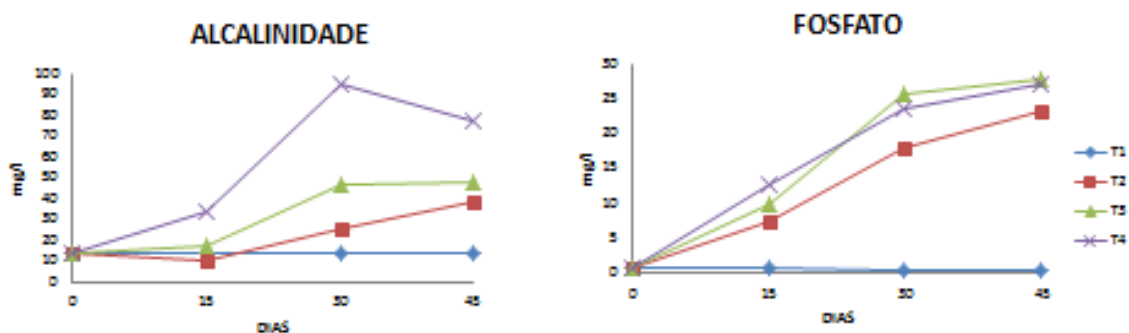




**Figura 8:** Teores de Nitrito, nos tanques de criação de Tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758) em sistema aquapônico. Itapetinga – BA. UESB 2015.

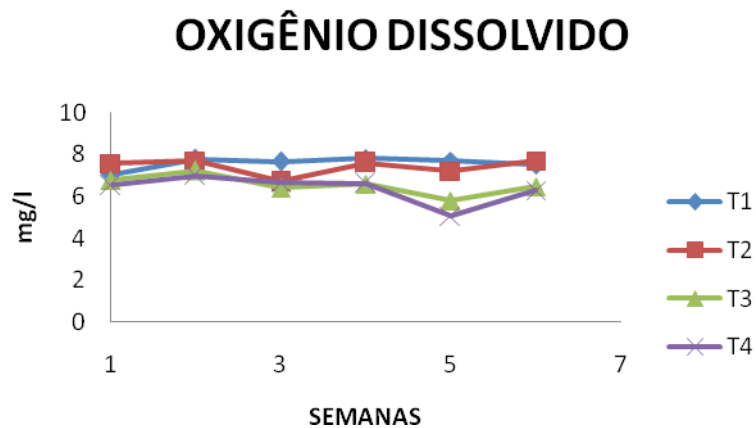
Nas últimas duas amostragens da água ficou evidenciado que os teores de nitrato (Figura 7) se elevaram e que os teores de amônia (Figura 6) e nitrito (Figura 8), começaram a manter certa estabilidade, o que pode comprovar o funcionamento do biofiltro. Pedreira et al. (2014) testando diferentes biofiltros, obteve uma similaridade nas concentrações de nitrato e constância nas concentrações de nitrito e amônia, comprovando a nitrificação dos materiais em decomposição, demonstrando a importância e a eficiência do biofiltro.

Os teores de alcalinidade e fósforo, apresentados na Figura 9, aumentaram ao longo do ensaio. No tratamento T1 não houve variação, possivelmente devido à ausência de peixes. Nos demais tratamentos, aumentaram de acordo com a biomassa de peixes. Isso se deu em razão da produção de matéria orgânica, proveniente dos dejetos e possíveis sobras de ração dissolvidos na água, sendo maiores os teores de fósforo e a alcalinidade (Figura 10) quanto maior a biomassa de peixes.



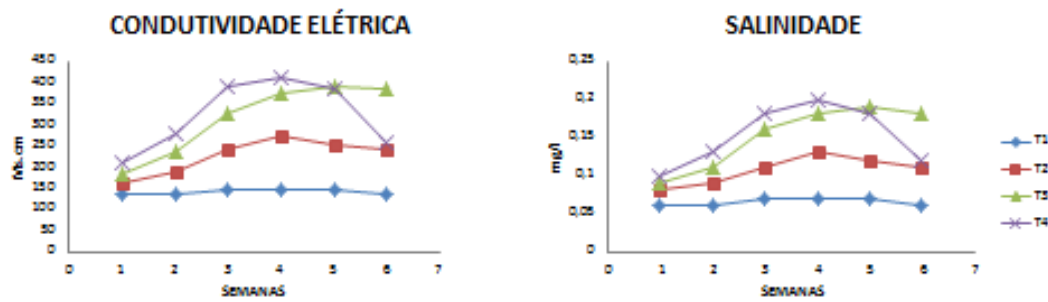
**Figura 9:** Teores de Alcalinidade e Fósforo, nos tanques de criação de Tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758) em sistema aquapônico. Itapetinga – BA. UESB 2015.

Os níveis de oxigênio dissolvido, apresentados na Figura 10, ficaram acima dos 5mg/L em todos os tratamentos, enquadrando-se ao padrão estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 para corpos d'água classe 2 onde a concentração deste gás dissolvido na água em qualquer amostra não deve ser inferior à 5 mg/L, demonstrando a eficiência do sistema de oxigenação montado no sistema. Os teores de oxigênio dissolvido nos tratamentos T4, T3 e T2 apresentaram uma pequena redução na quinta semana, devido a uma possível eutrofização da água, problema que foi facilmente contornado aspirando-se o fundo dos tanques, realizado em todos os tratamentos.



**Figura 10.** Teores de Oxigênio Dissolvido nos tanques de criação de Tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758) em sistema aquapônico. Itapetinga – BA. UESB 2015.

A condutividade elétrica e a salinidade (Figura 11) apresentaram comportamentos gráficos semelhantes, pois ambas estão correlacionadas, e quanto maior o teor sais dissolvidos na água maior será a condutividade elétrica. O tratamento T1 manteve-se constante ao longo do experimento, pela ausência de peixes e de matéria em decomposição. Os tratamentos T2 e T3 apresentaram teores crescentes, relacionados ao crescimento dos peixes e maior produção de resíduos, enriquecendo a água. No tratamento T4, na última semana, verificou-se uma queda nos valores de condutividade elétrica e salinidade (Figura 12), o que pode ser explicado pela maior assimilação dos nutrientes com o crescimento das plantas, resultando em melhor desenvolvimento das plantas contidas neste tratamento.



**Figura 11.** Teores de Condutividade elétrica e Salinidade nos tanques de criação de Tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758) em sistema aquapônico. Itapetinga – BA. UESB 2015.

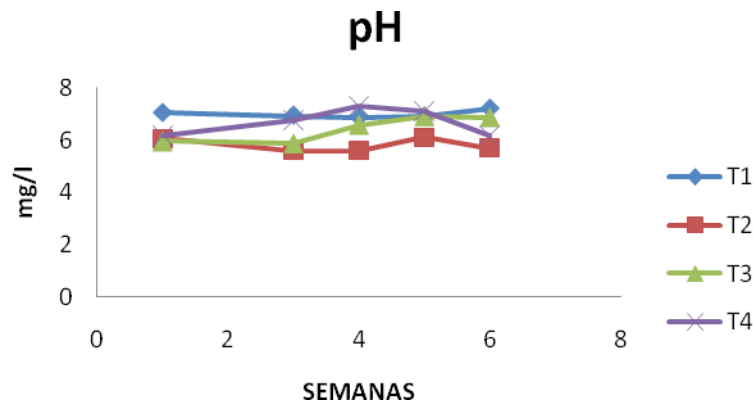
Os níveis de sólidos totais dissolvidos (Figura 12) foram crescentes em todos os tratamentos, exceto em T1, que se manteve constante pela ausência de peixes. Nos demais tratamentos os índices de sólidos totais aumentaram de acordo com a densidade de peixes. O aumento dos teores de sólidos totais está relacionado à maior presença de resíduos, decorrentes da maior excreção dos peixes e às taxas de lotação dos tanques. Isso demonstrou que a capacidade volumétrica do filtro pode ter sido subdimensionada, sendo necessária a limpeza do fundo dos tanques, para evitar o acúmulo de resíduos e elevação dos teores de sólidos totais dissolvidos na água.



**Figura 12.** Teores de Sólidos Totais nos tanques de criação de Tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758) em sistema aquapônico. Itapetinga – BA. UESB 2015.

Os valores de pH (Figura 13) ficaram próximos a 7,0 no decorrer do ensaio em todos os tratamentos. O pH manteve-se em uma faixa aceitável para produção de peixes que é de 6,5 a 8,0 (DELINCÉ, 1992).

Conforme Egidio e Levy (2013) o pH ideal para o cultivo hidropônico deve estar na faixa de 6,0 e 7,0 pois a disponibilidade e absorção dos nutrientes minerais são influenciadas por este parâmetro. Desta forma é fundamental monitorar o pH constantemente.



**Figura 13.** Valores do pH dos tanques de criação de Tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758) em sistema aquapônico. Itapetinga – BA. UESB 2015.

Summerfelt (2000), correlacionando os teores de pH, amônia e temperatura, ressaltou que é mais provável a toxicidade da amônia total em pH elevados e altas temperaturas. Durante o ensaio, o pH foi mantido próximo à neutralidade (Figura 13) e a temperatura da água permaneceu na faixa de 20 a 25°C (Figura 4), entretanto os teores de amônia total (Figura 6) foram elevados. Considerando as condições experimentais do presente trabalho, pode-se sugerir que o teor de amônia total que é constituído pelas espécies  $\text{NH}_3$  e  $\text{NH}_4^+$ , corresponde em maior extensão à presença da amônia em sua forma ionizada ( $\text{NH}_4^+$ ).

O pH é, sem dúvida, um parâmetro decisivo no ambiente aquático. No sistema aquapônico, peixes, plantas e bactérias do ciclo do nitrogênio coabitam o mesmo ambiente. Enquanto o pH próximo à neutralidade favorece aos peixes e plantas, para as bactérias o pH ideal é mais baixo, entre 5,5 e 6,5 (TYSON et al., 2004). Talvez isso possa ter afetado a eficiência na filtração biológica neste trabalho, uma vez que os teores de resíduos nitrogenados ficaram em níveis elevados.

#### 4.3. Desempenho dos Peixes

No total morreram seis peixes, sendo que um em T2, dois em T3 e três em T4 (Tabela 1). A temperatura durante o período experimental, juntamente com o pH equilibrado e

os níveis de oxigênio dissolvido sempre próximos à saturação contribuíram para as elevadas taxas de sobrevivência. Moro et al., (2013) destacaram, entre muitos atributos da espécie, que a tilápia tolera temperaturas entre 14 e 33°C e que além de aceitar a ração comercial, busca outras fontes de alimento, como fitoplâncton, algas bentônicas pequenos insetos, dentre outros itens.

**Tabela 1.** Taxa de sobrevivência de tilápia (*Oreochromis niloticus*) durante o período experimental

Tratamentos	Total de peixes	Total de Mortos	Taxa de sobrevivência (%)
T1	—	—	—
T2	30	1	96,66
T3	60	2	96,66
T4	90	3	96,66

Os valores de consumo médio de ração (CR), ganho de peso médio (GP), conversão alimentar aparente (CAA) e a taxa de crescimento específico (TCE) estão apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2.** Consumo médio de ração (CR), Ganho de peso médio (GP), Conversão Alimentar Aparente (CAA) e Taxa de Crescimento Específico (TCE) de tilápias (*Oreochromis niloticus*) durante o período experimental com alimentação “*ad libitum*”.

Tratamento	CR	GP	CAA	TCE
T1	—	—	—	—
T2	2095,63 g	60,18 g	1,16:1	1,33 g
T3	4177,77 g	63,71 g	1,09:1	1,41 g
T4	5569,44 g	53,38 g	1,17:1	1,18 g

O consumo médio diário de ração dos tanques T2, T3 e T4 foi de 45,55g; 90,82g e 121,07g, mostrando a proporcionalidade do consumo médio diário por peixe (T2 = 1,51g; T3 = 1,51g e T4 = 1,34). A ração foi fornecida “*ad libitum*”, até a saciedade aparente, afim de evitar sobras de ração, que poderia superestimar o consumo além de ocasionar mudanças nos parâmetros físico-químicos da água.

No início do experimento os juvenis de tilápia de T2, T3 e T4 apresentaram peso médio de 26,32; 25,95 e 26,28 g, respectivamente. Ao final do experimento elas apresentaram peso médio de 86,5; 89,6 e 79,6 g, tendo um ganho de peso de 60,18, 63,71 e 53,38g. Nenhum tratamento estatístico foi aplicado às diferenças de peso entre tratamentos,

mas numericamente a pior resposta do peso médio dos peixes do tratamento T4 pode estar relacionada ao maior grau de eutrofização do tanque e pela maior densidade de estocagem (90 peixes/tanque).

A conversão alimentar aparente (CAA) foi calculada dividindo-se a quantidade de ração aparentemente consumida pelo ganho de peso dos peixes (KUBTIZA, 2010). As taxas de CAA do ensaio foram de 1,16:1; 1,09:1 e 1,17:1 para T2, T3 e T4 respectivamente, valor semelhante encontrado por Jordan et al. (2014) para a fase de crescimento de 3,5 até 63 g, obtendo uma CAA de 1:16:1. Foi observado que o T3 obteve a melhor taxa de conversão alimentar (1,09:1), além de ter sido o tratamento com maior ganho de peso (63,71g).

Hundley e Navarro (2013) utilizando tilápias e manjeriço (*Ocimum basilicum*) e manjerona (*Origanum majorana*) em sistemas de recirculação de água observaram que os peixes obtiveram maior crescimento quando atingiram cerca de 20 g. Valor semelhante foi verificado no início desta pesquisa, sugerindo que o tamanho dos peixes influenciou também no valor da melhor CAA encontrada.

Turkeret al. (2003) abordando a capacidade de filtração de tilápias do Nilo, relatou que a espécie é capaz de se alimentar do fitoplâncton presente na água, além da ração fornecida. Acredita-se, pela presença de fitoplâncton nos tanques deste experimento, que os peixes do ensaio tiveram uma fonte de alimento natural suplementar, o que pode ter resultado em índices de CAA superestimados.

Ao término do experimento, verificou-se a boa adaptação dos peixes, nesta fase de desenvolvimento, ao sistema de recirculação em aquaponia, considerando-se o desempenho dos mesmos, sendo relatadas poucas perdas e um bom ganho de peso ao longo do ensaio.

#### 4.4 Massa fresca da plantas

As plantas do T4 apresentaram os maiores valores de massa fresca, enquanto que os tratamentos T2 e T3 apresentaram resultados similares. Sugere-se que em T4 as plantas apresentaram-se maiores, devido a maior presença de peixes neste tratamento. Em T1 foram encontrados os menores valores, em virtude da escassez de nutrientes, devido a ausência de peixes (Tabela 3).

**Tabela 3.** Valores médios de Massa Fresca das Folhas de Alface *Lactuca sativa* cv. Brunela (%) durante o período experimental. Itapetinga – BA. UESB, 2015.

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
T1	2,37	2,23	2,87	3,19	2,66
T2	46,29	39,57	39,94	38,06	40,96

<b>T3</b>	45,77	44,02	35,88	40,31	41,50
<b>T4</b>	59,57	57,39	49,24	63,98	57,57

A variedade de alface estudada possui características especiais, sendo uma delas a precocidade na colheita (SALA e COSTA, 2013). Com os resultados foi possível afirmar que as plantas não atingiram tamanho comercial que fica em torno de 250 a 300g/planta (SALA e COSTA, 2012). Acredita-se que o desenvolvimento das plantas pode ter sido afetado, devido ao funcionamento do biofiltro no período inicial do ensaio, no qual foi observado que os parâmetros da água começaram a seguir para uma constância, a partir da terceira semana, evidenciando o funcionamento tardio do biofiltro, o que pode ter gerado um possível desequilíbrio nutricional na planta, tendo como resposta um pendoamento precoce, afetando assim o crescimento da mesma.

Outro fator que pode ter afetado o pendoamento precoce das plantas, está ligado com o clima da região. A grande amplitude térmica do ar pode ser causa do pendoamento precoce das plantas, uma vez que todo o experimento foi conduzido no interior de uma estufa, elevando as temperaturas, que atingiram 48°C em um dia, cuja mínima de 13°C foi alcançada no mesmo dia. Vasgasetal (2015) ressaltou que elevadas temperaturas estimulam o pendoamento precoce, provocando um alongamento no caule, redução no número de folhas, má formação da cabeça comercial além de estimular a produção de látex, resultando na colheita de plantas ainda pequenas, não expressando seu máximo potencial genético.

CASTELLANI et al (2012), utilizaram um sistema aquapônico com berçários de camarões (*Macrobrachium amazonicum*), para produção de alface (*Lactuca sativa*) e agrião (*Rorippa nasturtium aquaticum*), obtendo a sua maior massa fresca das folhas de alface de 59,9g, entretanto o agrião conseguiu se desenvolver bem neste sistema atingindo peso comercial. Os autores sugeriram que para uma maior produção de alface é necessário uma suplementação mineral. CORTEZ et al (2009) indicaram que a água residual do sistema de criação de matrinxã (*Bryconcephalus*), não foi capaz de atender à demanda por nutrientes, principalmente potássio e magnésio, para o cultivo de alface hidropônico.

Os primeiros registros de aquaponia publicados também não conseguiram atingir tamanho comercial das plantas em suas pesquisas. RAKOCY et al. (1989) encontraram alfaves com 98 a 131g em 42 dias de cultivo; PARKER et al. (1990) obtiveram plantas com peso total de 50g; QUILLERÉ et al. (1993) obtiveram plantas com 101 a 171g; SEAWRIGHT et al. (1998) encontraram peso fresco de 120 g, em 35 dias. Todos estes autores realizaram

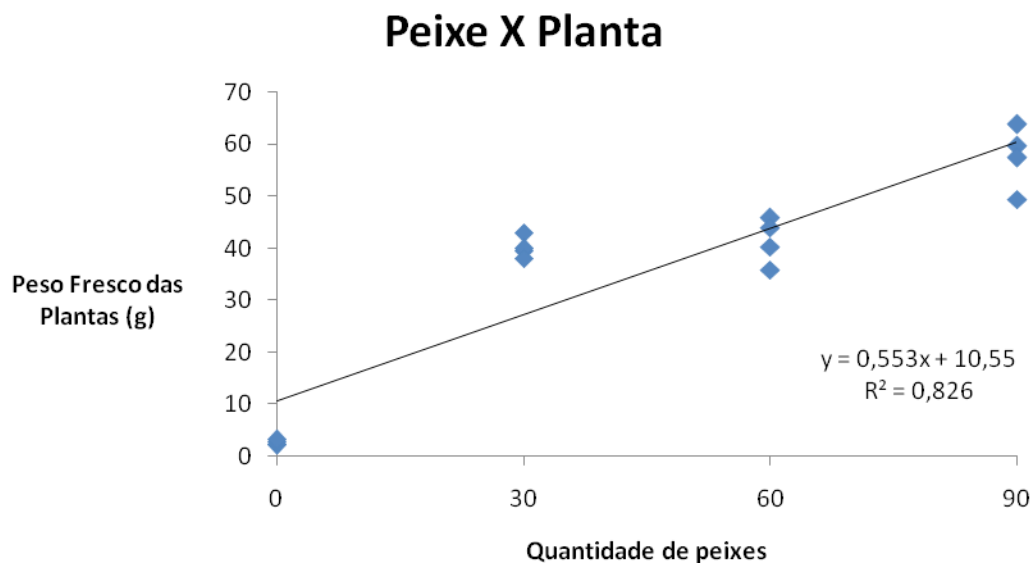
pesquisas integrando Tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e alface (*Lactuca sativa*) em regime de circulação fechada.

CRIVELANTI et al (2009) sugeriu a aquaponia como uma técnica ecologicamente viável, e como atividade econômica complementar na renda familiar, permitindo reduzir o consumo de água para produção de alimentos. PIRTOSCHEG et al (2013) analisando o ponto de vista econômico da aquaponia integrando tilápias e alface, afirmaram que a produção é inviável comercialmente, entretanto pode servir de alternativa para melhorar a alimentação familiar pois permite a produção de peixes e vegetais de qualidade e livres de contaminações e de aditivos químicos.

Hundley e Navarro (2013) relataram que a aquaponia tem sido predominantemente difundida por todo o mundo através de produtores em escala domiciliar, algo por muitos referidos como "*Backyard Aquaponics*", termo em inglês para "Aquaponia de Quintal". Portanto a aquaponia apresenta-se como alternativa real para a produção de alimentos de maneira menos impactante ao meio ambiente, por suas características de sustentabilidade.

Neste trabalho, houve um bom desenvolvimento dos peixes, e um pendoamento precoce das plantas, entretanto o mínimo de água foi retirado do sistema, comprovando a eficiência do sistema em produzir alimentos com economia de água. Sugere-se que novas pesquisas sejam realizadas a cerca do assunto, para adequar um melhor rendimento por parte das plantas.

Para os valores de peso fresco das plantas em comparação com a densidade de peixes, foi feita uma curva de regressão expressos na figura (14).





**Figura 14.** Relação entre peso das plantas de alface e densidade de estocagem de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758) em sistema aquapônico. Itapetinga – BA. UESB 2015.

**Com os resultados foi possível observar que o tratamento com a maior densidade de peixes (T4), expressou o maior peso fresco das plantas, provavelmente, em virtude de ser o tratamento, com maior estocagem de peixes, e conseqüentemente, mais sais minerais assimiláveis pelas hortaliças.**

Conforme Hundley e Navarro (2013), a quantidade de plantas e peixes, para a criação de um sistema aquapônico, está diretamente ligada à quantidade de nutrientes disponíveis para as plantas. Rakocy (2006) sugeriu que a cada metro de canteiro hidropônico é necessário que sejam fornecidos 60 a 100g de ração por dia. Wilson (2005) utilizou a proporção de 1 kg/peixe para 7kg/ planta. Nesta pesquisa foram utilizadas diferentes densidades de peixes, sendo observado (figura 14) que o tratamento com maior densidade de peixes T4, expressou o maior desenvolvimento das plantas.

#### 4.5. Composição centesimal das plantas

##### 4.5.1 Umidade

Os valores observados na Tabela 4 mostraram que os tratamentos T2, T3 e T4, apresentaram valores semelhantes em sua matéria seca, e que T1 obteve um menor valor. Sugere-se que em razão da ausência de peixes e conseqüentemente de nutrientes, isso tenha afetado o crescimento e conseqüentemente influenciado nos teores de umidade neste tratamento.

Ohseet al (2001) obtiveram teor de umidade em suas variedades hidropônicas de 5,5%. OHSEet al (2009) encontraram em seus cultivares de alface hidropônico, média de 4,56% de umidade. OHSEet al (2012) encontraram teores de 9,07 e 9,26, para variedades de alfaces hidropônicas. Segundo Sgarbieri (1987), o teor de umidade para alface produzida no solo é de 6%.

OHSEet al (2001) ressaltou que a variação no teor de umidade se deve, provavelmente ao tempo de exposição das plantas na fase final, sendo que quanto maior esse período maior o acúmulo de matéria seca, gerando um menor o teor de água.

Os altos valores encontrados, neste trabalho, na umidade podem ser explicados devido ao pendoamento precoce das plantas, acumulando assim, mais matéria seca em sua composição. Outra possibilidade pode estar ligada às características da cultivar utilizada, por ser mais crocante que as demais (SALA e COSTA, 2013), ou seja, a planta acumula mais sais minerais e conseqüentemente aumenta a umidade.

OHSE et al (2001) sugeriram que, a baixa concentração de nutrientes em soluções hidropônicas pode influenciar no desenvolvimento das plantas, gerando assim um acúmulo de matéria seca, e pouco crescimento, elevando assim os teores da composição centesimal da alface. É possível que a alta concentração de nutrientes observada nesta pesquisa também tenha influenciado no acúmulo de matéria seca nos tratamentos T2, T3 e T4.

**Tabela 4.** Teores médios de Umidade(%) de Alface *Lactuca sativa* cv. Brunela durante o período experimental. Itapetinga – BA. UESB, 2015.

<b>Tratamentos</b>	<b>Materia Seca</b>
<b>T1</b>	4,87%
<b>T2</b>	10,48%
<b>T3</b>	11,37%
<b>T4</b>	11,87%

#### **4.5.2. Proteína bruta**

Os resultados apresentados na Tabela 5 demonstram que os maiores níveis de proteína foram encontrados em T3 e T4. Ohse et al (2001), comparando a composição centesimal de 6 variedades de alfaces hidropônicas, obtiveram uma média de 1,6% no teor de proteína bruta. Ohse et al (2009) comparando cinco cultivares de alface hidropônicas obtiveram média de 1,06%. Ohse et al (2012) alcançaram média de 0,85% e 1,06% em seus cultivares de alfaces hidropônicos.

Segundo Sgarbieri (1987) a alface produzida no solo apresenta teor de proteína em torno de 1,3%. Dutra de Oliveira e Marchini (2000) obtiveram como valor médio de proteína para alface do tipo folha lisa cv. Regina cultivada no solo de 1,3 %. De Araujo et al (2010) encontraram um teor de 1,29 para alface no solo.

Sugere-se que, com a maior concentração de peixes, nestes tratamentos, as plantas, foram capazes de assimilar mais nitrogênio aumentando assim o teor de proteína. O tratamento T1 apresentou o teor de proteína baixo em virtude da ausência de peixes.

**Tabela 5.** Teores médios de Proteína Bruta em Alface *Lactuca sativa* cv. Brunela (%) durante o período experimental. Itapetinga – BA. UESB, 2015.

<b>Tratamentos</b>	<b>Proteína Bruta</b>
<b>T1</b>	0,58%
<b>T2</b>	1,71%
<b>T3</b>	2,38%
<b>T4</b>	2,93%

#### **4.5.3.Fibras**

As plantas de alface nos diferentes tratamentos acumularam valores diferentes de fibra bruta, em razão da quantidade de peixes por tratamento. As alfaces no T4 foram as que apresentaram maior valor de fibra bruta, como pode ser verificado na Tabela 6.

Ohseet al (2001) comparando diferentes soluções hidropônicas, obtiveram teores elevados de fibra em um dos seus tratamentos, com valor médio de 3,39% da sua composição. Os autores sugeriram que os valores encontrados se deram em razão da baixa concentração de nutrientes encontrada em um dos seus tratamentos, o que levou a planta acumular alto percentual de matéria seca.

Ohseet al (2009) encontraram valores médios de 0,32% de fibra em suas cultivares hidropônicas, sendo o maior teor encontrado em um dos seus tratamentos, de 0,48%. Ohseet al, (2012) encontraram 0,34 e 0,48% em seus dois cultivares de alface hidropônica.

Dutra de Oliveira e Marchini (2000) e Sgarbieri (1987) citaram que a alface produzida no solo apresenta valores médios 0,6 e 0,7 g/100g para fibra. De Araujo et al (2010) com o objetivo de estudar frutas e hortaliças como fonte de fibras alimentares, obtiveram o teor de 1,26 de fibras, em alface convencional.

Ohseet al (2009) verificaram que os teores de fibra encontrados nas cultivares de alface hidropônica foram menores que os da alface produzida no solo, provavelmente, devido ao rápido ciclo de cultivo quando produzidas por esse sistema em casa de vegetação. Entretanto, deve-se considerar sempre o sistema de cultivo, a época de cultivo, as condições experimentais, os tratamentos e o ciclo de vida da planta para fazer inferências sobre a produtividade de qualquer cultura (OHSEet al, 2012).

Nestetrabalho os teores de fibra apresentaram-se bem maiores em relação aos cultivos hidropônicos e no solo. Acredita-se que os altos teores de matéria seca influenciaram, no acúmulo de fibra por parte das plantas, em todos os tratamentos.

**Tabela 6.** Teores médios de Fibra em Detergente Neutro de Alface *Lactuca sativa* cv. Brunela (%) durante o período experimental. Itapetinga – BA. UESB, 2015.

<b>Tratamentos</b>	<b>FDN</b>
<b>T1</b>	1,21
<b>T2</b>	2,71
<b>T3</b>	2,92
<b>T4</b>	2,98

#### **4.5.4. Matéria Mineral**

Pode-se verificar com os resultados apresentados da Tabela 7 que o T4 alcançou os maiores valores de resíduo mineral. Sugere-se que como este tratamento foi o que teve uma maior densidade de peixes as plantas foram capazes de assimilar mais nutrientes. Os tratamentos T2 e T3 obtiveram resultados similares, enquanto que T1 apresentou o menor valor, devido à falta de nutrientes pela ausência dos peixes.

Ohseet al (2001) comparando os teores de resíduo mineral em quatro soluções hidropônicas distintas obtiveram médias de 0,7; 0,8; 0,9 e 0,8%. Ohseet al (2009) observaram que suas cultivares de alface acumularam diferentes teores de resíduo mineral, sendo o maior teor de resíduo mineral, de 0,77%. Ohseet al (2012) obtiveram para seus dois cultivares de alfices hidropônicos 0,63 e 0,70%. De Araujo et al (2010) encontraram para alfices cultivadas em solo, 0,89% de matéria mineral.

Acredita-se que os valores de matéria mineral encontrados nesta pesquisa, apresentaram-se mais altos, em razão da grande demanda de nutrientes solúveis, contida no sistema aquapônico, influenciando assim na assimilação de mais compostos aumentando os teores de matéria seca e consequentemente os teores de cinzas. Outra hipótese está ligada ao

pendoamento precoce observado neste trabalho, fazendo com que a planta acumule mais matéria seca, aumentando os teores de resíduo mineral.

**Tabela 7.** Teores médios de Resíduo Mineral de Alface *Lactuca sativa* cv. Brunela (%) durante o período experimental. Itapetinga – BA. UESB, 2015.

<b>Tratamentos</b>	<b>Resíduo Mineral</b>
T1	0,65%
T2	1,60%
T3	1,65%
T4	1,98%

## 5. CONCLUSÃO

O sistema aquapônico demonstrou ser eficiente no que diz respeito ao reaproveitamento da água da piscicultura. A densidade de estocagem de peixes influenciou o desenvolvimento das plantas, uma vez que maiores densidades de peixes geraram maior quantidade de resíduos na água e conseqüentemente maior aporte de nutrientes para as plantas de alface Brunela. Contudo, densidades de 90 peixes/1000L elevaram a eutrofização do sistema, especialmente os níveis de amônia e nitrito. Como sistema aquapônico utilizado as plantas não atingiram peso comercial, em virtude do funcionamento tardio do biofiltro, além da temperatura no interior da estufa, ter estimulado o pendoamento precoce das hortaliças, entretanto para a produção de tilapias do Nilo, na fase juvenil (25-100g), os resultados mostraram-se satisfatórios, obtendo um bom rendimento dos peixes. Outros estudos são necessários para comprovar a eficiência do biofiltro, além de outras estratégias para tentar

diminuir os teores de amônia e nitrito na água, tornando o sistema aquapônico uma alternativa sustentável para agricultura familiar.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERONI, R. B. **Hidroponia**. São Paulo: Nobel, 1998. 102p.

ALVIM, M.C.C.; PERET, A. C. Food resources sustaining the fish fauna in a section of the upper São Francisco river in Três Marias, MG, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 64, n. p.195-202. 2004.

AZEVEDO, A. M. et al. Seleção de genótipos de alface para cultivo protegido: divergência genética e importância de caracteres. **Horticultura brasileira**, v. 31, n. 2, 2013.

BARBOSA, L.P.J.L.; BARBOSA, F.H.F.; FAUSTINO, S.M.M. Algas em tanques de piscicultura: uma análise crítica. **Arquivo Brasileiro de Microbiologia Básica e Aplicada**, v. 1, n. 1, p. 2013.

BERGHAGE, R.D., MAcNEAL, S.F., WHEELER, T.F., ZACHRITZT, W.H. 'Green' water treatment for green industries: opportunities for bio-filtration of greenhouse and nursery irrigation water and runoff with constructed wetlands. **HortScience**, v.34, n.1, p. 50-54. 1999.

BERNSTEIN, S. Recipe for successful aquaponics. **Alternatives Journal.Academic One File**. 2014.

BOYD, C E. **Manejo do solo e da qualidade da água em viveiro para aquicultura**. Campinas: Associação Americana de Soja (ASA). 1997. 55p.

BRAGA, M. **Aquaponia pode gerar menor impacto ao meio ambiente**, 2013. Disponível em: <<http://www.jornalpp.com.br/economia/item/44996-aquaponia-pode-gerar-menor-impacto-ao-ambiente>>. Acesso em: 21 mai. 2015.

BRASIL. Ministério de Pesca e Aquicultura, 2014 Disponível em: <<http://www.mpa.gov.br/aquicultura/especies-cultivadas>>. Acesso em: 15 jun, 2015.

BROWN, E., GRATZEK, J., TAVE, D. **Genetics for fish hatchery managers**. Westport: Avi Pub Co. 1986.

CARMOUZE, J.P. **O Metabolismo dos Ecossistemas Aquáticos**. 1. ed. São Paulo: Edgard Blücher / FAPESP. 1994. 253p.

CASTAGNOLLI, N. **Criação de peixes de água doce**. Jaboticabal: FUNEP, 1992.

CHRISTOFIDIS, D. Água na produção de alimentos: o papel da academia e da indústria no alcance do desenvolvimento sustentável. **Revista Ciências Exatas**, v. 12, n. 1, 2008.

COMETTI, N. N. et al. Cooling and concentration of nutrient solution in hydroponic lettuce crop. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 2, 2013. p. 287-292.

COMETTI, N. N. **Nutrição mineral da alface (*Lactuca sativa* L.) em cultura hidropônica-sistema NFT**. (Tese de doutorado). Seropédica: UFRRJ. 2003. 128p

CORTEZ, G.E.P. et al. Qualidade química da água residual da criação de peixes para cultivo de alface em hidroponia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 4, p. 494-498, 2009.

CORTEZ, G.E.P.; **Cultivo de alface em hidroponia associado à criação de peixes**. Tese (Doutorado em Agronomia). Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista – UNESP. 1999, 63p.

DELINCÉ, G. **The ecology of the fish pond ecosystem with special reference to Africa**. Dordrecht: Kluwer. 1992. 230p.

DETMANN, E., SOUZA, M.A., VALADARES FILHO, S.C. **Métodos para análise de alimentos**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2012. 214p.

EGÍDIO, N. B.; LEVY, B.P.; As técnicas de hidroponia. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, v. 8, p. 107-137, 2013.

EMATER-PR. Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural. **Modelo EMATER de produção de tilápia**. 2004. Disponível em: [http://www.emater.pr.gov.br/arquivos/File/Comunicacao/Premio\\_Extensao\\_Rural/1\\_Premio\\_2005/ModeloEmaterProd\\_Tilapia.pdf](http://www.emater.pr.gov.br/arquivos/File/Comunicacao/Premio_Extensao_Rural/1_Premio_2005/ModeloEmaterProd_Tilapia.pdf). Acesso em: 21 agosto 2015.

FAO. Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura. **O Crescimento populacional e a questão alimentar**. Disponível em: [http://http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/faoweb/lisbon/docs/O\\_Pa%C3%ADs\\_25\\_7\\_2014.pdf](http://http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/faoweb/lisbon/docs/O_Pa%C3%ADs_25_7_2014.pdf). Acesso em 22 março 2016.

FAQUIN, V.; FURTINI N. A. E.; VILELA, L. A. A. **Produção de Alface em Hidroponia**. Lavras: UFLA, 1996. 50 p.

- FARIA, R. H. S. et al. **Manual de Criação de Peixes em Viveiros**. Brasília: CODEVASF. 2013.
- FURLANI, P. R. et al. **Cultivo Hidropônico de Plantas**. Campinas: Instituto Agronômico, 1999.
- GAVA, A. J. **Princípios de Tecnologia de Alimentos**. São Paulo: Nobel, 1978. 284p.
- GERHARDINGER, R. C. **Policultivo de tilápias e robalos em pequenas unidades de produção aquícola de Santa Catarina**. (Dissertação – Mestrado em Agrossistemas) Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina. 2012.
- HUNDLEY, G.C.; NAVARRO, R.D. Aquaponia: a integração entre a piscicultura e a hidroponia. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**. v. 3, n. 2, p.52-61. 2013.
- JASPER, L. **Aquaculture: an introduction**. Danville: Interstate Publishers. 1992. p. 164-179.
- JONES J.R.; BENTON, J. et al. **Plant analysis handbook. A practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide**. Micro-Macro Publishing, Inc., 1991.
- JORDAN, R. A. et al. Sistema intensivo de criação de peixe com recirculação de água e controle de temperatura via bomba de calor de duplo efeito térmico. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**. v. 5, n. 1, p. 12-22, 2014.
- KUBITZA, F. **Qualidade da água na produção de peixes**. 3. ed. Jundiaí: Degaspari. 1999. 97p.
- LIMA, A.F. Sistemas de produção de peixes. In: RODRIGUES, A.P.O.; LIMA, A.F.; ALVES, A.L. et al. (Ed.). **Piscicultura de Água Doce, Multiplicando Conhecimentos**. Brasília: EMBRAPA, 2013. p. 97-108.
- LOVE, D.C. et al. An international survey of aquaponics practitioners. **PlosOneJournal**. 2014.
- MACIEL JUNIOR, A. **Efeitos da temperatura no desempenho e na morfometria de tilápia, *Oreochromis niloticus*, linhagem tailandesa**. (Tese - Doutorado em Zootecnia). Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 2006. 66p.
- [MARTINEZ, C. B. R.](#); AZEVEDO, FÁBIO DE ; [WINKALER, ELISSANDRA ULBRICHT](#). Toxicidade e efeitos da amônia em peixes neotropicais. In: José Eurico Possebon Cyrino; Elisabeth Criscuolo Urbinati. (Org.). **Tópicos Especiais em Biologia Aquática e Aqüicultura**. Jaboticabal - SP: Sociedade Brasileira de Aqüicultura e Biologia Aquática, 2006, p. 81-95.
- MORO, G.V. et al.; Espécies de peixes para a piscicultura. In: RODRIGUES, A.P.O.; LIMA, A.F.; ALVES, A.L. et al. (Ed.). **Piscicultura de Água Doce, Multiplicando Conhecimentos**. Brasília: EMBRAPA, 2013. p. 29-70.
- MOU B. 2011. Mutations in lettuce improvement. **International Journal of Plant Genomics**. 2011. p. 1-7.



PEDREIRA, M. M. et al. Biofiltros com diferentes proporções de substratos na larvicultura de piabanha-do-Pardo (*Brycon sp.*). **Zootecnia**, v. 1, n. 1, p. 11-17, 2014.

PEREIRA, L. P. F.; MERCANTE, C. T. J. A amônia nos sistemas de criação de peixes e seus efeitos sobre a qualidade da água. Uma revisão. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 31, n. 1, p. 81-88, 2005.

PETRAZZINI, L.L. et al. Nutritional deficiency in crisphead lettuce grown in hydroponics. **Horticultura Brasileira**. v. 32, n. 3. p.310-313. 2014.

PIEDRAS, S.R.N., OLIVEIRA, J.L.R., MORAES, P.R.R., BAGER, A. Toxicidade aguda da amônia não ionizada e do nitrito em alevinos de *Cichlasoma maculatum* (Jenyns, 1842), **Ciênc. agrotec.** vol.30 no.5 Lavras Sept./Oct. 2006.

POERSH, L. H. et al. Bioflocos: Uma alternativa econômica viável para produtores de camarão em viveiro. **Panorama da Aquicultura**. 2012. 37 p.

PÔRTO, M. L.A. et al. Doses de nitrogênio no acúmulo de nitrato e na produção da alface em hidroponia. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 3, 2012.

QUILLERÉ, I. et al. An artificial productive ecosystem based on a fish/bacteria/plant association. 1- Design and management. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.47, n.1, p.13–30, 1993.

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.

RAKOCY, J. E. **Hydroponic lettuce production in a recirculating fish culture system**. University of the Virgin Island Agricultural Experiment Station. Islands Perspectives, v.3, p.4–10, 1989.

RAKOCY, J.E.; HARGREAVES, J.A. Integration of vegetable hydroponics with fish culture: a review. In.: **Techniques for Modern Aquaculture – Aquacultural Engineering Conference**. Proceedings. Spokane: ASAE, p. 112–36. 1993.

SALA F. C.; COSTA C. P. Gloriosa: cultivar de alface americana tropicalizada. **Horticultura Brasileira**. v. 26, n.3, 2008.

SALA F.C.; COSTA C. P. Retrospectiva e tendência da alface cultura brasileira. **Horticultura Brasileira**. v. 30, n. 2, abr. - jun. p 187-194. 2012.

SALA, F. C.; COSTA, C. P. Crocância: a característica de destaque da Alface Brunela. **Revista Plasticultura**. p. 8-10. 2013.

SANTOS, A. N. et al. Produção de alface em NFT e Floating aproveitando água salobra e o rejeito da dessalinização. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 319-326, 2011.

SANTOS, O. S. Conceito e histórico. In: SANTOS, S. (Ed.). **Hidroponia da alface**. Santa Maria: UFSM. 1998. p. 1-3.

- SCHMIDT, A.A.P. **Piscicultura: a fonte divertida de proteínas.** São Paulo: Ícone. 1988. 88p.
- SEAWRIGHT, D. E.; STICKNEY, R. R.; WALKER, R. B; Nutrient dynamics in integrated aquaculture–hydroponics systems. **Aquaculture**, v.160, p.215-237, 1998.
- SHRIVER, D.F, ATKINS, P.W. **Química Inorgânica, 3º edição, Porto Alegre**, Bookman, 2003.
- SILVA, A. P. P.; MELO, B. **Hidroponia. Núcleo de Estudo em Fruticultura no Cerrado.** 2015. Disponível em: <<http://www.fruticultura.iciag.ufu.br/hidropo.htm>>. Acesso em 12 de abr 2015.
- SILVA, R. F. **Inovação - hidroponia integra vegetal e animal.** Disponível em <<http://today3tech.blogspot.com/2011/04/inovacao-hidroponia-integra-vegetal-e.html>>. Acesso em: 12 out. 2014.
- SIPAÚBA-TAVARES. L. H; Limnologia dos sistemas de cultivo. In: VALENTI, W.C. **Carcinicultura de água doce.** Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Renováveis. 1998 p.47-76.
- SIPAÚBA-TAVARES. L.H.; FAVERO, E.G.P.; BRAGA, F.M.S. Utilização de biofiltros de macrófitas em efluentes de aquicultura: I. Planta flutuante. **Brazilian Journal of Biology**, v.62, n.4, p.713-723, 2002
- SUMMERFELT, R.C. Water quality considerations for aquaculture. **Aquaculture Network Information Centre**, 2000.
- TIMMONS, M.; LOSORDO, T. **Aquaculture water reuse systems: engineering design and management.** New York: Elsevier. 1994. p. 18-27.
- TONET, A. et al. Microbiological analysis of water and lettuce (*Lactuca sativa*) cultivated in hydroponic and aquaponic systems and in soil. **Revista Brasileira de Pesquisa em Alimentos**, v. 2, n. 2, 2013.
- TURKER, H; EVERSOLE, A.G.; BRUNE, D.E. Effect of temperature and phytoplankton concentration on Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) filtration rate. **Aquaculture Research**, v.34, n.6., 2003. p. 453-460.
- TYSON, R.V. et al. Reconciling water quality parameters impacting nitrification in aquaponics: the pH levels. **Proc. Fla. State Hort. Soc.** v. 117, n. 1, p. 79-83. 2004.
- WATANABE, W. O. et al. Tilápia production system in the Americas: technological advances, trends, and challenges. **Reviews in Fisheries Science**, v.10, n.2. 2002. p. 384.
- WILSON, G. Australian barramundi farm goes aquaponic. **Aquaponics Journal**, v.37, p.12-16, 2005.