



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS ARAPIRACA / UNIDADE DE ENSINO PENEDO
ENGENHARIA DE PESCA

LEÔNICIO MARCOS FONSECA DE GUSMÃO JÚNIOR

**CONSTRUÇÃO DE LABORATÓRIO DE AQUICULTURA UTILIZANDO SISTEMA
DE RECIRCULAÇÃO**

Penedo – Alagoas

2014

LEÔNCIO MARCOS FONSECA DE GUSMÃO JÚNIOR

**CONSTRUÇÃO DE LABORATÓRIO DE AQUICULTURA UTILIZANDO SISTEMA
DE RECIRCULAÇÃO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia de Pesca da Universidade Federal de Alagoas – UFAL, como parte das exigências para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Pesca.

Orientador: Prof. Dr. Emerson Carlos Soares

Penedo – Alagoas

2014

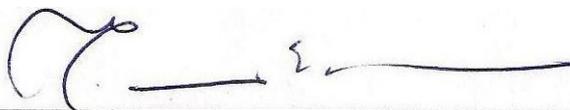
LEÔNICIO MARCOS FONSECA DE GUSMÃO JÚNIOR

CONSTRUÇÃO DE LABORATÓRIO DE AQUICULTURA UTILIZANDO SISTEMA
DE RECIRCULAÇÃO

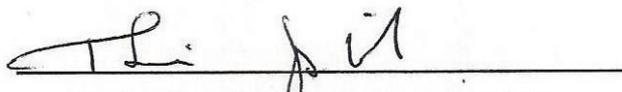
Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao curso de Engenharia de
Pesca da Universidade Federal de
Alagoas como parte das exigências para
a obtenção do título de bacharel em
Engenharia de Pesca.

Data da aprovação: 05 de dezembro de 2014

BANCA EXAMINADORA:



Professor D Sc. Emerson Carlos Soares e Silva
Universidade Federal de Alagoas
Campus A.C. Simões
Orientador



Professora Dra. Themis de Jesus da Silva
Universidade Federal de Alagoas
Campus Arapiraca
Examinadora Interna



Professora Dra. Julieta de Fátima Xavier
Universidade Federal de Alagoas
Campus Arapiraca
Examinadora Interna

“[...] Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito, não sou o que deveria ser não sei o que irei ser, mas, graças a Deus, não sou o que eu era. [...]”.

Martin Luther King

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por ter me dado saúde, sabedoria e força para superar as dificuldades impostas na jornada;

Aos meus pais: Leôncio Gusmão e Elenice Silva, pelo fato de encorajar e nunca desacreditar em seus filhos;

Aos meus filhos: Arthur e Nicolas por dar coragem para enfrentar os medos e as vitórias imposta na vida;

A minha amiga e companheira, Karla Gabriela, que soube superar minha ausência e, em sua maior parte, dar educação aos nossos filhos superando as dificuldades ao decorrer de minha ausência;

Agradeço aos meus irmãos: Wesley Gusmão e Cynara Tavares e ao meu amigo e cunhado, Jimmy Carter;

Agradeço a Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Laboratório de Aquicultura (LAQUA), Empresa Junior De Consultoria E Planejamento Aquícola – (AquaJr);

Ao professor Dr. Emerson Soares, pela constante amizade, confiança e ensinamentos adquiridos ao longo de minha formação;

Meus agradecimentos aos meus amigos de republica: Lucas Avelino (Faca), José Marcos (Buchada), José Jadson (Manta), Robson Batista (Neguinho) e aos demais amigos conquistados ao longo de minha formação: Darlynha Alves, José Rodrigo, Maryanne Lobo, Arthur Murilo, Jopye Andrade, Emanuel Filipe, Lays Nascimento, Allysson Bezerra, José Otávio, Márcio Roberto, Iury Amorin, Dianerson, Edmara Melo, Mario Melo, Jackson, Jaime Calumby, Genilson Taquari, Tiago Jorge, Sophia, Thaisa, Erika Almeida, Fábio, Gleico, Franscolândio, Robson Pedral, Cristóvão, Lucas, Wallace, Zé Mário, Thalís e aos demais que no momento não me recordo, mas que estão presentes em minha vida.

Aos Professores do curso de Engenharia da Pesca: Alexandre Oliveira, Themis Silva, Taciana Kramer, Claudio Sampaio, Igor da Mata, André Gentelini, Diogo Spanghero, Petronio Coelho e Leonardo Salles.

RESUMO

A prática da reutilização das águas em sistema confinado vem despertando interesse, destacando-se o uso efetivo de filtros mecânicos, biológicos, sistema de bombeamento e aeração. O objetivo em primeira etapa foi elaborar modelo de recirculação em laboratório, adaptados aos cultivos de Tilápia (*Oreochromis spp.*) em sistema de aquaponia, cultivo auxiliares e reprodução de Carapeba (*Eugerres brasiliensis*). Foram utilizados dois Tanques circulares pré-moldados de lona de PVC com capacidade de 2.4m³ com sistema de drenagem central. Estes foram colocados sobre uma plataforma única de madeira com 30 cm de altura de modo que o escoamento fosse direcionado para caixas d'água de 0,25m³ contendo filtros mecânicos e biológicos, consecutivamente. Toda água de entrada passa pelo tratamento químico (Cloro e Tiosulfato de sódio) e físico (filtros de 25µm, 10µm e 1µm). O retorno da água para sistema marinho é feito através de filtro modelo Canister com autonomia de 1500 l/h que ao retorna para a tubulação de abastecimento. No sistema de aquaponia após a passagem pelo filtro físico e biológico, o retorno é feito por bomba comum de 1/2 cv. O laboratório possui um sistema de aeração através de um soprador radial de 1HP, no qual a tubulação principal possui 50 mm e as secundárias de 20 mm, individualizando para cada setor. A estrutura se encontra pronta para operação tem autonomia de 250% a 300% dia de renovação. Na segunda etapa foi realizada à ampliação e transferência do laboratório para O Centro de ciências Agrárias da UFAL, no qual passou de 30m² para 166m², ampliando a área de manutenção de reprodutores, sala individualizada para cultivos auxiliares, área de desempenho zootécnico e larvicultura. O laboratório está em pleno funcionamento. Com o sistema de aeração com dois sopradores radiais de 1hp, em sistema de revezamento, filtros biológicos possui ¼ do volume relacionado aos tanques de manutenção.

Palavras-chave: Laboratório. Recirculação. Filtração. Aquaponia.

ABSTRACT

The practice of reusing water in confined systems have attracted interest, with emphasis on the effective use of mechanical, biological filters, pumping and aeration system. The goal in the first stage was to develop laboratory recirculation model, adapted to the cultivation of tilapia (*Oreochromis spp.*) In aquaponics, farming and auxiliary reproduction Carapeba (*Eugerres brasiliensis*) system. Two precast circular tanks with a capacity PVC canvas 2.4m³ with central drainage system were used. These were placed on a wooden platform only 30 cm in height so that the flow was directed to tanks of water containing 0,25m³ mechanical and biological filters consecutively. Every incoming water goes through chemical treatment (Chlorine and Sodium thiosulphate) and physical (filters 25µm, 10µm and 1µm). The return of water to the marine system is done through the filter model with autonomy Canister 1500 l / h which returned to the supply piping. In aquaponics system after passing through the physical and biological filter, the return is by common 1/2 HP pump. The laboratory has an aeration system through a radial blower 1HP, in which the main pipe has 50 mm and 20 mm secondary, individualized for each sector. The structure is ready for operation has a range of 250% to 300% day of renewal. In the second stage of expansion and transfer from the laboratory to the Center of Agrarian Sciences UFAL was performed, which went from 30m² to 166m², expanding the area of maintenance of breeding crops for auxiliary individualized room, a live performance and larval rearing. The laboratory is in full Operation. With the sandblasting system with two radial blowers 1hp in relay system, ¼ biological filter related to maintenance tank volume.

Key words: Laboratory. Recirculation. Filtration. Aquaponics.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	13
2.1	Gerais	13
2.2	Específicos	13
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1	Variáveis limnológicas essenciais para aquicultura	14
3.1.1	Oxigênio Dissolvido	14
3.1.2	Temperatura	14
3.1.3	pH	15
3.1.4	Salinidade	15
3.2.5	Compostos Nitrogenados	16
3.2.6	Fósforo	16
3.2	Espécies	17
3.2.1	Carapeba (<i>Eugerres brasilianus</i>) (Cuvier, 1830)	17
3.2.2	Tilápia (<i>Oreochromis niloticus</i>) (Linnaeus, 1757)	17
3.2.3	Curimatã (<i>Prochilodus argenteus</i>) (Agassiz, 1829)	17
3.3	Componentes do Sistema de Recirculação	18
3.3.1	Filtros Mecânicos	18
3.3.2	Filtros Biológicos	19
3.3.3	Flotação	20
3.3.4	Aeração	20
3.3.5	Bombas	21
4	METODOLOGIA	22
4.1	Dimensionamento e layout inicial	22
4.2	Dimensionamento e layout construído	23
5	RESULTADOS	37
6	DISCUSSÃO	42
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
	REFERÊNCIAS	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Material hidráulico utilizado Lacua/ Penedo	31
Tabela 2 - Material hidráulico Laqua/Rio Largo	36
Tabela 3 - Médias dos parâmetros físicos – químicos da água dos meses de outubro, novembro e dezembro	37
Tabela 4 - Média dos parâmetros limnológicos dos meses de outubro e novembro	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Projeção em 3d) Sketch Up 8.0.4811.	23
Figura 2 - Cobertura	24
Figura 3 - Plataforma	24
Figura 4 - Sistema Elétrico	24
Figura 5 - Filtros no sistema hidráulico	25
Figura 6 - Tanque Circular 2,4m ³	25
Figura 7- Caixas d'água de tratamento biológico de 0,25 m ³	26
Figura 8 - Filtro canister (Jebo 835)	26
Figura 9 - Soprador radial de 1HP	27
Figura 10 - Filtro móvel Canister caseiro	28
Figura 11 - Mídias do filtro físico	28
Figura 12 - Filtro biológico	28
Figura 13 - Bomba periférica 1/2cv (SHP-35)	29
Figura 14 - Abastecimento/ Retorno	30
Figura 15 - Drenagem	30
Figura 16 - Aeração	30
Figura 17 - Layout Inicial de Ampliação LACUA/CECA/UFAL Maio de 2014	33
Figura 18 - Tanques de manutenção da carapeba	34
Figura 19 - Sala de desempenho	34
Figura 20 - Sistema de registro sala de desempenho e incubadoras	35
Figura 23 - Registro de controle de vazão filtro/tanque	39
Figura 25 - Alface com 14 dias de cultivo	41

1 INTRODUÇÃO

A aquicultura mundial vem nos últimos anos se destacando como uma das atividades de maior crescimento econômico, se sobressaindo com relação à atividade pesqueira, sendo uma das possíveis soluções para suprir a carência de proteína animal. De acordo com a FAO (2012), as estatísticas de produção aquícola aproximou-se de 63,3 milhões de toneladas no ano de 2011, e possivelmente ultrapassará a produção oriunda da pesca extrativa em menos de 5 anos. Apesar disso, os sistemas atuais vêm produzindo em altas densidades de estocagem, conseqüentemente gerando impactos negativos, como fugas de espécies exóticas, aumento de doenças e uso de antibióticos, despejos de efluentes, demandando grandes cargas orgânicas sem tratamento e a ocupação de grandes áreas.

A aquicultura em águas abertas é de certa forma uma ameaça às espécies nativas, sendo considerada um dos principais meio de dispersão de espécies exóticas em novos ambientes através de sistemas abertos (AGOSTINHO e JÚLIO Jr., 1996). Em piscicultura intensiva, sobras alimentares, corretivos no solo e fezes são as fontes de poluentes nos efluentes com alto teor de compostos nitrogenados tornando-se um problema a qualidade do corpo receptor (CYRINO *et al.*, 2010).

Partindo da prerrogativa na qual existe um incremento de consumidores de produtos pesqueiros a cada ano, o que implica em aumento do consumo de pescado, e conseqüentemente, acréscimo de novas áreas e/ou ambientes para atender a demanda crescente, à confecção de modelo sustentável que estenda benefícios com aumento de produção em menor espaço, tal como o modelo RAS (*recirculating aquaculture system*), torna-se uma ferramenta importante do ponto de vista ambiental, sendo uma tendência para o futuro da aquicultura. A proposta de um sistema fechado de água no qual se possam produzir espécies exóticas sem afetar o meio e com facilidade de ser implantado próximo aos centros comerciais é cada vez mais uma alternativa viável (MASSER *et al.*, 1999).

Os sistemas fechados com tratamento e recirculação de água são usualmente empregados em laboratórios de pesquisa, no cultivo e manutenção de peixes desde década de 80 no Japão, EUA e Israel (KUBITZA, 2006). O sistema de recirculação

na aquicultura fornece oportunidades para reduzir o uso da água e para melhorar a gestão de resíduos e reciclagem de nutrientes, tornando uma produção intensiva de peixes compatíveis com a sustentabilidade ambiental (MARTINS *et al.*, 2010).

Segundo Carvalho (2005), o sistema de recirculação de água foi desenvolvido e aperfeiçoado para lugares em que possuem restrições quanto à captação de água impedindo ao máximo o desperdício do recurso hídrico existente, aumentando a produção por volume de água e controle da entrada e saída de patógenos.

2 OBJETIVOS

2.1 Gerais

- Construir um modelo eficiente de sistema de recirculação de água em condições laboratoriais.

2.2 Específicos

- Dimensionar estruturas, elaborar dois layouts para a construção de dois laboratórios.
- Montar sistema de recirculação (abastecimento e drenagem), sistemas de tratamentos físico e biológico e sistema de aeração.
- Monitorar os parâmetros limnológicos da aclimatação de três espécies de peixes.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Variáveis limnológicas essenciais para aquicultura

3.1.1 Oxigênio Dissolvido

Oxigênio dissolvido é o principal parâmetro no cultivo dos organismos aquáticos, é o fator primordial para o crescimento e comodidade dos peixes. É bastante comum ocorrerem bruscas variações de oxigênio na água, principalmente quando há grande quantidade de fitoplâncton no ambiente. Para algumas espécies valores acima de 4,0 mg/L são indicados para a criação de peixes. Concentrações de oxigênio dissolvido entre 1 e 2 mg.L⁻¹ é considerada fatal para maioria das espécies mesmo exposto por pouco tempo, entre 2 a 5 mg.L⁻¹ pode afetar o desenvolvimento e incidir em mortalidade ao ser exposto por períodos longos, acima de 5 mg.L⁻¹ as espécies proporcionam ótimo desempenho zootécnico (BOYD, 1998).

Outra característica benéfica da aeração é que também oxida o material orgânico reduzindo a demanda biológica de oxigênio (DBO). Segundo Esteves (1998), a solubilidade do oxigênio na água, como de todos os gases, esta sujeita dois fatores principais: temperatura e pressão. Assim, com a elevação da temperatura e diminuição da pressão, ocorrem redução e solubilidade do oxigênio na água.

3.1.2 Temperatura

No caso dos peixes, em que seu metabolismo é regulado através de influência externo também chamado de ectotermos, a troca de calor com ambiente e importante para produção metabólica, para regular a temperatura corporal sendo assim a temperatura da água influência no crescimento, reprodução e comportamento dos peixes (FRENCH *et al.*, 2000). A exigência da temperatura depende da espécie cultivada e a fase de desenvolvimento em que se encontra o organismo (ovo, larva, pós-larva, juvenil ou engorda). Segundo Cyrino e Kubitza (1995), espécies tropicais normalmente apresentam ótimo crescimento quando a temperatura da água está entre 25-28°C. A temperatura esta relacionada diretamente com o processo metabólicos dos peixes desta forma atuando como um

agente regulador do comportamento dos organismos, influenciando nos processos de respiração, digestão e excreção (MACEDO, 2007). De acordo com Schimittou (1993) *apud* Frascá-Scorvo (2001), os peixes reduzem o consumo ou mesmo param de se alimentar com a variação da temperatura da água.

3.1.3 pH

O Potencial Hidrogeniônico pode ser analisado como uma das variáveis ambientais mais acatáveis, ao mesmo tempo sendo assim uma das mais difíceis de interpretar (ESTEVES, 1998). Esta complexidade na interpretação dos valores de pH se deve ao grande número de fatores que podem influenciá-lo. Dependendo de vários processos físicos, químicos e biológicos, A interação do pH está diretamente ligada com a concentrações de íons originados da dissociação do gás carbônico e das reações de íons carbonados e bicarbonato com a molécula de água. Para piscicultura as faixas letais de acidez e alcalinidade são pH 4 e 11 (ARANA, 2004), ao mesmo tempo que a faixa de pH ideal para o cultivo de organismos aquáticos é entre 6,5 e 9,0. A função pH tende a variar dependendo do consumo de oxigênio ao decorrer do dia, chegando em pontos mais críticos quando houver um maior consumo de oxigênio, sendo assim uma descarga maior de gás carbônico.

3.1.4 Salinidade

A água do mar contém cerca de 3,5% de sal, ou seja, 35 partes de sal por 1000 partes de água (MILLERO *et al.*, 2008) A concentração total de sal varia segundo a localização geográfica. Em regiões litorâneas, a salinidade é relativamente mais baixa do que em mar aberto. Dependendo da estação do ano ou até mesmo durante um mesmo dia é possível observar repentinas modificações em águas estuarinas (SCHMIEGELOW, 2004). Embora, nas regiões estuarinas, estabelece também um ecótono que é muito utilizado por fases iniciais da vida de dos organismos aquáticos e que continuam mais tarde seus ciclos de vida no mar como em água doce. (SCHIMIDT-NIELSEN, 1996). Para se desenvolver espécies estuarinas deve-se preparar água salobra deve-se misturar água doce com água do mar. Os volumes de água doce e marinha são calculados de acordo com a seguinte fórmula, descrita por (VALENTI,1998).

$$\% \text{ de água do mar} = \frac{\text{salinidade desejada}}{\text{salinidade da água do mar}} \times 100$$

3.2.5 Compostos Nitrogenados

No ambiente aquático, o nitrogênio pode ser encontrado em diferentes formas, dentre outras, a de nitrito, nitrato, amônia, óxido nitroso e amoníaco. A absorção de compostos nitrogenados pelo fitoplâncton pode ocasionar aumento descontrolado dessa comunidade, provocando florações de algas no ambiente, podendo assim desestabilizar o sistema de cultivo. Kubitza (2002) explana que adição de fertilizantes nitrogenados amoniacais, como sulfato de amônia, nitrato de amônia, fosfatos e ureia, contribuem para o aumento da concentração de amônia na água ocasionando a floração da produção primária. Valores de amônia não ionizada acima de $0,20 \text{ mg.L}^{-1}$ são suficientes para alterar os níveis toxicidade e levar à redução do desenvolvimento e da tolerância dos peixes à doenças (KUBITZA, 2002). Segundo Arana (2004) a amônia não ionizada (NH_3) é mais solúvel em gorduras, deste modo se difunde mais rápido através do sistema respiratório dos peixes, sendo a forma mais tóxica para os organismos aquáticos. Timmons *et al.* (2002) alerta a manutenção da amônia não ionizada em concentrações acima de $0,05 \text{ mg/L}$ de $\text{NH}_3\text{-N}$.

3.2.6 Fósforo

O fósforo é suma importância no metabolismo do animal com assimilação na formação do ATP (Adenosina Trifosfato), por isso é adicionado às rações junto a outras substâncias, nem todo fósforo é metabolizado, maior parte dele parte é repassada para a água por lixiviação da ração e outra parte é liberada pelas fezes, contribuindo para o aporte de fósforo no ambiente (ARARIPE *et al.*, 2006) Considerando que o fosfato nas águas naturais é escasso, sendo proveniente de fontes alóctonas, ele se torna o nutriente essencial para a produtividade primária, uma vez que o nitrogênio está sempre presente na água (ESTEVEZ, 1998), principalmente nas águas utilizadas para cultivo de peixes. Apesar de ser de grande

importância nos peixes, somente 32% do fósforo são utilizados para o metabolismo do peixe e os 68% restantes são passados para o meio de cultivo (PENCZAK *et al.*, 1982).

3.2 Espécies

3.2.1 Carapeba (*Eugerres brasilianus*) (Cuvier, 1830)

A Carapeba Listrada faz parte da família Gerreidae, bem distribuída no litoral brasileiro e de grande importância no litoral de Alagoas tendo um alto valor de mercado. Segundo Paiva *et al.* (2008), esta espécie exibe hábito demersal e se alimenta, principalmente, de invertebrados presentes no substrato, como a maioria das espécies de sua família. Vive em águas costeiras, nas quais estão associadas aos níveis de salinidade entre 26,5 a 37 ppt. No entanto, também é encontrada em ambiente estuarino ou mesmo em águas com baixas salinidades. Este fato ocorre em época de reprodução, no qual espécies marinhas adentram o rio para exercer o seu ciclo reprodutivo.

3.2.2 Tilápia (*Oreochromis niloticus*) (Linnaeus, 1757)

É um peixe onívoro do continente africano, difundida em todo mundo e que tem alguns aspectos interessantes em seu desempenho como rápido crescimento em condições de cultivo, carne de excelente qualidade, ausência de espinha em “Y”, idade sexual precoce e reprodução durante o ano todo. (BEZZERRA *et al.*, 2008).

3.2.3 Curimatã (*Prochilodus argenteus*) (Agassiz, 1829)

O Curimatã pacu/xira (*Prochilodus argenteus*) é uma espécie endêmica do Rio São Francisco, tem o maior tamanho da família Prochilodontidae e pode chegar até 15 kg de peso corporal. Tem hábito alimentar iliófago, desova total, período reprodutivo estendendo-se de novembro a janeiro na estação chuvosa, coincidindo com a época de cheias, gosta de altas temperaturas (SATO *et al.*, 2005).

3.3 Componentes do Sistema de Recirculação

Alguns autores sugerem que o sistema de recirculação trata-se basicamente as unidades de criação mais um conjunto de equipamentos: Filtro mecânico (retirada de partículas maiores (geralmente $> 30\mu\text{m}$), ocupa pouco espaço e pode ser do tipo tambor disco ou esteira; Filtro biológico, retirada da amônia pela ação de bactérias autotróficas por processos de nitrificação e desnitrificação; Flotador: retirada de partículas menores; Aeração (por meio de aeradores, difusores ou injetores de oxigênio; varia de acordo com a exigência da espécie e a densidade de estocagem); Ozonificadores e ultravioleta (mais utilizados nos setores de incubação e larvicultura; têm como função a esterilização da água) e Bombas (responsáveis pelo retorno da água aos tanques de cultivo).

3.3.1 Filtros Mecânicos

O filtro mecânico tem como finalidade prevenir a entrada de detritos, peixes e outros organismos indesejáveis nos canais de tubulações de abastecimento. Muito desses filtros são construídos pelos próprios produtores e outros podem ser comprados. O tipo de filtro utilizado deve adequadas as necessidades do projeto. Dentre os filtros mais comuns empregados o filtro de tela e do de areia (KUBITZA, 2002).

Telas fixas: a forma mais simples consiste em uma tela fixa colocada do outro lado do percurso de escoamento, de modo que o fluido passa através dela. As maiores partículas não podem passar através da peneira, e estas se acumulam. Normalmente, as telas são utilizadas para partículas maiores do que 1,5 mm de diâmetro. Telas rotativas: é uma peneira rotativa construída de modo que opere apenas parcialmente submersa na água. Fazendo um movimento de rotação no qual a força usada seja apenas do fluxo da água, gerando oxigenação ao mesmo tempo do processo de filtragem (MERINO, 2007).

Os filtros de areia: são aqueles que consistem de uma camada de areia ou outros materiais em partículas que é forçado através da passagem de água, sendo assim as partículas muito grandes ficam presas nos espaços entre os grãos de areia. Os tamanhos de partículas de areia variam de 2 a 0,02 milímetros. Existem

filtros de areias por gravidade e por pressão tendo o auxílio de uma bomba para melhor funcionamento (TIMMONS *et al.*, 2002).

3.3.2 Filtros Biológicos

A filtragem biológica é o método pelo qual a amônia passa pelo processo no qual é convertida em nitrito e então para nitrato (BRAZ FILHO, 2000). Para que isso ocorra existe um modelo empregado na aquicultura que se é feito esses processos através de filtros biológicos, no qual se a ciclagem dos componentes nitrogenados da água do cultivo e pode ser reutilizados ou mesmo desprezados depois do devido tratamento.

Segundo (KUBITZA, 2006), o processo de diminuição de componentes nitrogenados na aquicultura é de suma importância para o desempenho de cultivos em sistemas de recirculação. Os filtros biológicos são dimensionados dependendo da necessidade do uso e tem que está relacionado diretamente com os tamanhos de tanques de cultivos, densidade de estocagem utilizadas e fase de desenvolvimento do organismo. Vários modelos de filtros biológicos foram desenvolvidos na aquicultura e partem do mesmo princípio que é mineralização de compostos orgânicos, desnitrificação através de atividades bacteriológicas que estão fixadas em substratos. Atuando na oxidação do nitrogênio amoniacal, convergindo para nitrito através das Nitrossomonas e, logo seguida para nitrato através das Nitrobacter (LOBÃO, 1999), Pode utilizar como substrato o cascalho, areia, pedaços de canos, esfera, cilindros, “*bioballs*” e outros servindo como base de fixação, quanto maior a superfície de contato melhor a fixação das bactérias.

Biofiltros submersos: consiste de um leito de elementos de suporte onde as bactérias nitrificantes são desenvolvidas através passagem da água residual que pode ser em um fluxo ascendente ou descendente. Os sólidos podem acumular-se dentro do filtro submerso, juntamente com a massa de células nitrificante produto crescimento e bactérias heterotróficas, este processo pode eventualmente bloquear os espaços vazios, numa operação em longo prazo algum mecanismo deve ser usado para drenar os sólidos do filtro (TIMMONS *et al.*, 2002).

Biofiltros de gotejamento: Segundo Wheaton *et al.*, (1991) atuam da mesma maneira que o submersos, exceto que a água residual flui no sentido descendente ao longo do meio e mantém a película bacteriana húmida, mas nunca completamente submerso. Uma vez que os espaços vazios são preenchidos com ar, em vez de água, as bactérias nunca estão em falta deste. Filtros biológicos têm sido amplamente utilizados na aquicultura, porque eles são fáceis de construir e operar, é autossuficiente em termo de aeração muito eficaz para o para remoção dióxido de carbono.

3.3.3 Flotação

A flotação é um método de afastamento de misturas que incide na entrada de bolhas de ar em uma suspensão de partículas. Verifica-se que as partículas assentem nas bolhas, virando uma espuma que pode ser retirada da solução e afastando seus componentes de maneira efetiva. O importante nesse método é que ele representa exatamente o inverso daquele que deveria ocorrer diretamente na sedimentação das partículas. Segundo De Sousa *et al.* (2003), a ocorrência do feito se deve a tensão superficial o meio de dispersão e ao ângulo de contato constituído entre as bolhas e as partículas.

3.3.4 Aeração

O sistema de aeração dever fornecer a quantidade de oxigênio dissolvido na água necessário ao sistema (BRAZ FILHO, 2000). O sistema é composto por sopradores de ar e difusores, aeradores mecânicos de diversos tipos (aeradores de pá ou bombas de água), injeção direta de oxigênio gás ou mesmo uma combinação entre dois ou mais tipos de aeração. Aeradores e difusores, quando inadequadamente dimensionados ou posicionados podem provocar excessiva agitação dentro dos tanques de cultivo, ressuspensando e fracionando os resíduos sólidos. Assim, é preferível concentrar a aeração em outros pontos do sistema, particularmente após a filtragem de sólidos em suspensão. O fracionador de espuma e o próprio biofiltro são pontos onde a aeração tende a ser aplicada. A maior parte da aeração geralmente é aplicada logo antes ou imediatamente após o biofiltro, reoxigenando a água que retornará aos tanques (KUBITZA, 2006).

3.3.5 Bombas

As bombas centrífugas são as mais usadas na piscicultura sendo composta por um corpo metálico que abriga um ou mais rotores de palhetas e acoplados a um eixo acionado por um motor. Entre as bombas mais comuns deste grupo estão às bombas centrífugas de corpo espiras e as bombas submersas usadas em poço. O tipo de rotor, o ângulo das palhetas a distância entre o rotor e o corpo da bomba tem grande influencia sobre a aplicação da bomba. Os rotores são classificados em três tipos: aberto, semiaberto e fechado. Os principais fatores que devem ser considerados no momento da seleção de uma bomba são: as propriedades físicas químicas da água (temperatura, acidez, salinidade, turbidez, quantidade de sólidos minerais); vazão demandada do projeto; altura de sucção da bomba; a perda da carga na captação, que depende do tipo, diâmetro e comprimento do tubo, como os tipos de conexões (KUBITZA, 2002).

4 METODOLOGIA

A elaboração do laboratório teve início efetivo em junho de 2013, na Unidade de Ensino Penedo, curso de Engenharia de Pesca da Universidade Federal de Alagoas. A primeira etapa consistiu no dimensionamento do laboratório utilizando o princípio de recirculação para manutenção da carapeba, onde foi possível atividades de aclimação e manutenção de reprodutores, reprodução e monitoramento, além da área de cultivos auxiliares, bem como, estrutura laboratorial formatada para a inserção do cultivo de tilapia em consórcio com alface em sistema de aquaponia.

Para a avaliação da efetividade do modelo de recirculação foram monitorados os parâmetros físico-químicos da água utilizando-se oxímetro e temperatura com modelo Instrutemp MO 609, sonda multiparâométrica portátil modelo Hi-9829 e foram aferidos: pH, ORP, Condutividade, Salinidade. A amônia foi analisada com auxílio de um Espectro Kit Amônia Indoest – Alfakit.

Na segunda etapa de construção houve o deslocamento do laboratório para o CECA/UFAL (Centro de Ciências Agrárias), localizado na BR 104 s/n no município de Rio Largo. Este foi montado em um galpão de 156m², onde ocorreu o levantamento da nova área, projeto inicial e dimensionamento do laboratório, compra de material e montagem dos sistemas.

4.1- Dimensionamento e layout inicial

O dimensionamento inicial explanado em reunião consistiu apenas na adaptação da estrutura para cultivo da carapeba e curimatã-pacu, no qual consta tanques de manutenção e aclimação incubadoras, monitoramento, área de larvicultura e experimentação, tanques de tratamento de água na entrada do laboratório com filtro de areia e caixa de passagem. Os dois tanques circulares com capacidade de 2,4 m³, no qual não previa um sistema de recirculação, apenas de manutenção. A água salgada é misturada nos tanques até a salinidade desejada e o controle é feito através de marcação nos tanques, a drenagem direcionada para caixa de passagem logo bombeada para filtro físico e em seguida para os filtros de menor diâmetro

(cartucho), assim fazendo a circulação do sistema. O sistema prevê trocas quinzenais de água.

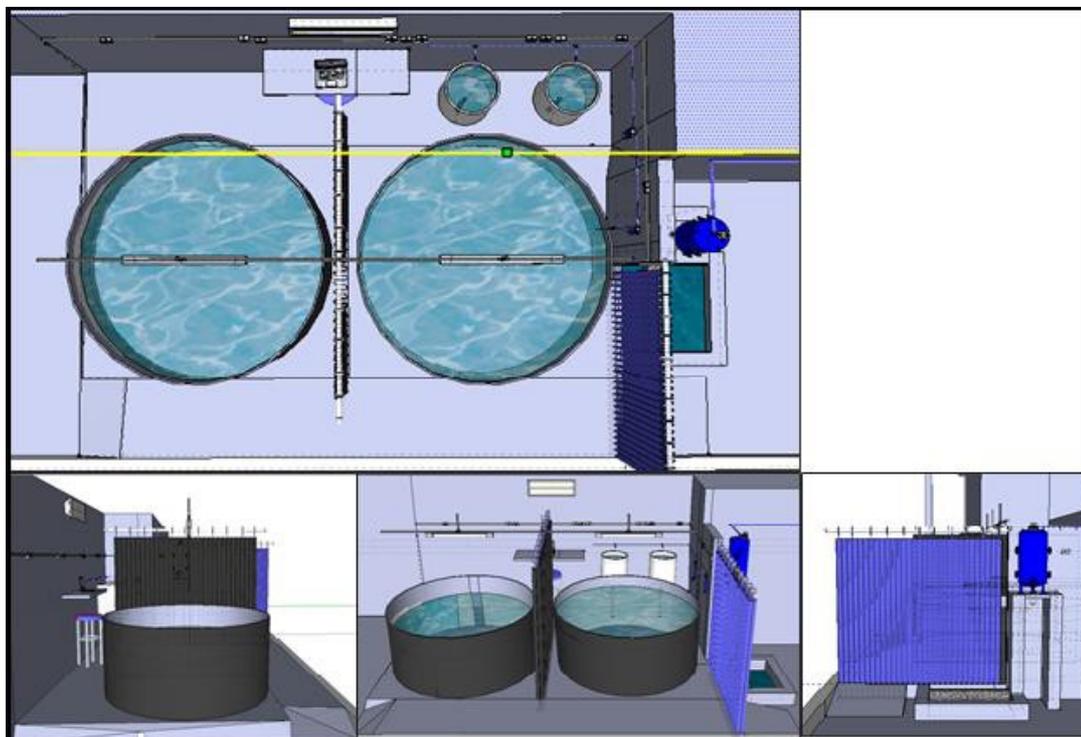


Figura 1 - Projeção em 3d (vista superior, lateral esquerda, frontal e lateral direita) Sketch Up 8.0.4811.

4.2- Dimensionamento e layout construído

Referente à construção foi feita uma medição da área no qual seria efetuada a construção e averiguação de partes já construída no local, assim feito uma análise a ideia inicial e elaboração de uma planta baixa com as modificações (Apêndice a).

Primeiramente foi construída a parte estrutural como piso e cobertura (Figura 02) e logo em seguida foram construídos uma plataforma de suspensão dos tanques (Figura 02), sistema elétrico (Figura 03), hidráulico (Figura 04), tratamento de biológico e aeração.



Figura 2 - Cobertura



Figura 3 - Plataforma



Figura 4 - Sistema Eléctrico



Figura 5 - Filtros no sistema hidráulico

Foram utilizados dois tanques circulares pré-moldados de lona de PVC com capacidade de $2,4\text{m}^3$ (Figura 06) com sistema de drenagem central de 100mm de diâmetro. Estes foram colocados sobre uma plataforma de madeira com 30 cm de altura de modo que o escoamento fosse direcionado para caixas d'água de tratamento de $0,25\text{m}^3$ (Figura 07) contendo filtros mecânicos e biológicos, consecutivamente. As caixas ficam dispostas fora da área coberta, no qual o filtro do tanque marinho contou apenas o filtro físico enquanto o filtro de água doce teve o sistema físico (cascalho, conchas e brita,) e sistema tratamento biológico (*bioballs* e *porcelana*).



Figura 6 - Tanque Circular $2,4\text{m}^3$



Figura 7 - Caixas d'água de tratamento biológico de 0,25 m³

O retorno da água para sistema marinho foi através de filtro modelo Canister (Jebo 835) (Figura 08) que possui uma bomba interna e atua juntamente como biofiltro, que possui autonomia de 1,5m³/hr que ao mesmo direciona a água tratada para tubulação inicial. Para a sala de incubadoras e cultivos auxiliares a filtragem será mediante os filtros de 1µm.



Figura 8 - Filtro canister (Jebo 835)

O laboratório possuiu um sistema de aeração através de um soprador radial de 1HP (*Resun GF 120*) (Figura 09), no qual a linha principal era Tubo de PVC soldável p/água fria predial DN 50mm e as secundárias tubo de PVC soldável p/água fria predial DN 20mm com sistema de “loop” fazendo com quer a perda ar fosse minimizado, a aeração é controlada através de registro (PVC esfera soldável

DN 20), no qual era disposta em todos os setores do laboratório, a disposição para tanque era mediante mangueira (PVC incolor 5/16 0,8 mm) e pedra porosa (cilíndrica de 2,8 cm).



Figura 9 - Soprador radial de 1HP

No tanque de cultivo continental a espécie pretendida foi a Tilápia em consórcio com hortaliça em sistema aquaponia com recirculação de água. Para o cultivo das alfaces foi projetada uma estrutura com de tubo (PVC serie normal - esgoto predial DN 75mm) suspensa por cavaletes de madeira com desnível de 2,5% entre eles, estrutura no qual as hortaliças ficasse fora do laboratório com a incidência solar controlada através de sombrite 50%, a estrutura com capacidade de hortaliças de 60 pés, com intervalo entre um e outro de 30 cm de modo que a hortaliça ao crescesse não competisse por espaço.

Toda água escoada pelo dreno central do tanque de cultivo era direcionada para um filtro físico móvel elaborado com tubo de 150mm (Figura 10) , no qual possuía fluxo ascendente, que passava por 3 mídias contendo 3 espessura diferentes (conchas 1 cm, brita 0,5cm e carvão ativado 0,3 cm) (Figura 11), logo após a água passar pela mídias era escoada lateralmente diretamente para filtro biológico (Figura 12), era feito o restante do processo de tratamento dos compostos nitrogenados. A manutenção do filtro foi através de retrolavagem.



Figura 10- Filtro móvel Canister caseiro



Figura 11 - Mídias do filtro físico



Figura 12 – Filtro biológico

Após a passagem pela caixa de tratamento a água era bombeada através de bomba periférica 1/2cv (SHP-35) (Figura 13) no qual possuía um sistema de retorno em que bombeava a água em fluxo ascendente em que cerca de 10% era

direcionada para a estrutura de cultivo das hortaliças, 30% para o fluxo normal de retorno ao tanque passando por um filtro de cartucho de 25 μ m e cerca de 60% da vazão voltava para dentro do filtro, fazendo um processo de turbulência no filtro.



Figura 13 - Bomba periférica 1/2cv (SHP-35)

Para ordem de valores foram utilizados valores referentes às compras dos materiais (Tabela 1) na média de preço estipulada pelo SINAPI Maio/Junho de 2013 (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil).

Layouts do sistema hidráulico e aeração

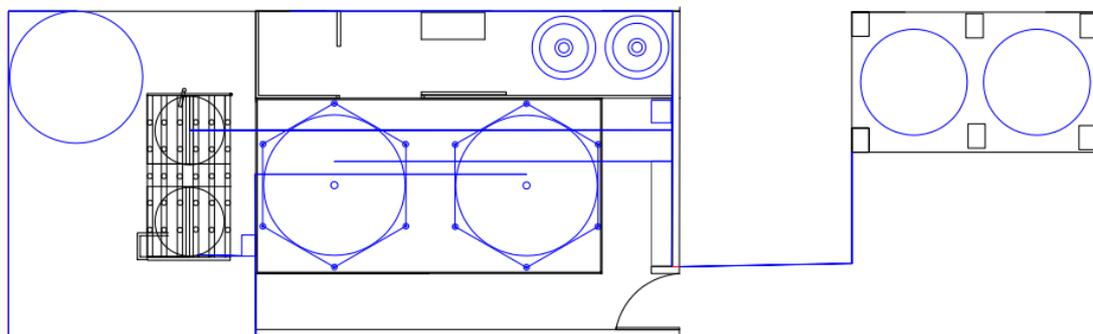


Figura 14 - Abastecimento/ Retorno

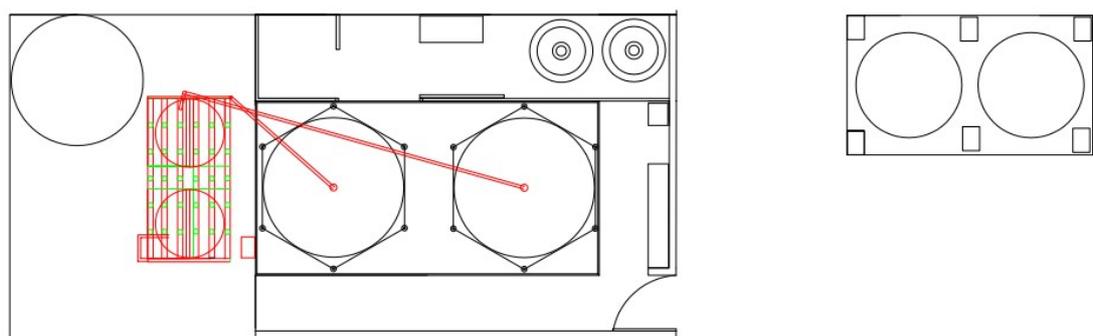


Figura 15 - Drenagem

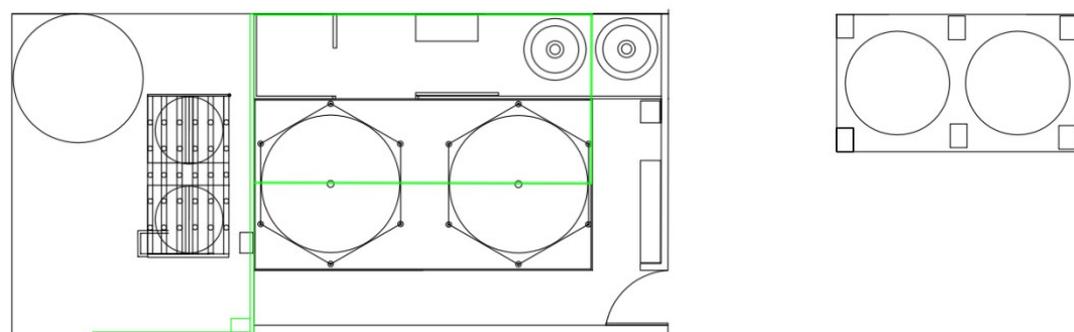


Figura 16 - Aeração

Tabela 1- Material hidráulico utilizado Lacua / Penedo.

Descrição tubulação e conexões	Quantidade	Valor (R\$)	Valor total (R\$)
Tubo PVC soldável eb-892 p/agua fria predial dn 20 mm	20 m	1,66	33,2
Tubo PVC soldável eb-892 p/agua fria predial dn 25 mm	55 m	2	110
Tubo PVC soldável eb-892 p/agua fria predial dn 50 mm	7 m	9,7	67,9
Tubo PVC serie normal - esgoto predial dn 40 mm - nbr	8 m	3,9	31,2
Tubo PVC serie normal - esgoto predial dn 75 mm - nbr	20 m	9	180
Tubo PVC serie normal - esgoto predial dn 100 mm	3 m	11	33
Joelho PVC sold 90g p/agua fria predial 20 mm	2 un	0,5	1
Joelho PVC sold 90g p/ agua fria predial 25 mm	12 un	0,6	7,2
Joelho PVC sold 90g p/agua fria predial 50 mm	4 un	2	8
Joelho PVC sold 90g bb p/ esg predial dn 40 mm	3 un	0,75	2,25
Joelho PVC sold 90g pb p/ esg predial dn 75 mm	2 un	2,25	4,5
Joelho PVC sold 90g pb p/ esg predial dn 100 mm	2 un	3,5	7
Te PVC sold 90g p/ agua fria predial 20 mm	5 un	0,75	3,75
Te PVC sold 90g p/ agua fria predial 25 mm	16 un	1	16
Te PVC sold 90g p/ agua fria predial 50 mm	2 un	5	10
Te redução PVC sold 90g p/ agua fria predial 50 x 20 mm	2 un	6	12
Te PVC sold 90g p/ esg predial bbb dn 40 mm	2 un	2	4
Junção simples PVC p/ esg predial dn 100 x 50 mm	2 un	4	8
Bucha redução PVC sold longa p/ esg predial 50 x 40 mm	2 un	1,2	2,4
Bucha redução PVC sold longa p/ agua fria predial 40 x25	1 un	2	2
Registro PVC esfera vs soldável dn 20	6 un	6,5	39
Registro PVC esfera vs soldável dn 25	14 un	7	98
Registro PVC esfera vs soldável dn 40	2 un	16	32
Registro PVC esfera vs soldável dn 50	1 un	22	22
Cap PVC sold p/ agua fria predial 20 mm	5 un	0,4	2
Cap PVC sold p/ agua fria predial 40 mm	2 un	3,3	6,6
Anel borracha p/ tubo PVC rede esgoto eb 644 dn 100	2 un	2	4
Anel borracha p/ tubo esgoto predial eb 608 dn 50 mm	2 un	1	2
Adaptador PVC soldavel c/ flanges e anel de vedação p/ caixa d' agua 25 mm x 3/4	2 un	12,5	25
Adesivo para PVC bisnaga com 75 gr	4 un	3,5	14
Silicone multi vedação incolor bisnaga 50gr	2 un	4	8
		TOTAL	R\$ 796,00

FONTE: Dados da pesquisa.

4.3- Descolamentos e projeto de ampliação do laboratório

A segunda etapa do projeto teve como objetivo o deslocamento e ampliação do laboratório LACUA (Laboratório de água cultivos e análises) situado no município de Penedo-AL, para Município de Rio Largo- AL no qual fica localizado Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas (CECA/UFAL) no mês de Julho de 2014, Como previsto o laboratório passou de 27 m² para uma área 156 m². O dimensionamento inicial da continuidade do laboratório no qual englobasse o mesmo conceito de recirculação, que abrangesse exatamente 4 setores:

- Manutenção e reprodução da carapeba;
- Cultivos auxiliares (Fitoplancton e zooplancton);
- Desepenho e Larvicultura; (Curimatã-pacú e Carapeba);
- Digestibilidade e alevinagem (em construção).

Para início do projeto de ampliação foi elaborado um levantamento do material que veio do LACUA/Penedo, e discutido em reunião com os professores responsáveis do laboratório de como seria o a divisão dos setores e em que espécies iriam ser trabalhadas em laboratório (Figura 17) (Apêndice b).



Figura 17 - Layout Inicial de Ampliação LAQUA/CECA/UFAL - Maio de 2014

Na parte de manutenção e reprodução da carapeba, foram lotados os mesmo dois tanques circulares de lona de PVC com capacidade de $2,4 \text{ m}^3$, plataforma utilizada, mas com reforço na estrutura, dois filtros biológicos de $0,5 \text{ m}^3$ (Figura 18), dois filtros Canister (*Jebo 835*) do mesmo modo retornando para a tubulação de abastecimento, duas incubadoras.

No entanto, teve uma modificação inicial do projeto no qual tinha dois reservatórios de 2 m^3 nas extremidades do laboratório e passou a ser 3 reservatórios no fundo centralizado, sendo dois de reservatórios e um de tratamento de água dos abastecimentos. Entretanto, ainda estudou-se a possibilidade da instalação de um reservatório de 5 m^3 , o qual ficaria fora do laboratório para reservar de água salgada.



Figura 18 - Tanques de manutenção da carapeba

Na sala de desempenho (Figura 19) foram distribuídas cerca de 44 caixas, no qual foi individualizado dois sistemas onde toda água escoada é direcionada para caixas de 0,5m³ e daí é feito o tratamento dessa água e esta, retornada as caixas iniciais por meio de bomba periférica. Cada caixa possui um ponto de captação de água e a cada três um ponto de aeração com seis saídas de ar, contabilizando duas entradas de ar por caixa.



Figura 19 - Sala de desempenho

O sistema de aeração por dois sopradores radiais 1HP de modelo (*Resun GF 120*), interligados fazendo com que haja um revezamento não comprometendo os equipamentos, adotando o mesmo percurso de loop diminuindo as perdas.

O setor de manutenção e cultivos auxiliares contém duas tubulações para água e uma para aeração. Já o setor de larvicultura e desempenho, possui tubulação única para água, sendo possível o manejo tanto com água doce quanto com água salgada, apenas com o sistema de registros (Figura 20).



Figura 20 - Sistema de registro sala de desempenho e incubadoras

Para ordem de valores foram utilizados valores referentes às compras dos materiais (Tabela 2) na média de preço estipulada pelo SINAPI Maio/Junho de 2014 (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil).

Tabela 2 - Material hidráulico L água/Rio Largo

Descrição de tubulação e conexões	Quantidade	Valor (R\$)	Valor total (R\$)
Tubo PVC soldável eb-892 p/água fria predial dn 20 mm	80	1,66	132,8
Tubo PVC soldável eb-892 p/água fria predial dn 25 mm	150	2	300
Tubo PVC soldável eb-892 p/água fria predial dn 50 mm	10	9,7	97
Tubo PVC serie normal - esgoto predial dn 40 mm - nbr 5688	12	3,9	46,8
Tubo PVC serie normal - esgoto predial dn 100 mm - nbr 5688	3	11	33
Joelho PVC sold 90g p/água fria predial 20 mm	10	0,5	5
Joelho PVC sold 90g p/ água fria predial 25 mm	30	0,6	18
Joelho PVC sold 90g p/água fria predial 50 mm	3	2	6
Joelho PVC sold 90g bb p/ esg predial dn 40 mm	4	0,75	3
Joelho PVC sold 90g pb p/ esg predial dn 100 mm	2	3,5	7
Te PVC sold 90g p/ água fria predial 20 mm	30	0,75	22,5
Te PVC sold 90g p/ água fria predial 25 mm	66	1	66
Te PVC sold 90g p/ água fria predial 50 mm	2	5	10
Te redução PVC sold 90g p/ água fria predial 50 mm x 20 mm	4	6	24
Te PVC sold 90g p/ esg predial bbb dn 40 mm	2	2	4
Junção simples PVC p/ esg predial dn 100 x 50 mm	2	4	8
Bucha redução PVC sold longa p/ esg predial 50 mm x 40 mm	2	1,2	2,4
Registro PVC esfera vs soldável dn 20	21	6,5	136,5
Registro PVC esfera vs soldável dn 25	12	7	84
Registro PVC esfera vs soldável dn 40	2	16	32
Registro PVC esfera vs soldável dn 50	10	22	220
Resgistro tipo torneira dn 25mm	44	3,5	154
Cap PVC sold p/ água fria predial 20 mm	10	0,5	5
Cap PVC sold p/ água fria predial 40 mm	2	3,5	7
Anel borracha p/ tubo PVC rede esgoto eb 644 dn 100 mm	2	2	4
Anel borracha p/ tubo esgoto predial eb 608 dn 50 mm	2	1	2
Adaptador PVC soldavel c/ flanges e anel de vedação p/ caixa d' água 25 mm x 3/4"	8	11	88
Adesivo para PVC bisnaga com 75 gr	10	3,5	35
Silicone multi vedação incolor bisnaga 50gr	4	4	16
		TOTAL	R\$1.569,00

FONTE: Dados da pesquisa.

5 RESULTADOS

Os parâmetros físicos químicos aferidos (Tabela 3) ao decorrer do desempenho do sistema no tanque de manutenção das carapebas tiveram níveis satisfatórios durante os 75 dias de experimento, não comprometendo o desempenho da espécie. O sistema teve perfeita autonomia sem nenhuma surpresa, atendendo as expectativas. O sistema contou com uma recirculação média de 250% ao dia totalizando uma vazão de 3,47 Lts/min, no qual ajudou para oxigenação e remoção da carga orgânica, para melhor desempenho da espécie foi introduzida substrato (Figura 24) do ambiente de coleta para simular o melhor possível às condições em cativeiro. A taxa de renovação ficou em média de 50 litros semanais, no qual a perda de água foi apenas por manutenção e evaporação. No início, a demanda de alimento foi reduzida e mais introduzida o alimento vivo e logo após a aceitação da espécie ao confinamento foi elaborado uma mistura de alimento inerte e alimento vivo em diferentes relações ao decorrer do cultivo, assim não comprometendo o sistema de tratamento. Para observação do comportamento das espécies foi locado um câmara externa e monitorada diariamente.

Tabela 3 - Médias dos parâmetros físicos - químicos da água dos meses de outubro, novembro e dezembro.

PARÂMETROS	O2	T °C	pH	SALINIDADE (PPM)	CONDUTIVIDADE	TDS	ORP
MÉDIA	7,77	26,9	7,72	13,78	18,92	12,3	70
DESVIO							
PADRÃO	0,39	1,42	0,07	3,5	0,12	0,08	7

FONTE: Dados do trabalho.



Figura 21 - Fundo tanque de manutenção com substrato

No cultivo das tilápias em aquaponia com sistema de recirculação os parâmetros físicos químicos (Tabela 4) não apresentaram problemas nas fases iniciais, contudo, após dois meses de cultivo, o sistema ficou instável, onde as oscilações da bomba de retorno que ditava o ritmo de renovação, não estava sincronizada com sistema de tratamento. Desta forma, houve um retardo no circuito de drenagem, comprometendo a reserva de sucção do filtro no qual totalizava cerca de 40% de sua capacidade, fazendo com que o sistema de filtragem secasse e assim comprometeu a atividade biológica.

Após estes percalços foi criado um sistema de retorno (Figura 25) fazendo com a água tratada retornasse para o filtro, controlando a vazão por meio de um registro esférico 25 mm sobre a estrutura (Figura 26). Esta mudança possibilitou o controle da taxa de retorno para filtro em contrapartida, o controle da vazão para o tanque que teria que estar próximo a 2lts/min, coincidiu com sistema de aquaponia. Este aprimoramento possibilitou maior tempo de resiliência da água no sistema contribuindo para a atuação das bactérias no filtro, gerando uma turbulência e aumento da taxa de oxigenação no ambiente de filtragem.

Tabela 4 - Média dos parâmetros limnológicos dos meses de outubro e novembro.

PARÂMETROS	O2	T °C	pH	SALINIDADE (PPM)	CONDUTIVIDADE	TDS	ORP
MÉDIA	6,3	27,65	7,28	0,36	0,75	0,48	120,8
DESVIO	1,99	9,02	2,71	0,12	0,26	0,17	42,98
PADRÃO							

FONTE: Dados do trabalho.

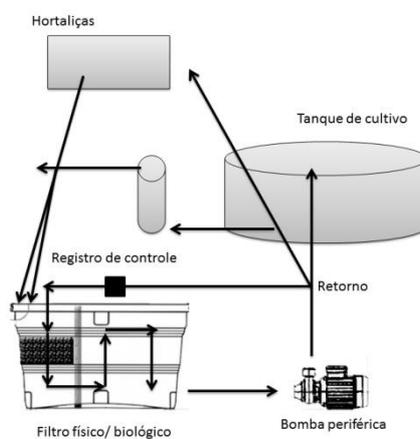


Figura 22- Esquema de aquaponia utilizado LACUA/Penedo



Figura 2321 - Registro de controle de vazão filtro/tanque

Com a taxa de renovação baixa e o aumento gradativo da ração no mês de dezembro os níveis de compostos nitrogenados aumentaram cerca de 1mg/L por semana e o sistema entrou em zona de risco, sendo necessária, assim, uma nova intervenção no ambiente. Desta forma, foi criado após 60 dias de experimento um novo filtro, modelo canister caseiro, com tubo de 150 mm de fluxo ascendente com 3 mídias, com capacidade filtrante para partícula sólida de até 0,3 mm diminuindo a carga orgânica no filtro físico/biológico de 0,25 m³ no qual fazia até então todo sistema de tratamento.

O impulsionamento da água era feito através de pressão no qual o tanque de cultivo estava com nível de água 1,10 mts acima da captação do filtro assim gerando pressão suficiente para passagem do sistema. Como consequência negativa o alongamento do percurso de tratamento dificultou a regulagem da estrutura. Apesar deste fato, inicialmente as taxas de amônia decresceram de 0,3 mg.L⁻¹ para 0,2 mg.L⁻¹.

Em observação complementar, com aumento da oferta de alimento para os peixes ocorreu o entupimento das mídias diminuindo o fluxo de passagem do filtro, após a terceira semana de atuação no módulo filtrante foi adotado um sistema de boas práticas condicionado a limpeza (Figura 27) quinzenal. Inicialmente, após 75 dias do início do cultivo, este procedimento foi realizado semanalmente, (retirada do filtro e abertura do mesmo e limpeza das mídias) e finalmente após 100 dias do início do experimento, este passou a ser realizado a cada três dias. Com estas intervenções no filtro, estes eficiente mantendo os parâmetros de amônia em media de 0,2 mg.L⁻¹ com um desvio padrão de 0,083 ao longo de todo cultivo.



Figura 24 - Limpeza do filtro canister caseiro

Em relação ao fósforo, o sistema apresentou uma boa absorção por conta das hortaliças (Figura 28), em média a variação do fosfato ficou em torno $0,22 \text{ mg.L}^{-1}$ durante o decorrer dos quatro meses de cultivo. A duração do ciclo da alface no ambiente experimental foi em média de 30 dias, atingindo cerca de 200 gramas de peso médios dos pés, totalizando quatro colheitas ao longo do experimento.



Figura 225 - Alface com 14 dias de cultivo

6 DISCUSSÃO

A manutenção geral no sistema de recirculação implica em manter o controle da qualidade e quantidade da água, a alimentação dos peixes e limpeza do filtro mecânico, se necessário. Se um ou mais parâmetros de qualidade da água ficarem acima dos níveis aceitáveis, a solução mais fácil é sifonar parte da água. Segundo Cline (2005) Para evitar problemas na água a cada semana recomenda-se a troca parcial de 10% desta. Entretanto, se a água de substituição contém cloro, será necessário adicionar um removedor de cloro para proteger os peixes e as bactérias no filtro.

Em aquaponia outro fator que pode influenciar o resultado das plantas é a demanda de oxigênio dissolvido na água, que é determinante na escolha das espécies de microrganismos que se prenderão nas plantas. Normalmente, quanto mais alto a demanda de oxigênio dissolvido na água mais benéfico ao sistema serão os microrganismos que se colarão nas raízes das plantas, enquanto em baixos níveis de oxigênio dissolvidos há uma maior probabilidade de microrganismos nocivos se fixarem às raízes das plantas sendo mais suscetíveis a doenças (RAKOCY, 2007).

Segundo Cortez *et al.* (2000), doses de 100 e 75% de nitrato de cálcio foram adequados para gerarem os melhores resultados na produção alface em hidroponia. Segundo Tokuyama (2004), para que a plantas absorvam os compostos nitrogenados da água é necessário a conversão de amônia para nitrito e de nitrito para nitrato que é preferível para maioria dos vegetais. O autor sugere que a conversão seja feita em processos biológicos em filtros assim não direcionando diretamente a água do sistema para as mesas de cultivos. Desta forma, será evitada a queima dos vegetais ou mesmo a queima por conta da acidez. Recomenda-se após o tratamento biológico uma saturação do oxigênio melhorando a fixação das bactérias heterotróficas nas raízes. Nas hortaliças, principalmente as folhosas, o nitrogênio desempenha papel fundamental no crescimento e no rendimento dos produtos colhidos. Assim, um adequado suprimento de nitrogênio está associado à alta atividade fotossintética e ao crescimento vegetativo (FILGUEIRA, 2000).

Para diminuir a descarga de fósforo do efluente, deve-se melhorar a eficiência na assimilação na alimentação, assim como do controle da quantidade de alimento ofertado, evitando seu desperdício no qual apenas 32% do fósforo introduzido via ração é absorvido pelos peixes (PENCZAK *et al.*, 1982). Adicionalmente, obter uma relação de maior quantidade de vegetais no qual possa extrair em maior quantidade os níveis de fosforo pode ser usado como alternativa.

Em modelos de aquaponia as plantas aquáticas crescem rapidamente em sistemas de recirculação. As plantas são tipicamente cultivadas em tanques que são rasos separados da criação de peixes. A decomposição de resíduos de peixe e alimento não consumido pode exercer uma demanda de composto nitrogenados acarretando um risco poluidor do cultivo, no entanto os usos de mecanismo de filtragem podem reverter à situação (Losordo *et al.* 1992).

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora o laboratório tenha demonstrado resultados positivos no desempenho das espécies, mais testes devem ser feitos com os sistemas de filtros, aprimorando o sistema de filtração, alternando tamanhos de caixas, fluxo de água, etapas e tempo de cultivo e adaptando novos métodos de recirculação com intuito de aumentar a autonomia do sistema de cultivo fechado, através do uso da ferramenta estatística.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINHO, A.A.; JÚLIO JR., H.F. Ameaça ecológica: peixes de outras águas. **Ciência Hoje**, São Paulo, v. 21, n. 124, p. 36-44. 1996.
- ARANA, L.V. **Princípios químicos de qualidade de água em aquicultura: uma revisão para peixes e camarões**. 2. ed. Florianópolis. Ed. da UFSC, 231p. 2004.
- ARARIPE, M.N.B. A.; FRANÇA SEGUNDO, L.F.; LOPES, J.P.; ARARIPE, H.G.A. Efeito do Cultivo de Peixes em Tanques Rede sobre o Aporte de Fósforo para o Ambiente. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 8, n. 2. 2006.
- BEZERRA, K.S.; SANTOS, A.J.G.; LEITE, M.R.; SILVA, A.M.; LIMA, M.R. Crescimento e sobrevivência da tilápia chitralada submetida a diferentes fotoperíodos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 6. p. 737-743. 2008.
- BOYD, C.E. **Water Quality for Pond Aquaculture**. Department of Fisheries and Allied Aquacultures. Research and Development Series. N. 43. 1998.
- CARVALHO, M.B. Larvicultura de beijupirá. **Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 92, p. 45-53. 2005.
- CORTEZ, G.E.P. **Cultivo de alface em hidroponia associado à criação de peixes**. Anais do Congresso Brasileiro de Olericultura, São Pedro. 2000.
- CYRINO, J.E.P.; KUBITZA, F. **Curso de atualização em piscicultura**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, p. 100.1995.
- CYRINO, J.E.P.; BICUDO, A.J.A.; SADO, R.Y.; BORGHESI, R.; DAIRIKI, J.K. A piscicultura e o ambiente - o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 39, p. 68-87. 2010.
- CLINE, D. Constructing a Simple and Inexpensive Recirculating Aquaculture System (RAS) for Classroom Use. **Southern Regional Aquaculture Center, SRAC**, N. 4501. 2005.
- DE SOUSA, S.R.; OLIVEIRA, K.F.; SOUZA, C.S.; KILIKIAN, B.V.; LALUCE, C. Yeast flotation viewed as the result of the interplay of supernatant composition and cell-wall hydrophobicity. **Colloid and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 29, p. 309-319. 2003.
- ESTEVEES, Francisco de Assis - **Fundamentos de Limnologia** - 2ª Ed. – Rio de Janeiro: Interciência,1998.
- FAO (Food And Agriculture Organization Of The United Nations). **The State of World Fisheries and Aquaculture**. 209p. Roma, 2012.

FILGUEIRA F. A. R - **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na producao e comercializacao de hortaliças**. Vicosa: UFV. P. 402. 2000.

FRENCH, K.; RANDAL, D.; BURGGREN, W. **Fisiologia animal: Mecanismos e Adaptações**. Rio de Janeiro, p. 730. 2000.

KUBITZA, F. **Construção de viveiros e de estruturas hidráulicas para o cultivo de peixes**. 3 Ed. V. 12, n. 74, p. 15-29. 2002.

KUBITZA, F. - Sistemas de Recirculação: reuso de água. **Panorama de aquicultura**, v. 16, n. 95, p. 15-22, Ed. maio/junho. 2006.

LOBÃO, V.L.; LUZIA ALVES, L.; SAMPAIO, G.R.; HORTENCIO, E.; DE SOUZA, A.M. Estudo comparativo entre quatro métodos de sistemas fechados de circulação em larvicultura de *Macrobrachium rosenbergii*. **Boletim do Instituto da Pesca**, São Paulo, v.25, p. 101-109, 1999.

MACEDO, J.A.B. **ÁGUAS & ÁGUAS – AQUICULTURA**. Atualizada e revisada. Departamento de Química – CRQ da UFV, Belo Horizonte, MG, 3 Ed. 2007.

MARTINS, C.I.M.; EDINGA E.H.; VERDEGEMA M.C.J.; HEINSBROEKA L.T.N.; SCHNEIDER, O.; BLANCHETOND J.P.; ROQUE D'ORBCASTELD, E.; VERRETHA J.A.J. New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability. **Aquacultural Engineering** The Foundation for Science and Technology, Portugal, v. 43, p. 83-93. 2010.

MASSER, M.P.; RAKOCY J.; LOSORDO, T.M. Management of Recirculating Systems, Recirculating Aquaculture Tank Production Systems. **Southern Regional Aquaculture Center – SRCA**, n. 452. 1999.

MERINO O.G. **Sistemas de recirculación y tratamiento de agua**. Secretaria de Agricultura, Pesca y Alimentos. CENADAC. Santa Corrientes, Argentina. 2007.

MILLERO, F.; FEISTEL, R.; WRIGHT, D.; MCDUGALL, T. The composition of Standard Seawater and the definition of the Reference, Composition Salinity Scale, **Deep-Sea Research I**, v. 55, p.50-72. 2008.

PAIVA, A.C.G.; CHAVES, P.T.C.; ARAÚJO, M.E. Estrutura e organização trófica da ictiofauna de águas rasas em um estuário tropical. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 24, n. 2, p. 647-661. 2008.

PENCZAK, T.; GALICKA, M.; MOLINSKI, E.; KUSTO; ZALEWSKI, M. The enrichment of a mesotrophic lake by carbon, phosphorus and nitrogen from the cage aquaculture of rainbow trout, *Salmo gairdneri*. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 19, n. 2, p. 371-393, 1982.

FRASCÁ-SCORVO, C.M.D.; CARNEIRO, D.J.; MALHEIROS, E.B. Comportamento alimentar do matrinxã (*Brycon cephalus*) no período de temperaturas mais baixas. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 27, n. 1, p. 1 – 5. 2001.

RAKOCY, J.E. Ten Guidelines for Aquaponic Systems. **Aquaponics Journal**, v.46, p. 14-17. 2007.

SATO, Y.; BAZZOLI, N.; RIZZO, E.; BOSCHI, M.B.; MIRANDA, M.O.T. Influence of the abaeté river on the reproductive success of the neotropical migratory teleost *Prochilodus argenteus* in the São Francisco river, downstream from the Três Marias dam, southeastern Brazil. **River Research and Applications**, v. 21, p. 939–950. 2005.

SCHMIDT- NIELSEN, K. **Fisiologia animal: Adaptação e meio ambiente**. São Paulo. Ed. Livraria Santos, 600 p. 1996.

SCHMIEGELOW, J.M.M. **O planeta azul: uma introdução às ciências marinhas**. Rio de Janeiro: Interciência. 2004.

TIMMONS, M.B.; EBELING, J.M.; WHEATON, F.W; SUMMERFELT, S.T.Y; VINCI, B.J. **Sistemas de Recirculación para la Acuicultura**. Editado por Fundación Chile, Santiago Chile, v. 207-258, p. 278- 279. 2002.

TOKUYAMA, T.; MINE, A.; KAMIYAMA, K.; YABE, R.; SATOH, K.; MATSUMOTO, H.; TAKAHASHI, R.; ITONOGA, K. Nitrosomonas communis strain YNSRA, an ammonia-oxidizing bacterium, isolated from the reed rhizoplane in an aquaponics plant. **Journal of bioscience and bioengineering**, v. 98, n. 4, p. 309-312. 2004.

VALENTI, W.C.; MALLASEN, M.; SILVA, C.A. **Larvicultura em sistema fechado dinâmico**. In: VALENTI, W.C. (Ed.) Carcinicultura de água doce: tecnologia para a produção de camarões. Brasília, FAPESP/IBAMA. P. 112-139. 1998.

WHEATON, F.; HOCHHEIMEIR, J.; KAISER, G.E. Fixed film nitrification filters for aquaculture. In: BRUNE, D.E.; TOMASSO, J.R. editors. Aquaculture and water quality. **The World Aquaculture Society**, Louisiana, USA, p. 272-303. 1991.