

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

MATHEUS DELLA TONIA MARCHESI

**TRATAMENTO BIOLÓGICO COM MACRÓFITAS FLUTUANTES EM
SISTEMA FECHADO DE RECIRCULAÇÃO DESTINADO A
PISCICULTURA.**

CAMPO MOURÃO

2016

MATHEUS DELLA TONIA MARCHESI

**TRATAMENTO BIOLÓGICO COM MACRÓFITAS FLUTUANTES EM
SISTEMA FECHADO DE RECIRCULAÇÃO DESTINADO A
PISCICULTURA.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de trabalho de conclusão de curso II, do curso de Engenharia Ambiental, da Coordenação de Engenharia Ambiental (COEAM), do Câmpus Campo Mourão, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel de Engenharia Ambiental.

Orientadora: Prof. Dr. Débora Cristina de Souza.

CAMPO MOURÃO
2016



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Campo Mourão
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Departamento Acadêmico de Ambiental - DAAMB
Curso de Engenharia Ambiental



TERMO DE APROVAÇÃO

TRATAMENTO BIOLÓGICO COM MACRÓFITAS FLUTUANTES EM SISTEMA FECHADO DE RECIRCULAÇÃO DESTINADO A PISCICULTURA.

por

MATHEUS DELLA TONIA MARCHESI

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 07 de outubro de 2016 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a banca examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Prof. Dr. Débora Cristina de Souza

Prof. Dr. Raquel de Oliveira Bueno

Prof. Dr. Sonia Barbosa de Lima

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a divina força da natureza, que me fortalece e me guia na direção certa.

Sou eternamente grato a meus pais, Pedro e Cristina, que me educaram e possibilitaram meus estudos, oferecendo todo suporte necessário para superar cada obstáculo encontrado nesta jornada.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná- Campo Mourão por disponibilizar os laboratórios, equipamentos e outras ferramentas para a realização deste trabalho.

Sou grato a minha orientadora Professora Doutora Débora Cristina de Souza, pela orientação, ensinamento, confiança e amizade, seu apoio e trabalho foram essenciais para o desenvolvimento deste projeto de pesquisa.

Agradeço à colaboração de meus amigos, que de alguma forma ajudaram durante a implantação e operação do sistema, Pedro Ernesto, Vinicius Estevam, Leonardo Gasparini, Luiz Otávio Duarte, Cayo M. Silva, entre outros.

Tive outras colaborações e contribuições de Professores Doutores, sendo: Paulo Agenor Bueno, Elizabete Satsuki Sekine, Raquel de Oliveira Bueno, Sônia Barbisa de Lima, Eudes José Arantes, entre outros. Muito obrigado pelos ensinamentos e colaborações.

A todos os docentes e funcionários administrativos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná- Campo Mourão. Muito obrigado.

De maneira geral, muitas pessoas se envolveram e colaboraram com o desenvolvimento deste projeto de pesquisa, muito embora não tenha citado todos, estes sabem a importância do esforço oferecido. Muito obrigado!

RESUMO

MARCHESI, Della Tonia Matheus. **TRATAMENTO BIOLÓGICO COM MACRÓFITAS FLUTUANTES EM SISTEMA FECHADO DE RECIRCULAÇÃO DESTINADO A PISCICULTURA**. 2016. 34 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2016.

A aquicultura nacional tem se expandido significativamente nas últimas décadas. Com a intensificação da atividade, os estudos acadêmicos relacionados a sistemas de aquicultura pouco impactantes, colaboram tanto para o aprimoramento da atividade, quanto para garantir a qualidade do recurso hídrico para seus diversos fins. Este projeto de pesquisa consiste na implantação e manejo de um modelo experimental de criação de peixes associado a um biotratamento utilizando macrófitas aquáticas flutuantes e realizando a recirculação hídrica. O sistema foi construído com duas caixas de polietileno circulares com capacidade de 500 litros cada, canos de PVC, bomba hidráulica submersível, entre outros materiais. As espécies cultivadas foram: *Oreochromis niloticus* (Cichlidae) e o biotratamento com duas espécies de *Salviniaceae*. O manejo foi realizado durante dois períodos com duração de 105 dias em 2015 e 149 dias em 2016. O modelo foi implantado a céu aberto, no município de Campo Mourão- Paraná. Durante todo o manejo, se observou a boa adaptação e rápido crescimento das macrófitas, obtendo um ganho de massa seca de 318.5 gramas no ano de 2016. O ganho de biomassa individual médio dos peixes foi de 44 gramas no ano de 2015 e 34.33 gramas no ano de 2016. Os resultados das análises físico-químicas foram plotados em gráficos temporais, considerando os níveis ideais para o cultivo da Tilápia. As concentrações de amônia total, amônia não ionizada e nitrito na água se mantiveram a baixo dos níveis de toxicidade estabelecidos durante os dois períodos de manejo. O pH da água se manteve dentro dos padrões desejáveis. Já a temperatura se manteve a baixo dos níveis adequados para o cultivo da espécie. Apesar das variações na concentração de oxigênio dissolvido, as médias para esta variável se mantiveram a cima dos níveis mínimos indicados para o cultivo dos peixes. Os testes estatísticos demonstraram a relação entre o ganho de biomassa dos peixes e os compostos nitrogenados. Também se identificou a relação entre a temperatura e as duas formas de amônia mensuradas (amônia total e amônia não ionizada).

Palavras-chave: Aquicultura. Biotratamento. Recirculação Hídrica.

ABSTRACT

MARCHESI, Della Tonia Matheus. **BIOLOGICAL TREATMENT WITH FLOATING MACROPHYTES IN HYDRO CIRCULATION FOR PISCICULTURE.** 2016. 34 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2016.

The national aquaculture has expanded significantly in recent decades. With the intensification of activity, academic studies of low impact aquaculture systems, both collaborate to improve the activity, as to ensure the quality of water resources for their various purposes. This research project consists of the implementation and management of an experimental model of fish farming associated with a bioprocessing using floating aquatic weeds and performing water recirculation. The system was built with two circular polyethylene boxes with capacity of 500 liters each, PVC pipes, submersible hydraulic pump, among other materials. Cultured species were *Oreochromis niloticus* (Cichlidae) and bioprocessing with two species of Salviniaceae. The management was carried out during two periods lasting 105 days in 2015 and 149 days in 2016. The model was deployed in open sky, in the municipality of Campo Mourão- Paraná. Throughout the management, there was a good adaptation and rapid growth of weeds, getting a dry weight gain of 318.5 grams in 2016. The gain of individual biomass average fish was 44 grams in 2015 and 34.33 grams in year 2016. The results of physicochemical analyzes were plotted on time graphs, considering the optimal levels for growing Tilapia. Concentrations of total ammonia, non-ionized ammonia and nitrite in the water remained at low levels of toxicity established during the two periods of management. The pH of the water remained within the desired standards. Since the temperature is kept below the levels appropriate for the cultivation of the species. Despite the variations in the concentration of dissolved oxygen, the average for this variable is maintained above the minimum levels specified for fish cultivation. The statistical tests show the relation between the fish biomass gain and nitrogenous compounds. Also it identified the relation between temperature and the two forms of ammonia measured (total ammonia and un-ionized ammonia).

Keywords: Aquaculture. Biological Treatment. Water Recirculation.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Ilustração do modelo experimental construído.....	15
FIGURA 2 – Foto do tanque de fitotratamento.....	17
FIGURA 3 – Foto da entrada e saída de água no tanque de criação (Recirculação).	18
FIGURA 4 – Foto do sistema adutor (visão geral).....	19
FIGURA 5 – Dados de variação da temperatura nas duas etapas de criação de <i>Oreochromis niloticus</i> . A) Etapa de 2015 e B) Etapa de 2016.....	23
FIGURA 6 – Dados de variação da temperatura nas duas etapas de criação de <i>Oreochromis niloticus</i> . A) Etapa de 2015 e B) Etapa de 2016.....	24
FIGURA 7 – Foto dos caramujos que se proliferaram durante o manejo de 2016.....	25
FIGURA 8 - Dados do pH da água ao longo das duas etapas de criação de <i>Oreochromis niloticus</i> . A) Etapa de 2015 e B) Etapa de 2016.....	26
FIGURA 9 - Dados da concentração de amônia total ao longo das duas etapas de criação de <i>Oreochromis niloticus</i> . A) Etapa de 2015 e B) Etapa de 2016.....	27
FIGURA 10 - Dados da concentração de nitrito ao longo das duas etapas de criação de <i>Oreochromis niloticus</i> . A) Etapa de 2015 e B) Etapa de 2016.....	27
FIGURA 11 – Foto da coloração esverdeada da água, indicando a presença de plânctons.....	28
FIGURA 12 – Estatística descritiva dos dados: Manejo 2015 1:Temperatura; 2:Oxigênio dissolvido; 3: pH; 4: Amônia total; 5: Amônia não ionizada; 6: Nitrito; 7 Ganho de biomassa individual médio.....	29
FIGURA 13 – Estatística descritiva dos dados: Manejo 2016 1:Temperatura; 2:Oxigênio dissolvido; 3: pH; 4: Amônia total; 5: Amônia não ionizada; 6: Nitrito; 7 Ganho de biomassa individual médio.....	30

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 OBJETIVOS.....	10
2.1 OBJETIVO GERAL.....	10
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	10
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	11
3.1 PANORAMA DA AQUICULTURA.....	11
3.2 BIOFILTROS NA AQUICULTURA.....	12
3.3 SISTEMAS DE RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA NA AQUICULTURA.....	13
4 MATERIAIS E METODOS.....	15
4.1 TANQUE DE CRIAÇÃO.....	16
4.2 FITOTRATAMENTO.....	16
4.3 RECIRCULAÇÃO.....	17
4.4 SISTEMA ADUTOR.....	18
4.5 MANEJO ALIMENTAR.....	19
4.6 INDICADORES DE PRODUÇÃO.....	19
4.7 GANHO DE MASSA VEGETAL.....	20
4.8 ANÁLISES DOS DADOS.....	20
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	31

1 INTRODUÇÃO

A aquicultura é uma atividade que vem se destacando no agronegócio. No período de 2000 a 2012, a produção aquícola cresceu 6,7% no mundo, enquanto no mesmo período a avicultura cresceu 3,3%, a bovinocultura 1,2%, a suinocultura 1% e a pesca extrativista decresceu 0,2% (BRASIL.a, 2015).

O cultivo intensivo de peixes em tanques é uma técnica atrativa devido sua alta produtividade em pequenos espaços. O método se caracteriza pela elevada densidade de estocagem do organismo produzido e dependência total do alimento exógeno (ZANIBONI FILHO, 2005). A intensificação da aquicultura deve proceder de maneira cautelosa, pois deve-se considerar que os efluentes líquidos gerados têm efetivo potencial de alterar a qualidade dos corpos hídricos (SILVA, LOSEKANN e HISANO, 2013). A definição do grau de poluição gerado por cada modelo de cultivo, bem como a eficiência obtida pelas diferentes técnicas de tratamento do efluente gerado pela atividade, é de grande importância para estabelecer normas básicas para o desenvolvimento da atividade (ZANIBONI FILHO, 2005).

A aquicultura é uma atividade economicamente emergente que se encontra diante do desafio de moldar-se ao conceito de sustentabilidade. Isto implica agregar novos ideais à racionalidade produtiva, sobretudo incorporar as dimensões sociais, econômicas e ambientais aos sistemas implantados (ASSAD e BURSZTYN, 2000). Sobretudo, é necessário que os métodos de tratamento dos efluentes da atividade aquícola sejam de baixo custo e fácil operação. Seguindo esta premissa, os desenvolvimentos de sistemas fechados mostram-se importantes, pois permitem a produção de peixes e outros animais aquáticos com pequena geração de efluentes líquidos (HEIN; BRIANESE, 2004).

O presente estudo objetivou implantar e avaliar o funcionamento de um tratamento biológico utilizando macrófitas aquáticas flutuantes, associado a um tanque de cultivo intensivo de peixes, em sistema fechado com recirculação constante de água.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Implantar, manejar e avaliar um sistema fechado com recirculação hídrica de aquicultura associado ao fitotratamento com macrófitas aquáticas flutuantes.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Implantar um sistema fechado de recirculação com fluxo contínuo de água, compondo um tanque de aquicultura e um tanque de fitotratamento.

Monitorar a variação dos parâmetros físico-químicos da água do sistema (pH, Oxigênio dissolvido, Temperatura, Amônia total, Amônia não ionizada e Nitrito) e compara-los em relação aos níveis de qualidade hídrica necessários à atividade aquícola.

Mensurar o ganho de biomassa dos peixes e compara-los aos parâmetros físico-químicos da água através de testes estatísticos.

Contribuir com dados e informações sobre aquicultura de baixo impacto ambiental.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 PANORAMA DA AQUICULTURA

A estagnação da pesca extrativista, aliado ao aumento populacional e a crescente demanda por alimentos, tem incentivado a atividade aquícola (BRASIL.b, 2015). Este incentivo está provocando uma significativa mudança na composição do setor.

Em 1970 a produção mundial de pescado via aquicultura representava apenas 1% do total utilizado para consumo humano. Já em 2013, a aquicultura representou 48,9% de todo pescado produzido para consumo humano no mundo (BRASIL.a, 2015)

O Brasil, em 2013, produziu 476.512 toneladas de pescado oriundo da aquicultura, ocupando a décima segunda colocação no ranking dos países aquicultores. Neste mesmo ano, a aquicultura continental foi responsável por 82,36% da produção, enquanto a aquicultura marinha representou 17,63% (BRASIL.a, 2015)

Através do Plano de desenvolvimento da aquicultura de 2015, o Brasil estipulou atingir a meta de produção de 2 milhões de toneladas de pescado via aquicultura até o ano de 2020 (BRASIL.a, 2015).

A Tilápia do Nilo é uma das espécies cultivadas com maior importância comercial no mundo. No Brasil a espécie é a maior representante da aquicultura continental no nordeste e sudeste do país, também no Paraná, Santa Catarina, Mato Grosso do Sul e Goiás (BRASIL.b, 2015).

O cultivo de Tilápias em tanques escavados é o método mais tradicional no país. Em sistemas extensivos sua produtividade pode variar de 300 a 500 kg/ha sem muitas exigências de manejo. Já os sistemas em tanques com alto fluxo de água, denominados *raceways* podem atingir a produtividade de 60 a 200 kg/m³ (KUBITZA, 2000).

Os resíduos gerados na unidade de criação são de origem orgânica, oriundos principalmente de fezes e sobras de ração (KUBIRZA, 2006). A medida que se intensifica a densidade de estocagem dos organismos, se torna necessário

considerar mecanismos viáveis para atenuar e mitigar os possíveis efeitos adversos que estes efluentes podem causar nos corpos hídricos (HENRY-SILVA; CAMARGO, 2008).

Devido ao crescente desenvolvimento da aquicultura nacional, estão sendo desenvolvidas técnicas alternativas de manejo, utilizando a reciclagem de biomassa, objetivando o melhoramento da qualidade da água (SIPAUBA-TAVARES, 2004).

A denominada aquicultura integrada multitrófica é a técnica que associa o cultivo de organismos de diferentes níveis tróficos em um mesmo meio aquático. Possibilitando que os desperdícios e resíduos oriundos de uma espécie sejam reaproveitados pela outra espécie associada. Em um sistema ótimo de aquicultura integrada multitrófica, o processamento bioquímico dos resíduos pelos organismos integrantes seria integral, resultando em uma produção ambientalmente neutra (BOSTOCK, et al. 2010)

3.2 BIOFILTROS NA AQUICULTURA

Dentre os compostos orgânicos presentes no meio aquícola, o nitrogênio é considerado um elemento limitante, sendo essencial para a proliferação de plânctons, do qual os peixes se alimentam. Mas sua presença pode se tornar tóxica à medida que se eleva sua concentração (MERCANTE, et al. 2008). Este nutriente está presente na excreção dos organismos aquáticos, bem como é introduzido nos viveiros através de fertilizante e ração (KUBITZA, 2006; MERCANTE et al. 2008)

Os filtros biológicos são amplamente utilizados na aquicultura. Diversos autores destacam a eficiência da sua utilização na remoção de compostos orgânicos nitrogenados (KUBITZA, 2006; TIMMONS, TIMMONS, EBELING, 2006; HERNANES, 2008; SIPAUBA-TAVARES, 2004). Estes sistemas se baseiam nas regiões alagadas de alta produtividade do ecossistema aquático e são projetados para maximizar os processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem quando há interação entre a água, o solo, as plantas, os microrganismos e a atmosfera, promovendo assim o tratamento da água residuária (VALENTIM, 2003).

Os processos de remoção de nutrientes em biofiltros ocorrem por meio da combinação de mecanismos, físicos, biológicos e químicos; como a absorção direta pelas macrófitas aquáticas, sedimentação, absorção e ação bacteriana na nitrificação e desnitrificação (HENARES, 2008).

O uso de Biofiltros pode ser adaptado para utilização em empreendimentos aquícolas de pequeno e médio porte, considerando sua eficiência e o baixo custo de implantação (LEITE; ISOLINO e PAROLIN, 2014). Além de não exigir técnicas sofisticadas para construção, operação e manutenção, também não empregam produtos químicos, proporcionando um processo de tratamento de água eficiente e acessível a pequenas comunidades rurais de baixa renda ou isoladas (SILVA; LOSEKANN e HISANO, 2013).

Nos Biofiltros, pode ser utilizado diferentes tipos de substratos que favorecem a fixação de bactérias quimioautotróficas (*Nitrossomonas* sp. e *Nitrobacter* sp.) que oxidam a amônia em nitrito e nitrato (TIMMONS; TIMMONS; EBELING, 2006).

As macrófitas flutuantes podem contribuir com a retenção da matéria orgânica presente nos efluentes aquícolas, promovendo a melhoria da qualidade da água (GONTIJO et al., 2013; SIPAUBA-TAVARES, 2004).

RUBIM, et al. 2015 obtiveram resultados que demonstraram a eficiência da macrófitas *Eichhornia crassipes* para reduzir as concentrações de nutrientes e da quantidade de material orgânico particulado em efluentes de aquicultura com diferentes coberturas vegetais.

Dentre outras espécies, a *salvinaceae* e a *Lemnaceae* podem ser utilizadas em bacias de tratamento de efluentes aquícolas (GONTIJO et al., 2013). Sipauba-Tavares, 2004, destaca que o “aguapé”, pode atuar como agente de tratamento destes efluentes e ainda acrescenta que as macrófitas após a utilização nos biofiltros, podem ser secas e utilizadas como fertilizante orgânico.

3.3 SISTEMAS DE RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA NA AQUICULTURA

O sistema de produção em fluxo contínuo é caracterizado pela constante renovação de água no tanque de criação, estes sistemas podem ser implantados

com recirculação de água, onde o efluente da unidade de produção deve ser tratada, para remoção de resíduos sólidos e de nutrientes dissolvidos (GONTIJO et al., 2013)

Os sistemas de recirculação de água instalados em terra é uma forma de desenvolver a aquicultura com maior controle dos impactos ambientais, além de possibilitar a economia hídrica (BRASIL.b, 2015; FILHO; CERQUEIRA, 2013).

Estes sistemas podem apresentar variadas configurações de montagem e diferentes níveis de complexidade, envolvendo os seguintes componentes: Tanques de cultivo; Sistema de remoção de sólidos; Sistema de aeração e bombeamento; Biofiltros; Desinfecção; Trocadores de calor entre outros (TIMMONS; TIMMONS; EBELING, 2006; GONTIJO et al., 2013).

4 MATERIAIS E METODOS

Foi implantado um modelo experimental de aquicultura associado a um filtro biológico com macrófitas aquáticas flutuantes, aplicando reuso e fluxo contínuo de água.

O modelo foi implantado no campus da UTFPR- CM e o manejo integrado ocorreu durante 105 dias entre 28 de agosto e 11 de dezembro de 2015. No ano de 2016 foi implantado em um bairro residencial no município de Campo Mourão e manejado durante 152 dias entre 04 de abril e 05 de setembro.

Durante o primeiro manejo foi utilizado água do poço artesiano localizado no campus da UTFPR- CM. No segundo manejo, foi utilizada água de abastecimento público do município de Campo Mourão, Paraná, sendo que o cloro residual presente nesta água foi neutralizado utilizando solução de Hipossulfito de Sódio antes da introdução das espécies.

O modelo experimental é composto por duas caixas circulares de polietileno, com capacidade de 500 litros cada (Figura 1), a primeira destinada à criação de *Oreochromis niloticus* (Linnaeus) e a segunda ao tratamento do efluente gerado pela atividade aquícola através de fitotratamento utilizando *Salvinia hezoghii* De La Sota e *Salvinia auricullata* (Aublet), espécies aquáticas flutuantes.

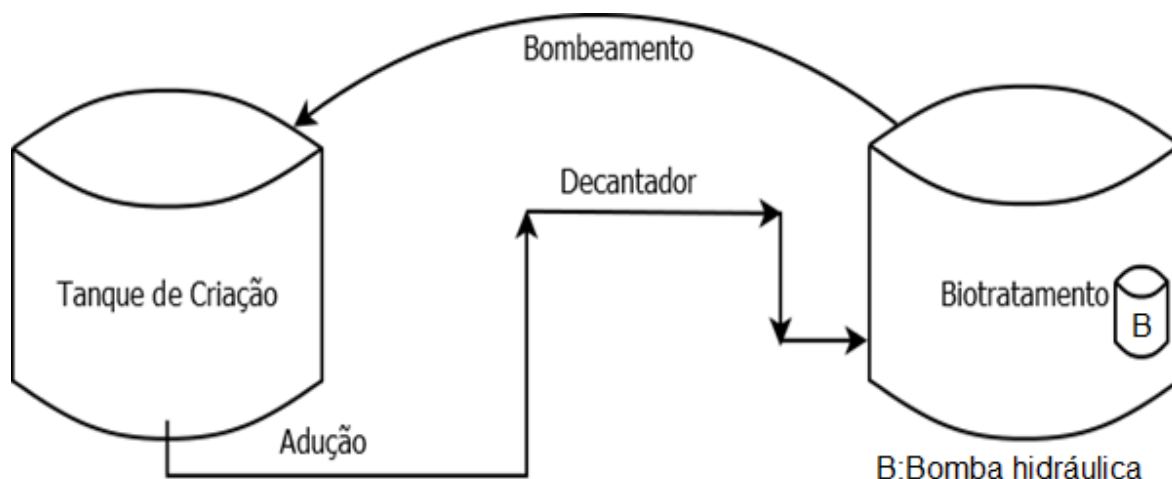


Figura 1 – Representação esquemática do fluxo hídrico no modelo experimental construído.

4.1 TANQUE DE CRIAÇÃO

A densidade de estocagem foi estabelecida com dados de Capacidade de Suporte para Sistemas de cultivo com recirculação de água para produção de Tiápias (20 a 60 kg/m³) (KUBITZA, 2000). Portanto, tanto no primeiro quanto no segundo manejo, foram introduzidos aproximadamente 50 alevinos de *Oreochromis niloticus* no tanque de criação.

Os alevinos com peso médio de 5 gramas, foram adquiridos em um laboratório de alevinagem localizado no município de Maringá, Paraná.

4.2 BIOTRATAMENTO

O tanque de Biotratamento envolveu o cultivo de *Salvinia auricullata* e *Salvinia hezogii*, 8 tijólos de cerâmica de seis furos dispostos no fundo do tanque e 20kg de argila expandida 5mm dispersas em aproximadamente 400 litros de água.

As macrófitas aquáticas cobriram toda a superfície do tanque (Figura 2). Os tijolos e os seixos de argila expandida possuem extremidade porosa, se tornando abrigo de bactérias nitrificantes que se proliferam rapidamente na presença de compostos nitrogenados no meio líquido.

Após o experimento, as macrófitas foram dessecadas em estufa a 65 °C durante 48 horas, em seguida pesadas em balança analítica a cada 12 horas até não mais haver variação entre as medições, assim foi determinada a massa seca final das macrófitas.



Figura 2 – Foto do tanque de Biotratamento com *Salvinia herzogii* e *Salvinia auriculata*. Na parte superior: saída de água tratada através da mangueira. À direita na superfície do tanque: Saída de excesso de água (evitando transbordo descontrolado em dias chuvosos).

A reposição de água só é feita devido à evaporação em dias de sol e perda de água através dos canos de adução durante o processo de limpeza que ocorre quinzenalmente. Em dias chuvosos o nível de água é mantido estático devido um orifício próximo à borda superior dos tanques.

4.3 RECIRCULAÇÃO

Através de uma bomba hidráulica submergível fez-se o bombeamento constante de água que flui do tanque de tratamento para o tanque de criação. Nas condições instaladas, a vazão média obtida foi de 132 litros por hora. O fluxo de água é responsável pela dissolução de oxigênio no meio (SIPAUBA-TAVARES, 2004).

A água é bombeada para o tanque de criação á uma altura de 1 metro em relação à superfície líquida. A saída de água se localiza no centro do tanque (Figura 3), favorecendo a limpeza a partir do escoamento (GONTIJO et al., 2013).

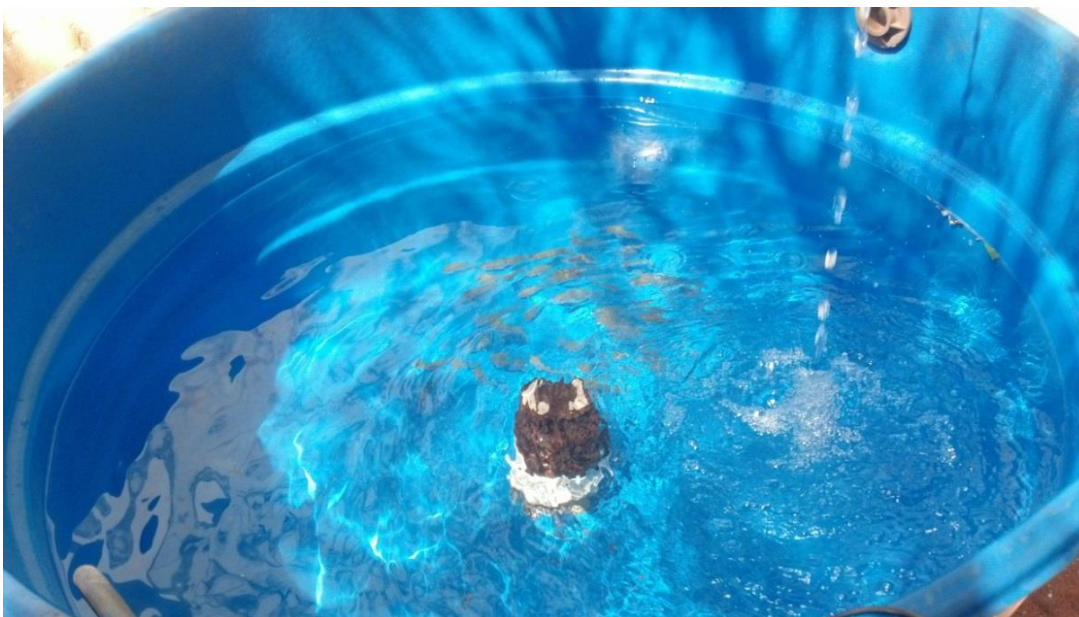


Figura 3 – Tanque de criação: entrada de água à direita e saída de água no ralo ao centro (Recirculação).

A bomba foi posicionada no interior de uma estrutura que assegura a captação da água a uma distancia de aproximadamente 10 centímetros da superfície, evitando a absorção de raízes das macrófitas, bem como partículas densas que se acumulam na parte inferior do tanque, garantindo o bom funcionamento da bomba hidráulica.

4.4 SISTEMA ADUTOR

O sistema adutor foi construído utilizando canos e conexões de PVC de 50 milímetros (Figura 4). O bombeamento da água resulta em uma diferença entre a altura hidráulica dos tanques, e por estarem conectados, a água flui através do sistema de adução gerando assim um fluxo contínuo de água enquanto a bomba hidráulica estiver ligada.

Utilizando a válvula de retenção para interromper o fluxo de água, o sistema é desmontado e limpo semanalmente.



Figura 4 – Foto do sistema adutor. Ao centro: válvula removível (limpeza dos canos adutores).

4.5 MANEJO ALIMENTAR

Os peixes foram alimentados com 5% da biomassa total do viveiro por dia, dividido em três refeições diárias, exceto em dias com temperaturas a baixo de 19 °C, que se forneceu 2.5 % da biomassa total do viveiro por dia uma única vez ao dia (KUBITZA, 2000). Em ambos os períodos, no primeiro mês foi fornecida ração artesanal farelada, adquirida no laboratório de alevinagem, contendo 45% de proteína bruta. A partir do segundo mês foi fornecida ração comercial paletizada com diâmetro entre 1 e 3 mm, contendo 35% de proteína bruta.

4.6 INDICADORES DE PRODUÇÃO

O peso médio dos indivíduos foi determinado a partir de pesagens mensais de 10 % dos peixes do viveiro (5 indivíduos), capturados aleatoriamente. A partir das pesagens e o histórico de alimentação, foram determinados algumas características de desempenho produtivo: ganho de biomassa total, ganho de biomassa individual médio e conversão alimentar aparente.

4.7 GANHO DE MASSA VEGETAL

No final do período experimental, as macrófitas foram dessecadas em estufa a 65°C, a massa seca foi determinada após 96 dias, quando não mais houve alteração entre as pesagens que foram realizadas a cada 24 horas, a partir do segundo dia de estufa.

4.8 ANÁLISES DOS DADOS

Foram medidos na água dos tanques o oxigênio dissolvido, a temperatura, o pH, a amônia total, a amônia não ionizada e o nitrito, no início da manhã e no final da tarde, obtendo a média diária para cada parâmetro duas vezes por semana. Ao todo foram 64 medições de cada parâmetro no primeiro manejo e 106 medições para cada parâmetro no segundo manejo.

Para análise de pH foi utilizado um pHmetro portátil da marca Schott Gerate modelo CG818. Para determinação de Oxigênio dissolvido utilizou-se um medidor digital portátil de oxigênio dissolvido e termômetro da marca Lutron modelo DO 5519

O nitrito, amônia total e amônia não ionizada foram determinados utilizando kit de análises titulométricas contendo, cada uma sua respectiva metodologia colorimétrica e titulométricas. Os reagentes utilizados para análise de amônia foram: Reagente Nessler e sais de Rochelle. Para a análise de nitrito, foram utilizados os reagentes: Solução diluída contendo ácido clorídrico e sulfanilamida e solução diluída de cloreto de sódio e n-naftiletilenodiamino conforme metodologia de Acqua Supre.

Os dados obtidos foram dispostos em gráficos comparando com os parâmetros ideais (KUBITZA, 1998; KUBITZA, 2000) para o cultivo da Tilápia (Tabela 1).

Tabela 1 – Parâmetros ideais para o cultivo de Tilápia

Parâmetro	Faixa ideal
Temperatura	27 a 32 (°C)
pH	6 a 8.5
Oxigênio Dissolvido	> 3 (mg/L)
Amônia Total (NH ₃)	< 2.3 (mg/L)
Amônia não ionizada (NH ₄)	< 0.2 (mg/L)
Nitrito	< 0.5 (mg/L)

Compilados de: Kubitza, 1998 e Kubitza, 2000.

Com os dados obtidos nas análises físico-químicas, foi realizado o teste de Shapiro Wilk (k amostras), baseando-se no grau de significância de 5%. Resultando em distribuições de dados não normais para todos dados do ano de 2015 e 2016.

Em seguida foi realizado o teste não paramétrico de Kruskal Wallis, objetivando comparar a relação entre o ganho de biomassa e os parâmetros físico-químicos mensurados. Para tanto, foi utilizada a média mensal dos parâmetros obtidos para o ano de 2015 e para o ano de 2016 separadamente.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De maneira geral, o experimento proporcionou as condições de qualidade da água necessárias à atividade aquícola durante os dois períodos de manejo. Os indicadores de produção (Tabela 2) refletem a produtividade do sistema.

Tabela 2 – Indicadores de produção dos peixes ao final das etapas de manejo.

Indicador	Etapa 1 (2015)	Etapa 2 (2016)
Indivíduos introduzidos	50	45
Indivíduos despescados	32	36
Peso médio inicial	3.0 gramas	6.0 gramas
Peso médio final	50 gramas	43.32
Ganho de biomassa total	1598 gramas	1559.52 gramas
Ganho de biomassa individual	47 gramas	37.33 gramas
Conversão alimentar aparente	3.23 (Kg.ração/Kg.peixe)	4.48 Kg.ração / Kg.peixe
Taxa de mortalidade	32 %	20 %

Embora obtidas às taxas de mortalidade de 32% no ano de 2015 e 20% no ano de 2016, a mortalidade dos indivíduos ocorreu em sua grande maioria nas primeiras semanas de manejo. Indicando que esta pode estar associada ao período de adaptação dos indivíduos ao habitat em que foram introduzidos. Neste período de adaptação, cerca de 20% dos peixes morrem nos empreendimentos comerciais (OSTRENSKY e BOEGER, 1998).

A conversão alimentar aparente nos indica que para cada 3.23 kg de ração fornecida, se obteve 1 kg de peixe no ano de 2015. Já no ano de 2016, para se obter 1 kg de peixe, foi utilizada 4.48 kg de ração. Estes resultados estão muito superiores em relação aos obtidas em sistemas ideais de cultivo, nestes casos, a conversão alimentar aparente está entre 1 e 1.8 kg/kg (KUBITZA, 2006).

O ganho de biomassa individual médio foi de 47.0 gramas em 105 dias no ano de 2015 e 37.33 gramas em 149 dias no ano de 2016. O baixo ganho de biomassa pode estar relacionado às baixas temperaturas detectadas na água durante os dois períodos de cultivo. A temperatura média obtida no tanque de criação foi de 22,9°C no ano de 2015 e 16,2°C no ano de 2016 (Figura 5). Muitos

autores destacam a relação existente entre o ganho de biomassa dos peixes e a temperatura da água (KUBITZA, 1999; SEBRAE, 2015; OSTRENSKY e BOEGER, 1998)

Durante o período de 2015, a temperatura da água se manteve muito próxima no interior dos dois tanques (Figura 5A). Em 2016, foi levemente inferior no tanque de criação (Figura 5B). Este fato pode estar relacionado ao maior sombreamento no tanque de criação neste segundo período.

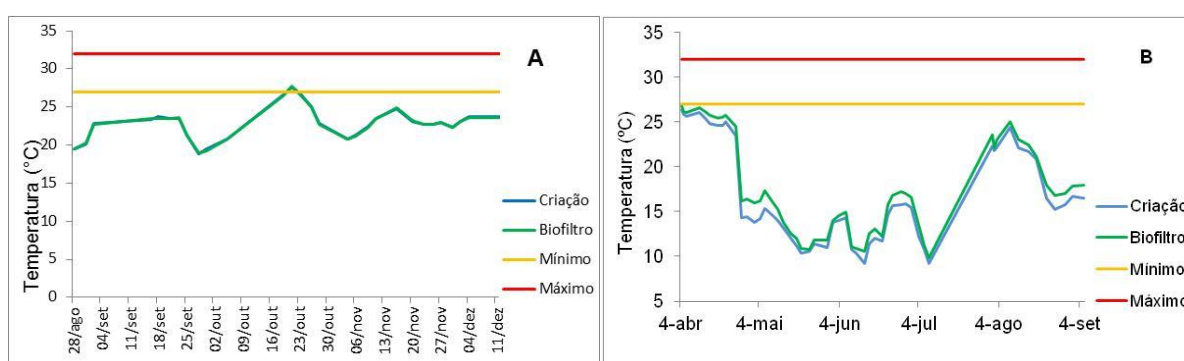


Figura 5 – Dados de variação da temperatura da água no interior dos tanques de criação e tratamento, considerando os valores máximos e mínimos ideais para cultivo. A) Etapa de 2015 e B) Etapa de 2016.

A temperatura da água tem relações diretas com a atividade metabólica dos peixes. Se a temperatura varia, todo seu metabolismo é afetado e em baixas temperaturas, os peixes deixam de comer e diminuem seu ritmo biológico (OSTRENSKY; BOEGER, 1998)

Segundo Hein e Brianese (2004) peixes cultivados em temperaturas entre 26 e 28°C aliado a outros fatores, tem capacidade de crescimento de 99,5g em 75 dias. Maciel Junior (2006) em seu experimento, comparou ganho de biomassa individual médio de tilápias tailandesas cultivadas sob diferentes temperaturas (20, 24, 28 e 32 °C). Os melhores resultados foram obtidos aos 32°C com os indivíduos obtendo um ganho de biomassa individual médio de 47,75 gramas em 55 dias. Enquanto sob mesmo manejo alimentar, porém com a temperatura da água de 20°C, obteve o ganho de biomassa individual médio de 2,30 gramas no mesmo período de cultivo.

O oxigênio dissolvido na água, apesar das variações, apresentou níveis satisfatórios durante todo o experimento, com valores adequados para a atividade aquícola. No manejo de 2015, não houve grandes variações entre o oxigênio

dissolvido na água do tanque de criação e o no tanque de tratamento, se mantendo na média de 4.88 mg/L. sendo a concentração máxima obtida de 6.85 mg/L e a mínima de 2.45 mg/L (Figura 6.A)

No ano de 2016 os índices de oxigênio dissolvido obtidos apresentaram-se mais elevados no tanque de criação em comparação ao biofiltro (6.34 e 4.66 respectivamente (Figura 6.B)

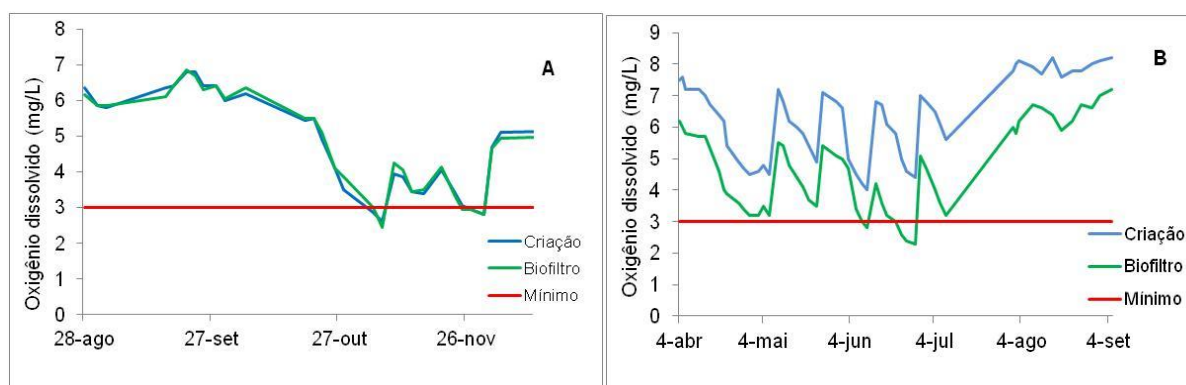


Figura 6 – Dados de variação da temperatura nas duas etapas de criação de *Oreochromis niloticus*. considerando os valores máximos e mínimos ideais para cultivo da espécie. A) Etapa de 2015 e B) Etapa de 2016.

Em relação às concentrações de oxigênio dissolvido, pode-se notar variações crescentes e decrescente ao longo dos dois períodos de manejo, algumas destas coincidem com os dias que se realizou a limpeza da bomba hidráulica, sendo que, quando a bomba hidráulica está totalmente limpa, o bombeamento e conseqüentemente a oxigenação se demonstrou mais eficaz.

A limpeza da bomba hidráulica se fez necessária devido à proliferação de lodo em suas paredes, o que afetou sua eficiência. Nos dias seguintes a limpeza, a vazão de bombeamento chegou a 190 litros por hora, enquanto em dias anteriores a limpeza, a vazão de bombeamento chegou a 75 litros por hora.

Durante os três últimos meses de manejo, a concentração de oxigênio dissolvido da água manteve padrões mais elevados e constantes em relação ao início do manejo. Estas datas coincidem com a incidência e rápida proliferação de caramujos no meio. É provável que a presença de caramujos (Figura 7) colabore com o controle do lodo no sistema aquático, uma vez que à medida que se elevou sua população na água do sistema, não mais havia lodo nas paredes da bomba

hidráulica, garantindo assim um melhor funcionamento da bomba hidráulica e conseqüentemente uma melhor oxigenação ao meio.



Figura 7 – Foto dos caramujos que se proliferaram durante o manejo de 2016: A) Caramujo na bomba hidráulica. B) Caramujos na parede do tanque de criação.

Durante o experimento, o pH manteve-se de básico a levemente ácido nos dois períodos, porem não se demonstrou prejudicial aos peixes, pois se manteve dentro dos limites da faixa ideal para cultivo da espécie (Figura 8). O valor mínimo obtido no período de 2015 foi de 6,5 no final de novembro. O valor máximo neste primeiro período foi de 7.85 (Figura 8.A). Em 2016 o valor máximo obtido ficou abaixo do ano anterior, 7.44 em agosto. O valor mínimo obtido neste período foi de 6.81 em junho (Figura 8.B).

O pH é uma variável relevante pois quase todas as reações químicas que ocorrem na água e no interior das células dos seres vivos são influenciadas por ele. Manter o pH adequado é muito importante para a saúde dos peixes. A acidez excessiva na água causa aumento na secreção de muco, irritação e inchaço nas brânquias, podendo resultar no comprometimento do tecido branquial (KUBITZA, 2006).

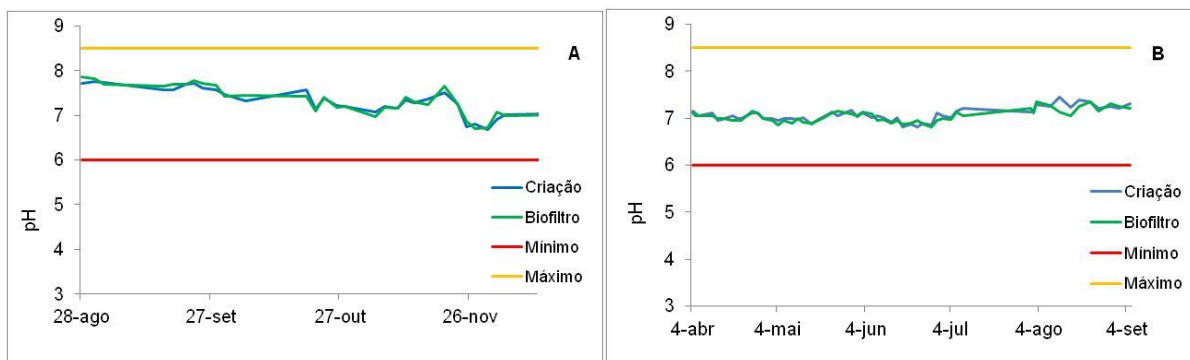


Figura 8 - Dados do pH da água ao longo das duas etapas de criação de *Oreochromis niloticus* considerando os valores máximos e mínimos ideais para cultivo da espécie. A) Etapa de 2015 e B) Etapa de 2016.

As reações de degradação da amônia na água estão diretamente relacionadas ao pH. Sendo maior a porcentagem de amônia não ionizada (amônia tóxica aos peixes) à medida que se eleva o pH da água (QUEIROZ e BOEIRA, 2007).

As concentrações de amônia total obtidas se mantiveram a baixo dos níveis considerados tóxicos aos peixes variando de 0.0 à 0.2 mg/L durante o primeiro manejo (Figura 9A) e de 0.0 à 0.6 mg/L durante o segundo manejo (Figura 9B).

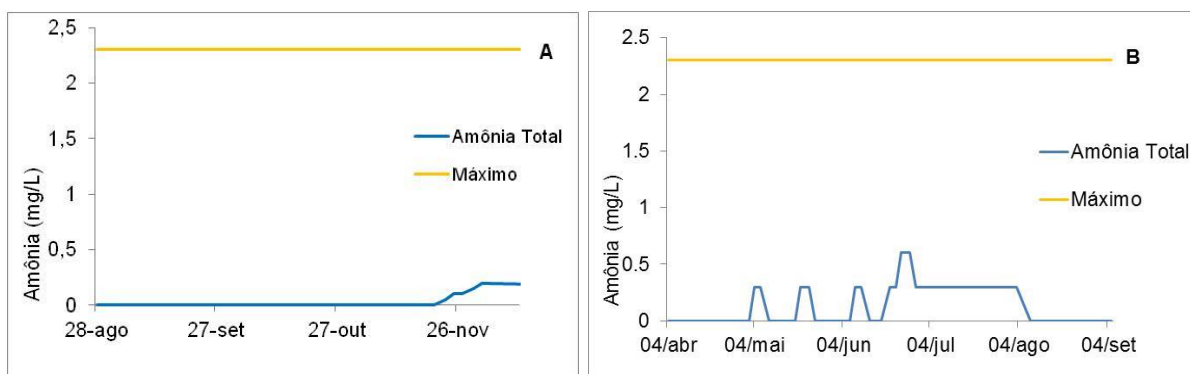


Figura 9 - Dados da concentração de amônia total ao longo das duas etapas de criação de *Oreochromis niloticus*, considerando os valores máximos e mínimos ideais para cultivo da espécie. A) Etapa de 2015 e B) Etapa de 2016.

Em relação à amônia não ionizada, suas concentrações se mantiveram muito abaixo dos índices considerados tóxicos a espécie (0.2 mg/L). Os valores máximos

obtidos foram de 0.001 mg/L durante o primeiro manejo e 0.0028 mg/L durante o segundo manejo.

A concentração de nitrito na água se manteve a baixo dos níveis considerados tóxico aos peixes (KUBITZA, 1998). No ano de 2015, a concentração máxima obtida foi de 0.3 mg/L no dia 13 de novembro se mantendo constante até o fim do experimento (Figura 10.A). Já no ano de 2016, a concentração atingiu um valor máximo de 0.4 mg/L, em seguida, as concentrações decresceram e se estabilizaram na concentração de 0.1 mg/L (Figura 10.B)

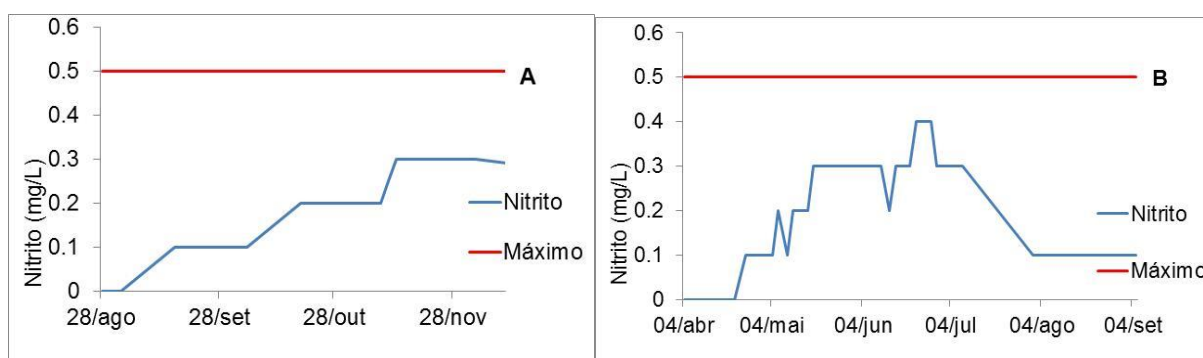


Figura 10 - Dados da concentração de nitrito ao longo das duas etapas de criação de *Oreochromis niloticus* considerando os valores máximos e mínimos ideais para cultivo. A) Etapa de 2015 e B) Etapa de 2016.

As concentrações de compostos nitrogenados favoreceram o desenvolvimento de planctos, o que pode ser percebido devido à coloração esverdeada da água (Figura 11) Os plânctons contribuem de forma significativa na alimentação da Tilápia, também produz oxigênio e remove a amônia da água, favorecendo o desenvolvimento dos peixes (KUBITZA, 1999).



Figura 11 – Foto da coloração esverdeada da água, indicando a presença de plânctons. A cima entrada de água, ao centro “ralo” de adução.

Os resultados de H obtidos no teste de Kruskal Wallis foram altamente significativos, e os valores de p obtidos aceitaram a hipótese alternativa de que existe relação entre a média de dois ou mais parâmetros analisados em ambos os períodos (Tabela 3), considerando o nível de decisão alfa = 0.05.

Tabela 3 – Resultados do teste de Kruskal Wallis aplicado aos parâmetros físico-químicos e ganho de biomassa dos peixes das duas etapas de manejo.

	2015	2016
H	31.33	31.47
(p) Kruskal-Wallis	<0.0001	< 0.0001

Em seguida foi aplicando o método de Dunn, para cada período separadamente, resultando nas correlações para o ano de 2015 e 2016. As médias de ganho de biomassa individual dos peixes apresentaram resultados de p menores do que o fator alfa: 0.05, quando relacionadas a três parâmetros: amônia total, amônia não ionizada e nitrito. Em outras palavras, neste caso, à medida que se eleva a biomassa do viveiro, a concentração dos compostos nitrogenados tende a aumentar. Esta relação é esperada, pois o nitrogênio na água de um viveiro aquícola é proveniente da excreção dos peixes e da decomposição do material orgânico na água, inclusive sobras de ração (KUBITZA, 2000). Também foram obtidos valores de

p menores que 0.05 entre a temperatura e as duas formas de amônia mensuradas. Esta relação também pode estar associada à atividade metabólica dos peixes, e a diminuição do fornecimento de ração, que se fez necessária durante o inverno.

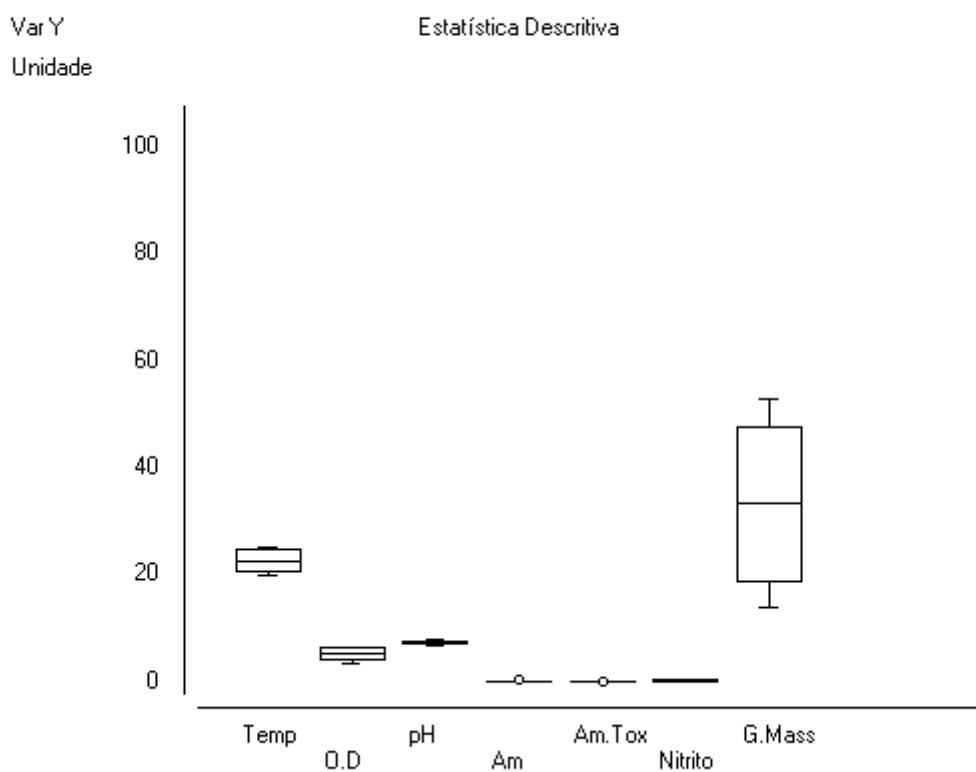


Figura 12 – Estatística descritiva dos dados: Manejo 2015 1:Temperatura; 2:Oxigênio dissolvido; 3: pH; 4: Amônia total; 5: Amônia não ionizada; 6: Nitrito; 7 Ganho de biomassa individual médio.

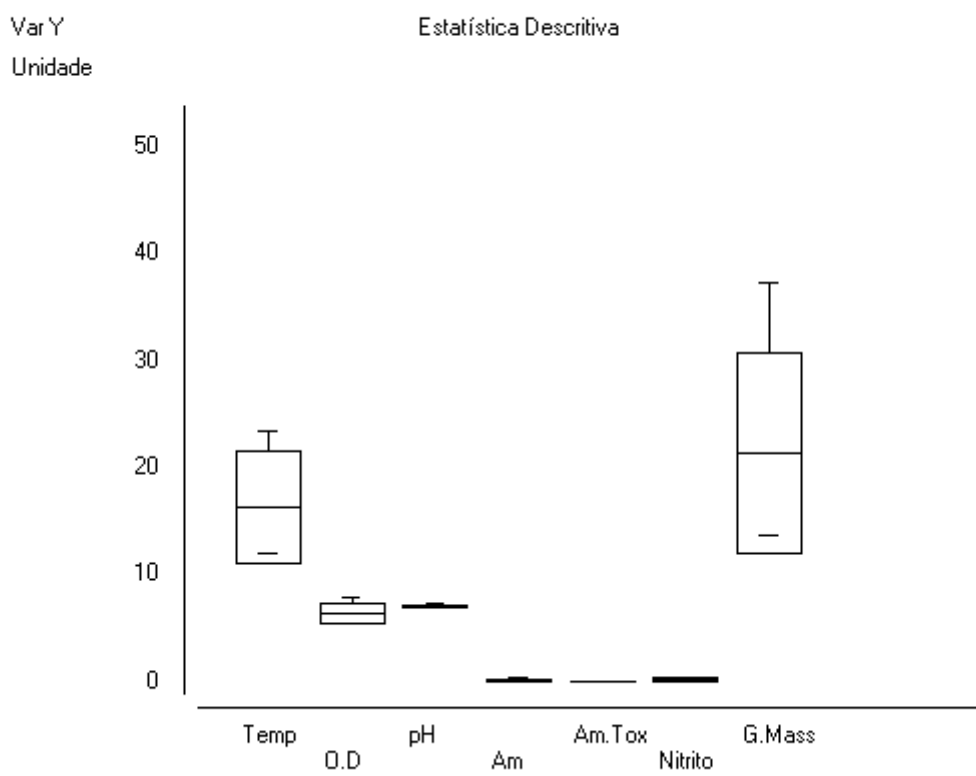


Figura 13 – Estatística descritiva dos dados: Manejo 2016 1:Temperatura; 2:Oxigênio dissolvido; 3: pH; 4: Amônia total; 5: Amônia não ionizada; 6: Nitrito; 7 Ganho de biomassa individual médio.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se concluir que foi possível realizar o manejo proposto, mantendo as concentrações de amônia total, amônia não ionizada e nitrito, a baixo dos níveis considerados tóxico aos peixes, o que pode indicar a capacidade da *Salvinia sp* na remoção dos compostos nitrogenados analisados dissolvidos na água.

Apesar do baixo crescimento dos peixes durante os dois períodos analisados, este fato pode estar associado às variações de alguns parâmetros físico-químicos em relação aos níveis ideais indicados para o cultivo da espécie, destacando o oxigênio dissolvido que sofreu bruscas variações durante o primeiro manejo e a temperatura que se manteve muito a baixo dos níveis ideais durante a maior parte do tempo. Estes parâmetros podem ter influenciado tanto no conforto, quanto no desenvolvimento destes animais.

Portanto, para se avaliar a capacidade produtiva deste modelo de manejo, devem-se considerar locais onde a temperatura seja mais elevada, ou ainda considerar mecanismos para efetuar o controle térmico, principalmente durante o inverno. Para uma melhor compreensão da relação entre a biomassa do viveiro e os parâmetros físico-químicos, deve-se utilizar replicas, com diferentes densidades de estocagem e diferentes temperaturas de manejo, o que irá garantir uma maior significância nos resultados obtidos.

REFERENCIAS

ASSAD, Luís Tadeu; BURSZTYN, Marcel. Aquicultura sustentável. **Aquicultura no Brasil: bases para um desenvolvimento sustentável. Brasília: CNPq/Ministério da Ciência e Tecnologia**, p. 303-323, 2000. Disponível em: <<http://repositorio.unb.br/handle/10482/9642>>. Acesso em: 05 mai. 2016.

BRASIL.a Ministério da Pesca e Aquicultura. Mpa. **PLANO DE DESENVOLVIMENTO DA AQUICULTURA BRASILEIRA - 2015/2020**. Brasília/df: Eletrônica, 2015. 61 p. Disponível em: <http://seafoodbrasil.com.br/wp-content/uploads/2015/09/Plano_de_Developmento_da_Aquicultura-2015-2020.pdf>. Acesso em: 05 mai. 2016.

BRASIL.b SEBRAE. (Org.). **AQUICULTURA NO BRASIL: Série Estudos Mercadológicos**. Brasília/DF: Eletrônica, 2015. 76 p. Disponível em: <[http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/4b14e85d5844cc99cb32040a4980779f/\\$File/5403.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/4b14e85d5844cc99cb32040a4980779f/$File/5403.pdf)>. Acesso em: 18 jul. 2015.

BOSTOCK, John et al. Aquaculture: global status and trends. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 365, n. 1554, p. 2897-2912, 2010.

FILHO, Fábio Augusto do Nascimento; CERQUEIRA, Vinícius Ronzani. **AQUICULTURA INTEGRADA MULTITRÓFICA: BIOFILTROS DE MACROALGAS NO CULTIVO DO ROBALO FLECHA**. 2013. 42 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Aquicultura, Laboratório de Piscicultura Marinha - Ufsc, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Sc, 2013. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/104579>>. Acesso em: 25 fev. 1992.

GONTIJO, Vicente de Paulo Macedo et al. **Produção de Tilápias em Fluxo Contínuo de água: Manual para implantação de módulo de Piscicultura**. Prudente de Moraes - Mg: Epamig, 2013. 16 p. Disponível em: <http://www.epamig.br/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=3180>. Acesso em: 10 mai. 2015.

HENRY-SILVA, Gustavo G.; CAMARGO, Antonio Fernando M. **IMPACTO DAS ATIVIDADES DE AQUICULTURA E SISTEMAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES COM MACRÓFITAS AQUÁTICAS: RELATO DE CASO**. 2008. Disponível em: <ftp://ftp.sp.gov.br/ftppesca/34_1_163-173.pdf>. Acesso em: 02 out. 2015.

HEIN, Gelson; PARIZOTTO, Maria Lucia Valenga; BRIANESE, Raul Henrique. **Tilápia:** Referência modular para o Oeste do Paraná Agricultor familiar, semi-intensivo, Tanques escavados, clima Cfa. 2004. Produto do projeto “Redes de Referências para Agricultura Familiar” em parceria com o “Processo Piscicultura” da EMATER-PR. Disponível em: <http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/redereferencia/pp_modooeste.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2015.

KUBITZA, Fernando. Sistemas de Recirculação: Sistemas fechados com tratamento e reuso da água. **Panorama da Aquicultura**, Jundiaí-sp, v. 8, n. 47, p.35-43, Maio/Junho, 1998. Disponível em: <<http://web.uvic.ca/~soed/documents/Kubitza%20collection.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2015

KUBITZA, Fernando. Sistemas de Recirculação:: Sistemas fechados com tratamento e reuso da água. **Panorama da Aquicultura**, Jundiaí-sp, v. 9, n. 53, p.41-49, Maio/Junho, 1999. Disponível em: <<http://web.uvic.ca/~soed/documents/Kubitza%20collection.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2015

KUBITZA, Fernando. Tilápias: qualidade da água, sistemas de cultivo, planejamento da produção, manejo nutricional e alimentar e sanidade. **Panorama da Aquicultura**, v. 10, n. 59, p.44-53, maio/junho 2000. Bimestral. Disponível em: <http://www.acquaimagem.com.br/docs/Pan59_Kubitza.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2015.

KUBITZA, Fernando. Sistemas de Recirculação: Sistemas fechados com tratamento e reuso da água. **Panorama da Aquicultura**, Jundiaí-sp, v. 16, n. 95, p.15-22, Maio/Junho, 2006. Disponível em: <http://www.acquaimagem.com.br/docs/Pan95_Kubitza.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2015.

LEITE, Rubim; ISOLINO, Sampaio; PAROLIN, P. Biofilter efficiency of Eichhornia crassipes in wastewater treatment of fish farming in Amazonia. **Phyton**, Vicente López, Argentina, p.9-16, jan. 2014. Mensal. Disponível em: <[file:///C:/Users/Matheus/Downloads/LEITE_RUBIM provisorio.pdf](file:///C:/Users/Matheus/Downloads/LEITE_RUBIM%20provisorio.pdf)>. Acesso em: 18 abr. 2016.

MERCANTE, Cacilda Thais Janson et al. **LIMNOLOGIA NA AQUICULTURA:** Estudo de caso em pesqueiros. São Paulo: Saa Sp, 2008. 15 p. Disponível em: <<ftp://ftp.sp.gov.br/ftppesca/limnologia.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2015.

OSTRENSKY, Antonio; BOEGER, Walter. **PISCICULTURA:** Fundamentos e técnicas de manejo. Guaíba, Rs: Livraria e Editora Agropecuária Ltda, 1998. 211 p.

Disponível em: <<http://projetopacu.com.br/public/paginas/220-livro-piscicultura-fundamentos-e-tecnicas-de-manejo.pdf>>. Acesso em: 25 fev. 2016.

SIPAÚBA-TAVARES, Lúcia Helena. **QUALIDADE DA ÁGUA EM AQUICULTURA**. 2004. Disponível em: <revistas.udenar.edu.co/index.php/reipa/article/viewFile/1519/1858+&cd=2&hl=ptPT&ct=clnk&gl=br>. Acesso em: 15 nov. 2015.

SILVA, Mariana S. G. M. e; LOSEKANN, M. E.; HISANO, Hamilton. Aquicultura: manejo e aproveitamento de efluentes. Jaguariúna, Sp: Alexandre Rita da Conceição, 2013. 39 p. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/93537/1/Doc95.pdf>>. Acesso em: 04 out. 2015.

TIMMONS, Nigel; TIMMONS, Michael B.; EBELING, James M.. Recirculating Aquaculture System (RAS) Technologies: part 2. **Aquaculture Magazine**, p.32-39, set. 2006. Disponível em: <https://salmonfarmscience.files.wordpress.com/2012/02/tech_2006_ras_requirements.pdf>. Acesso em: 04 set. 2016.

ZANIBONI FILHO, E. 2005, Campo Grande. **TRATAMENTO DE EFLUENTES DA PISCICULTURA**. Campo Grande - MS: Zootec, 2005. 24 p. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/9982444-Tratamento-de-efluentes-da-piscicultura.html>>. Acesso em: 30 set. 2015.