

INSTITUTO FEDERAL CATARINENSE
Pró-reitora de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação
Mestrado Profissional em Produção e Sanidade Animal



Dissertação

**CULTIVO DE HORTALIÇAS EM SISTEMA INTEGRADO DE BIOFLOCO
COM TILÁPIA-DO-NILO (*OREOCHROMIS NILOTICUS*)**

Vanessa Bertoldo Martins

Araquari, 2023

Vanessa Bertoldo Martins

**CULTIVO DE HORTALIÇAS EM SISTEMA INTEGRADO DE BIOFLOCO
COM TILÁPIA-DO-NILO (*OREOCHROMIS NILOTICUS*)**

Dissertação apresentada ao Mestrado Profissional em Produção e Sanidade Animal do Instituto Federal Catarinense, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências (área de concentração: Produção e Sanidade Animal).

Orientador: Adolfo Jatobá

Coorientador: Jaqueline Inês Alves de Andrade

Araquari, 2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática do ICMC/USP, cedido ao IFC e adaptado
pela CTI - Araquari e pelas bibliotecas do Campus de Araquari e Concórdia.

Bertoldo Martins, Vanessa

B546c

CULTIVO DE HORTALIÇAS EM SISTEMA INTEGRADO DE
BIOFLOCO COM TILÁPIA-DO-NILO (OREOCHROMIS NILOTICUS)

/ Vanessa Bertoldo Martins; orientador Adolfo Jatobá;
coorientadora Jaqueline Inês Alves Andrade. --
Araquari, 2023.

44 p.

Artigo (artigo) - Instituto Federal Catarinense,
campus Araquari, , Araquari, 2023.

Inclui referências.

Vanessa Bertoldo Martins

**CULTIVO DE HORTALIÇAS EM SISTEMA INTEGRADO DE BIOFLOCO
COM TILÁPIA-DO-NILO (*OREOCHROMIS NILOTICUS*)**

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências, Curso de Pós-Graduação em Produção e Sanidade Animal, Pró-reitora de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação, Instituto Federal Catarinense.

Data da Defesa: 28/07/2023

Banca examinadora:

Prof. Dr. Adolfo Jatobá (Orientador)

Doutor em Aquicultura pela Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Brasil

Instituição de vínculo Laboratório de Aquicultura, IFC campus Araquari

Prof. Dr. Felipe do Nascimento Vieira

Doutor em Aquicultura pela Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Brasil

Instituição de vínculo Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Prof. Dr. Geraldo Kipper Fóes

Doutor em Oceanografia Biológica, FURG, Brasil

Instituição de vínculo Universidade Federal do Rio Grande (FURG)



Emitido em 28/07/2023

DOCUMENTOS COMPROBATÓRIOS - CAMPUS ARAQUARI Nº 13/2023 - PGPSA/ARAQ (11.01.02.22)

(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)

(Assinado digitalmente em 26/09/2023 20:46)

ADOLFO JATOBA MEDEIROS BEZERRA

PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO

CGET/ARAQ (11.01.02.08)

Matricula: ###307#1

(Assinado digitalmente em 27/09/2023 08:03)

IVAN BIANCHI

COORDENADOR DE CURSO - TITULAR

PGPSA/ARAQ (11.01.02.22)

Matricula: ###489#1

Visualize o documento original em <https://sig.ifc.edu.br/documentos/> informando seu número: **13**, ano: **2023**, tipo: **DOCUMENTOS COMPROBATÓRIOS - CAMPUS ARAQUARI**, data de emissão: **26/09/2023** e o código de verificação: **97b47f0f55**

Agradecimentos

Neste findar de mais uma etapa acadêmica, gostaria de expressar algumas palavras como forma do meu agradecimento, aqueles que contribuíram para que esta etapa chegasse até aqui.

Ao meu orientador Prof. Dr. Adolfo Jatobá, pelos ensinamentos, convívio diários, por dividirmos conquistas e compartilharmos bons momentos, por inspirar-me e por dar suporte necessário para a conclusão desta etapa. Sou imensamente grata por confiar no meu potencial e pela oportunidade de fazer parte da equipe de bolsista do laboratório de Aquicultura, foi uma experiência ímpar.

Obrigada a minha coorientadora Dra. Jaqueline Inês de Andrade, pela troca de conhecimentos, pelos ensinamentos, por estar sempre disposta a auxiliar para que meu projeto fosse executado da melhor forma possível. Teu apoio foi fundamental para a minha trajetória científica.

Agradeço também aos colegas de laboratório, com quem sempre pude contar nestes dois anos. Desejo sucesso a todos, e que possamos continuar nossa parceria científica.

Gostaria de agradecer a minha mãe pelo apoio, esforço, dedicação por tudo que passamos juntas para chegar até aqui, esta conquista é nossa. Você sempre foi um exemplo de busca contínua pelo que almejamos.

Obrigada ao meu pai, por toda a dedicação batalha e exemplo de perseverança.

Ao meu esposo Fábio Lopes, gratidão por compartilhar tua vida comigo, obrigada pela compreensão dos momentos ausentes, por ser entusiasta dos meus sonhos e por muitas vezes acreditar mais em mim do que eu mesma.

Obrigada a minha sogra, que por inúmeras e incansáveis vezes percorreu quase 800 Km, para me auxiliar, você foi muito importante. Obrigada.

Meus filhos, os “serezinhos” mais importantes da minha vida, obrigada por estarem presentes em minha vida, vocês são a minha motivação diária. Nestes dois anos de nossas vidas por diversos momentos estive ausente estudando, participando de eventos e formações, outros em plantões. Ah os plantões a disputa entre vocês para ir com a mãe, para alimentar nossos peixinhos isso vai deixar uma marca tão grande, como foi bom ver vocês empolgados e orgulhosos por ter uma mãe estudante. Obrigada por compartilharem comigo este momento

e por tornar a trajetória ainda mais bela. Que este período marque a vida de vocês, e seja exemplo de que as coisas acontecem quando há esforço, dedicação e disciplina. “Todas as vitórias ocultam uma abdicação”.

As minhas amigas que apesar da distância geográfica sempre se fazem presente de alguma forma. Cláudia, Pilar, Thaísa, Tauana, e Thelma, obrigada pelo apoio incentivo, conselhos e palavras encorajadoras.

Não posso deixar de agradecer aos meus colegas de mestrado, em especial Taísa Oldoni e Natália Pereira, obrigada pelas trocas de conhecimentos, apoios e orientações. Que possamos manter nossa amizade por muitos anos.

Agora por último, mas não menos importante, agradeço a Deus pelo dom da vida, pela minha saúde, por me manter firme em meu propósito e por colocar pessoas tão especiais em minha vida e que me auxiliaram para que este dia com sensação de vitória chegasse.

Gostaria de agradecer, e ao Programa de Pós-Graduação em Produção e Sanidade Animal, e aos colaboradores do IFC, em especial Adriana, Daniel e Vagner que sempre foram prestativos e auxiliaram no que foi necessário.

Por fim, agradeço à agência de fomento, FAPESC pelo financiamento que possibilitou a realização deste trabalho, FAPESC / 2021TR000638 e bolsa de iniciação científica FAPESC/CAPES Nº 21/2021.

“É muito melhor lançar-se em busca de conquistas grandiosas, mesmo expondo-se ao fracasso, do que alinhar-se com os pobres de espírito, que nem gozam muito, nem sofrem muito, porque vivem numa penumbra cinzenta, onde não conhecem nem vitória, nem derrota.”

Theodore Roosevelt

Resumo

BERTOLDO MARTINS, Vanessa. **Cultivation of vegetables in an Integrated Biofloc System with Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*)**.2023. 44f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Curso de Pós-Graduação em Produção e Sanidade Animal, Pró-reitora de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação, Instituto Federal Catarinense, Araquari, 2023.

Há uma tendência para a ocupação predominantemente dos espaços urbanos e com isso se faz necessário o planejamento de alternativas de produção que garantam o acesso a alimentos culturalmente aceitos e nutricionalmente adequados, com isso a agricultura se remolda para um novo cenário, denominado agricultura urbana. Produzir alimentos nos mais variados espaços, otimizando nutrientes e recurso hídricos, com isso surge a produção integrada de vegetais e animais em água de bioflocos denominado FLOCponic. Este trabalho buscou aprimorar a eficiência da produção sustentável de alimentos através da otimização do uso de nutrientes na piscicultura em bioflocos de forma integrada ao cultivo de hortaliça. O cultivo de hortaliças com os nutrientes excedentes da alimentação e excreta dos peixes, desta forma otimizando os nutrientes que anteriormente seriam inutilizados, ou que até mesmo poderiam ser causadores de desequilíbrio no sistema de cultivo. Foram utilizadas 12 unidades experimentais, compostas por duas caixas circulares com capacidade de 500L e 100L, sendo que, 4 unidades tilápia-do-nilo e alface (*Lactuca sativa* L.), 4 unidades (tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) + rúcula (*Eruca sativa*)), e 4 unidades apenas com tilápis-do-nilo (controle), cada unidade experimental recebeu 80 alevinos de tilápia- do-nilo com peso médio de $3,39g \pm 0,02$. Foram coletados dados para avaliação zootécnica e hematológicos das tilápias-do-nilo, dados fitotécnicos das hortaliças e qualidade da água do bioflocos. Para controle de qualidade da água foi mensurado oxigênio dissolvido, temperatura, concentração de amônia (NH_3), nitrito (NO_2), nitrato (NO_3), ortofosfato (PO_4), alcalinidade, pH e sólidos suspensos totais (SST). A inserção de hortaliças no sistema possibilitou a otimização de nutrientes e recursos hídricos, e permitiu o cultivo de duas espécies distintas, demonstrando ser possível o cultivo integrado e elevando a biomassa de alimentos produzida. Com base nos dados obtidos foi observado, melhora nos parâmetros físico-químicos da água nos tratamentos quando comparados ao controle, tendo destaque especialmente o fato das concentrações de TAN e NH_3 mantiveram-se reduzidas nestas unidades, e apresentaram maior retenção de N e P.

Palavras-chave: Aquaponia, Floconics, aquicultura sustentável, produção de alimentos, produção aquícola

Abstract

BERTOLDO MARTINS, Vanessa. **Cultivation of vegetables in an Integrated Biofloc System with Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*)**.2023.2021. 44f. Dissertation (Masters in Science) - Postgraduate Course in Animal Production and Health, Dean of Research, Postgraduate Studies and Innovation, Instituto Federal Catarinense, Araquari, 2023

There is a tendency towards the predominant occupation of urban spaces and with that it is necessary to plan production alternatives that guarantee access to culturally accepted and nutritionally adequate foods, with this agriculture is remolded into a new scenario, called urban agriculture. Producing food in the most varied spaces, optimizing nutrients and water resources, with this comes the integrated production of vegetables and animals in biofloc water called FLOCponic. This work sought to improve the efficiency of sustainable food production by optimizing the use of nutrients in biofloc fish farming in an integrated way with vegetable cultivation. The cultivation of vegetables with surplus nutrients from fish food and feces, thus optimizing nutrients that would previously be unused, or that could even cause imbalance in the cultivation system. Twelve experimental units were used, consisting of two circular boxes with a capacity of 500L and 100L, of which 4 units Nile tilapia and lettuce (*Lactuca sativa L.*), 4 units (Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) + arugula (*Eruca sativa*)), and 4 units with only Nile tilapis (control), each experimental unit received 80 Nile tilapia fingerlings with an average weight of $3.39g \pm 0.02$. Data were collected for zootechnical and hematological evaluation of Nile tilapia, phytotechnical data of vegetables and biofloc water quality. Dissolved oxygen, temperature, ammonia (NH_3), nitrite (NO_2), nitrate (NO_3), orthophosphate (PO_4), alkalinity, pH and total suspended solids (TSS). The insertion of vegetables in the system allowed the optimization of nutrients and water resources, and allowed the cultivation of two different species, demonstrating that integrated cultivation is possible and increasing the biomass of food produced. Based on the obtained data, it was observed an improvement in the physical-chemical parameters of the water in the treatments when compared to the control, especially highlighting the fact that the concentrations of TAN and NH_3 remained reduced in these units, and showed greater retention of N and P.

Keywords: Aquaponics, Floconics, sustainable aquaculture, food production, aquaculture production

Lista de Figuras

Figura 1	Croqui das unidades experimentais de cultivo integrado de tilápias-do-nilo e hortaliças.....	13
Figura 2	Registro fotográfico das unidades experimentais de cultivo integrado de tilápias-do-nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>) e hortaliças.....	13
Figura 3	Volume de floco durante o experimento e pós colheita das hortaliças. Diferentes letras indicam diferença entre os tratamentos ANOVA e SNK; *indica diferença estatística no test-t dentro do grupo durante o experimento e pós-colheita. Todos os testes com 5% de significância.....	18
Figura 4	Retenção de nitrogênio (N) e fósforo (P) do cultivo de tilápia-do-nilo em bioflocos integrado a hortaliças. Diferentes letras indicam diferenças significativas na ANOVA e SNK ($p < 0,05$)	19
Figura 5	Gráfico de sobrevivência das hortaliças cultivadas de forma integrada com tilápias-do-nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>), demonstrando que o tratamento alface teve uma sobrevivência de 97,92% e rúcula 83,33%. *Indicam diferença no teste t.	20
Figura 6	Registro fotográfico das hortaliças cultivadas de forma integrada com tilápias-do-nilo (<i>Oreochromisniloticus</i>)	22

Lista de Tabelas

Tabela 1	Dados de qualidade (média \pm desvio padrão) de água de biofloco de cultivo integrado das tilápias-do-nilo e hortaliças.....	17
Tabela 2	Dados fitotécnico das alfaces e rúculas (média \pm desvio padrão) das alfaces (<i>Lactuca sativa</i> L) e rúculas (<i>Eruca sativa</i>) cultivadas em biofloco de forma integrada com tilápias-do-nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>	21
Tabela 3	Dados zootécnicos (média \pm desvio padrão) dos alevinos de tilápia-do-nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>) cultivados em biofloco e de forma integrada com hortaliças	23
Tabela 4	Parâmetros hematológicos da Tilápia-do-nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>) cultivada em biofloco com integração de hortaliças.....	24

SUMÁRIO

1	CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA E ESTADO DA ARTE	3
1.1	Agricultura urbana	3
1.2	Aquaponia	4
1.3	“Floponics”	5
2	OBJETIVOS	6
2.1	Objetivo geral	6
2.2	Objetivos específicos	6
3	INTRODUÇÃO DO ARTIGO	10
4	MATERIAL E MÉTODOS	11
4.1	Material Biológico	12
4.2	Biofloco	12
4.3	Delineamento experimental	12
4.4	Unidades experimentais	12
4.5	Manejo experimental	14
4.6	Qualidade de água	14
4.7	Dados fitotécnicos	14
4.8	Dados Zootécnicos	15
4.9	Dados de retenção de Nitrogênio (N) e Fósforo (P)	15
4.10	Análise Hematológica	16
4.11	Análise estatística	16
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
5.1	Dados de qualidade de água	17
5.2	Dados de retenção de Nitrogênio (N) e Fósforo (P)	19
5.3	Dados filotécnicos	20
5.4	Dados zootécnicos das tilápias-do-nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>) cultivadas em sistema integrada com hortaliças	23
5.5	Dados hematológicos	24
6	CONCLUSÃO	24
7	REFERÊNCIAS DO ARTIGO	25
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
9	REFERÊNCIAS DA DISSERTAÇÃO	27

10 ANEXOS

1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA E ESTADO DA ARTE

1.1 Agricultura urbana

O processo de urbanização no Brasil se intensificou entre os anos 1940 e 1970 por dois principais motivos, o findar da segunda guerra mundial e ao acentuado processo de industrialização deste período (Santos, 2005). De acordo com dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), o censo 2010 aponta que a população brasileira reside predominantemente em espaços urbanos, chegando à 84,36%.

A grande ocupação dos ambientes urbanos é uma tendência global, segundo as *United Nations* (2018) no ano 2000 haviam 371 cidades com 1 milhão de habitantes no planeta, em 2018 chegou a 548, e a projeção para 2030 é que sejam 706 cidades com população igual ou superior a 1 milhão de habitantes; já as “megacidades” com 10 milhões de habitantes ou mais em 2018 eram 33 e para 2030 os estudos demográficos apontam que este número passará para 43. Estes dados nos apontam que casa vez mais as populações estão ocupando espaços urbanizados.

Um dos desafios das áreas urbanas é garantir a segurança alimentar de seus habitantes, ou seja, manter acessibilidade à “alimentos culturalmente aceitáveis e nutricionalmente adequados através de fontes locais e não emergenciais em todos os momentos” (Brown e Carter 2003). Nos ambientes urbanos, o acesso e a disponibilidade de alimentos nutricionalmente adequados, especialmente frutas e vegetais frescos, são limitados (Opitz et al., 2015), podendo ser um desafio e um “mar” de oportunidades ao agronegócio.

Tendo em vista a tendência urbanização e a necessidade de garantir a segurança alimentar, surge a exigência da busca por alternativas que viabilizem a produção de alimentos de qualidade e em quantidades a fim de não causar impactos negativos nos aspectos alimentares em regiões urbanizadas (Opitz et al., 2015).

Uma agricultura urbana, é caracterizada por produzir alimentos dentro de espaços urbanos, apresentando um novo cenário agrícola, voltado à produção de alimentos orgânicos, frescos, livres de agrotóxicos e com curta cadeia de distribuição (Santos, 2016), apesar de não se limitar a isto. Com a inserção da agricultura em espaços urbanizados, é possível aproximar produtores e consumidores, viabilizando a estruturação de cadeias curtas para o abastecimento alimentar. (Opitz et al., 2015), esta proximidade traz outros benefícios como redução de custo com logística e desperdício (Quartaroli, 2020). Assim como redução de emissão de gás carbônico gerado pelo transporte, que no Brasil ocorre prioritariamente por caminhões.

Tendo em vista a crescente ocupação dos espaços urbanos, as longas cadeias de distribuição dos alimentos perecíveis e desperdício, produzir alimentos de variadas espécies em espaços urbanos se torna uma alternativa promissora. Um modo de cultivo que permite a produção de alimentos otimizando espaço e nutrientes é a aquaponia, que se destaca por possibilitar a produção de alimentos de origem vegetal e animal.

1.2 Aquaponia

A produção aquícola tem um elevado custo na ração, representando entre 60 a 80% do custo produtivo (CONAB, 2017) e uma parcela acaba sendo desperdiçada, afetando a qualidade da água, podendo eutrofizar os mananciais. Com a produção aquícola integrada a produção vegetal é possível mitigar estes problemas, melhorar a qualidade de água, zerar o uso de fertilizantes para a produção vegetal e preservar o solo (Estim et al., 2019). Neste cenário a aquaponia torna-se uma tecnologia alternativa de produção de alimentos (peixe e vegetal), que possibilita a produção de espécies vegetais sem a utilização de solo, para isso é necessária sinergia entre as espécies envolvidas (Pérez-urestarazua, et al., 2019).

Para produção aquapônica é necessário um sistema que possibilite a água de cultivo dos peixes permeie para a estrutura em que as plantas estão alocadas, permitindo assim o compartilhamento dos nutrientes presentes na água, estes são oriundos dos excedentes da alimentação e da excreta dos peixes, os quais são convertidos em aportes às plantas, tornam-se assim uma alternativa para sistemas de produção que permite a economia circular (reduzir, reutiliza e reciclar), fugindo da tradicional economia linear (extrair, fabricar, usar, descartar) (Pérez-urestarazua et al., 2019).

A aquaponia permite maximizar a produção, pois produz duas espécies em um único espaço aumentando a receita (Tyson et al., 2011), além de economizar recursos hídricos em relação a agricultura convencional, utilizando menos de 10% da água utilizada para agricultura (Bernstein, 2011).

Dentro da aquaponia também é possível trabalhar em sistemas sem renovação de água como, sistemas de recirculação de água, assim como estudos mais recentes apontam possibilidade de trabalhar com água do sistema de biofoco, sendo denominado de “*Flocponics*” (Pinho et al., 2021).

1.3 “Flocponics”

Os tempos atuais exigem tecnologias de produção que permitam maior produtividade com menor consumo dos recursos naturais, de encontro a isto temos a produção aquícola em bioflocos, que é considerada sustentável devido à baixa ou nula liberação de efluentes, diminuindo a pressão nos ambientes adjacentes, tornando-se uma boa opção á produção aquícola (Deschryver et al., 2008; Avnimelech, 2009; Ahmad et al., 2016), o mesmo é caracterizado por mínima renovação de água, apenas se repõe o volume evaporado. Consiste em um sistema fechado com aeração constante, permitindo a utilização de altas densidades (Jatobá et al., 2019).

A produção de múltiplas culturas é uma tendência nas pesquisas atuais, visando aumentar a variedades de espécies, otimizando os recursos hídricos e nutrientes (Boyd et al., 2020; David, Pinho, et al., 2021). Assim surge o FLOCponics, o qual tem princípios de sistemas integrados, produzindo simultaneamente cultura animal e vegetal, em água de biofoco. Desta forma, espera-se maior eficiência na produção por meio do FLOCponics em relação a monocultura à base de bioflocos (Pinho et al., 2023).

Na produção por meio de FLOCponic é possível otimizar a produção e maximizar os lucros, visto que, ao integrar biofoco com hidroponia expande a diversidade econômica produzindo produtos adicionais (Pinho et al., 2021).

Para além o aspecto econômico o FLOCponic é uma promissora alternativa ecológica, com a inclusão das plantas ao sistema de produção espera-se que as concentrações de compostos nitrogenados reduzam, uma vez que as plantas têm a capacidade de reter estes compostos que se acumulam no biofoco ao longo do tempo de cultivo dos animais o que torna o sistema mais adequado e seguro para a produção dos peixes. As plantas também contribuem com a redução de Carbono, uma vez que, absorvem o mesmo para a realização de fotossíntese.

Na literatura já é possível encontrar relatos de experimentos positivos envolvendo tilápias (*Oreochromis spp.*), e alface (*Latuca sativa*) com em trabalho por Pinho et al., 2021, que obteve dados que apontam necessidade menor de proteína bruta em sistemas de FLOCponic quando comparado a sistemas aquapônico. Mas por tratar-se de uma recente tecnologia de produção se faz necessário estudos para suprir as lacunas existentes para a implementação e viabilização tanto para escalas domésticas quanto comercial. É fundamental que estabeleça as culturas que melhor se adaptam a esta forma de cultivo, obtendo assim de forma simultânea melhores produtividades, da espécie animal quanto para a vegetal, e que ainda garanta a

estabilidade dos parâmetros de qualidade de água, possibilitando uma maior retenção dos compostos nitrogenados e conseqüentemente estabilidade do sistema integrado.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Contribuir com a produção sustentável de alimentos através da otimização do uso de nutrientes na piscicultura em bioflocos integrada a hortaliças.

2.2 Objetivos específicos

Avaliar a retenção de nitrogênio e fósforo na produção de tilápias-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) em bioflocos integradas a duas diferentes hortaliças alface (*Lactuca sativa* L.) e rúcula (*Eruca sativa*).

Avaliar dados fitotécnicos de duas diferentes hortaliças alface (*Lactuca sativa* L.) e rúcula (*Eruca sativa*) produzidas de forma integrada com tilápias-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) em bioflocos.

Avaliar dados zootécnicos das tilápias-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) cultivadas em bioflocos integradas a duas diferentes hortaliças alface (*Lactuca sativa* L.) e rúcula (*Eruca sativa*).

Avaliar parâmetros de qualidade de água do bioflocos integradas a duas diferentes hortaliças (alface, *Lactuca sativa* L.; rúcula, *Eruca sativa*).

**Cultivo de Hortaliças em Sistema Integrado de Biofloco com tilápia-do-nilo
(*Oreochromis niloticus*).**

Este artigo será submetido a revista: Ecological Engineering
<https://www.sciencedirect.com/journal/ecological-engineering>

Autores

Vanessa Bertoldo Martins

Amanda Dartora

Jaqueline Inês Alves de Andrade

Adolfo Jatobá Medeiros Bezerra

CULTIVO DE HORTALIÇAS EM SISTEMA INTEGRADO DE BIOFLOCO COM TILÁPIA-DO-NILO (*OREOCHROMIS NILOTICUS*).

RESUMO: Há uma tendência para a ocupação predominantemente dos espaços urbanos e com isso se faz necessário o planejamento de alternativas de produção que garantam o acesso a alimentos culturalmente aceitos e nutricionalmente adequados, com isso a agricultura se remodela para um novo cenário, denominado agricultura urbana. Produzir alimentos nos mais variados espaços, otimizando nutrientes e recurso hídricos, com isso surge a produção integrada de vegetais e animais em água de bioflocos denominado FLOCponic. Este trabalho buscou aprimorar a eficiência da produção sustentável de alimentos através da otimização do uso de nutrientes na piscicultura em bioflocos de forma integrada ao cultivo de hortaliça. O cultivo de hortaliças com os nutrientes excedentes da alimentação e excreta dos peixes, desta forma otimizando os nutrientes que anteriormente seriam inutilizados, ou que até mesmo poderiam ser causadores de desequilíbrio no sistema de cultivo. Foram utilizadas 12 unidades experimentais, compostas por duas caixas circulares com capacidade de 500L e 100L, sendo que, 4 unidades tilápia-do-nylo e alface (*Lactuca sativa L.*), 4 unidades (tilápia-do-nylo (*Oreochromis niloticus*) + rúcula (*Eruca sativa*)), e 4 unidades apenas com tilápis-do-nylo (controle), cada unidade experimental recebeu 80 alevinos de tilápia- do-nylo com peso médio de $3,39g \pm 0,02$. Foram coletados dados para avaliação zootécnica e hematológicos das tilápias-do-nylo, dados fitotécnicos das hortaliças e qualidade da água do bioflocos. Para controle de qualidade da água foi mensurado oxigênio dissolvido, temperatura, concentração de amônia (NH_3), nitrito (NO_2), nitrato (NO_3), ortofosfato (PO_4), alcalinidade, pH e sólidos suspensos totais (SST). A inserção de hortaliças no sistema possibilitou a otimização de nutrientes e recursos hídricos, e permitiu o cultivo de duas espécies distintas, demonstrando ser possível o cultivo integrado e elevando a biomassa de alimentos produzida. Com base nos dados obtidos foi observado, melhora nos parâmetros físico-químicos da água nos tratamentos quando comparados ao controle, tendo destaque especialmente o fato das concentrações de TAN e NH_3 mantiveram-se reduzidas nestas unidades, e apresentaram maior retenção de N e P.

Palavras-chave: Aquaponia, Floconics, aquicultura sustentável, produção de alimentos, produção aquícola

CULTIVATION OF VEGETABLES IN AN INTEGRATED BIOFLOC SYSTEM WITH NILE TILAPIA (*OREOCHROMIS NILOTICUS*).

Abstract: There is a tendency towards the predominant occupation of urban spaces and with that it is necessary to plan production alternatives that guarantee access to culturally accepted and nutritionally adequate foods, with this agriculture is remolded into a new scenario, called urban agriculture. Producing food in the most varied spaces, optimizing nutrients and water resources, with this comes the integrated production of vegetables and animals in biofloc water called FLOCponic. This work sought to improve the efficiency of sustainable food production by optimizing the use of nutrients in biofloc fish farming in an integrated way with vegetable cultivation. The cultivation of vegetables with surplus nutrients from fish food and feces, thus optimizing nutrients that would previously be unused, or that could even cause imbalance in the cultivation system. Twelve experimental units were used, consisting of two circular boxes with a capacity of 500L and 100L, of which 4 units tilapia and lettuce (*Lactuca sativa L.*), 4 units (Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) + arugula (*Eruca sativa*)), and 4 units with only Nile tilapis (control), each experimental unit received 80 Nile tilapia fingerlings with an average weight of $3.39g \pm 0.02$. Data were collected for zootechnical and hematological evaluation of Nile tilapia, phytotechnical data of vegetables and biofloc water quality. Dissolved oxygen, temperature, ammonia (NH_3), nitrite (NO_2), nitrate (NO_3), orthophosphate (PO_4), alkalinity, pH and total suspended solids (TSS). The insertion of vegetables in the system allowed the optimization of nutrients and water resources, and allowed the cultivation of two different species, demonstrating that integrated cultivation is possible and increasing the biomass of food produced. Based on the obtained data, it was observed an improvement in the physical-chemical parameters of the water in the treatments when compared to the control, especially highlighting the fact that the concentrations of TAN and NH_3 remained reduced in these units, and showed greater retention of N and P.

Keywords: Aquaponics, Floconics, sustainable aquaculture, food production, aquaculture production

3 Introdução do artigo

No mundo atual há uma predominância por ocupação de espaços urbanos segundo dados das United Nations (2018). A projeção para 2030 é que o número de cidades com 1 milhão de habitantes sejam 706 cidades e as “megacidades” com 10 milhões de habitantes passe de 33 em 2018, para 43 em 2030 segundo estudos demográficos.

Os espaços urbanos permitem aos seus habitantes uma acessibilidade educação, transporte, lazer, entre outros. Porém a disponibilidade de alimentos nutricionalmente adequados, especialmente frutas e vegetais frescos, são limitados (Opitz, 2015).

Com isso surge a necessidade de produzir alimentos em espaços que anteriormente eram incomuns. Originando-se assim um novo cenário agrícola denominada “agricultura urbana”, que viabiliza a produção de alimentos dentro de espaços urbanos, voltado à produção de alimentos orgânicos, frescos, livres de agrotóxicos e com curta cadeia de distribuição (Santos, 2016). E a otimização dos espaços e da utilização dos nutrientes é a “chave” para possibilitar a sustentabilidade dos grandes centros, de encontro a isso a forma de cultivar alimentos por meio da aquaponia, se destaca por possibilitar a produção de alimentos de origem vegetal e animal em um sistema integrado otimizando nutrientes.

Na aquicultura há um elevado custo com alimentação dos animais (nutrientes ofertados), representando de 60 a 80% do custo da produção (CONAB, 2017) e uma parcela acaba sendo desperdiçada, seja por ração não consumida e/ou dieta não absorvida, que resulta em nutrientes no ambiente.

Os nutrientes presentes na água, são convertidos em aportes às plantas, tornam-se assim uma alternativa para sistemas de produção integrado, o que possibilita a economia circular (reduzir, reutilizar e reciclar), fugindo da tradicional economia linear (extrair, fabricar, usar, descartar) (Pérez-urestarazua et al., 2019).

A produção aquícola integrada à produção vegetal, conhecida como aquaponia permite mitigar estes problemas, melhorar a qualidade de água, zerar o uso de fertilizantes para produção vegetal, além de preservar o solo (Estim et al., 2019). Assim sistemas fechados e integrando a produção de organismos aquáticos e vegetais surgem como excedente alternativa, entre eles podemos citar aquaponia e *Flocponics*.

Na produção por meio de FLOCponic é possível otimizar a produção e maximizar os lucros, visto que, integra bioflocos com hidroponia expande a diversidade econômica produzindo produtos adicionais (PINHO et al., 2021). A tecnologia de produção por meio de bioflocos, consiste em um sistema fechado com aeração constante, permitindo a utilização de

altas densidades (Jatobá et al., 2019). Baseia-se na reciclagem de resíduos nitrogenados por bactérias heterotróficas que absorvem amônia como fonte de nitrogênio (N), resultando assim na redução das concentrações de amônia na água (Mugwanya et al., 2021).

Visto que produzir por alimentos em biofoco é uma alternativa sustentável, podemos ainda otimizar o sistema com a introdução de múltiplas culturas, que é uma tendência nas pesquisas atuais, visando aumentar a variedades de espécies, otimizando os recursos hídricos e nutrientes (Boyd et al., 2020; David, et al., 2021).

Na literatura e em fazendas de aquícolas já é possível encontrar relatos da realização de experimentos positivos envolvendo principalmente tilápias (*Oreochromis spp.*), bagres (ordem *Siluriformes*) e salmonídeos (Pinho et al., 2021). Mas por tratar-se de uma recente tecnologia de produção se faz necessário estudos para suprir as lacunas existentes para a implementação e viabilização tanto para escalas domésticas quanto comercial.

É necessário que estabeleça as culturas que melhor se adaptam a esta forma de cultivo, neste trabalho optou-se por trabalhar com tilápia-do-nylo cultivada de forma integrada com alface e rúcula.

Os vegetais escolhidos foi uma representante das duas principais famílias botânicas de hortaliças, sendo Asteraceae a alface e Brassicaceae a rúcula. A alface é uma cultura globalmente cultivada e possui um bom desempenho em sistemas hidropônicos como NFT (Nutrient Film Technique) (Carvalho et al., 2020) demonstrado na figura 1. A rúcula por sua vez é uma hortaliça composta por elevados teores de Potássio, Enxofre, Ferro, Vitaminas A e C, sabor picante e dor agradável (Genuncio et al., 2011; Jardina et al., 2017). Assim, objetivou-se incrementar a sustentabilidade do sistema através da avaliação de um cultivo integrado entre tilápia-do-nylo (*Oreochromis niloticus*) e duas diferentes hortaliças (alface, *Lactuca sativa* L; e rúcula, *Eruca sativa*) em BFT; e determinando qual vegetal melhor se adapta ao sistema analisando qualidade de água, desempenho fitotécnico, zootécnico e que retenção de Nitrogênio (N) e Fósforo (F), disponível no sistema.

4 Material e Métodos

O trabalho foi realizado no Laboratório de Aquicultura do Instituto Federal Catarinense, campus Araquari -SC (latitude 26°22'12" sul e a uma longitude 48°43'20" oeste) entre os meses de fevereiro e março de 2023, tendo duração de 4 semanas. A utilização de animal para a execução do mesmo foi aprovada pela Comissão de ética no uso de animais (CEUA) do Instituto Federal Catarinense – campus Araquari (IFC – Araquari), sob número de protocolo 372/2021.

4.1 Material Biológico

Para execução do experimento utilizou-se tilápias-do-nilo, adquiridas na Epagri unidade de Itajaí - SC. O peso médio inicial dos animais foi de 3,39g e foram distribuídos 80 alevinos por unidade experimental.

Nas calhas de NFT foram alocadas 12 mudas de hortaliças por sistema, totalizando 48 mudas de cada espécie, as mesmas foram sustentadas por uma base de espuma fenólica. As alfaces (*Lactuca sativa* L) apresentavam pesos de médio de $2,25g \pm 0,03$ e comprimento médio de $137,73 \pm 13,48$ mm, já as rúculas (*Eruca sativa*) apresentavam peso médio $1,38g \pm 0,05$ e comprimento $116,16 \pm 1,42$ mm.

4.2 Biofoco

Para a fertilização das unidades experimentais foi utilizado biofoco maduro. Os parâmetros de qualidade de água do biofoco utilizado com inóculo para fertilização das unidades experimentais apresentava os seguintes resultados analíticos: NH_4 $0,29136$ mg. L^{-1} , NH_3 $0,00055$ mg. L^{-1} , NO_2 $16,4$ mg. L^{-1} , NO_3 $15.254,46$ mg. L^{-1} , e mantido a temperatura constante ($28^\circ \pm 1^\circ C$).

A fertilização das unidades experimentais foi realizada com a transferência de 25L deste biofoco matriz (inóculo) para as unidades experimentais e as caixas foram completadas com 475 L de água estéril, a qual foi previamente clorada e posteriormente descolorada por meio de aeração. Este processo ocorreu uma semana antes do povoamento dos peixes, afim de garantir a estabilização do sistema após a diluição do inóculo em água clara.

4.3 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi completamente casualizado, dividido em três grupos, em quadruplicata, totalizando 12 unidades experimentais alocadas em uma estufa de lona agrícola. Os grupos foram: **alface** (*Lactuca sativa* L) (contendo tilápias e doze mudas de alface) e **rúcula** (*Eruca sativa*) (contendo tilápias e doze mudas de rúcula) e um grupo contendo apenas as tilápias no sistema, sendo o **controle** do experimento.

4.4 Unidades experimentais

Figura 1. Croqui das unidades experimentais de cultivo integrado de tilápias-do-nilo e hortaliças



Figura 1 – (arquivo pessoal) diferentes vistas das unidades experimentais dentro da estufa de cultivo. A: fonte de energia do aquecedor; B: fonte de energia bomba de sucção, C: mangueira de condução da água para o sistema de distribuição nas calhas NFT e D: sistemas decalhas NFT (Nutrient Film Technique).

Figura 2. Registro fotográfico das unidades experimentais de cultivo integrado de tilápias-do-nylo e hortaliças



Figura 2 – (arquivo pessoal) Unidades experimentais de cultivo integrado em estufa fechada, representando uma unidade experimental composta de dois tanques, sendo 500L para peixes e 100L para abastecimentos das calhas NFT que continham as hortaliças.

Utilizou-se caixas circulares com capacidade de 500L para cultivar os alevinos de tilápia-do-nilo. Por meio de uma bomba submersa (Sarlobetter modelo SB1000C com vazão de 400 à 1000L/h) a água era transportada até uma caixa “pulmão” com capacidade de 100L, onde a partir desta escoava por gravimetria para as calhas NFT (Nutrient Film Technique), com inclinação 7°, nas quais foram cultivadas as mudas de alface e rúcula.

Com intuito de garantir as melhores condições de desenvolvimento animal foi utilizado aquecedores de 500W nas caixas de maior volume, programado para manter a temperatura em 28°C, podendo haver uma variação de $\pm 1^\circ\text{C}$.

4.5 Manejo experimental

Os peixes eram alimentados quatro vezes ao dia (8:00; 11:00; 14:00 e 17:00), com ração comercial (Presence – NUTRIPISCIS IMMUNITY, pellet 2-3mm). A quantidade ofertada de ração foi calculada com base na biomassa de tilápia-do-nilo (10% da biomassa), porcentagem recomendada pela tabela de alimentação (Silva e Marchiori, 2016), sendo reajustada semanalmente com aumento de 10%. Os níveis de garantia da ração eram: Proteína Bruta (mín) 36%; extrato etéreo (mín) 6%; matéria mineral (máx) 140g/Kg; fibra bruta (máx) 50%; cálcio (mín) 10g/Kg; cálcio (máx) 20g/Kg; vitamina C (mín) 700mg/Kg; vitamina E (mín) 300mg/Kg; betaglucanas SIM; mananoligossacarídeo (MOS) SIM.

Diariamente foi aplicado a quantidade de 10% da ração/dia de bicarbonato, com a finalidade de manter a alcalinidade das unidades experimentais e gerar efeito tampão no sistema.

Devido à perda de volume de água por evaporação, duas vezes na semana era realizada a reposição de água, a fim de manter os níveis do sistema.

4.6 Qualidade de água

Diariamente foi monitorado temperatura e Oxigênio dissolvido utilizando o aparelho YSI Pro 20, e volume de sólidos sedimentáveis por meio do cone de Imhoff.

Semanalmente eram realizadas as análises de: alcalinidade, pH (pHmetro – Mylabor PA 210A), Amônia total (TAN), Amônia tóxica (NH_3), Nitrito (NO_2), Nitrato (NO_3), Ortofosfato (Fotocolorímetro AT-100P, marca ALFAKIT®, Florianópolis – SC, Brasil) e Sólidos Suspensos Totais (TSS) conforme método (APHA, 2017).

4.7 Dados fitotécnicos

A produtividade da hortaliça, foi avaliada por meio da análise da sobrevivência, crescimento, biomassa ~~un~~ e número de folhas. Sendo que para a obtenção número de folhas realizada contagem individual, bem como a pesagem individual de cada muda cultivada.

Já os dados de sobrevivência e crescimento utilizou-se as formulas expressa abaixo:

$$\text{Sobrevivência}(\%) = \left[\frac{(\text{Populaçãoinicial} - \text{Populaçãofinal})}{\text{Populaçãoinicial}} \right] \times 100$$

$$\text{Crescimento} = [\text{Média comprimento final} - \text{Média comprimeito inicial}]$$

4.8 Dados Zootécnicos

Para a obtenção dos dados de desempenho zootécnico (conversão alimentar, sobrevivência, taxa de crescimento específico, produtividade, crescimento semanal e peso médio final) foram utilizados as formulas descritas abaixo:

$$\text{Conversão alimentar} = \left[\frac{(\text{Biomassa inicial} - \text{Biomassa final})}{\text{Raçãofertada}} \right]$$

$$\text{Sobrevivência}(\%) = \left[\frac{(\text{Populaçãoinicial} - \text{Populaçãofinal})}{\text{Populaçãoinicial}} \right] \times 100$$

$$\text{TCE}(\%. \text{dia}^{-1}) = \left[\frac{(\text{Log}(\text{pesofinal}) - \text{Log}(\text{pesoinicial}))}{\text{diasdecultivo}} \right] \times 100$$

$$\text{Produtividade} (\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}) = \left[\frac{(\text{Biomassafinal} - \text{Biomassainicial})}{\text{volume da unidade experimental}} \right]$$

$$\text{Crescimento semanal} (\text{g} \cdot \text{semana}^{-1}) = \left[\frac{(\text{Médiafinal} - \text{Médiainicial})}{\text{Semanasdecultivo}} \right]$$

$$\text{Peso médio final} = \left[\frac{(\text{Média do peso final} - \text{Média peso inicial})}{\text{Número de peixes}} \right]$$

4.9 Dados de retenção de Nitrogênio (N) e Fósforo (P)

O teor de nitrogênio e fósforo (AOAC, 2005) da ração, amostras iniciais e finais (peixes) foram analisadas para determinação da retenção destes.

$$\text{Retenção} (\%) = \left[\frac{(\text{Concentração final} - \text{Concetração inicial})}{\text{Quantidade de nutriente ofertado}} \right]$$

Para análise de retenção de N e P, foi coletado no memento do povoamento das unidades experimentais 100g de amostra de alevinos de tilápia-do-nilo, e 50g de amostra de cada espécie de hortaliças. Ao findar do experimento a mesma massa das amostras foram coletadas de cada unidade experimental e conduzir para análises junto ao Freitag Laboratório localizado em Timbó - SC.

As amostras mesmas foram mantidas refrigeradas, amostras de tilápia-do-nilo congeladas e vegetais mantida em refrigeração 5°C.

As análises conduzias por laboratório externo formam realizadas por métodos Freitag Laboratórios, Manual de Métodos Bromatologia 2021. Cap. 16 seção 16.1/16. e PR-Tb IN 009/AOAC Intl. OMA, 21ª Edição, método 2011.14, para quantificação de N e P respectivamente.

4.10 Análise Hematológica

Para as análises hematológicas, quatro tilápias-do-nilo foram anestesiados com eugenol (50 mg.L^{-1}) e o sangue coletado por veno punção caudal, com solução anticoagulante Hemstab EDTA 10%. Traves das alíquotas sanguíneas foir determinado o número total de eritrócitos (RBC) e o percentual de hematócrito (Ranzani–paiva et al., 2013). A contagem total de leucócitos e trombócitos por método indireto (Jatobá et al., 2011). Para a contagem diferencial dos leucócitos, cem células serão quantificadas a partir de extensões sanguíneas coradas com MayGrunwald/Giemsa/Wright (Ranzani–paiva et al., 2013).

4.11 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de KOLMOGOROV-SMIRNOV para avaliar se a distribuição de dados está dentro da curva de normalidade, e ao teste de LEVENNE para verificar sua homocedasticidade. Os dados obtidos zootécnicos, fitotécnico, retenção de nutrientes e qualidade de água atenderam aos pré-requisitos de normalidade e homocedasticidade, e então foram submetidos à ANOVA e SNK para separação de médias, e a comparação entre as diferentes hortaliças foi realizado um teste “t” de separação de médias. Para todas as avaliações será utilizada 5% de significância como descrito por ZAR (2010).

5 Resultados e discussão

5.1 Dados de qualidade de água

Tabela 1. Dados de qualidade (média \pm desvio padrão) de água de biofoco de cultivo integrado das tilápias-do-nilo e hortaliças.

Parâmetros	Controle	Alface	Rúcula
Temperatura (°C)	28,79 \pm 0,41	28,87 \pm 0,11	28,85 \pm 0,12
Oxigênio Dissolvido (mg.L ⁻¹)	7,07 \pm 0,20	7,17 \pm 0,02	7,15 \pm 0,06
Alcalinidade (mg.L ⁻¹)	171,70 \pm 5,50 b	186,40 \pm 2,40 a	184,50 \pm 1,90 a
TAN (mg.L ⁻¹)	0,28 \pm 0,05a	0,12 \pm 0,04 b	0,27 \pm 0,09 a
NH ₃ (mg.L ⁻¹)	0,005 \pm 0,002 a	0,002 \pm 0,001 b	0,005 \pm 0,001 a
NO ₂ (mg.L ⁻¹)	118,28 \pm 20,73	88,30 \pm 27,31	112,95 \pm 29,52
NO ₃ (mg.L ⁻¹)	232,19 \pm 76,23	277,81 \pm 70,51	221,61 \pm 73,21
Ortofosfato (mg.L ⁻¹)	1,35 \pm 0,23	1,41 \pm 0,12	1,49 \pm 0,06
pH	7,85 \pm 0,06	7,69 \pm 0,12	7,94 \pm 0,06
Volume sólidos sedimentáveis (mL)	10,76 \pm 4,74 a	2,96 \pm 0,28 c	5,25 \pm 0,89 b
TSS (mg.L ⁻¹)	159,70 \pm 30,35	132,85 \pm 11,48	138,15 \pm 7,55

Diferentes letras indicam diferenças significativas ($p > 0,05$) na ANOVA e SNK. Volume dos sólidos sedimentáveis. Total de Amônia (TAN).

Os parâmetros de qualidade de água temperatura 26 a 28 °C, pH 6 a 9, TAN 0,6 a 2,0 mg L⁻¹ estavam apropriados para o cultivo de tilápia-do-nilo (Queiroz, 2021).

A alcalinidade apresentou os menores valores nos grupos com as hortaliças em relação ao controle, já volume de floco foi maior no grupo controle, rúcula e alface, respectivamente. Enquanto a TAN e NH₃ foi menor no grupo com alface. Os demais parâmetros não variaram entre os grupos (Tabela 1).

A amônia quando fora da faixa aceitável em BFT pode trazer prejuízos para produção aquícola. Neste trabalho, a alface demonstrou uma capacidade de reduzir TAN e NH₃, este fato demonstra que a introdução deste vegetal em sistema NFT integrado a tilapicultura em BFT pode ser uma interessante ferramenta no controle de compostos nitrogenados.

Ambas hortaliças mantiveram a alcalinidade em mais elevada. Este fato pode ser interessante, pois o BFT necessita de altas alcalinidades (Avnimelech, 2009), e a inclusão das hortaliças manteve estes valores mais elevados, o que sugere uma redução na aplicação de fontes de carbonatos. Dados semelhantes foram obtidos em experimento realizados por Rocha (2017) no cultivo de alface em biofoco integrada com catfish, observou-se a mesma tendência de redução na concentração de TAN, assim como aumento (ou menor consumo) da alcalinidade. Em sistemas integrados esta elevação na alcalinidade ocorre devido a absorção de Nitrato, o processo de absorção desta molécula pela planta libera OH⁻, o que torna a água mais alcalina. (Carrijo e Makishima 2000). Sistemas aquícolas de produção com alcalinidade

elevada, favorece o tamponamento da água, evitando alterações bruscas no pH, o que consequentemente favorece o bem-estar e desenvolvimento dos peixes no ambiente de cultivo.

O pH não divergiu entre os grupos, vale ressaltar que este parâmetro ficou fora da faixa ideal ao cultivo das hortaliças, que melhor absorvem os micros e macronutrientes em um faixa de pH do levemente pouco ácido, com valores considerados ideais entre 6,7 e 6,8, e até próximo de 7 é tido como aceitável (Jordan, 2022). No entanto, as unidades experimentais apresentaram pH acima desse valor alface 7,69 e rúcula 7,83, a alface que apresentou melhor desempenho fitotécnico, provavelmente porque o pH da água de cultivo manteve-se mais próximo do ideal de cultivo.

Após a colheita das hortaliças, os animais e monitoramento dos parâmetros de qualidade de água foram mantidos nas unidades experimentais por cinco dias, e com isso foi possível observar um aumento no o volume de floco em todas as unidades experimentais, sugerindo que o NFT reteve parte dos sólidos. Entretanto as caixas correspondentes as hortaliças aumentaram significativamente seus volumes de floco (quase triplicaram), este fato sugeri que além do NFT, grande volume de floco ficou aderido as raízes o que pode sim ter ocasionado limitado do desenvolvimento da planta.

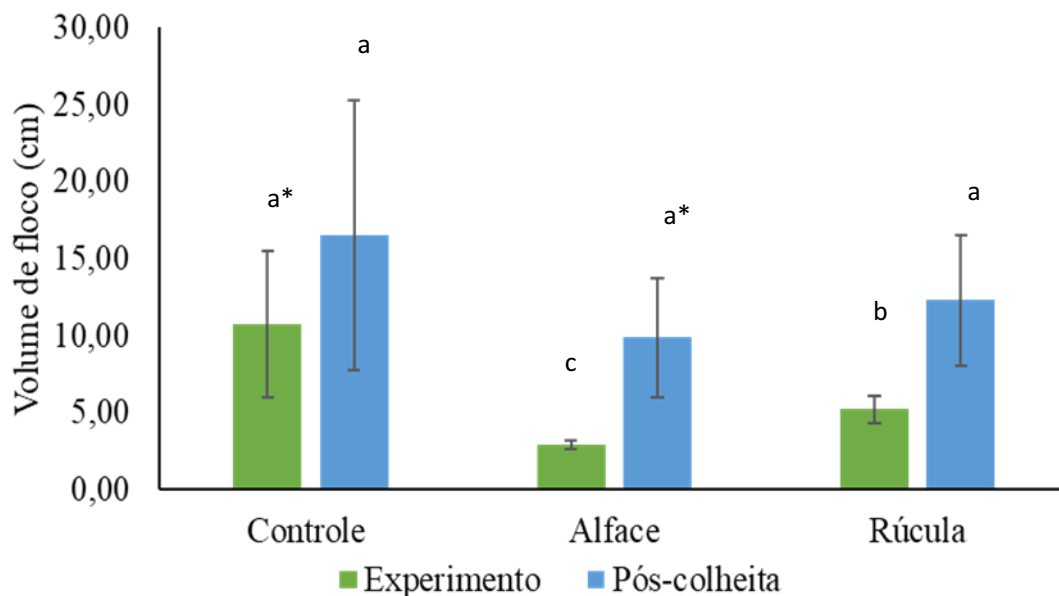


Figura 3. Volume de floco durante o experimento e pós colheita das hortaliças. Diferentes letras indicam diferença entre os tratamentos ANOVA e SNK; *indica diferença estatística no test-t dentro do grupo durante o experimento e pós-colheita. Todos os testes com 5% de significância

5.2 Dados de retenção de Nitrogênio (N) e Fósforo (P)

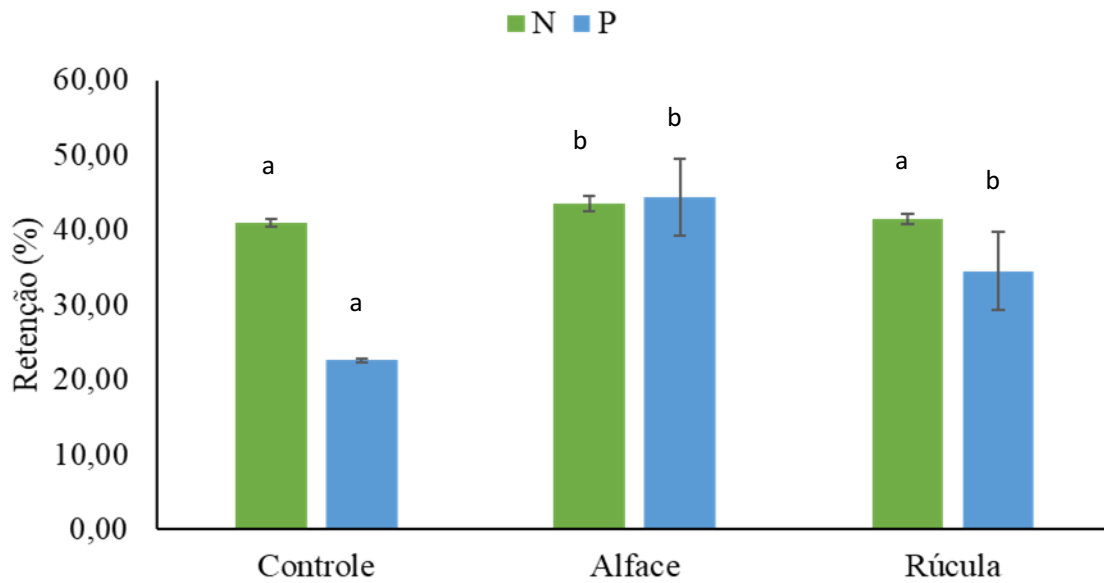


Figura 4. Retenção de nitrogênio (N) e fósforo (P) do cultivo de tilápia-do-nylo em bioflocos integrado a hortaliças. Diferentes letras indicam diferenças significativas na ANOVA e SNK ($p < 0,05$).

As inclusões das hortaliças promoveram maior retenção de P, enquanto o N apresentou melhor retenção no grupo da alface (Figura 4). A retenção de N e P é de grande importância para o desenvolvimento adequado das plantas, a deficiência destes pode comprometer a estrutura da planta (Taiz; Zeiger, 2013).

O N é formador de compostos orgânicos presentes nas plantas como: aminoácidos, proteínas, enzimas, coenzimas, e até mesmo a molécula de clorofila (Luz et al., 2008) e é absorvido pelas mesmas por meio de reações bioquímicas de oxidação e redução. Já o P desempenha papel importante, relacionado ao armazenamento de energia e manutenção da integralidade da estrutura (Taiz; Zeiger, 2013). Neste experimento a fonte de N e P disponível às plantas foi oriunda do excedente da alimentação e excretas em decomposição, o que apresenta um potencial para alterar os parâmetros de qualidade de água. Outro ponto positivo na inclusão das hortaliças, pois além de reter os nutrientes, auxiliaram na redução de compostos tóxicos como a amônia.

A retenção média de N nas unidades experimentais alface, foi de 43,5%, valor que se aproxima de estudo teórico (Colt; Semmens, 2022), que afirma que a retenção média de N é de 45%, já para retenção de P valores teóricos são de 61%, importante ressaltar que estes dados são para diferentes cultivares e em sistema de aquaponia. Os dados sugerem que é possível otimizar a utilização destes nutrientes da produção de peixes em bioflocos, através da introdução das hortaliças no sistema, provavelmente a inclusão de outras espécies, em especial

de diferentes níveis tróficos potencializará ainda mais esta absorção/retenção/utilização dos nutrientes. Altos valores de retenção são comumente encontrados em peixes, com maior disponibilidade de alimento natural, Nouals et al. (2021) acharam valores de retenção de N acima de 50% ao trabalhar em viveiros escavados.

A retenção de nitrogênio e fósforo são métricas importantes para produção de alimentos, devido aos seus custos e pela eutrofização potencial se descarregada no ambiente (Colt; Semmens, 2022). O Floponic passa a ser uma opção diante da aquicultura tradicional que apresenta baixa assimilação de alimentos pelas espécies cultivadas (Mariscal-lagarda et al., 2012) quando comparada a sistemas integrados.

5.3 Dados filotécnicos

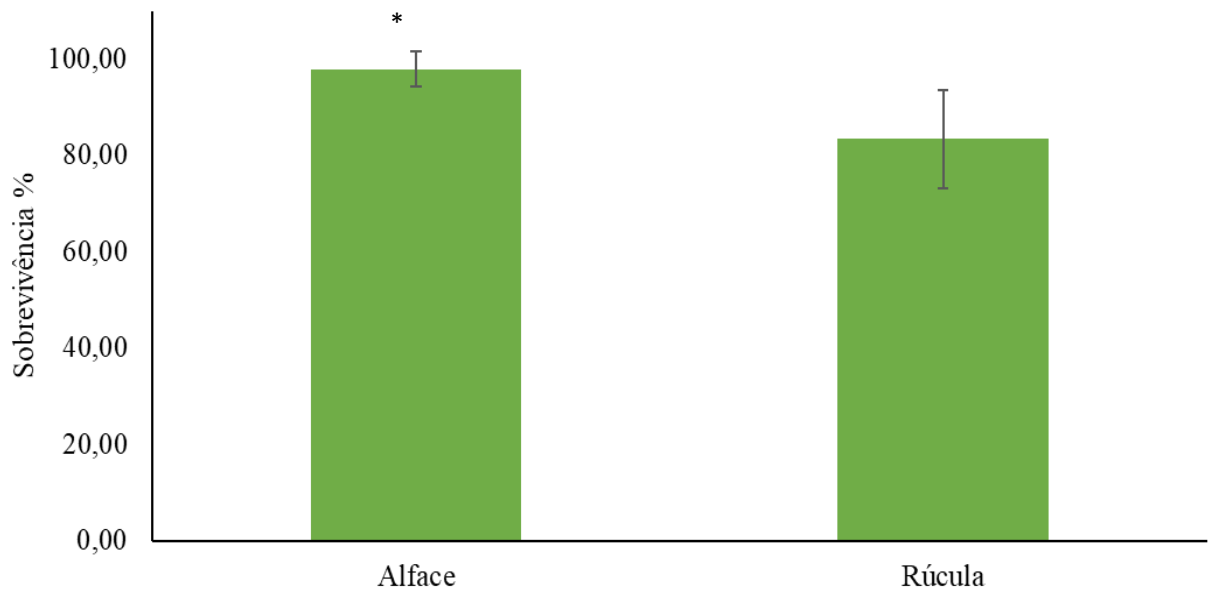


Figura 5 – Gráfico de sobrevivência das hortaliças cultivadas de forma integrada com tilápias-do-nilo (*Oreochromis niloticus*), demonstrando que o tratamento alface teve uma sobrevivência de 97,92% e rúcula 83,33%. *Indicam diferença no teste t.

Tabela 2. Dados fitotécnicos das alfaces e rúculas (média \pm desvio padrão) das alfaces (*Lactuca sativa* L) e rúculas (*Eruca sativa*) cultivadas em biofoco de forma integrada com tilápias-donilo (*Oreochromis niloticus*).

	Alface	Rúcula
Biomassa fresca total (g)	414,6 \pm 273,0*	13,65 \pm 8,11
Nº de folhas	9,6 \pm 2,07	10,35 \pm 0,89
Peso inicial (g)	2,26 \pm 0,019	1,39 \pm 0,078
Peso final (g)	39,46 \pm 0,069	4,01 \pm 0,142

*Indicam diferença no teste t.

A produção integrada de animal e vegetal possibilitou ao final do cultivo um volume superior de biomassa de alimento produzido (animal e vegetal), sendo que o controle produziu 5601g, tratamento alface 7359,81 g e 5786,38g tratamentos rúcula. O tratamento alface, se destacou por melhor se desenvolver e produzir mais alimentos com a utilização do mesmo modo de cultivo e com a mesma quantidade de recursos hídricos.

A alface apresentou sobrevivência de 98% (Figura 5) e ganho de biomassa fresca total superior a rúcula, enquanto o número de folhas não divergiu entre as culturas avaliadas (Tabela 2). Em trabalho realizado por (Lenz, et al., 2017) em um ciclo de 28 dias as alfaces apresentaram número de folhas superior ao obtido neste experimento. Mesmo fato ocorreu para a rúcula, trabalho realizado em aquaponia por (Soares, 2021) apresentou número de folhas superiores.

O experimento foi realizado entre os meses de fevereiro e março, em Araquari, período de calor intenso na região, no interior da estufa tivemos registros de até 45°C condicionando as hortaliças a temperaturas fora da sua faixa ideal de cultivo. Em alguns momentos a temperatura ambiente dentro da estufa chegou a atingir 45°C e a água do cultivo com temperatura média de 28,8°C, sendo inadequada para o cultivo das hortaliças. Temperaturas acima da faixa ideal podem levar ao fechamento do estômato que compromete do mecanismo de transpiração, cessando o processo de absorção passivo (Pes; Arenhardt, 2015). Além disto, a elevada temperatura do ambiente, as hortaliças apresentavam murcha transitória, ou seja, nos períodos mais quentes do dia, apresentava-se murcha por transpirar mais água do que absorvo, ao chegar à noite, e com a redução da temperatura ambiente as folhas das hortaliças retornavam a sua condição de normalidade.

O ótimo desenvolvimento da rúcula acontece entre 15 e 18°C, sendo outono ou inverno as melhores estações para plantio (Trani et al., 1992); já a alface melhor se desenvolve na faixa de 20° a 25°C (Maldonado et al., 2014). Este pode ser um fato que levou a alface produzir uma maior biomassa entre as hortaliças, pois as temperaturas estava, mais próxima do ideal ao seu

cultivo em relação a rúcula. Provavelmente, o uso de variáveis de hortaliças mais adaptadas as estações potencializarão os resultados em próximos estudos.

Ao longo do cultivo foram observados um baixo número de folhas e algumas com coloração não característica, sendo levemente amareladas, sugerindo presença de clorofila reduzida (Figura 6). Os caules das alfaces da apresentaram crescimento irregular, característico de estiolamento, fato provavelmente associado a temperatura do ambiente.

Plantas com deficiência de oxigenação apresentam folhas amareladas e redução no crescimento (Pes; Arenhardt, 2015). Ao longo do ciclo a espuma fenólica foi empregada como suporte das mudas no sistema NFT, este material acabou depositando sólidos e comprometendo o crescimento adequado das raízes, o que conseqüentemente implicou na redução da respiração radicular e da absorção de água e nutrientes.

Figura 6. Registro fotográfico das hortaliças cultivadas de forma integrada com tilápias-do-nilo(*Oreochromis niloticus*)



Figura .6 – (arquivo pessoal) A- alface produzida em água de biofoco, com folha de coloração fora do padrão. B- Rúcula coloração característica de ausência de clorofila. C – Raízes da alface com crescimento limitado devido a espuma fenólica. D - Raízes da rúcula com crescimento limitado devido a espuma fenólica. Todas as imagens retratam a fase final do experimento.

5.4 Dados zootécnicos das tilápias-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) cultivadas em sistema integrada com hortaliças

Tabela 3. Dados zootécnicos (média \pm desvio padrão) dos alevinos de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) cultivados em bioflocos e de forma integrada com hortaliças.

Dados zootécnicos	Controle	Alface	Rúcula
Peso final (g)	17,61 \pm 0,19	17,54 \pm 0,66	17,75 \pm 0,35
Sobrevivência (%)	98,75 \pm 1,77	99,69 \pm 0,62	99,69 \pm 0,62
Conversão Alimentar	0,58 \pm 0,01	0,59 \pm 0,03	0,57 \pm 0,01
Taxa de crescimento específico (%.dia ⁻¹)	10,23 \pm 0,08	10,17 \pm 0,25	10,29 \pm 0,14
Produtividade (kg.m ⁻³)	3,54 \pm 0,04	3,51 \pm 0,13	3,56 \pm 0,05

Os dados de desempenho zootécnico dos alevinos de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) cultivados em bioflocos de forma integrada com alface ou rúcula não diferiram entre tratamentos e nem em comparação ao controle (Tabela 3).

Trabalho realizado com tilápias-do-nilo em sistema FLOCponic avaliando dois níveis de proteína distintos obteve sobrevivência de 90,31% \pm 13,41 (Pinho, 2021), enquanto neste trabalho atingimos 99,69% \pm 0,62. A sobrevivência também ficou próxima a obtida em experimento realizado por (Lenz et al., 2017).

Os dados deste experimento sugerem que a adição de diferentes espécies vegetais (alface e rúcula) no sistema não alterou a absorção dos nutrientes necessários, assim como desenvolvimento dos peixes. Entretanto o crescimento dos animais poderia ter sido potencializado, pois no manejo deste experimento não foram realizadas biometrias para ajuste da quantidade de ração, optou-se por aumentar 10% do volume de ração semanalmente, o que não aparentemente não foi suficiente para suprir a demanda dos peixes.

5.5 Dados hematológicos

Tabela 4. Parâmetros hematológicos da Tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) cultivada em bioflocos com integração de hortaliças

Parâmetros	Controle	Alface	Rúcula
Contagem total e diferencial			
Trombócitos ($\times 10^3 \cdot \mu\text{L}^{-1}$)	5,45 \pm 1,94	7,27 \pm 0,89	6,47 \pm 1,34
Leucócitos totais ($\times 10^4 \cdot \mu\text{L}^{-1}$)	10,04 \pm 2,59	9,96 \pm 1,28	9,05 \pm 2,08
Linfócitos ($\times 10^3 \cdot \mu\text{L}^{-1}$)	9,45 \pm 2,09	9,40 \pm 1,19	8,83 \pm 1,99
Basófilos ($\times 10^3 \cdot \mu\text{L}^{-1}$)	0,06 \pm 0,11	0,17 \pm 0,08	0,21 \pm 0,11
Monócitos ($\times 10^3 \cdot \mu\text{L}^{-1}$)	0,01 \pm 0,04	0,01 \pm 0,05	0,01 \pm 0,03
Neutrófilos ($\times 10^3 \cdot \mu\text{L}^{-1}$)	0,00 \pm 0,03	0,01 \pm 0,02	0,00 \pm 0,01
Eosinófilos ($\times 10^3 \cdot \mu\text{L}^{-1}$)	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,01	0,00 \pm 0,01
Índices Hematimétricos			
Eritrócitos ($\times 10^6 \cdot \mu\text{L}^{-1}$)	0,97 \pm 0,36	1,00 \pm 0,14	1,27 \pm 0,17
Hematócrito (%)	31,70 \pm 0,14	31,35 \pm 7,28	25,40 \pm 1,66
Hemoglobina (g/dL ⁻¹)	9,40 \pm 1,30	13,18 \pm 5,02	5,17 \pm 0,95
Proteínas plasmáticas totais (mg. L ⁻¹)	1039,87 \pm 4,45	1037,30 \pm 3,96	1036,90 \pm 1,27
Volume Corpuscular Médio (10 ⁴ .fL)	3,34 \pm 1,18	3,78 \pm 3,15	2,79 \pm 1,36
Hemoglobina Corpuscular Média (10 ⁴ .pg)	0,97 \pm 0,45	1,01 \pm 0,40	6,40 \pm 0,23
Concentração de Hemoglobina Corpuscular Média (g.dL ⁻¹)	2,86 \pm 0,40	3,54 \pm 0,02	2,06 \pm 0,02

Não foram observadas alterações no perfil hematológico das tilápias cultivadas na presença ou não das hortaliças (Tabela 4). Sendo estes dados considerados dentro da normalidade à espécie. Os dados se aproximam com os obtidos por (Stockhausen et al., 2022), onde o modo de produção foi distinto do testado neste experimento, mas com proximidade nos dados hematológicos. Machado et al. (2021) ao avaliarem hematologia do Pacu (*Piaractus mesopotamicus*) cultivado em BFT e sistema aquapônico também observou que os peixes estavam saudáveis, concluindo que o sistema de cultivo não afetou a saúde dos peixes. O mesmo fato é relatado em trabalho realizado em aquaponia com balanceamento de N:P:K para produção aquapônica de alface, demonstrou não alterar os parâmetros hematológicos das tilápias-do-nilo (Duarte, 2023).

Através dos dados obtidos neste experimento é possível observar que a introdução de diferentes espécies não afetou a homeostase dos animais, os quais apresentaram dados hematológicos de acordo com o esperado para peixes em boas condições

6 Conclusão

A inserção de espécies de diferentes níveis tróficos em um único sistema de produção de tilápia-do-nilo em bioflocos elevou a sustentabilidade na produção de peixes e hortaliças, pois permitiu a otimização de nutrientes, aumentando da absorção de nutrientes.

Dentre as espécies cultivadas durante o experimento que alface demonstrou ser mais eficiente nas condições avaliadas, pois adaptou-se melhor ao sistema de cultivo (maior resistência a elevadas temperaturas, sobrevivência e retenção de N e P). Além disto, a inclusão da alface (*Lactuca sativa* L) ou rúcula (*Eruca sativa*) não interferem a o desempenho zootécnico e saúde das tilápias-do-nilo (*Oreochromis niloticus*).

7 Referências do artigo

APHA, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – SMEWW. American Public Health Association – APHA, 23h ed., Washington – USA, 2017. APHA, Standard Methods for the examination of Water and Wastewater – SMEWW.

Avnimelech, Y. Biofloc Technology-A Practical Guide Book, The World Aquaculture Society. **Louisiana, United States**, v. 120, 2009.

Carrijo, A.O.; Makishima, M.; Souza, A.F. 2000 Princípios de nutrição mineral, formulação e manejo da solução nutritiva. Princípios de Hidroponia. **Circular Técnica** 22. Embrapa. p.10-18.

Carvalho, W. A. F de. et al. Produção de alface (*Lactuca sativa*) em sistema aquapônico com tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*) sob diferentes porcentagens de alimento alternativo. **Revista cultivando o saber**. v. 13, p. 73-84, 2020.

Colt,J.; Semmens, K. Computation of feed conversion ratio (FCR^{plant}) and plant-fish mass ratio (PFRM) for aquaponic systems. **Aquacultural Engineering**.v. 98,2022.

<<https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2022.102260>

CONAB, 2017. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Safra 2016/17 - Oitavo levantamento, Brasília, v. 4 p.104-112 < <https://www.conab.gov.br>> acesso: 02 março 2023.

Duarte, SFP. Formulação de Rações Versáteis Para Ajuste da Relação N:P:K em Sistemas de Aquaponia: desempenho e higidez de juvenis de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*), e qualidade e quantidade na produção de alface.2023.67f. Dissertação (Escola Superior em Agricultura “Luiz de Queiroz”), Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2023.

Estim, A; Saufie, S; Mustafa, S. Water quality remediation using aquaponics sub-systems as biological and mechanical filters in aquaculture. **Journal of Water Process Engineering**. v.30 August 2019.

Genuncio, G. C. et al. Produtividade de rúcula hidropônica cultivada em diferentes épocas e vazões de solução nutritiva. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n.2, p. 605-608,2011. 10.1590/S0102-05362011000400027

Jardina, L. et al. Desempenho produtivo e qualidade de cultivares de rúcula em sistema semi-hidropônico. **Journal of Neotropical Agriculture**, v. 4, n. 1, 2017, p. 78-82.10.32404/rean.v.4.i1399.

Jatobá, A. et al. Diet supplemented with probiotic for Nile tilapia in polyculture system with marine shrimp. **Fish physiology and biochemistry**, v. 37, p. 725-732, 2011.

Jatobá, A.; Borges, Y. V.; Silva, F. A. BIOFLOC: sustainable alternative for water use in fish culture. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v. 71, p. 1076-1080, 2019.

Jordan, R.A. Manual de Aquaponia da UFGD. Dourados, MS: UFGD, 2022. 150p. Disponível em: <<https://omp.ufgd.edu.br/omp/index.php/livrosabertos/catalog>. ISBN: 978-85-8147-187-7 > e-book acesso em: 25 maio 2023

LENZ, GUILHERME LUIS. Lettuce (*Lactuca sativa*) production with effluent from a tilapia culture maintained in BFT and low salinity.v. 43. n 4,2017. <<https://doi.org/10.20950/1678-2305.2017v43n4p614>>

Luz, G.L. et al. 2008 A questão do nitrato em alface hidropônica e a saúde humana. **Ciência Rural**, v.38, n.8, p.2388-2394,2008.

Machado, M.M. et al. Hematology and zootechnical performance of Pacu (*Piaractus mesopotamicus*) cultured in bioflocs and aquapony. **Brazilian Journal of Development**, 2021 v.7, n.7, p. 66555-66571 <10.34117/bjdv7n7-095>

Maldonado, I. R. Manual de boas práticas na produção de Alface. – Brasília, DF: **Embrapa Hortaliças**, 2014. 44 p. - (Documentos / Embrapa Hortaliças, ISSN 1677-2229; 141).

Mugwanya, M.;et al. Biofloc Systems for Sustainable Production of Economically Important Aquatic Species: A Review. **Sustainability** 2021, 13, 7255. <<https://doi.org/10.3390/su13137255>>

Nouals, C.M.; et al. Ciclo circadiano no desempenho de juvenis de tilápia-do-nilo, submetidos a diferentes manejos alimentares. **Revista Científica Rural**.v.23, p.201-217, 2021. < DOI:10.30945/rer-v23i1.3561 >

Opitz, I. et al. Contributing to food security in urban areas: differences between urban agriculture and peri-urban agriculture in the Global North. **Agriculture and Human Values**. v. 33, p.341 – 358, 2015. <DOI 10.1007/s10460-015-9610-2>

Pattillo DA, Hager JV, Cline DJ, Roy LA, Hanson TR. System design and production practices of aquaponic stakeholders. PLoS One. 2022 Apr 1;17(4):e0266475. doi: 10.1371/journal.pone.0266475. PMID: 35363828; PMCID: PMC8975150

Pérez-urrestarazu, L; Lobillo-eguíba, J.; Fernández-cañero, R. Suitability and optimization of FAO's small-scale aquaponics systems for joint production of lettuce (*Lactuca sativa*) and fish (*Carassius auratus*). **Aquacultural Engineering**. v. 85, p. 129–137,2019.

Queiroz, Julio F, et al. Manejo alimentar e da qualidade da água na produção de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). **Infoteca Embrapa**. D.130, p. 7-35, 2021.

Ranzani-Paiva, Maria José Tavares et al. **Métodos para análise hematológica em peixes**. Editora da Universidade Estadual de Maringá-EDUEM, 2013.

Rocha, A.F da; et al. Lettuce Production Aquaponic and Biofloc System With Silver Catfish *Rhamdia quelen*. **Boletim Instituto de Pesca**.v.44, p. 64-73, 2017.

Santos, M. P.L. Smart cities and urban areas—Aquaponics as innovative urban agriculture **Urban Forestry & Urban Greening** , v.20, p. 402 – 406, 2016.
<<https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.10.004>>

Soares, J.A.B. Produção De Rúcula em Sistema Aquapônico no Cerrado.2021.55f. Dissertação (Ciências Agrárias) INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO. Rio Verde, 2021.

Silva, Bruno Corrêa et al. Desempenho zootécnico e econômico da tilápia, linhagem GIFT-Epagri SC02, em cultivo semi-intensivo em Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, v. 33, n. 2, p. 19-21, 2020.

Stockhausen, L et al. Dieta prática com substituição total da farinha de peixe por farelo de soja para tilápia-do-nylo: desempenho de crescimento e efeitos na saúde. **Ciência Animal Brasileira**. v.23,2022. <<https://doi.org/10.1590/1809-6891v22e-71567P>>.

Taiz, L.; Zeiger, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed., Artmed, 2013. p.96-135.

United Nations – UN. Department of Economic and Social Affairs Population Division. (2014b). World Urbanization Prospects: the 2018 revision (pp. 517). New York: United Nations. Acesso em: 17 de maio de 2023.

ZAR JH. Biostatistical analysis, 5th edn. Pearson Prentice-Hall, Upper Saddle River 2010

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Importante destacar que o espaço físico utilizado para a realização do experimento precisa passar por adequações para melhorias de estruturas, principalmente voltadas para a climatização do espaço.

Para futuras pesquisas se faz necessário mais estudos que permitam estabelecer uma faixa segura de volume de floco para que não ocorra o comprometimento das raízes, bem como avaliar outros possíveis suportes para as plantas dentro da calha NFT.

9 REFERÊNCIAS DA DISSERTAÇÃO

Ahmad.H, I. et al. Growth, non-specific immunity and disease resistance of *Labeo rohita* against *Aeromonas hydrophila* in biofloc systems using different carbon sources. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 457, n. 20, p. 61-67, 2016.

AOAC (2005) Official method of Analysis. 18th Edition, Association of Officiating Analytical Chemists, Washington DC, Method 935.14 and 992.24.

APHA, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – SMEWW. American Public Health Association – APHA, 23h ed., Washington – USA, 2017. APHA, Standard Methods for the examination of Water and Wastewater – SMEWW.

Avnimelech, Y. Biofloc Technology-A Practical Guide Book, The World Aquaculture Society. **Louisiana, United States**, v. 120, 2009.

Bernstein, S., 2011. Aquaponic Gardening: A Step-By-Step Guide to Raising Vegetables and Fish Together. **New Society Publishers**, Gabriola Island, Canadá.

Brown, K.H.; A. Carter. 2003. Urban agriculture and community food security in the United States: Farming from the city centre to the urban fringe. A Primer Prepared by the Community Food Security Coalition’s North American Urban Agriculture Committee. Venice California

Carrijo, A.O.; Makishima, M.; Souza, A.F. 2000 Princípios de nutrição mineral, formulação e manejo da solução nutritiva. Princípios de Hidroponia. **Circular Técnica 22**. Embrapa. p.10-18.

Carvalho, W. A. F de. et al. Produção de alface (*Lactuca sativa*) em sistema aquapônico com tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*) sob diferentes porcentagens de alimento alternativo. **Revista cultivando o saber**. v. 13, p. 73-84, 2020.

Colt, J.; Semmens, K. Computation of feed conversion ratio (FCR^{plant}) and plant-fish mass ratio (PFRM) for aquaponic systems. **Aquacultural Engineering**. v. 98, 2022
<<https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2022.102260>>

CONAB, 2017. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Safra 2016/17 - Oitavo levantamento, Brasília, v. 4 p.104-112 <<https://www.conab.gov.br>> acesso: 02 março 2023

David, L.H. et al. Emergency synthesis for aquaculture: a review on its constraints and potentials. **Aquaculture**. 2020 13, 1119–1138. <<https://doi.org/10.1111/raq.12519>>

Deschryver, P. R. et al. The basics of bio-flocs technology: the added value for aquaculture. **Aquaculture**. v. 277, n. 3-4, p. 125-137, 2008.

Duarte, SFP. Formulação de Rações Versáteis Para Ajuste da Relação N:P:K em Sistemas de Aquaponia: desempenho e higidez de juvenis de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*), e qualidade e quantidade na produção de alface. 2023. 67f. Dissertação (Escola Superior em Agricultura “ Luiz de Queiroz”), Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2023

Estim, A; Saufie, S; Mustafa, S. Water quality remediation using aquaponics sub-systems as biological and mechanical filters in aquaculture. **Journal of Water Process Engineering**. v.30 August 2019

Genuncio, G. C.; et al. Produtividade de rúcula hidropônica cultivada em diferentes épocas e vazões de solução nutritiva. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n.2, p. 605-608, 2011. 10.1590/S0102-05362011000400027

Jardina, L. et al. Desempenho produtivo e qualidade de cultivares de rúcula em sistema semi-hidropônico. **Journal of Neotropical Agriculture**, v. 4, n. 1, 2017, p. 78-82.10.32404/rean.v4i1399.

Jatobá, A. et al. Diet supplemented with probiotic for Nile tilapia in polyculture system with marine shrimp. **Fish physiology and biochemistry**, v. 37, p. 725-732, 2011.

Jatobá, A.; Borges, Y. V.; Silva, F. A. BIOFLOC: sustainable alternative for water use in fish culture. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v. 71, p. 1076-1080, 2019.

Jordan, R.A. Manual de Aquaponia da UFGD. Dourados, MS: UFGD, 2022. 150p. Disponível em: <<https://omp.ufgd.edu.br/omp/index.php/livrosabertos/catalog> ISBN: 978-85-8147-187-7 > e-book acesso em: 25 maio 2023

Lang, T. E D. 2012. Segurança alimentar e sustentabilidade alimentar: Reformulando o debate. **The Geographical Journal** 178(4): 313–326.

LENZ, GUILHERME LUIS. Lettuce (*Lactuca sativa*) production with effluent from a tilapia culture maintained in BFT and low salinity. **Boletim Instituto de Pesca**. v.43. n 4,2017 <<https://doi.org/10.20950/1678-2305.2017v43n4p614>>

Luz, G.L.; et al. 2008 A questão do nitrato em alface hidropônica e a saúde humana. **Ciência Rural**, v.38, n.8, p.2388-2394,2008.

Machado, M.M. et al. Hematology and zootechnical performance of Pacu (*Piaractus mesopotamicus*) cultured in bioflocs and aquapony. **Brazilian Journal of Development** . , v.7, n.7, p. 66555-66571 <10.34117/bjdv7n7-095>

Maldonado, I. R. Manual de boas práticas na produção de Alface. – Brasília, DF: **Embrapa Hortaliças**, 2014. 44 p. - (Documentos / Embrapa Hortaliças, ISSN 1677-2229; 141).

Mariscal-lagarda, M.M., et al. Integrated culture of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) and tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) with low salinity groundwater: management and production. **Aquaculture** 366, 76–84, 2012 <<http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.09.003>>

Mugwanya, M.;et al. Biofloc Systems for Sustainable Production of Economically Important Aquatic Species: A Review. **Sustainability** 2021, 13, 7255. <https://doi.org/10.3390/su13137255>

Nouals, C.M.; et al. Ciclo circadiano no desempenho de juvenis de tilápia-do-nilo, submetidos a diferentes manejos alimentares. **Revista Científica Rural**.v.23, p.201-217, 2021. < DOI:10.30945/rcr-v23i1.3561 >

Opitz, I. et al. Contributing to food security in urban areas: differences between urban agriculture and peri-urban agriculture in the Global North. **Agriculture and Human Values**. v. 33, p.341 – 358, 2015. <DOI 10.1007/s10460-015-9610-2>

- Pérez-urrestarazu, L; Lobillo-eguíba, J.; Fernández-cañero, R. Suitability and optimization of FAO's small-scale aquaponics systems for joint production of lettuce (*Lactuca sativa*) and fish (*Carassius auratus*). **Aquacultural Engineering**. v. 85, p. 129–137, 2019
- Pes, L.M; Arenhardt, M.H. **Fisiologia Vegetal** - Santa Maria, RS : Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Politécnico, Rede e-Tec Brasil, 2015.p. 81, 2015
- Pinho, S. M ;et al. Modelling FLOCponics systems: Towards improved water and nitrogen use efficiency in biofloc-based fish culture. **Byosystems Engineering**. v.229, p. 96-115, 2023. <// 10.1016/j.biosystemseng.2023.03.022>
- Pinho, S. M **et al.** Modelling FLOCponics systems: Towards improved water and nitrogen use efficiency in biofloc-based fish culture. **Ecological Engineering**. V.103, p. 146-153, 2017. <//doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.03.009>
- Pinho, S. M. et al. Decoupled FLOCponics systems as an alternative approach to reduce the protein level of tilapia juveniles' diet in integrated agri-aquaculture production. **Aquaculture**, v. 543, p. 736932, 2021.< //doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736932>
- Quartarolli, L. A. C. O desafio do transporte de alimentos in natura uma reflexãosobre a importância em temps de pandemia. **Diálogos Acadêmicos IESCAMP**,v.4 n2 (2020)
- Queiroz, Julio F, et al. Manejo alimentar e da qualidade da água na produção de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). **Infoteca Embrapa**. D.130, p. 7-35, 2021
- Ranzani-Paiva, Maria José Tavares et al. **Métodos para análise hematológica em peixes**. Editora da Universidade Estadual de Maringá-EDUEM, 2013.
- Rocha, A.F da; et al. Lettuce Production Aquaponic and Biofloc System With Silver Catfish *Rhamdia quelen*. **Boletim Instituto de Pesca**.v.44, p. 64-73, 2017
- Santos, M. P.L. Smart cities and urban areas—Aquaponics as innovative urban agriculture **Urban Forestry &Urban Greening**, v.20, p. 402 – 406, 2016. < https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.10.004>
- Santos, Milton. **A Urbanização Brasileira**. São Paulo: EDUSP, 2005.
- Soarres, J.A.B. Produção De Rúcula em Sistema Aquapônico no Cerrado.2021.55f. Dissertação (Ciências Agrárias) INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO. Rio Verde, 2021
- Silva, Bruno Corrêa et al. Desempenho zootécnico e econômico da tilápia, linhagem GIFT-Epagri SC02, em cultivo semi-intensivo em Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, v. 33, n. 2, p. 19-21, 2020.

Stockhausen, L et al. Dieta prática com substituição total da farinha de peixe por farelo de soja para tilápia-do-nylo: desempenho de crescimento e efeitos na saúde. **Ciência Animal Brasileira**. v.23,2022 <<https://doi.org/10.1590/1809-6891v22e-71567P>>

Taiz, L.; Zeiger, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed., Artmed, 2013. p.96-135.

Trani, P. E.; Fornasier, J. B.; Lisbão, R. S. Cultura da rúcula. **Boletim técnico** 146, Campinas, p.8, 1992

Tyson, R.V.; Treadwell, D.D.; Simonne, E. H. Opportunities and Challenges to Sustainability in Aquaponic Systems. *HortTechnology*. v. 21, p. 6-13, 2011 <<https://doi.org/10.21273/HORTTECH.21.1.6>>

United Nations – UN. Department of Economic and Social Affairs Population Division. (2014b). *World Urbanization Prospects: the 2018 revision* (pp. 517). New York: United Nations. Acesso em: 17 de maio de 2023

ZAR JH. *Biostatistical analysis*, 5th edn. Pearson Prentice-Hall, Upper Saddle River 2010

<<https:// World Urbanization Prospects - Population Division - United Nations>>
acesso:12 fevereiro 2023

10 Anexos

Anexo A: Certificado de aprovação pelo CEUA para execução do experimento.

efox

https://sig.ifc.edu.br/sipac/protocolo/documento/documento_visualizacao.jsf?imprimir=true&i


MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL CATARINENSE
ARAQUARI - COORD. ENSINO SUPERIOR

CERTIFICADO Nº 367 / 2021 - CGES/ARA (11.01.02.39)

Nº do Protocolo: 23349.002642/2021-41

Araquari-SC, 28 de junho de 2021.

COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA) DO INSTITUTO FEDERAL CATARINENSE, CAMPUS ARAQUARI CERTIFICADO

Certificamos que o projeto intitulado "**Aquicultura multitrófica integrada: produção sustentável através da diversificação, visando incrementar a produtividade do agronegócio catarinense**" de protocolo número "**372/2021**" sob a responsabilidade de "**Adolfo Jatoba Medeiros Bezerra**" que envolve a utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de **Pesquisa** encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794 de 08 de Outubro de 2008, do Decreto 6.899 de 15 de Julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA) e foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais IFC-Araquari em reunião de "**16/06/2021**".

Vigência do projeto:	01/09/2021 a 31/12/2024
Espécie/Linhagem:	Peixes / Tilápia-do-nilo
Nº de Animais:	1.252 animais
Peso/Idade:	10g / 1 a 3 meses
Sexo:	Não especificado
Origem:	Laboratório de Aquicultura - IFC Araquari

Firefox

https://sig.ifc.edu.br/sipac/protocolo/documento/documento_visualizacao.jsf?imprimir=true&i

OBS:

Em caso de não execução do projeto, deve ser solicitada a retirada do mesmo em até 60 dias após a emissão do parecer conforme orientação disponível em <http://araquari.ifc.edu.br/ceua/>

60 dias após a execução do projeto, deve ser submetido relatório final para avaliação do comitê conforme regimento do CEUA Artigo 25 §4: § 4º. O proponente de um projeto/protocolo deve, ao final da execução do mesmo, encaminhar à CEUA/IFC o relatório final contendo informações básicas baseando-se nos itens descritos no formulário de submissão. O não envio de relatórios de projetos/protocolos já concluídos implicará na não aprovação de novos projetos/protocolos do mesmo proponente.

Elizabeth Schwegler
Médica Veterinária (CRMV/RS 10058)
Prof. EBTT (Siape nº 1046884)

Coordenadora da Comissão de Ética no Uso de Animais do IFC - Campus Araquari
Portaria nº 247/2018/Reitoria

(Assinado digitalmente em 28/06/2021 13:27)
ELIZABETH SCHWEGLER
PROFESSOR ENS. BÁSICO TECN. TECNOLÓGICO
CGES/ARA (11.01.02.39)
Matricula: 1046884

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sig.ifc.edu.br/public/documentos/index.jsp> informando seu número: **367**, ano: **2021**, tipo: **CERTIFICADO**, data de emissão: **28/06/2021** e o código de verificação: **9fc7e9fbe5**

2 de 2

28/06/2021 13:27

Anexo B: Croqui das unidades experimentais alocadas na estufa de cultivo.



Anexo C: Croqui aéreo de uma unidade experimental.

