

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO
CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**VIABILIDADE ECONÔMICA DE SISTEMA AQUAPÔNICO CULTIVADO
COM ALFACE SOB EFEITO DA DENSIDADE DE JUVENIS DE TILÁPIA E
VOLUME DE MATERIAL FILTRANTE**

Autora: Isabel Rodrigues de Rezende

Orientador: Prof. Dr. Adriano Carvalho Costa

Rio Verde - GO

JUNHO – 2021

**VIABILIDADE ECONÔMICA DE SISTEMA AQUAPÔNICO CULTIVADO
COM ALFACE SOB EFEITO DA DENSIDADE DE JUVENIS DE TILÁPIA E
VOLUME DE MATERIAL FILTRANTE**

Autora: Isabel Rodrigues de Rezende

Orientador: Prof. Dr. Adriano Carvalho Costa

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde – Área de concentração Zootecnia/Recursos Pesqueiros.

Rio Verde - GO

JUNHO – 2021

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

R Rezende, Isabel Rodrigues de
 VIABILIDADE ECONÔMICA EM SISTEMA AQUAPÔNICO
 CULTIVADO COM ALFACE SOB EFEITO DA DENSIDADE DE
 JUVENIS DE TILÁPIAS E VOLUME DE MATERIAL FILTRANTE /
 Isabel Rodrigues de Rezende; orientador Adriano
 Carvalho Costa. -- Rio Verde, 2021.
 47 p.

 Dissertação (Mestrado em Mestrado em Zootecnia) --
 Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2021.

 1. aquicultura. 2. hortaliças. 3. investimento. 4.
 produção. 5. sustentabilidade. I. Carvalho Costa,
 Adriano , orient. II. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input type="checkbox"/> TCC - Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Isabel Rodrigues de Rezende

Matrícula: 2021202320140005

Título do Trabalho: viabilidade econômica de sistema aquapônico cultivado com alface sob efeito da densidade de juvenis de tilápia e volume de material filtrante

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 01 / 10 / 2024

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde, 02/09/2024 .



Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:



Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**VIABILIDADE ECONÔMICA DE SISTEMA AQUAPÔNICO CULTIVADO COM
ALFACE SOB EFEITO DA DENSIDADE DE JUVENIS DE TILÁPIA E VOLUME DE
MATERIAL FILTRANTE**

**Autora: Isabel Rodrigues de Rezende
Orientador: Adriano Carvalho Costa**

**TITULAÇÃO: Mestre em Zootecnia - Área de Concentração em
Zootecnia/Recursos Pesqueiros.**

APROVADO em 25 de junho de 2021.

**Dr. Marconi Batista Teixeira
Avaliador externo
IF Goiano/Rio Verde**

**Dr. Lélis Pedro de Andrade
Avaliador externo
IFMG/Formiga**

**Dr^a. Patrícia Faquinello
Avaliadora interna
IF Goiano/Ceres**

**Dr. Adriano Carvalho Costa
Presidente da banca
IF Goiano/Rio Verde**

Documento assinado eletronicamente por:

- Marconi Batista Teixeira, COORDENADOR DE CURSO - FUC1 - UCPG-RV, em 01/07/2021 10:35:50.
- Patricia Faquinello, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 30/06/2021 14:28:45.
- Lélis Pedro de Andrade, Lélis Pedro de Andrade - Professor Avaliador de Banca - Instituto Federal Minas Gerais (1), em 29/06/2021 10:25:37.
- Adriano Carvalho Costa, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 29/06/2021 08:21:25.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 18/06/2021. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 281831

Código de Autenticação: 863d5f702e



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Rio Verde
Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, None, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970
(64) 3620-5600

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecer a Deus, por sempre auxiliar em todos os momentos da minha vida e sempre me dando forças para alcançar os meus objetivos.

Gosto muito de uma frase de Chico Xavier, que diz. "Ninguém cruza o nosso caminho por acaso e nós não entramos na vida de alguém sem nenhuma razão. Então, em cada etapa da nossa vida conhecemos pessoas que iremos ter um grande aprendizado." Essas pessoas que irei citar são importantes, cada uma de maneira peculiar.

Aos meus queridos pais que eu tanto amo, Maria Regina Rodrigues Alves e Paulo de Rezende Alves. Sem eles não teria chegado tão longe. Nenhuma palavra ou gestos são capazes de transmitir tanta gratidão e amor que tenho por eles. E, também, não poderia deixar de fora meu irmão, Paulo Renato de Rezende.

Ao meu orientador, Professor Dr. Adriano Carvalho Costa, por todo ensinamento durante esses dois anos de mestrado. Devemos estar abertos para conhecer novas áreas e você me desafiou e acreditou em mim. Não me arrependo nenhum momento por ter aceitado esse desafio. Sou eternamente grata por todo aprendizado, companheirismo e pelas conversas. Sempre que precisar pode contar comigo. Muito Obrigada!

Gostaria de agradecer também a um grande amigo, que apesar da distância, sempre me deu forças quando precisei, obrigada, Higor Santiago.

Priscilla Santos, Beatriz Ligoski, Jemima Campos, Yasmin Scatena e Brenda Rios. Obrigada meninas por tudo, por me escutar, por me consolar quando eu mais precisei, pelas risadas e conversas. Vocês conheceram junto comigo a pessoa que eu jamais pensei que fosse. Descobri-me juntamente com vocês uma nova Isabel. Fiquem sabendo que vocês poderão contar comigo sempre que precisarem. Estou terminando o mestrado, mas quero levar vocês pra sempre.

Não poderia deixar de agradecer também aos demais do grupo NEPEAQUA, que sempre auxiliaram nas atividades do sistema aquapônico. Apesar das diversidades nos tornamos uma família.

Aos meus colegas de curso e professores do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Goiano - campus Rio Verde do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pelas experiências e aprendizados adquiridos

À FAPEG - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás, pelo financiamento do projeto.

ÍNDICE

CAPÍTULO I.....	10
1 INTRODUÇÃO GERAL	10
2 Objetivos Gerais.....	10
2.1 Produção sustentável de alimentos.....	11
2.3 Aquaponia	13
2.3.1 Fatores que afetam o sistema aquapônico	18
2.4 Viabilidade Econômica	21
CAPÍTULO II	26
1 Introdução.....	28
2 MATERIAL E MÉTODOS	29
2.1 Caracterização do sistema aquapônico.....	29
2.2 Viabilidade econômica.....	30
3 Resultados e Discussão	34
4 Conclusão	43
5 Referências Bibliográficas	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo I

Figura 1 – Sistema Lavoura Pecuária – ILPF	12
Figura 2 – Sistema Agroflorestal.....	12
Figura 3 – Compostagem.....	13
Figura 4 – Sistema Aquapônico.....	13
Figura 5 – Sistema NFT - técnica de filme de nutrientes.....	17
Figura 6 – Sistema DFT - sistema de fluxo profundo.....	17
Figura 7 – Sistema MBT - sistemas baseados em mídia.....	18

Capítulo II

Figura 1 - módulo do sistema aquapônico do Instituto Federal Goiano	30
Figura 2 – Diferença da coloração dos tratamentos das alfaces.....	36

ÍNDICE DE TABELAS

Capítulo II

Tabela 1- Custo fixo por sistema de cultivo e do berçario.....	32
Tabela 2 - Custo variável de acordo com os tratamentos.....	33
Tabela 3 - Custos com a montagem do sistema de aeração.....	33
Tabela 4 – Resultados da avaliação dos investimentos do sistema aquapônico.....	38
Tabela 5 - Fluxo de caixa anual e acumulado (Payback) dos tratamentos nos cinco anos de produção.....	40
Tabela 6 - Taxa de interna de retorno de acordo com quantidade de peixes (QP) e alfaces comercializadas.....	42
Tabela 7 – Taxa interna de retorno de acordo com preço dos peixes e das alfaces.....	45

LISTA DE ABREVIATURAS

DFT-TÉCNICA DE FILME PROFUNDO

MBT- TÉCNICA DE LEITO DE MÍDIA

NFT-TÉCNICA DE FILME NUTRITIV

TIR- TAXA INTERNA DE RETORNO

TMA - TAXA MÍNIMA DE RETORNO

VPL- VALOR PRESENTE LÍQUIDO

RESUMO

Na agricultura, a aquaponia surge como uma alternativa de redução do impacto ambiental na produção de alimentos, podendo ser implementada no campo e na cidade. A aquaponia é uma atividade integrada que une a aquicultura e a hidroponia. Esta técnica é considerada sustentável, pois a água da aquicultura é utilizada pelas plantas aproveitando os nutrientes disponíveis reduzindo a quantidade de resíduos lançando no ambiente. Esse sistema possui um biofiltro que é colonizado por bactérias nitrificantes que convertem amônia para nitrito e posteriormente para nitrato. Uma das principais vantagens da aquapônico em relação aos sistemas convencionais é o menor volume de água utilizada, que é realizado por meio de recirculação total. Esse sistema pode ser aplicado em pequena e grande escala, com baixo custo de implementação, permitindo a diversificação da produção de alimentos de origem animal e vegetal. Vários fatores podem afetar a produção na aquaponia entre eles podem ser destacados a densidade de estocagem de peixes e o volume do biofiltro. Quanto maior a quantidade de peixes, maior a quantidade de resíduos gerados e nutrientes disponíveis para as plantas, entretanto densidades menores promovem o maior crescimento dos peixes, mas podem não ser suficientes para nutrir as plantas. O volume do biofiltro é extremamente importante para o ciclo do nitrogênio no ambiente aquático, quanto maior o volume do biofiltro melhor será a qualidade de água. Entretanto volumes superdimensionados podem inviabilizar economicamente. O estudo da viabilidade econômica é de extrema importância para avaliar a aplicabilidade do negócio e projeção de mercado, sendo uma forma de ter maior segurança na implementação do sistema aquapônico para produtores e empresas. O presente trabalho teve com o objetivo avaliar a viabilidade econômica e sistema aquapônico cultivado com alface sob diferentes densidades de tilápia e volume de material filtrante. Foram avaliadas as densidades de 30, 60 e 90 juvenis de tilápias/m³ e os volumes 50 e 70 litros de argila expandida, com três repetições por tratamento, sendo a parcela experimental composta por um módulo aquapônico modelo NFT (técnica do fluxo laminar de nutrientes). O NFT foi composto por uma caixa de mil litros para cultivo dos peixes, um decantador de 200 litros, um biofiltro com capacidade de 200 litros, seis calhas hidropônicas com 9 plantas por calha espaçadas em 20 centímetros e uma bomba modelo SB270 marca Sarlo Better. Os custos de implementação e capital de giro foram levantados após o cultivo de um ciclo de alface e analisados os indicadores econômicos como de fluxo de caixa, Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Payback, considerando a taxa de atratividade de 15% ao ano no cenário de cinco anos. Verificou-se que não houve efeito da densidade de estocagem e volume de material filtrante sobre o peso final dos juvenis de tilápias, apresentando o mesmo valor de mercado para todos os tratamentos. Já para as alfaces, verificou-se que preço de venda, as que foram cultivadas em menor densidade de peixe apresentaram menor valor de mercado, não havendo efeito do volume de material filtrante. Esses resultados impactaram diretamente os índices econômicos, sendo verificado que as densidades de 60 a 90 juvenis/m³ apresentaram VPL positivo, TIR maior que a taxa mínima de atratividade de 15% com retorno do capital investido no terceiro ano de cultivo. Já os tratamentos com menores densidades de peixe não foram viáveis com VPL e TIR negativos. Os resultados evidenciam que a aquaponia é uma atividade economicamente viável quando utilizada a densidade de peixe adequada, podendo ser uma alternativa para produção em agricultura urbana.

Palavras-chave: aquicultura, hortaliças, investimento, produção, sustentabilidade.

ABSTRACT

In agriculture, aquaponics emerges as an alternative to reduce the environmental impact in food production and can be implemented in the countryside and in the city. Aquaponics is an integrated activity that unites aquaculture and hydroponics. This technique is considered sustainable, as aquaculture water is used by plants, taking advantage of available nutrients, reducing the amount of waste released into the environment. This system has a biofilter colonized by nitrifying bacteria that convert ammonia to nitrite and subsequently to nitrate. One of the main advantages of aquaponic compared to conventional systems is the lower water volume used, as it is carried out through total recirculation. This system can be applied on a small and large scale, with low implementation costs, allowing the diversification of food production of animal and plant origin. Several factors can affect production in aquaponics, among them are the fish stocking density and the biofilter volume. The greater the number of fish, the greater the amount of waste generated and nutrients available to plants, however lower densities promote greater fish growth, but may not be enough to nourish the plants. The biofilter volume is extremely important for the nitrogen cycle in the aquatic environment, the greater the biofilter volume, the better the water quality. However, oversized volumes can make it economically unfeasible. The economic viability study is extremely important to evaluate the business applicability and for market projection, being a way to have greater security in the aquaponic system implementation for producers and companies. The present work aimed to evaluate the economic viability and aquaponic system cultivated with lettuce under different densities of tilapia and filter material volume. The densities of 30, 60 and 90 juveniles of tilapia/m³ and the volumes of 50 and 70 liters of expanded clay were evaluated, with three replications per treatment. The NFT consisted of a 1,000 liter box for fish cultivation, a 200 liter decanter, a 200 liter biofilter, six hydroponic troughs with 9 plants per trough spaced 20 centimeters apart and a pump model SB270 brand Sarlo Better. The implementation costs and working capital were raised after growing a lettuce cycle and analyzed economic indicators such as cash flow, Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR) and Payback, considering a rate of attractiveness of 15% per year in the five-year scenario. It was found that there was no effect of stocking density and filter material volume on the juvenile tilapia final weight, with the same market value for all treatments. As for lettuces, it was found that the selling price, those that were grown in a lower density of fish had a lower market value than the others, with no effect of the filter material volume. These results had a direct impact on the economic indices, and it was verified that the densities of 60 to 90 juveniles/m³ presented positive NPV, IRR greater than the minimum rate of attractiveness of 15% with return on capital invested in the third year of cultivation. On the other hand, treatments with lower fish densities were not viable with negative NPV and IRR. The results show that aquaponics is an economically viable activity when using adequate fish density, and may be an alternative for urban agriculture production.

Keywords: aquaculture, investment, production, sustainability, vegetables.

CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento populacional há aumento na demanda de alimentos, tornando importante o desenvolvimento de tecnologias que melhorem a produção com redução do impacto ambiental. Proporcionando melhoria na alimentação e renda populacional, através da maior disponibilidade de alimentos com preços mais acessíveis e de qualidade nutricional (Santos, 2020).

Com o aumento na produção, consumo de peixe e vegetais a aquaponia pode ser uma maneira de melhorar a sustentabilidade dos sistemas alimentares. Que é um sistema de produção integrada entre aquicultura e a hidroponia por meio da recirculação de água que pode ser implementada no campo e na cidade em pequena e larga escala. Apresenta-se como uma técnica alternativa de produção de alimentos com baixo consumo de água e alto aproveitamento de resíduos orgânicos transformando em nutrientes. É um sistema menos impactante ao meio ambiente por suas características sustentáveis e que agrega valor ao produto (Schmautz et al., 2021).

Vários fatores podem afetar a produção vegetal e animal na aquaponia, entre eles podem ser destacados a densidade de estocagem de peixes e o volume do biofiltro. Quanto maior a quantidade de peixes, maior a quantidade de resíduos gerados e nutrientes disponíveis para as plantas, entretanto densidades menores promovem o maior crescimento dos peixes, mas podem não ser suficientes para nutrir as plantas. O volume do biofiltro é extremamente importante para o ciclo do nitrogênio no ambiente aquático, quanto maior o volume do biofiltro melhor será a qualidade de água. Entretanto volumes superdimensionados podem inviabilizar economicamente (Birolo et al., 2020).

O estudo da viabilidade econômica é de extrema importância para avaliar a aplicabilidade do negócio e para projeção de mercado, sendo uma forma de ter maior segurança na implementação para produtores e empresas. Trabalhos avaliando a viabilidade econômica em sistema aquapônico são escassos na literatura científica, sendo fundamentais para o sucesso da atividade. Dessa forma, estudos de análise econômica nessa área são relevantes e podem trazer informações valiosas para o setor produtivo (Abusin;Mandikiana, 2020).

2 Revisão de literatura

2.1 Produção sustentável de alimentos

Com a expansão da agricultura desencadeou impactos ambientais como desmatamento, contaminação e degradação dos recursos hídricos e solo. O agravamento dos impactos ambientais contribuiu para o aumento da busca dos consumidores por produtos sustentáveis e motivaram o desenvolvimento de pesquisas e tecnologias para sistemas de produção de alimentos capazes de responder positivamente na produção sustentável no intuito de solucionar problemas ambientais e econômicos. As empresas e produtores estão investindo em pesquisas agrícolas que estão diretamente relacionadas ao conceito de agricultura sustentável (Filho, 2005).

O termo “Desenvolvimento sustentável” é utilizado para designar um modelo econômico que busque conciliar a preservação e manutenção dos recursos naturais. O princípio da sustentabilidade propõe que o crescimento econômico não deve provocar a degradação ambiental, em 1988 foi contemplado na constituição brasileira no artigo 225 instituindo que: “todos têm o direito ao meio ambiente, bem o uso comum e essencial a qualidade de vida, impondo ao poder público e a coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes futuras gerações” (Bellen, 2003).

A sustentabilidade tem três pilares, o ambiental, econômico e o social. O ambiental se refere à estabilidade dos recursos naturais, implicando na manutenção das características fundamentais do ecossistema, quanto aos seus componentes e suas interações. A econômica sugere a viabilidade financeira, que seja rentável ao longo do tempo. A social está relacionada à valorização social, associada à ideia de que o manejo e a organização do sistema são compatíveis com os da sociedade, buscando o uso racional dos recursos ambientais (Ferraz, 2003).

Com isso a procura e o desenvolvimento de sistemas sustentáveis de produção de alimentos estão em evidência, entre eles, os sistemas integrados que ao longo do tempo garantem qualidade ambiental, preservam os recursos naturais, promovem uso eficiente de recursos e melhoram a qualidade de vida dos produtores e da sociedade e visando a viabilidade econômica (Carvalho et al.,2014). Entre os sistemas que estão sendo adotados pode se citar:

a) Integração Lavoura Pecuária e Floresta – ILPF.



Figura 1. Sistema Integração Lavoura Pecuária Floresta – ILPF.
Fonte: Lopez, 2020.

b) Sistemas agroflorestais.



Figura 2. Sistema Agroflorestal.
Fonte: Ciorgânicos, 2019.

c) Compostagem.



Figura 3. Sistema de compostagem.
Fonte: globo rural, 2012.

d) Aquaponia.



Figura 4. Sistema aquapônico do Instituto Federal Goiano.
Fonte: Arquivo pessoal, 2020.

2.3 Sistema aquapônico

A aquaponia é a integração da aquicultura e hidroponia em sistema de recirculação de água que pode ser implementada em pequena e larga escala. A

implementação dessa atividade pode ser realizada tanto no campo como na cidade, seja para consumo próprio ou como alternativa para incrementar e gerar renda para as pessoas ou empresas. Permite a produção diversificada de alimentos de valor agregado. A diversificação na produção diminui os riscos associados a perdas produtivas, quando comparada com os sistemas convencionais (Greenfeld et al., 2018).

A produção de alimentos na cidade por meio de fazendas urbanas ou hortas reduz o desperdício de alimentos. No sistema convencional produzido no campo algumas hortaliças chegam a contabilizar perda de até 75% do volume produzido. A produção na cidade esse número cai para 2 a 5%, pois a venda na maioria das vezes é direta para o consumidor final. Segundo a ONU, a população que vive em áreas urbanas corresponde cerca de 55% da população mundial, e a previsão é de aumentar 70% até 2050 (Eller e Millani, 2019).

O sistema aquapônico é considerado como uma prática sustentável que pode ser implementado em agricultura urbana. Nesse sistema é utilizado menor volume de água que nos sistemas convencionais de cultivo de organismos aquáticos e de hortaliças, chegando até 90% de redução. Nesse sistema a água recircula sendo repostas apenas a água evaporada, a absorvida pelas plantas e consumida pelos organismos aquáticos. Nesse sistema ocorre o aproveitamento dos resíduos orgânicos, por meio da reciclagem de nutrientes pelas bactérias nitrificantes (*nitrossomonas* e *nitrobacter*) que convertem resíduos dos peixes em nutrientes para as plantas. Os peixes excretam amônia para a água através de suas brânquias e excretas, as bactérias convertem para nitrito, e posteriormente em nitrato que é relativamente inofensivo e auxilia no crescimento das plantas. Para que ocorra a colonização dessas bactérias é necessário um biofiltro com ambiente propício (Hundley; Navarro, 2013).

O monitoramento da qualidade da água é fundamental tanto para as plantas quanto para os peixes, pois podem afetar o crescimento, sobrevivência e saúde. A piora da qualidade da água pode ser pelo uso de alimentos de qualidade inferior, fornecimento inadequado da ração, densidade de estocagem e qualidade dos filtros biológicos. Para caracterizar a qualidade da água, são analisadas variáveis físicas, químicas e biológicas e devem ser monitoradas de acordo com o tipo de sistema de produção. Essas variáveis quando estão fora da faixa adequada para o cultivo das plantas e peixes podem afetar negativamente o desempenho produtivo. Dentre as principais variáveis de qualidade de

água a serem monitorados na aquaponia destacam-se: temperatura, oxigênio dissolvido, amônia, nitrito, transparência, pH, condutividade elétrica e os nutrientes (Paudel, 2020).

Pelo fato de envolver em um mesmo corpo d'água três organismos muito distintos peixes, plantas e bactérias, é fundamental conhecer as necessidades de cada um, para que seja mantido numa faixa que atenda a todos satisfatoriamente. Para as plantas é indicado pH entre 6-6,5, que permite a assimilação de nutrientes. Assim, fora desta faixa, as plantas apresentam dificuldades em absorver nutrientes. As bactérias nitrificantes podem apresentar problemas em pH abaixo de 6, dificultando a conversão da amônia (NH_3), afetando a estabilidade do sistema. Os peixes, por sua vez, toleram faixas específicas de pH, mas na aquaponia é recomendado manter o pH entre 6-8,5. No sistema aquapônico após a colonização do filtro biológico pelas bactérias, é normal observar contínua tendência de redução dos valores de pH (Carneiro et al., 2015).

A temperatura da água interfere no desenvolvimento das espécies podendo ocasionar a morte dos peixes e plantas, além de interferir na concentração de oxigênio e na eficiência do biofiltro. A temperatura média ideal que satisfaz tanto a maioria das espécies de peixes tropicais quanto a maioria das espécies de hortaliças usadas na aquaponia é de 26°C (Queiroz et al., 2017).

A salinidade da água pode causar danos na produtividade dos vegetais, essa variável pode ser quantificada com teste de condutividade elétrica (CE) que indica a capacidade da água em conduzir corrente elétrica e está diretamente ligada à concentração de íons. A taxa de CE está relacionada com a decomposição de matéria orgânica e serve como indicador da quantidade de nutrientes disponíveis ou mesmo indício de problemas com poluição da água (Armenta-bojórquez et al., 2021).

O fornecimento de alimentos adequado em quantidade e qualidade para os peixes impacta diretamente o custo de produção, pois a alimentação representa 50 a 80% do custo de produção. Em sistemas intensivos é a única fonte de alimento para os peixes, e na aquaponia representa a entrada de nutrientes no sistema para nutrir as plantas e microrganismos. O excesso de ração ou uso de rações de baixa digestibilidade elevam a quantidade de matéria orgânica e nutriente no sistema com redução da transparência da água e diminuição do oxigênio dissolvido, comprometendo a saúde dos peixes. Como a nutrição das hortaliças é realizada por meio dos nutrientes

disponibilizados com as excretas dos peixes, é crucial que a alimentação dos animais seja controlada e de qualidade (Assis et al., 2020).

A produção vegetal hidroponia e aquaponia têm apresentado índices agrônômicos superiores aos sistemas convencionais utilizando o solo. Por outro lado, acredita-se que a água derivada da aquicultura, para algumas culturas seja deficiente em alguns nutrientes requeridos pelas plantas cultivadas em sistema hidropônico, sendo necessária a suplementação, podendo utilizar sistemas desacoplados (Grabe;Junge, 2007)

O desenvolvimento de pesquisas e tecnologia aplicadas a aquaponia é importante para aprimorar o entendimento dos processos físicos, químicos e microbiológicos para tratamento, monitoramento da qualidade da água, sanidade de peixes e plantas e promover o aprimoramento do manejo e dos índices de produtividade, sustentabilidade e econômico (Paul et al., 2019).

Existem inúmeros modelos de sistemas que podem ser propostos espécies de organismos aquáticos, plantas e microrganismo. Os modelos aquapônico mais populares, conforme Herbert (2008), são:

- Nutrient Film Technique (NFT - técnica do fluxo laminar de nutrientes);
- Deep Film Technique (DFT - cultivo na água ou “floating”);
- Media Bed Technique ou sistema semisseco (MBT).

No NFT, as plantas ficam em orifícios distribuídos em canaletas de PVC com as raízes parcialmente embebidas numa lâmina d'água proveniente do tanque de criação de peixes (figura 5). A vantagem desse sistema é fácil manuseio e a possibilidade do aproveitamento de um sistema hidropônico.



Figura 5. Sistema NFT – técnica de filme nutrientes.
Fonte: Arquivo pessoal, 2020.

O DFT ou *deep flow system*, consiste na ligação do tanque de peixes com outro tanque com a água proveniente do tanque dos peixes que as plantas são sustentadas por placas de isopor ou plástico, com as raízes submersas na água (Figura 6). A principal vantagem é que dispensa a utilização de substrato, e como desvantagem apresenta a necessidade de aerador para oxigenar as raízes das plantas (Santos, 2019).



Figura 6. Sistema DFT – sistema de fluxo profundo.
Fonte: Groho, 2021.

O MBT, sistema semisseco ou *media based systems*, é mais apropriado para a aquaponia doméstica. Nesse sistema as plantas são plantadas diretamente no substrato

dispostos em bombonas, caixas plásticas e carcaça de geladeira, esse sistema é mais utilizado para módulos domésticos (Figura 7) (Santos, 2019).



Figura 7. Sistema MBT.
Fonte: Undesc, 2021.

Embora o sistema de NFT ainda seja o mais tradicionalmente usado no Brasil, o DFT talvez seja o mais viável principalmente para regiões de clima mais quente, com grande oscilação térmica. No sistema DFT há menor variação de temperatura e demais parâmetros de qualidade de água, estando o oxigênio dissolvido associado à velocidade do fluxo da água no sistema, e afeta positivamente o processo oxidativo do nitrito (Wonkiew et al., 2017).

2.3.1 Fatores que afetam o sistema aquapônico

O sistema aquapônico busca equilíbrio entre a produção de peixes e planta, portanto o acompanhamento do desenvolvimento de cada fase do sistema é de extrema importância. Nesse ambiente requer cuidados diários e o entendimento sobre o funcionamento do sistema é extrema importância para obter índices produtivos satisfatórios. Biofiltro, densidade de estocagem dos peixes, qualidade da água são fatores que podem prejudicar o sistema, por isso, a importância de realizar estudos para entender todo o sistema aquapônico (Tyson et al., 2008).

A aquicultura em sistemas de recirculação utiliza filtros biológicos para remoção dos resíduos potencialmente tóxicos para os peixes água e plantas. O biofiltro é utilizado para abrigar bactérias nitrificantes, sendo o local em que ocorre a nitrificação biológica. Bactérias nitrificantes processam produtos residuais nitrogenados dissolvidos excretados pelos organismos aquáticos, este produto residual é tóxico para os peixes causando redução do apetite, diminuição da taxa de crescimento e mortalidade em altas concentrações (Liu et al., 2020).

Podem ser considerados filtros biológicos aqueles que os microrganismos aeróbios e anaeróbios, fixado na superfície dos substratos que vão eliminar os compostos nitrogenados. A Amônia (NH_3), nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-) são os compostos nitrogenados que podem colocar o sistema em risco dificultando o desempenho do sistema. A oxidação biológica desses compostos é denominada nitrificação, que ocorre pela oxidação da amônia para nitrito (nitritação) através das bactérias do gênero *Nitrossomonas* e posteriormente de nitrito para nitrato (nitratção) por meio das bactérias nitrificantes *Nitrobacter*. A eficiência do biofiltro determina a capacidade suporte e/ou biomassa. Quanto maior for o biofiltro e a área disponível para proliferação das bactérias, melhores serão os processos de nitritação e nitratção e conseqüentemente água mais adequada para o cultivo aquapônico (Sipauba-Tavares et al., 2002).

A amônia pode estar presente na água como íon NH_4^+ que não é tóxico aos peixes ou na forma tóxica por meio do gás NH_3 . A concentração de amônia total ($NH_4^+ + NH_3$) pode ser monitorada por meio de kits comerciais de análise de água, ou por meio de análise laboratoriais. Amônia pode ser tóxica acima de 0,20 mg/L, podendo causar redução do crescimento, doenças e até mesmo mortalidade dos peixes. O recomendado é manter a amônia próxima de 0,05 mg/L (Kubitza, 2006).

O nitrito ocorre pela oxidação da amônia pelas bactérias *Nitrossomonas* que crescem no substrato no filtro biológico. Nitrito é prejudicial aos organismos aquáticos, devendo ser monitorado constantemente para que não ultrapassem 10 mg/L, sendo ideal 1 mg/L. Concentrações elevadas afetam o transporte oxigênio pelo sangue, causando a doença do sangue marrom e pode levar a mortalidade em peixes. As bactérias *Nitrobacter* transformam nitrito em nitrato, e não oferecem riscos para os peixes e plantas. Algumas espécies de peixes toleram concentrações de nitrato de 200 mg/L (Chen et al., 2006).

É importante no dimensionamento de biofiltro que a remoção do nitrogênio amoniacal e o nitrito, sejam realizados com pouca manutenção. Para a montagem do biofiltro é ideal dimensionar a proporção de substratos por litro de água e matérias que tenham maior desempenho bacteriano. Os microrganismos podem demorar semanas para se estabelecerem no biofiltro e é aconselhável inserir os peixes nos tanques duas a

três semanas antes, para que ocorra a colonização de bactérias no biofiltro e só depois colocar as hortaliças no sistema (Colt et al., 2006).

A nitrificação do sistema pode ser afetada por vários fatores, como o tipo de mídia utilizadas para suporte biológico das bactérias, concentração de oxigênio dissolvido, quantidade de matéria orgânica, temperatura, pH, alcalinidade e salinidade. É importante que as mídias utilizadas no sistema forneçam maior área de contato e permita maior crescimento de microrganismos por unidade de volume de mídias. As mídias que podem ser utilizadas nos biofiltros são: fibra de vidro, anéis de cerâmica (bioglass), argila expandida, biobalss (Asano et al., 2003).

Além da área de contato das mídias, o tempo de vida útil deve ser levado em consideração. O uso de bioballs é recomendado no biofiltro pela sua grande área superficial em relação ao seu volume que é de $600 \text{ m}^2/\text{m}^3$, além de ter maior durabilidade quando comparado com argila expandida, que possui uma área de contato em relação ao volume de $300 \text{ m}^2/\text{m}^3$ e possui menor durabilidade. A argila expandida é um material de baixo custo de implementação, apesar de ter menor área de contato é suficiente para que ocorra nitrificação (Somerville et al., 2014)

O oxigênio dissolvido para tanques dos peixes e biofiltros é importante para o sistema e determina a densidade de peixes que serão inseridos para a produção, a quantidade de entrada de oxigênio deve ser superior a consumida pelos peixes e pelas bactérias no biofiltro para que ocorra degradação dos resíduos orgânicos. O nível ideal de oxigênio dissolvido no sistema tanque é de 5 mg/L , suficiente para as atividades dos peixes, oxidação da matéria orgânica e desenvolvimento dos microrganismos do biofiltro e pode ser alcançado com utilização de equipamentos. Espécies que conseguem obter oxigênio do ar atmosférico suportam densidades de estocagem mais altas, como o pirarucu e tilápia (Wei et al, 2011)

Em sistemas intensivos de produção de peixes, a densidade de estocagem exerce influência para se alcançar índices de produção adequados, sendo considerados uns dos primeiros passos para instalação do sistema para não afetar a taxa de sobrevivência, crescimento e comportamento dos animais. O uso de quantidades reduzidas de animais leva subutilização do espaço para a criação e densidades elevadas podem ser prejudiciais, pois será necessário maior fornecimento de ração e conseqüentemente maior excreção de resíduos nitrogenados nos tanques produzidos pelos peixes

contribuindo para a piora da qualidade da água e prejudica o crescimento dos animais. (Ani et al., 2021).

A utilização da tilápia no cultivo aquapônico, é recomendado pela espécie apresentar alta rusticidade e resistência, suportam melhor altas densidades de estocagem e o manejo contínuo do sistema, além de desempenhar ótimos índices zootécnicos como a conversão alimentar. Em trabalho realizado em sistema aquapônico verificou-se que os animais que apresentaram melhor desempenho produtivo foram os que possuíram menores densidades de peixes. Na produção da tilápia vermelha, descobriram que o ganho de peso corporal final foi significativamente maior em densidade de 2 e 3 kg/m³. Os lucros da aquicultura dependem da densidade na produção dos peixes, embora densidades menores, promovam maior ganho em peso, tem-se menor retorno do capital investido por área (Khanjani; Sharifinia, 2021).

No sistema aquapônico a quantidade de plantas cultivadas está diretamente ligada a densidade de peixes estocados e a quantidade de ração ofertada. Assim, a quantidade de alimento que será fornecido aos animais é relativa ao tamanho da área e fase de cultivo. Para cada 60 a 100 g de ração ofertada proporcionam nutrientes para cada um metro quadrado de área de produção de hortaliças menos exigentes, como a alface. Já as frutas como o tomate que são mais exigentes, necessitam de maiores quantidades de nutrientes, necessitando de pelo menos 100 g de ração/ dia para um metro quadrado de cultivo. Outra relação apresentada é a proporção de 1 kg de peixe para cada 7 kg de plantas. O consumo de ração depende da fase de cultivo dos peixes, variando de 30% nas fases mais jovens até a 1% do seu peso vivo. Um lote de animais com biomassa de 10 kg consumindo 3% do peso vivo, gera consumo médio de 300 g de ração por dia, que possibilita o cultivo de alface em 5 m² (60 gramas/ m²) e 3 m² de tomate (100 gramas/ m²) (Greenfeld, 2021).

2.4 Viabilidade Econômica

A análise da viabilidade econômica é extremamente importante, podendo ser realizada através de simulações antes de implementar uma determinada atividade com objetivo de estimar os índices econômicos. Esta também pode ser realizada utilizando dados brutos obtidos na própria atividade (Xu et al., 2020).

Empreendedores precisam ter o conhecimento dos índices econômicos para identificar se a atividade cria ou não valores aos investidores. A análise de viabilidade

econômica possibilita visualizar se o empreendimento tem potencial de retorno dos investimentos. Trabalhos científicos avaliando a viabilidade econômica em sistema aquapônico são escassos na literatura científica (Rupasinghe; Kennedy, 2010; Vermeulen; Kamstra 2013; Goddek et al., 2015; Tokunaga et al., 2015; Junge et al., 2017)

Compreender os dados econômicos aquapônicos é fundamental no desenvolvimento dessa atividade. Em relação a prática de cultivo tradicional, a aquaponia tem grande vantagem, já que não é necessário investimentos em terras e equipamentos agrícolas. Outro ponto positivo é dispensa os usos fertilizantes e agrotóxicos, agregando valor ao produto. Para iniciar o empreendimento com sistema aquapônico devem realizar as análises de cenário nas suas diferentes fases e regiões, como na venda de alevinos ou juvenis de peixes, vegetais ou hortaliças (Love et al., 2014)

O custo de produção pode ser dividido em custos fixos e variáveis. Custos fixos são independentes de alterações no volume de produtos produzidos. Isto é, o valor total dos custos permanece praticamente igual. Custos variáveis são dependentes do volume produzido. Observa-se, que em período os custos dos materiais variam de acordo com a produção proposta no projeto. Depois de identificados e quantificados os custos fixos e variáveis é obtido o custo total da produção, podendo realizar as análises dos indicadores da viabilidade econômica e conferir se o projeto proposto terá retorno do capital investido. Os indicadores de viabilidade econômica são obtidos através do valor presente líquido (VPL), índice de lucratividade (IL), taxa interna de rentabilidade (TIR) e payback (Casarotto; Kopittke, 2007).

A análise do VPL tem como finalidade quantificar o valor presente dos fluxos de caixa futuros gerados pela atividade ao longo de um tempo determinado. O VPL desconta os fluxos de caixa para o instante zero a uma taxa especificada e essa taxa é chamada de taxa mínima de atratividade (TMA) refere-se ao retorno mínimo que o investimento deverá produzir para ser atraente para o investimento do projeto. O cálculo procede para o momento presente os fluxos de caixa do projeto de aplicação e somá-los ao valor da aplicação inicial, usando como taxa de desconto a taxa mínima de atratividade (TMA) (Rezende; Oliveira, 2001). Sua representação é pela equação abaixo:

Equação 1

$$VPL = \sum_{i=0}^n \frac{(FCL)}{(i + j)^i}$$

Em que:

VPL= Soma algébrica de todos os valores líquidos descontados para o momento presente;

FCL = Valor líquido das entradas menos as saídas;

t = Número de período ou horizonte do empreendimento;

i = Taxa de desconto (juros) considerado para atualizar o fluxo de caixa.

O método do valor presente líquido (VPL) para avaliar a viabilidade econômica do projeto, refere-se a diferença entre receitas e custos, atualizados conforme a taxa de desconto estabelecida. Quanto maior o VPL, mais atrativo será o projeto proposto, e quanto menor o VPL, menos viável economicamente. A taxa mínima, por exemplo, é a meta econômica mínima que está disposto a aceitar pelo investimento. É referente ao menor valor de retorno para que o investimento seja viável, auxiliando o empreendedor na tomada de decisão de implementação ou não do projeto, ou no seguimento ou não da atividade já iniciada (Woiler; Mathias 1996).

A taxa de retorno (TIR) é o indicador relacionado ao rendimento da atividade em determinado período. Desse modo, se a TIR for menor que a taxa de retorno de outros investimentos o projeto não apresenta rentabilidade suficiente para remunerar o empreendimento. Se a TIR for maior que a taxa mínima de atratividade ou custo de capital, o projeto é viável. Isso significa que a empresa obterá ao menos a taxa requerida de retorno proposto. Quanto maior a TIR, maior a viabilidade de realização do projeto (Hoji, 2003).

Equação 2

$$TIR = \sum_{i=0}^n \frac{(FCL)}{(1 + i)^n} = 0$$

Fonte: Adaptado de Granja (2018).

Em que:

TIR = Taxa que iguala o valor presente líquido a zero;

FCL = Valor líquido das entradas menos as saídas;

i = Taxa de desconto (juros) considerado para atualizar o fluxo de caixa.

Payback é o período necessário para que o investimento ou empreendimento recupere o capital investido. Para utilização desse método, primeiramente deve estabelecer o tempo para que a aplicação do capital recompense. O projeto com maior viabilidade é aquele que apresenta rapidez na devolução do capital investido (Martinelli et al., 2019).

O tempo de recuperação varia entre meses e anos, pelos custos de equipamentos investidos, colaboradores, despesas administrativas e operacionais, representando o tipo e as características do projeto e o investimento (Affonso Neto, 2018). A equação pode ser expressa abaixo conforme Equação 4, também chamado de Payback:

Equação 4

$$Payback = \sum_{k=i}^j \frac{(FCL)}{(1+i)^k} \geq 0$$

Fonte: Adaptado de Granja (2018).

Em que:

FCL = Fluxo de caixa líquido esperado pela entrada de caixa (fluxos operacionais líquidos);

k = Período em que o VPL torna < 0.

i = Taxa de desconto (juros) considerado para atualizar o fluxo de caixa.

O índice de Lucratividade tem a finalidade de medir o retorno do capital investido na empresa, apontar os fatores que geraram essa rentabilidade. Permite conhecer o desempenho econômico da empresa. É determinado pela divisão de valores presentes dos benefícios líquidos pelo valor presente dos desembolsos de capital, conforme a equação 5 (Padoveze; Benedicto, 2007):

Equação 5

$$IL = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{(FCL)}{(1+i)^t}}{I_0}$$

Em que:

I_0 = Investimento inicial;

t = Número de períodos;

i = Taxa de desconto (juros) considerado para atualizar o fluxo de caixa.

CAPÍTULO II

VIABILIDADE ECONÔMICA DE SISTEMA AQUAPÔNICO CULTIVADO COM ALFACE SOB EFEITO DA DENSIDADE DE JUVENIS DE TILÁPIA E VOLUME DE MATERIAL FILTRANTE

RESUMO

Este trabalho foi realizado com objetivo de avaliar o efeito da densidade de estocagem de juvenis de tilápias e o volume de material filtrante sobre a viabilidade econômica em sistema aquapônico com alface como agricultura urbana. Foram avaliados as densidades de 30, 60 e 90 juvenis de tilápias/m³ e os volumes 50 e 70 litros de argila expandida, com três repetições por tratamento, sendo a parcela experimental foi composto por um módulo aquapônico modelo NFT (técnica fluxo laminar de nutrientes). O NFT foi composto por uma caixa de mil litros para cultivo dos peixes, um decantador de 200 litros, um biofiltro com capacidade de 200 litros, seis calhas hidropônicas com 9 plantas por calha espaçadas em 20 centímetros e uma bomba modelo SB270 marca Sarlo Better. Os custos de implementação e capital de giro foram levantados após o cultivo de um ciclo de alface e analisados os indicadores econômicos como de fluxo de caixa, Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Payback, considerando a taxa de atratividade de 15% ao ano no cenário de cinco anos. Verificou-se que não houve efeito da densidade de estocagem e volume de material filtrante sobre o peso final dos juvenis de tilápias, apresentando o mesmo valor de mercado para todos os tratamentos. Já para as alfaces, verificou-se que preço de venda, as que foram cultivadas em menor densidade de peixe, apresentou menor valor de mercado que as demais, não havendo efeito do volume de material filtrante. Esses resultados impactaram diretamente os índices econômicos, sendo verificado que as densidades de 60 a 90 juvenis/m³ apresentaram VPL positivo, TIR maior que a taxa mínima de atratividade de 15% com retorno do capital investido no terceiro ano de cultivo. Já os tratamentos com menores densidades de peixe não foram viáveis com VPL e TIR negativos. Os resultados evidenciam que a aquaponia é uma atividade economicamente viável quando utilizada a densidade de peixes adequada, podendo ser uma alternativa para produção em agricultura urbana.

Palavras-chave: avaliação econômica, hortaliças, investimento, sustentabilidade.

ABSTRACT

This work was carried out to evaluate the effect of stocking density of juvenile tilapia and the filter material volume on the economic viability in an aquaponic system with lettuce as urban agriculture. The densities of 30, 60 and 90 juveniles of tilapia/m³ and the volumes of 50 and 70 liters of expanded clay were evaluated, with three replications per treatment). The NFT consisted of a 1,000-liter box for fish cultivation, a 200-liter decanter, a biofilter with a capacity of 200 liters, six hydroponic troughs with 9 plants per trough spaced 20 centimeters apart and a pump model SB270 brand Sarlo Better. The implementation costs and working capital were raised after the lettuce cycle cultivation and analyzed economic indicators such as cash flow, Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR) and Payback, considering the rate of attractiveness of 15% per year in the five-year scenario. It was found that there was no effect of stocking density and filter material volume on the juvenile tilapia final weight, with the same market value for all treatments. As for lettuces, it was found that the selling price, those that were grown in a lower density of fish had a lower market value than the others, with no effect of the filter material volume.

Keywords: economic evaluation, vegetables, investment, sustainability.

1 Introdução

A aquaponia é um sistema integrado sustentável de produção de organismos aquáticos e vegetais, em que as águas residuais podem ser utilizadas para a nutrição das plantas. Em sistemas aquapônicos, a água residual passa por tratamento via filtragem biológica que convertem os resíduos gerados em nutrientes para as plantas. Esse sistema tem como característica o menor consumo de água, pela recirculação. A reposição de água no sistema é realizada para compensar a evaporação e o consumo das plantas e animais. (Boxman et al., 2016).

É um sistema que pode ser implementado em áreas urbanas, reduzindo as perdas de alimentos pela rapidez no consumo após a colheita. Pode ser produzido em pequena ou larga escala, de forma verticalizada, para consumo próprio ou como atividade econômica contribuindo na geração de renda.

Entre os fatores que afetam a qualidade dos produtos aquapônicos, podem ser destacados a densidade de estocagem de peixes e o volume do biofiltro. Quanto maior a quantidade de peixes, maior a quantidade de resíduos gerados e nutrientes disponíveis para as plantas, entretanto densidades menores promovem o maior crescimento dos peixes, mas podem não ser suficientes para nutrir as plantas. É necessário utilizar a densidade de peixes adequada para cada fase de cultivo, e que esta seja compatível com o volume do biofiltro para que o sistema atinja o equilíbrio e promova o desenvolvimento das culturas animais e vegetais. (Alarcon-Silvas et al., 2021).

O estudo da viabilidade econômica é de extrema importância para avaliar a aplicabilidade do empreendimento e para projeção de mercado, sendo uma forma de ter maior segurança na implementação para produtores e empresas. Trabalhos avaliando os efeitos da densidade de estocagem e volume de biofiltro sobre a viabilidade econômica em sistema aquapônico são escassos na literatura científica, sendo fundamentais para o sucesso da atividade. Dessa forma, estudos de análise econômica nessa área são relevantes e podem trazer informações valiosas para o setor produtivo (Bich et al., 2020).

Assim, o presente trabalho foi realizado com objetivo de avaliar o efeito da densidade de estocagem de juvenis de tilápias e o volume de material filtrante sobre a viabilidade econômica em sistema aquapônico com alface como alternativa na agricultura urbana.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização do sistema aquapônico

O experimento foi conduzido no Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, Goiás, tendo duração de 55 dias o ciclo da alface, sendo 12 dias na estufa, 13 no berçário e 30 no sistema aquapônico. Os sistemas aquapônicos foram povoados com juvenis de tilápias na densidade de 70 animais/m³ com peso médio de 21 gramas para colonização das bactérias *Nitrossomonas* e *Nitrobacter* pelo período de 25 dias, sendo adicionados 70 litros de argila expandida por biofiltro.

Após este período os peixes foram redistribuídos nas unidades experimentais de acordo com as densidades avaliadas e o biofiltro foi ajustado de acordo com cada tratamento. O projeto foi realizado conforme as normas do Comitê de Bioética do Instituto Federal Goiano (Protocolo 5439231019).

2.2 Delineamento Experimental

O experimento foi em delineamento inteiramente ao acaso, em arranjo fatorial 3x2 com três repetições, sendo os fatores: densidade de estocagem e volume do filtro em relação ao tanque, totalizando 18 parcelas experimentais. Foram avaliadas as densidades de 30, 60 e 90 juvenis de tilápias/m³ com peso médio inicial de 31 gramas e os volumes 50 e 70 litros de argila expandida, sendo a parcela experimental composta por um módulo aquapônico modelo NFT (técnica do fluxo laminar de nutrientes).

O sistema foi composto por uma caixa de mil litros para cultivo dos peixes, um decantador de 200 litros, um biofiltro com capacidade de 200 litros, seis calhas hidropônicas com nove plantas por calha espaçadas em 20 centímetros e uma bomba modelo SB270 marca Sarlo Better que podem ser observados na figura 1.



Figura 1. Foto ilustrativa de um módulo do sistema aquapônico do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde.

Os tratamentos foram:

T1 –30 juvenis de tilápias e 50 litros de argila expandida;

T2 – 30 juvenis de tilápias e 70 litros de argila expandida;

T3 – 60 juvenis de tilápias e 70 litros de argila expandida;

T4 –60 juvenis de tilápias e 50 litros de argila expandida;

T5 –90 juvenis de tilápias e 70 litros de argila expandida;

T6 –90 juvenis de tilápias e 50 litros de argila expandida.

2.3 Viabilidade econômica

A análise econômica foi realizada a partir dos indicadores financeiros: Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), Índice Lucratividade (IL) e *Payback*. Os valores de insumos e serviços foram obtidos através de orçamentos em casas de construção e com base nesses dados estimou-se a composição de custos (receita e insumos) necessários para a implantação do sistema, as despesas foram projetadas através de fluxo de caixa pelo período de cinco anos, tempo é necessário para

a recuperação de um investimento, e precisa saber quanto gerará mensalmente em receita.

Após a elaboração do fluxo de caixa utilizando o *Software Microsoft Excel*, foi realizada a análise econômica do Sistema de aquaponia. Na tabela 1 podem ser observados os custos fixos do sistema aquapônico e berçário. E, na tabela 2 podem ser observados os custos variáveis de acordo com os tratamentos. Para análise dos dados foi considerado o ciclo de 30 dias, que foi o período de cultivo no sistema aquapônico, podendo escalonar a produção.

Tabela 1. Custo fixo por sistema de cultivo e do berçário.

Itens	Quantidade	Unidade	Preço unitário (R\$)	Custo (R\$)
Sistema				
Tambor 200 litros	2	unidade	120	240
Caixa de água 1000 litros	1	unidade	250	250
Calhas hidropônicas furos de 25 em 25 cm	2,5	unidade	49,35	123,375
perfil de recolhimento 1,2m	1	unidade	47,69	47,69
tampão de calha	2	unidade	3,65	7,3
Silicone	0,25	Unidade (2,80 g)	19	4,75
Flange cano 50 mm	5	unidade	13,85	69,25
Joelho 50 mm	4	unidade	3,5	14
T de 50 mm	2	unidade	6	12
Canos de 50 mm	2,9	Barra 6 metros	54	26,1
Registro 50 mm	1	unidade	23,5	23,5
Flange de 25 mm	2	unidade	9,89	19,78
Joelho de 25 mm	5	unidade	1,08	5,4
T de 25 mm	1	unidade	1,85	1,85
Registro 25 mm	1	unidade	11	11
Cano 25 mm	12,18	Barra 6 metros	19,79	40,1737
Tampão de 25 mm	2	unidade	1,44	2,88
Redutor de 50 para 25 mm	1	unidade	2,73	2,73
Válvula 45 1.14	1	unidade	8	8
União soldável 25 mm	1	unidade	5,27	5,27
Luvamista	1	unidade	1,1	1,1
Niple Roscavel ¾	1	unidade	0,96	0,96
T roscável ¾	1	unidade	2,67	2,67
Adaptador sipla 3/4	2	unidade	1,2	2,4
Mangueira porosa	1	metro	27	27
Bomba	1	unidade	200	200
mangueira preta	1	metro	1,5	1,5
Custo total				1150,679
Berçário				
Bomba	1	unidade	200	200
tampão Ps 55 furo 10 em 10 cm – 6 m	7	unidade	3,22	22,54
Calha Ps 55 furo 10 em 10 cm – 6 m	0,6	unidade	58,8	35,28
perfil Ps 55 furo 10 em 10 cm – 6 m	1	unidade	57	57
Tambor 50 litros	1	50 litros	50	50
Bomba	1	500 litros por hora	69,9	69,9
Cano 25 mm	3,8		19,79	13,0614
Joelho 25 mm	2		1,08	2,16
Tampão de cano 25	2	unidade	1,44	2,88
Custo				452,8214

Tabela 2. Custo variável de acordo com os tratamentos.

Itens	Custos por tratamento em R\$		
	T1 e T2	T3 e T4	T5 e T6
Espuma fenólica	1,14	1,14	1,14
Energia (berçário e cultivo)	27,68	27,68	27,68
Aerador	9,68	19,37	29,05
Custo com juvenis	12,00	24,00	36,00
Água	2,69	2,69	2,69
Custo com ração	2,74	5,48	8,22
semente	1,10	1,10	1,10
Solução nutritiva	1,58	1,58	1,58
Análise de água	13,85	13,85	13,85
Total	77,25	99,27	121,31

O custo fixo de argila expandida foi de um real por litro, ficando em R\$50,00 no tratamento com menor quantidade e R\$70,00 no tratamento com maior quantidade. Na tabela 2 são apresentados os custos com sistema de aeração e com as três variáveis.

Tabela 3. Custos com a montagem do sistema de aeração.

Itens	Tratamentos		
	T1 e T2	T3 e T4	T5 e T6
Compressor radial	31,48	62,96	94,44
Barra metálica	2,78	2,78	2,78
cano de 50 mm	21,93	21,93	21,93
Semente de alface Vanda	1,10	1,10	1,10
Custo total (R\$)	57,28	88,76	120,25

Foi utilizado com os seguintes parâmetros: receita bruta, que é o rendimento da produção multiplicado pelo preço de venda do produto; lucro operacional, que mede a rentabilidade de curto prazo, mostrando as condições financeiras e operacionais da atividade. Deve ser utilizada uma TMA (taxa mínima de atratividade), que serve como parâmetro para a aceitação ou rejeição de um determinado projeto de investimento, o mínimo a ser alcançado pelo investimento para que ele seja economicamente viável.

A partir do fluxo de caixa foi possível estimar a taxa interna de retorno (TIR), que é a taxa de juros que iguala a zero o VPL durante o período de operação do projeto. A viabilidade financeira do projeto é alcançada quando a TIR é superior à taxa de atratividade mínima de 15% ao ano, considerou-se a rentabilidade da taxa Selic em 10% ano, mais um prêmio pelo risco de 5% ao ano, no valor presente líquido (VPL), que é o valor dos benefícios em determinado momento menos a soma de custos atuais.

3 Resultados e Discussão

Na tabela 4, são apresentados os custos com investimento total, capital de giro, custo anual, produções em unidades comercializadas de alfaces e peixes por ano, valor de comercializado dos produtos, receitas anuais dos produtos e a total, fluxo de caixa operacional, desinvestimento, valor presente líquido, taxa interna de retorno e índice de lucratividade.

O investimento total foi diferente para todos os tratamentos, sendo maior para os tratamentos com maiores densidade de peixes, e, verificou-se que os tratamentos que continham maior quantidade de argila expandida o custo foi mais elevado. O mesmo comportamento dos resultados foi observado para o desinvestimento, representando 10% do investimento. Verificou-se que dentro das densidades avaliadas (30 a 90 unidades), que a alteração de 30 unidades de peixes ocasiona a variação de R\$53,50 no custo de implementação, ou seja, R\$1,78 por animal. O efeito da inclusão da argila expandida é menor, sendo de R\$20,00 quando altera 20 litros do produto, ou seja, R\$1,00 por unidade. O custo de implementação nos tratamentos que possuem mais peixes é pelo aumento no custo fixo com aerador e com custo variável de energia elétrica, ração e alevinos. O aumento dos tratamentos com maior quantidade de argila expandida, é pela maior inserção. Esses resultados justificam o menor custo dos tratamentos que tiveram menores quantidades de peixes. As densidades de 400 peixes m³ no intervalo mais longo, o custo operacional efetivo foi maior que o preço de venda, resultando em receitas negativas, receitas obtidas em intervalos mais curtos possibilitam ao produtor obter resultados econômicos mais lucrativos com densidades de 100 peixe m³ (Ayrosa et al., 2011).

Em relação ao capital de giro e o custo anual, constatou-se igualdade entre os tratamentos que apresentaram a mesma densidade de peixes, ou seja, entre T1 e T2, T3 e T4 e dos tratamentos T5 e T6. Há alteração de aproximadamente R\$22,025 e R\$264,38 do capital de giro e do custo anual, respectivamente, quando se altera 30 unidades de peixes. O menor capital de giro e custo anual dos tratamentos com menores quantidades de peixes é devido ao seu menor custo variável com ração, alevinos e energia elétrica.

Tabela 4. Resultados da avaliação dos investimentos do sistema aquapônico.

Itens	T1		T2		T3		T4		T5		T6	
	Peixe	Alface										
Produção anual (Un.)	360	324	360	324	720	324	720	324	1.080	324	1.080	324
Preço por unidade (R\$)	0,70	3,00	0,70	3,00	0,70	4,50	0,70	4,50	0,70	4,50	0,70	4,50
Receita anual (R\$)	252	972	252	972	504	1458	504	1458	756	1458	756	1458
Receita total anual (R\$)	1224		1224		1962		1962		2214		2214	
Custos anual (R\$)	926,96		926,964		1191,24		1.191,24		1.455,72		1.455,72	
Fluxo de caixa operacional (R\$)	297,04		297,04		770,76		770,76		758,28		758,28	
Investimento total (R\$)	1.788,03		1.808,03		1.861,53		1.841,53		1.915,06		1.895,03	
Capital de giro (R\$)	77,25		77,25		99,27		99,27		121,31		121,31	
Desinvestimento (R\$)	178,8		180,8		186,15		184,15		191,51		189,51	
VPL	668,85		687,86		859,15		878,15		776,31		795,31	
TIR	-0,93%		-1,23%		32,41%		32,96%		30,33%		30,85%	
Índice de lucratividade	-0,37		-0,38		0,46		0,48		0,41		0,42	

Pode observar que a produção de alface não varia de acordo com os tratamentos, pois a quantidade plantada foi igual em todos. Já a quantidade de peixes sim, devido a quantidade de peixe estocada inicialmente.

Em relação ao valor de mercado e a receita anual, verificou-se que as alfaces dos tratamentos 1 e 2 possuem menor valor de mercado que as dos demais tratamentos. As alfaces desses tratamentos apresentaram coloração mais clara (Figura 4) que a desejada pelo mercado consumidor, e impactou diretamente no valor de mercado. O que dá a coloração da alface é a clorofila que são os pigmentos naturais mais abundantes nas plantas, esses teores podem variar por diversos fatores, entre eles a concentração dos nutrientes (Montenegro et al., 2010). Os tratamentos com menores densidades de peixes são os que disponibilizam menores quantidades de nutrientes no ambiente, pela menor excreção de amônia (Morris et al., 2011; Nuwansi et al., 2020), fezes e sobras de ração, justificam os resultados observados no presente trabalho. A densidade de peixes em sistema aquapônico, desde que seja gerada a quantidade adequada de nutriente necessário para suprir as exigências das hortaliças, levando em consideração também a viabilidade econômica (Tokunaga et al., 2015; Zhang et al., 2020; Yang et al., 2019).



Figura 4. Variação da coloração das alfaces nos tratamentos.
Fonte: Arquivo pessoal, 2020.

As alfaces cultivadas nos tratamentos em que a densidade de peixes foram de 60 e 90 peixes não apresentaram diferença no valor de mercado, pela semelhança em relação ao aspecto visual que esteve próximo do considerado ideal para consumo. O mercado consumidor de hortaliças tem preferência por alimentos com tonalidade mais intensa (Baek et al., 2013), no caso da alface mais escura, com maior quantidade de nutrientes,

causando impacto direto no preço conforme observado no presente trabalho. Nesses tratamentos o valor de mercado foi 50% superior ao observado aos com menores densidades de peixes.

Em relação ao fluxo de caixa operacional, que é obtido pela diferença da receita anual menos o custo anual, constatou-se igualdade entre os tratamentos que apresentaram a mesma densidade de peixes. Os tratamentos com 60 unidades apresentaram o maior fluxo de caixa, e os tratamentos com 30 unidades o menor, sendo o valor deste último inferior a 40% dos demais tratamentos. Esses valores indicam que há menor lucro anual para os tratamentos que possuem menor quantidade de peixe. Conforme descrito anteriormente, por causa do valor de mercado das alfaces nos tratamentos com maior quantidade de peixes.

O valor presente líquido, a taxa interna de retorno e o índice lucratividade diferiram entre todos os tratamentos, sendo maior para os tratamentos que tiveram 60 peixes, e menor para os que tiveram 30. Os tratamentos com menor densidade de peixe apresentaram TIR e Índice de Lucratividade negativa indicando inviabilidade econômica. O índice de lucratividade indica a criação ou destruição de valor para cada unidade de real investido, para os tratamentos com menores densidades de estocagem, verificou-se que há perda média de R\$0,375 para cada real investido, já para os tratamentos com 60 peixes o lucro de R\$0,47 e para 90 peixes R\$0,415 por real investido. Em relação ao TIR, verificou-se rentabilidade anual de 32,685% e 30,59% para os tratamentos com 60 e 90 peixes, respectivamente. Já para o tratamento de menor quantidade de peixe o prejuízo anual é de 1,08%.

Na tabela 5 são apresentados Fluxo de Caixa Anual e Acumulado dos tratamentos nos cinco anos de produção. Observou-se que os tratamentos 1 e 2 durante os cinco anos não conseguiram retorno do investimento aplicado na atividade aquapônica. Nos demais tratamentos o retorno do investimento aplicado foi obtido durante o terceiro ano. Apresentou a recuperação do capital investido no período de 3 anos para o sistema aquapônico apontando para o rápido retorno do investimento (Asciuto et al., 2019; Bich et al., 2020)

Tabela 5. Fluxo de caixa anual e acumulado (Payback Simples) dos tratamentos nos cinco anos de produção.

	Ano	FC	FC acumulado		Ano	FC	FC acumulado
T1	0	1.788,03	1.788,03	T2	0	1.808,03	1.808,03
	1	297,04	1.490,99		1	297,04	1.510,99
	2	297,04	1.193,96		2	297,04	1.213,96
	3	297,04	896,92		3	297,04	916,92
	4	297,04	599,88		4	297,04	619,88
	5	545,36	54,52		5	547,36	72,52
T3	0	1.861,53	1.861,53	T4	0	1.841,53	1.841,53
	1	770,76	1.090,77		1	770,76	1.070,77
	2	770,76	320,01		2	770,76	300,01
	3	770,76	450,75		3	770,76	470,75
	4	770,76	1.221,51		4	770,76	1.241,51
	5	1.046,26	2.267,77		5	1.044,26	2.285,77
T5	0	1.915,06	1.915,06	T6	0	1.895,06	1.895,06
	1	758,28	1.156,78		1	758,28	1.136,78
	2	758,28	398,50		2	758,28	378,50
	3	758,28	359,78		3	758,28	379,78
	4	758,28	1.118,06		4	758,28	1.138,06
	5	1.058,97	2.177,03		5	1.056,97	2.195,03

Na tabela 3 está a simulação da taxa interna de retorno, de acordo com a quantidade de peixes e unidades de alface. A TIR é usada como método de viabilidade econômica,

e o investimento será economicamente atraente se a TIR for maior do que a TMA taxa de retorno esperada pelo investimento (Neto, 2006). Verificou-se que os tratamentos 1 e 2 que a TIR foi negativa para todas as simulações. Nos demais tratamentos são necessárias 23 unidades de alface combinando com a quantidade total de peixes (100%) para obter a TIR acima de 0,15.

Nos tratamentos T3 e T4 com 25 alfaces são necessários pelo menos 48 e 42 unidades de peixes, respectivamente para obter a TIR acima de 0,15. Já no T5 e T6 são necessários 90% dos peixes (81). Com 27 plantas são necessários pelo menos 50% da quantidade de peixes para que o investimento compense no T3 e T4. Para essa mesma quantidade de plantas nos tratamentos T5 e T6 são necessários 70% de quantidade de peixes.

A simulação da taxa interna de retorno de acordo com a quantidade de alfaces e peixes comercializados considerando o valor de mercado obtido no local que foi realizado projeto, evidenciam que independente do tratamento há maior sensibilidade da TIR e relação à oferta de alfaces do que de peixe. Isso pode ser notado ao analisar a variação da TIR dentro das densidades de peixes e a quantidade de alface. Mantendo constante a quantidade de alface e variando a densidade e peixes, a variação da TIR é menor que o inverso, ou seja, mantendo constante a densidade de peixes e alterando a oferta de alface. Os resultados estão de acordo com o relatado por Goodman (2011) em sistema aquapônico, que observou que os vegetais apresentam maior lucratividade que os peixes, mesmo que a lucratividade venha da venda dos vegetais, a produção de peixe tem grande potencial para aumento da lucratividade quando se aumenta o volume de produção. Mas tem que haver pesquisa de mercado na região que for instalado o sistema aquapônico. Outra questão a ser discutida é o perfil dos consumidores se consumiriam produtos produzidos no sistema e se distinguem entre os aquapônicos e convencional (Greenfeld et al., 2018)

Estudos comparando viabilidade econômica entre sistemas convencionais e integrados são escassos. A aquaponia surgiu com objetivo de viabilizar a aquicultura do ponto de vista econômico e sustentável, por reduzir a quantidade de água no processo produtivo, aproveitar os resíduos e excreções da aquicultura, bem como produzir alimentos mais saudáveis. Estudos relatam que a alface produzida em sistema

hidropônico tem altos índices de nitrato, podendo causar problemas à saúde do homem, o que não foi observado em produtos aquapônicos.

Tabela 6 Taxa de interna de retorno de acordo com quantidade de peixes (QP) e alfaces

Tratamentos	QP	Unidades de alfaces comercializadas										
		19	21	23	25	27	Tratamentos	19	21	23	25	27
T1	15	-0,54	-0,40	-0,29	-0,20	-0,13	T2	-	-0,40	-0,29	-0,20	-0,13
	18	-	-0,36	-0,26	-0,17	-0,10		-	-0,36	-0,26	-0,18	-0,10
	21	-0,43	-0,32	-0,23	-0,15	-0,08		-0,43	-0,32	-0,23	-0,15	-0,08
	24	-0,39	-0,28	-0,20	-0,12	-0,05		-0,39	-0,29	-0,20	-0,12	-0,06
	27	-0,35	-0,25	-0,17	-0,10	-0,03		-0,35	-0,25	-0,17	-0,10	-0,03
	30	-0,31	-0,22	-0,14	-0,07	-0,01		-0,31	-0,22	-0,15	-0,08	-0,01
T3	30	-0,21	-0,11	-0,01	0,07	0,15	T4	-0,21	-0,10	-0,01	0,08	0,16
	36	-0,16	-0,06	0,03	0,11	0,19		-0,16	-0,06	0,03	0,12	0,19
	42	-0,11	-0,02	0,07	0,14	0,22		-0,11	-0,01	0,07	0,15	0,23
	48	-0,07	0,02	0,11	0,18	0,26		-0,06	0,03	0,11	0,19	0,26
	54	-0,02	0,06	0,14	0,22	0,29		-0,02	0,07	0,14	0,22	0,30
	60	0,02	0,10	0,18	0,25	0,32		0,02	0,10	0,18	0,26	0,33
T5	45	-0,38	-0,24	-0,13	-0,04	0,04	T6	-0,38	-0,24	-0,13	-0,04	0,05
	54	-0,28	-0,17	-0,07	0,02	0,10		-0,28	-0,16	-0,07	0,02	0,10
	63	-0,20	-0,10	-0,01	0,08	0,15		-0,20	-0,09	0,00	0,08	0,16
	72	-0,12	-0,03	0,05	0,13	0,20		-0,12	-0,03	0,06	0,13	0,21
	81	-0,06	0,03	0,11	0,18	0,25		-0,06	0,03	0,11	0,19	0,26
	90	0,00	0,08	0,16	0,23	0,30		0,01	0,09	0,16	0,24	0,31

Já na tabela 7, são apresentadas as simulações da TIR de acordo com o valor de mercado dos peixes e das alfaces, sendo verificado que estes valores estão relacionados positivamente, ou seja, quanto maior valor de mercado dos alimentos maior será a TIR (Naveh, 2015; Godah et al., 2015; Love et al., 2015, Xie;Rosentroter, 2013).

Verificou-se os tratamentos com a mesma quantidade de peixes, ou seja, entre T1 e T2, T3 e T4 e o T5 e com o T6 apresentaram TIR bem próximas. Comparando dentro dos tratamentos com a mesma quantidade de peixes, verificou-se que tratamentos com menores quantidades de argila expandidas apresentaram maior valor de TIR em relação ao com maiores.

Como demonstrado nos tratamentos 1 e 2 para que se obtenha TIR acima de 15%, as alfaces têm que ser vendidas a partir de R\$ 3,50 com a venda de alevinos a partir R\$ 0,90. Já para os demais tratamentos o valor de comercialização dos peixes precisa ser pelo menos R\$0,80. No valor de comercialização de R\$4,00 a TIR é positiva para todos os tratamentos em todos as simulações de venda de peixe, exceto nos tratamentos com maiores quantidades de peixes nos preços até R\$0,40. Nesse mesmo valor de comercialização das alfaces verificou-se que a TIR foi superior a 15% quando o preço do peixe foi pelo menos R\$0,40 nos tratamentos T1 e T2, R\$0,60 no T3 e T4 e R\$0,70 no T5 e T6.

A alface comercializada a partir de R\$4,50 a TIR foi positiva em todas as simulações de preço de venda do peixe, com valores superiores a 15% nos tratamentos com menores quantidades de peixes e nos tratamentos com 60 peixes com o preço da alface em pelo menos R\$5,00. Nos tratamentos com 60 peixes, a TIR foi superior a 15% considerando o valor da alface a R\$4,50 quando o peixe foi vendido pelo menos a R\$0,40, já para 90 peixes, precisam ser vendidos pelo menos a R\$0,50. Considerando o preço de venda de R\$5,00 das alfaces, os tratamentos com 90 peixes precisam ser comercializados pelo menos por R\$0,40.

Dentro da escala de preços simulada a taxa interna de retorno de acordo com a preços das alfaces e peixes comercializados considerando a quantidade máxima de produção em cada tratamento, evidenciam que independente do tratamento há maior sensibilidade da TIR e relação ao preço de venda da alface que do peixe.

Tabela 7 Taxa interna de retorno de acordo com preço dos peixes e das alfaces.

Tratamento	Preço de vendas peixes em R\$	Preço de vendas alface em R\$												
		2,5	3	3,5	4	4,5	5	Tratamentos						
T1	0,3	-0,34	-0,14	0,01	0,14	0,25	0,36	-0,34	-0,15	0	0,13	0,25	0,36	
	0,4	-0,29	-0,11	0,04	0,16	0,28	0,39	-0,29	-0,11	0,03	0,16	0,27	0,38	
	0,5	-0,24	-0,07	0,07	0,19	0,3	0,41	-0,24	-0,08	0,06	0,18	0,3	0,4	
	0,6	-0,2	-0,04	0,09	0,21	0,33	0,43	-0,2	-0,04	0,09	0,21	0,32	0,43	
	0,7	-0,16	-0,01	0,12	0,24	0,35	0,46	-0,16	-0,01	0,12	0,24	0,35	0,45	
	0,8	-0,13	0,02	0,14	0,27	0,38	0,48	-0,13	0,02	0,14	0,26	0,37	0,47	
	0,9	-0,09	0,05	0,18	0,29	0,4	0,5	-0,09	0,05	0,17	0,29	0,39	0,5	
	T3	0,3	-0,63	-0,32	-0,14	0	0,13	0,24	-0,63	-0,32	-0,14	0,01	0,13	0,25
		0,4	-0,46	-0,23	-0,07	0,06	0,18	0,29	-0,46	-0,23	-0,07	0,06	0,18	0,29
0,5		-0,35	-0,16	-0,01	0,11	0,23	0,34	-0,35	-0,16	-0,01	0,12	0,23	0,34	
0,6		-0,25	-0,09	0,05	0,17	0,28	0,38	-0,25	-0,09	0,05	0,17	0,28	0,39	
0,7		-0,18	-0,03	0,1	0,22	0,32	0,43	-0,17	-0,02	0,1	0,22	0,33	0,43	
0,8		-0,11	0,03	0,15	0,26	0,37	0,47	-0,1	0,03	0,16	0,27	0,38	0,48	
0,9		-0,04	0,09	0,2	0,31	0,42	0,52	-0,04	0,09	0,21	0,32	0,42	0,52	
T5		0,3	-	-0,57	-0,31	-0,13	0	0,12	-	-0,58	-0,31	-0,13	0,01	0,13
		0,4	-	-0,38	-0,19	-0,04	0,08	0,2	-0,72	-0,38	-0,19	-0,04	0,09	0,2
	0,5	-	-0,24	-0,09	0,04	0,16	0,27	-	-0,24	-0,08	0,05	0,16	0,27	
	0,6	-0,31	-0,13	0	0,12	0,23	0,34	-0,31	-0,13	0,01	0,13	0,24	0,34	
	0,7	-0,19	-0,04	0,08	0,2	0,3	0,4	-0,19	-0,04	0,09	0,2	0,31	0,41	
	0,8	-0,09	0,04	0,16	0,27	0,37	0,47	-0,08	0,05	0,16	0,27	0,38	0,48	
	0,9	0	0,12	0,23	0,34	0,44	0,53	0,01	0,13	0,24	0,34	0,44	0,54	

4 Conclusão

Pode-se concluir que o efeito da densidade de estocagem de juvenis de tilápia afetou significativamente na qualidade das alfaces, refletindo diretamente na viabilidade econômica pelo preço de venda das alfaces, sendo indicado 60 juvenis de tilápia/m³. Já o volume do biofiltro impactou pouco na viabilidade econômica, sendo indicados 50 litros por biofiltro para reduzir custo e obter maior viabilidade

5 Referências bibliográficas

Abusin, S.A.A., Mandikiana, B. W. Towards sustainable food production systems in Qatar: assessment of the viability of aquaponics. **Global Food Security**, [S.L.], v. 25, p. 100349, jun. 2020.

Alarcón-silvas, s.g., León-cañedo, j.a., Fierro-sañudo, j.f., Ramírez-rochín, j.; Fregoso-lópez, m.g.; Frías-espericueta, m.g.; Osuna-martínez, c.c.; Páez-osuna, f.. Water quality, water usage, nutrient use efficiency and growth of shrimp *Litopenaeus vannamei* in an integrated aquaponic system with basil *Ocimum basilicum*. **Aquaculture**, [S.L.], v. 543, p. 737023, 2021.

Ani, J., S., Manyala, J. O., Masese, F. O., Fitzsimmons, K. Effect of stocking density on growth performance of monosex Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) in the aquaponic system integrated with lettuce (*Lactuca sativa*). **Aquaculture And Fisheries**, [S.L.], v. 00, n. 00, p. 1-8, mar. 2021

Armenta-bojórquez, Adolfo, D., Valenzuela-castañeda, Alba R. fitsimmons, kevin; lópez-alvarez, ely sara; rodríguez-quiroz, gerardo; valenzuela-quifóñez, wenceslao. Pacific white shrimp and tomato production using water effluents and salinity-tolerant grafted plants in an integrated aquaponic production system. **Journal Of Cleaner Production**, [S.L.], v. 278, p. 124064, jan. 2021.

Asano, L., Ako, H., Shimizu, E., Tamaru, C. Limited water exchange production systems for freshwater ornamental fish. **Aquaculture Research**, v.34, p.937-941, 2003.

Asciuto, A., SCHIMMENTI, E., COTTONE, C., BORSELLINO, V. A financial feasibility study of an aquaponic system in a Mediterranean urban context. **Urban Forestry & Urban Greening**, [S.L.], v. 38, p. 397-402, fev. 2019.

Assis, Y. P., Antunes S., Porto, L. A., Melo, N. F. A. C., Palheta, G. D. A., Luz, R. K., Favero, G. C. Feed restriction as a feeding management strategy in *Colossoma macropomum* juveniles under recirculating aquaculture system (RAS). **Aquaculture**, [S.L.], v. 529, p. 735689, dez. 2020.

Baek, G. Y.; Kim, Myeong H.; KIM, C. H.; Choi, Eun G.; Jin, Byeong O.; SON, Jung E.; Kim, Hyeon T.. The Effect of LED light combination on the anthocyanin expression of lettuce. **Ifac Proceedings Volumes**, [S.L.], v. 46, n. 4, p. 120-123, 2013.

Baganz, G., Baganz, D. Staaks, G., Monsees, H., Kloas, W. Profitability of multi-loop aquaponics: year :long production data, economic scenarios and a comprehensive model case. **Aquaculture Research**, [S.L.], v. 51, n. 7, p. 2711-2724, 6 abr. 2020.

Bich, T. T. N.; TRI, D. Q., YI-CHING, C., KHOA, H. D. Productivity and economic viability of snakehead *Channa striata* culture using an aquaponics approach. **Aquacultural Engineering**, [S.L.], v. 89, p. 102057, maio 2020.

Boxman, S., Nystrom, M., Capodice, J. C., Ergas, S. J., Main, K. L., Trotz, M. Effect of support medium, hydraulic loading rate and plant density on water quality and growth of halophytes in marine aquaponic systems. **Aquaculture Research**, [S.L.], v. 48, n. 5, p. 2463-2477, 19 maio 2016.

Carneiro A.M, Aquaponia: produção sustentável de peixes e vegetais. In: Tavares-Dias, M. & Mariano, W.S. (Org.). **Aquicultura no Brasil: novas perspectivas**. São Carlos, Editora Pedro & João, 2015.

Carvalho, P.C. F.. Definitions and terminologies for Integrated Crop-Livestock System. **Revista Ciência Agrônômica**, Rio Grande do Sul, p. 1040-1046, out. 2014.

Casarotto, F. N., Kopittke, B. H. *Análise de investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial*. 10.ed. São Paulo: **Atlas**, 2007. 468 p.

Chen, S.L., Ling, J., Blancheton, J.P. Nitrification kinetics of biofilm as affected by water quality factors. **Aquacultural Engineering**, v.34, p.179-197, 2006

Colt, J.; Lamoureux, J., Patterson, R., Rogers, G. Reporting standards for biofilter performance studies. **Aquacultural Engineering**, v.34, p.377-388, 2006.

DORNELAS, J. **Empreendedorismo. Transformando ideias em negócios**. 7. ed. São Paulo: Empreende, 2018.

Eng, C. T., Paw, J. N., Guarin, F. Y. The environmental impact of aquaculture and the effects of pollution on coastal aquaculture development in Southeast Asia. **Marine Pollution Bulletin**, [S.L.], v. 20, n. 7, p. 335-343, jul. 1989.

Fernandes, M. Desenvolvimento sustentável: Raízes: **Revista De Ciências Sociais E Econômicas**, 2002 21(2), 246-260

Goda A.M.A.S., Essa M.A, Hassaan M.S, Sharawy Z. Bio economic features for aquaponic systems in Egypt. **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences** 2015 15: 525–532.

Goddek S, Delaide B, Mankasingh U, Ragnarsdottir K, Jijakli H, Thorarinsdottir R Challenges of sustainable and commercial aquaponics. **Sustainability (Switzerland)** 2015 7(4): 4199– 4224.

Goodman, E.R. Aquaponics: Community and Economic Development. Arizona **State University**. 2011

Graber, A., Junge, R. Aquaponic Systems: nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production. **Desalination**, [S.L.], v. 246, n. 1-3, p. 147-156, set. 2009.

Greenfeld, A. Becker, N., Bornman, J. F., Spatari, S., Angel, D. L. Monetizing environmental impact of integrated aquaponic farming compared to separate systems. **Science Of The Total Environment**, [S.L.], v. 792, p. 148459, 2018

Greenfeld, A., Becker, N. Bornman, Janet F., Spatari, S., Angel, D. L. Monetizing environmental impact of integrated aquaponic farming compared to separate systems. **Science Of The Total Environment**, [S.L.], v. 00, n. 00, p. 148459-148492, jun. 2018.

Hang, H., Gao, Y., Shi, Ho., Lee, C. T., Hashim, H., Zhang, Z., WU, W.; LI, C.. Recovery of nutrients from fish sludge in an aquaponic system using biological aerated filters with ceramsite plus lignocellulosic material media. **Journal Of Cleaner Production**, [S.L.], v. 258, p. 120886, jun. 2020

Hoji, MAasakazu. Administração Financeira. 4º edição. Editora Atlas. São Paulo – 2003.

Hundley, G.C., Navarro, R.D. Aquaponia: a integração entre piscicultura e a hidroponia. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 3, n. 2, 2013.

Irolo, M., Bordgnon, F. Trocino, A., Fasolato, L., Pascual, A., Godoy, S., Nicoletto, C., Maucieri, C., Xiccato, G. Effects of stocking density on the growth and flesh quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) reared in a low-tech aquaponic system. **Aquaculture**, [S.L.], v. 529, p. 735653, dez. 2020. Elsevier BV.

Junge R, König B, Villarroel M, Komives T, Jijakli M Strategic points in aquaponics. **Water (Switzerland)** 2017 9: 1–9.

Khandaker, M., Kotzen, B. The potential for combining living wall and vertical farming systems with aquaponics with special emphasis on substrates. **Aquaculture Research**, [S.L.], v. 49, n. 4, p. 1454-1468, 23 jan. 2018.

Khanjani, M. H., Sharifinia, M. Production of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* reared in a limited water exchange system: the effect of different light levels. **Aquaculture**, [S.L.], v. 542, p. 736912, set. 2021.

KUBITZA, F. Sistemas de Recirculação: Sistemas Fechados com Tratamento e reuso da Água. **Panorama da Aquicultura**, 2006.v 16, n. 95, 15-22p

Li, G., Tao L., Li, X. Peng, L., Song, C., Dai, L. Wu, Y., Xie, L. Design and performance of a novel rice hydroponic biofilter in a pond-scale aquaponic recirculating system. **Ecological Engineering**, [S.L.], v. 125, p. 1-10, dez. 2018. Elsevier BV.

Liu, W., KE, H., Xie, J., Tan, H., Luo, G., Xu, B., Abakari, G. Characterizing the water quality and microbial communities in different zones of a recirculating aquaculture system using biofloc biofilters. **Aquaculture**, [S.L.], v. 529, p. 735624, dez. 2020

Love D.C., Fry J.P., Li X., Hill E.S., Genello L, Semmens K. Commercial aquaponics production and profitability: findings from an international survey. **Aquaculture** 2015 435: 67–74

Love, D. C., Fry, J. P., Genello, L., Hill, E. S., Frederick, J.A., LI, X., Semmens, K. A. international survey of aquaponics practitioners. **PLoS One**, San Francisco, USA, v. 9, p. 1-10, 2014.

Machado, L. Balbino, L., Cecon, G. Integração lavoura-pecuária-floresta. 1. Estruturação dos sistemas de integração lavoura-pecuária. Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 46 p. 2011.

Martinelli, G. C., Parisoto, G. J., Marques, E. O., Oliveira, L. viabilidade econômica de sistema de aquaponia, no município de são josé dos pinhais, paraná. In: Encontro Internacional sobre Gestão Ambiental e Meio Ambiente, 21., 2019, São Paulo. Artigo. São Paulo: **Anais Engema**, 2019. p. 1-17.

Naveh N. Bio-economic Aspects and the Prevention of Negative Externalities in Aquaculture Using Aquaponics System. MS thesis, **The Hebrew University of Jerusalem**. 2015

Nuwansi, K.K.T.; Verma, A.K.; Chandrakant, M.H.; Prabhath, G.P.W.A.; Peter, R.M.. Optimization of stocking density of koi carp (*Cyprinus carpio* var. koi) with gotukola (*Centella asiatica*) in an aquaponic system using phytoremediated aquaculture wastewater. **Aquaculture**, [S.L.], v. 532, p. 735993, fev. 2021

Padozeveze, C. L., Benedicto, G. C. Análise das demonstrações financeiras. 2 ed. São Paulo: Thomson Learning, 2007.

Paudel, S. R. Nitrogen transformation in engineered aquaponics with water celery (*Oenanthe javanica*) and koi carp (*Cyprinus carpio*): effects of plant to fish biomass ratio. **Aquaculture**, [S.L.], v. 520, p. 734971, abr. 2020.

Paul, S., Mandal, A., Bhattacharjee, P., Chakraborty, S., Paul, R., Mukhopadhyay, B. K. Evaluation of water quality and toxicity after exposure of lead nitrate in fresh water fish, major source of water pollution. **The Egyptian Journal Of Aquatic Research**, [S.L.], v. 45, n. 4, p. 345-351, dez. 2019.

Pearson, L. J., Pearson, L., Pearson, C. J. Sustainable urban agriculture: stocktake and opportunities. **International Journal Of Agricultural Sustainability**, [S.L.], v. 8, n. 1-2, p. 7-19, fev. 2010.

Queiroz, J. F. guia de Boas práticas de manejo para sistemas de aquaponia / Julio Ferraz Queiroz, Thiago ArchangeloFreato, Alfredo José Barreto Luiz, Márcia Mayumi Ishikawa, Rosa ToyokoShriraishiFriguetto. Jaguariúna : Embrapa Meio Ambiente, 2017.

Rezende, J. L. P., Oliveira, A. D. **Análise econômica e social de projetos florestais**. Viçosa: Editora UFV, 2001. 389 p. Rupasinghe J.W, Kennedy J.O.S. Economic benefits of integrating a hydroponic-lettuce system into a barramundi fish production system. **Aquaculture Economics & Management** 2010 14: 81–96

Santos, M. J., Viera, E. T., Ssantos, D. Desenvolvimento social e econômico: crescimento populacional e capital social no município de caraguatatuba/sp. **Qualitas Revista Eletrônica**, [S.L.], v. 20, n. 1, p. 75, 2 jul. 2019. Universidade Estadual da Paraíba (UEPB).

SCHMAUTZ, Zala; ESPINAL, Carlos A.; SMITS, Theo H.M.; FROSSARD, Emmanuel; JUNGE, Ranka. Nitrogen transformations across compartments of an aquaponic system. **Aquacultural Engineering**, [S.L.], v. 92, p. 102145, fev. 2021. Elsevier

Sipauba, T., L.H., Favero, E.G.P., Braga, F.M.S. Utilização de biofiltros de macrófitas em efluentes de aquíicultura: I. Planta flutuante. **Brazilian Journal of Biology**, v.62, n.4, p.713-723, 2002.

Somerville, C., Cohen, M., Pantanella, E., Stankus, A. & Lovatelli, A. Small-scale aquaponic food production: integrated fish and plant farming. **FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper**,2014 (589)

Tokunaga K, Tamaru C, Ako H, Leung P Economics of small-scale commercial aquaponics in Hawaii. **Journal of the World Aquaculture Society** 2015 46(1): 20–32.

Tokunaga K, Tamaru C, Ako H, Leung P Economics of small-scale commercial aquaponics in Hawai'i. **Journal of the World Aquaculture Society** 2015 46(1): 20–32.

Tyson, R. V. Simonne, E. H.; Treadwell, D. D., WHITE, J. M.;USA, v. 43, p. 719-724, 2008.

Vermeulen T, Kamstra A. The need for systems design for robust aquaponic systems in the urban environment. **Acta Horticulturae** 2013 1004: 71–78.

Woiler, S., Mathias, W. F. **Projetos: planejamento, elaboração e análise**. 1. ed. São Paulo: Atlas S/A, 1996. 294 p.

Wonkiew, S., Popp, B.N., Kim, H.J., Khanal, S.K. Fate of nitrogen in floating-raft aquaponic systems using natural abundance nitrogen isotopic compositions. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 125, p. 24-32, 2017

Xie K., Rosentrater K., Life cycle assessment (LCA) and Techno-economic analysis (TEA) of tilapia-basil aquaponics. **Annual International Meeting**, 2015 p. 29, Iowa State University, Iowa.

Xu, J., Yi, B., Fan, Y. Economic viability and regulation effects of infrastructure investments for inter-regional electricity transmission and trade in China. **Energy Economics**, [S.L.], v. 91, p. 104890, set. 2020.

Yang, T., Kim, H. Nutrient management regime affects water quality, crop growth, and nitrogen use efficiency of aquaponic systems. **Scientia Horticulturae**, [S.L.], v. 256, p. 108619, out. 2019.

Yue, k. She, Y. An overview of disruptive technologies for aquaculture. **Aquaculture And Fisheries**, [S.L.], v. 00, n. 00, p. 1-10, jun. 2021.