

**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 DA AQUAPONIA DE JUVENIS DE TILÁPIA
E RÚCULA EM SISTEMA NFT**

**Autora: Rafaella Machado dos Santos de Medeiros
Orientador: Prof. Dr. Adriano Carvalho Costa**

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 DA AQUAPONIA DE JUVENIS DE TILÁPIA
E RÚCULA EM SISTEMA NFT**

Autora: Rafaella Machado dos Santos de Medeiros
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
Agosto – 2022

Medeiros, Rafaella Machado dos Santos

MM149v VIABILIDADE ECONÔMICA DA AQUAPONIA DE
JUVENIS DE

TILÁPIA E RÚCULA EM SISTEMA NFT / Rafaella

Machado dos Santos Medeiros; orientador Adriano
Carvalho Costa. -- Rio Verde, 2022.

47 p.

Dissertação (Mestrado em Zootecnia) -- Instituto Federal
Goiano, Campus Rio Verde, 2022.

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: Rafaella Machado dos Santos de Medeiros

Matrícula: 2020202310240089

Título do Trabalho: Viabilidade Econômica da Aquaponia de Juvenis de Tilápia e Rúcula em Sistema NFT

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 15/12/2023

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 incluídos 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, 12/12/2023.



Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:



Assinatura do(a) orientador(a)

ATA DA DEFESA

Ata nº 61/2022 - GGRAD-RV/DE-RV/CMPRV/IFGOIANO

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Unidade do IF Goiano:	Campus Rio Verde	
Programa de Pós-Graduação :	Zootecnia	
Defesa de:	Dissertação	Defesa de número:131
Data: 26/08/2022	Hora de início: 15:00h	Hora de encerramento: 18:00h
Matrícula do discente:	2020202310240089	
Nome da discente:	Rafaella Machado dos Santos de Medeiros	
Título do trabalho:	Avaliação Econômica do Sistema Aquaponico Cultivado com Rúcula em Diferentes Volumes de Material Filtrante e Densidade de Juvenis de Tilápia	
Orientador:	Adriano Carvalho Costa	
Área de concentração:	Zootecnia/Recursos Pesqueiros	
Linha de Pesquisa:	Sustentabilidade e Produção de Não Ruminantes	
Projeto de pesquisa de vinculação	Viabilidade econômica em sistema aquapônico de juvenis de tilápia e rúcula.	
Titulação:	Mestre em Zootecnia	

Nesta data, reuniram-se os componentes da Banca Examinadora, Prof. Dr Adriano Carvalho Costa (Orientador), Prof. Dr. Lélis Pedro de Andrade (Avaliador externo), Prof. Dr. Marco Antônio Pereira da Silva (Avaliador interno) e Prof. Dr. Andrés Angel Sciara (Avaliador externo) sob a presidência do primeiro, em sessão pública realizada por vídeo conferência via Google Meet à distância, para procederem a avaliação da defesa de dissertação, em nível de Mestrado, de autoria de **RAFAELLA MACHADO DOS SANTOS DE MEDEIROS**, discente do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde. A sessão foi aberta pelo presidente da Banca Examinadora, Adriano Carvalho Costa, que fez a apresentação formal dos membros da Banca. A palavra, a seguir, foi concedida o(a) autor (a) da dissertação para, em 40 min., proceder à apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da banca arguiu o(a) examinado(a), tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se a avaliação da defesa. Tendo-se em vista as normas que regulamentam o Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, e procedidas às correções recomendadas, a dissertação foi APROVADA, considerando-se integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **MESTRE EM ZOOTECNIA**. A conclusão do curso dar-se-á quando da entrega na secretaria do PPGZ da versão definitiva da dissertação, com as devidas correções. Assim sendo, esta ata perderá a validade se não cumprida essa condição, em até **60** (sessenta) dias da sua ocorrência. A Banca Examinadora recomendou a publicação dos artigos científicos oriundos dessa Tese em periódicos de circulação nacional e/ou internacional, após procedida as modificações sugeridas. Cumpridas as formalidades da pauta, a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de dissertação de mestrado, e foi lavrada a presente Ata, que, após lida e achada conforme, será assinada pelos membros da Banca Examinadora.

Decisão da banca: Aprovada

Esta defesa é parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna do IFGoiano.

Documento assinado eletronicamente por:

- Andrés Angel Sciara, Andrés Angel Sciara - Professor Avaliador de Banca - Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde (10651417000500), em 14/09/2022 10:14:10.
- Marco Antonio Pereira da Silva, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 26/08/2022 17:42:26.
- Lélis Pedro de Andrade, Lélis Pedro de Andrade - Professor Avaliador de Banca - Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde (10651417000500), em 26/08/2022 17:42:20.
- Adriano Carvalho Costa, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 26/08/2022 17:39:53.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 17/08/2022. 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: 416541
Código de Autenticação: 6c8bc89291



AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida, sabedoria e força para continuar meus objetivos, mantendo sempre o foco, mesmo nos momentos mais difíceis.

Ao apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Ao CNPq, FAPEG e FINEP, pelo apoio a pesquisa.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, por fornecer a oportunidade e estrutura para conclusão do mestrado.

A minha querida e amada avó, Amara Machado de Lima, por se manter presente em cada etapa da minha vida sempre com todo cuidado, amor e dedicação.

Aos meus pais, Elisa Machado dos Santos e Ronaldo José de Medeiros, por estarem ao meu lado, sempre com as melhores palavras não me deixando desistir dos meus sonhos.

Aos meus amigos que estiveram sempre presentes torcendo pela minha vitória, em especial a Ana Gisele, Diana Rodrigues e Felipe Veras.

Ao Prof. Dr. Adriano Carvalho Costa, pela orientação, suporte e ensinamentos que obtive durante esses últimos dois anos.

A todos os professores pelos conhecimentos compartilhados que agregaram ao meu currículo profissional e pessoal.

E, a todos os envolvidos, direta e indiretamente, muito obrigada.

BIOGRAFIA DA AUTORA

Rafaella Machado dos Santos de Medeiros, filha de Elisa Machado dos Santos e Ronaldo José de Medeiros, nascida em Recife, estado de Pernambuco, em 02 de março de 1996. Iniciou a formação profissional no Centro Universitário Católica do Tocantins, no ano de 2014, no curso de Bacharelado em Zootecnia. Durante o período da graduação atuou em estágios que agregaram a sua formação como na Secretaria de Agricultura, Pecuária e Aquicultura do Estado do Tocantins e na Embrapa Pesca e Aquicultura. No segundo semestre de 2020 ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia pelo Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde. Em agosto de 2022 concluiu o Mestrado em Zootecnia. Atualmente trabalha prestando assistência técnica a piscicultores do Estado do Tocantins representando o Serviço Nacional de Aprendizagem Rural.

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - Custo fixo por sistema de cultivo e do berçário.....	42
TABELA 2 - Custo variável de acordo com os tratamentos.....	44
TABELA 3 - Custo com a montagem do sistema de aeração.....	44
TABELA 4 - Resultados da avaliação dos investimentos considerando produção anual (PA) preços por unidade (PU), receita anual por espécie (RA), receita anual total (RAT), custo anual (CA), fluxo de caixa operacional (FCO), investimento total (IT), capital de giro (CG), desinvestimento (Des), valor presente líquido total (VPLT), valor presente líquido anual (VPLA), taxa interna de retorno (TIR), taxa mínima de atratividade modificada (MTIR) e índice de lucratividade (IL).	48
TABELA 5 - Fluxo de caixa anual e acumulado (payback) dos tratamentos em 5 anos de produção. Valores em parêntese foram negativos.	49

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - Interação piscicultura e hidroponia na aquaponia.	17
FIGURA 2 -Tanques inseridos no sistema aquapônico.	18
FIGURA 3 - Decantador no sistema aquapônico (A) e filtro biológico utilizando argila expandida (B).....	19
FIGURA 4 - Interação entre os sistemas biológicos na aquaponia.....	20

ÍNDICE GERAL

CAPÍTULO I.....	12
RESUMO	12
1. INTRODUÇÃO	14
2. HISTÓRIA DO SISTEMA AQUAPÔNICO	16
3. ENTENDENDO A AQUAPONIA	16
4. DE QUE É COMPOSTO O SISTEMA AQUAPONICO NUTRIENT FILM THECNIC	18
5. BACTÉRIAS NITRIFICADORAS	20
6. CRITÉRIOS DE ESCOLHA DAS ESPÉCIES – ANIMAL E VEGETAL.....	21
7. VIABILIDADE ECONÔMICA DA AQUAPONIA	22
8. INDICADORES DE VIABILIDADE	23
9. RESULTADOS DE TRABALHOS AQUAPÔNICOS	25
10. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	27
11. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	28
CAPÍTULO II.....	33
RESUMO	33
VIABILIDADE ECONÔMICA DA AQUAPONIA	33
1. INTRODUÇÃO	35
2. MATERIAL E MÉTODOS	36
2.1. Caracterização do sistema aquapônico	36
2.2. Viabilidade econômica.....	38
2.2.1. Valor Presente Líquido (VPL)	38
2.2.2. Taxa Interna de Retorno (TIR).....	39
2.2.3. Taxa Interna de Retorno Modificada (MTIR).....	39
2.2.4. Taxa Mínima de Atratividade (TMA).....	39
2.2.5. Índice de Lucratividade (IL)	40
2.2.6. Payback.....	40
2.3. Materiais e custos	41
2.4. Análise de viabilidade econômica.....	45
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
4. CONCLUSÃO	54
5. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	56

CAPÍTULO I

RESUMO

PRODUÇÃO AQUAPÔNICA EM NFT

Nesta revisão bibliográfica, objetiva-se apresentar o sistema aquapônico em Nutrient Film Thecnic (NFT) e os aspectos econômicos a serem considerados para a implementação. Com o intuito principal de difundir conhecimentos sobre a produção na aquaponia que envolve a história do sistema, o entendimento de como funciona a integração entre as culturas, a composição da técnica produtiva NFT, a função e importância das bactérias nitrificadoras, os critérios necessários para escolha das espécies animal e vegetal que serão introduzidas ao sistema. A viabilidade econômica que a aquaponia pode apresentar, os indicadores utilizados para analisar a viabilidade, mostrando os resultados encontrados a partir de estudos voltados a algumas áreas da aquaponia. A partir das informações apresentadas foi possível concluir que a produção integrada na aquaponia é capaz de garantir benefícios para todas as culturas inseridas ao sistema, possibilitando um ambiente de cultivo apropriado para o desenvolvimento produtivo de ambos. Em todos os sistemas o NFT também demandará investimentos altos na implantação, mas, implementado da maneira correta, proporciona custo com manutenções e substituições reduzidos.

Palavras-chave: Tecnologia na aquaponia, sistema integrado, indicador de viabilidade.

AQUAPONIC PRODUCTION IN NFT

In this literature review, the objective is to present the aquaponics system in Nutrient Film Technique (NFT) and the economic aspects to be considered for its implementation. With the aim of disseminating knowledge about aquaponics production that involves the system history, the understanding of how integration between cultures works, the composition of the NFT production technique, the function and importance of nitrifying bacteria, the criteria necessary for choosing animal and plant species that will be introduced into the system. The economic viability that aquaponics can present, the indicators used to analyze viability, showing the results found from studies focused on some areas of aquaponics. From the information presented, it was possible to conclude that integrated production in aquaponics is capable of guaranteeing benefits for all crops included in the system, enabling an appropriate cultivation environment for the productive development of both. In all systems, NFT will also require high investments in implementation, but implemented correctly, it provides reduced maintenance and replacement costs.

Keywords: Aquaponics technology, integrated system, feasibility indicator.

INTRODUÇÃO

O crescimento populacional resulta no aumento da demanda alimentar e, conseqüentemente nos desafios em produzir com quantidade e qualidade de acordo com as exigências do mercado. Atrelado a esta demanda está a necessidade de desenvolver tecnologias que otimizem o uso de recursos, tanto econômico quanto ambiental, com impacto reduzido ao meio ambiente de maneira que promova alimento e renda a consumidores e produtores (FIGUEIREDO e MIRANDA, 2011).

A busca por alimentos saudáveis que tenham sido produzidos com redução a impactos ao meio ambiente tem crescido mundialmente. Estes alimentos fornecem macro e micronutrientes, energia e água necessárias para a manutenção do funcionamento do organismo e desenvolvimento, sendo estes alimentos de origem vegetal e animal. Os alimentos de origem animal são ricos em proteína, vitaminas e minerais enquanto os de origem vegetal fornecem proteínas, carboidratos, gorduras, vitaminas e minerais considerados essenciais à saúde (BORTOLINI *et al.*, 2019).

Entre as fontes proteicas de origem animal, tem-se o peixe que pode ser obtido de forma extrativa ou por meio do cultivo através da aquicultura. A aquicultura tem mostrado crescente potencial, responsável por metade do fornecimento de peixe, além de estar presente como fundamental fonte de alimento, nutrição, renda e meios de subsistência da humanidade. Essa realidade demonstra a importância e o espaço da atividade aquícola no cenário de produção, visto que tem tido evolução e crescimento rápido; característica favorável para a produção de alimento, demonstrando importância deste desenvolvimento para a segurança alimentar (DEDIU *et al.*, 2012; FAO, 2018).

Há variedade de alimentos de origem vegetal comercializados, entre estas têm-se a rúcula que, em produções hidropônicas, podem alcançar bons resultados produtivos. Hidroponia refere-se ao cultivo de plantas sem a utilização do solo, e os nutrientes e minerais necessários para o desenvolvimento dos vegetais são fornecidos a partir do contato das raízes (responsáveis pela absorção). Este sistema permite que seja reduzido em até 95% o uso de recursos hídricos (BEZERRA NETO e BARRETO, 2011; ARAÚJO, 2015).

Visando as características positivas que a aquicultura e hidroponia possuem aumenta-se os estudos voltados ao desenvolvimento e aprimoramento de conhecimentos capazes de difundir a produção em sistema aquapônico. A aquaponia consiste na

integração da aquicultura com a hidroponia, e o cultivo de hortaliças será beneficiado, pois o sistema permite que os nutrientes presentes na água oriunda dos tanques de criação dos organismos aquáticos sejam absorvidos pelas raízes das plantas, auxiliando na melhor qualidade da água que retorna aos tanques (HUNDLEY *et al.*, 2013).

Entre os estudos que buscam conhecimento para o desenvolvimento de técnicas aquapônicas têm-se a produção em Nutrient Film Thecnic (NFT) e a viabilidade econômica. A técnica NFT consiste na circulação da água, entre as raízes das plantas, que é composta de quantidades ideais de nutrientes capazes de favorecer o bom desenvolvimento do vegetal em cultivo. Na aquaponia esses nutrientes vêm dos dejetos liberados nos tanques que são cultivados os organismos aquáticos e, antes de passar entre as raízes, o nitrogênio e amônia (substâncias que podem ser tóxicas) são transformadas em nitrito pelas bactérias *Nitrosomonas*, depois em nitrato pelas bactérias *Nitrobacter* (ARAÚJO *et al.*, 2018).

Dessa forma, objetiva-se apresentar o sistema aquapônico em Nutrient Film Thecnic e os aspectos econômicos a serem considerados para implementação.

História do Sistema Aquapônico

Evidências históricas estimam que a aquaponia teve início entre os séculos XII e XIII em pequenas ilhas flutuantes onde havia a criação de plantas e peixes criados pelos Astecas na América Central e do Sul. Já a aquaponia moderna teve início em meados do século XX, e foi desenvolvido um modelo de sistema aquapônico em estilo comercial de pequeno porte, ou seja, com produção aproximada de 5 toneladas de peixe por ano, e colheita dos vegetais a cada seis meses (CROSSLEY, 2004; MARTINS, 2017).

Estes indícios demonstram que a aquaponia não é uma atividade recente e vem sendo desenvolvida ao longo dos séculos. Porém, no Brasil, por mais que esteja bastante difundida em outros países, a aquaponia ainda apresenta produção consideravelmente baixa, uma vez que necessita que novas técnicas de produção sejam desenvolvidas e/ou aprimoradas (GEISENHOFF *et al.*, 2016).

Entendendo a Aquaponia

A aquaponia consiste em produzir organismos aquáticos de interesse comercial em consórcio com hortaliças, fazendo com que ambas as produções tenham benefícios no aproveitamento de nutrientes e qualidade da água. A ração fornecida aos animais, após processo de absorção, irá liberar amônia (NH₃) na excreta, assim como o nitrogênio liberado pelas brânquias, passando no filtro biológico para que esses compostos sejam transformados em nitrito (NO₂⁻) pelas bactérias *Nitrosomonas* e depois em nitrato (NO₃⁻) pelas *Nitrobacter* (Figura 1). Este processo retira a toxicidade inicial em nutrientes absorvíveis pelas raízes das hortaliças, desta maneira a ação das bactérias e absorção das plantas permitem que a água seja filtrada de tal maneira que a qualidade se mantenha nos níveis ideais para criação e desenvolvimento produtivo dos animais (CARNEIRO *et al.*, 2015).

Neste cultivo, procura-se manter, o mais constante possível, o equilíbrio entre a produção animal e vegetal. Para isso, manter a densidade dos peixes acima de vinte vezes, comumente utilizada, permitindo a manutenção da boa quantidade e disponibilidade de nutrientes da água, permitindo, que as duas produções atinjam a produtividade pretendida (JORDAN *et al.*, 2020).

Na aquaponia, é importante ter conhecimento quanto à escolha do tipo de cultivo utilizado, havendo ou não a utilização de mais de uma espécie de hortaliça e/ou organismo aquático. Para o estabelecimento deste cultivo deve-se atentar a questões como

temperatura, facilitando a adaptação ao clima do local que será cultivado. Com a influência que a temperatura pode ter na produção, usa-se como alternativa de controle estufas que captam a temperatura ambiente ou sombras, minimizando as alterações bruscas e/ou constantes de temperatura nas mudanças de estação (inverno e verão) (CANDARLE, 2015).



FIGURA 1 - Interação piscicultura e hidroponia na aquaponia.

Fonte: CARNEIRO (2015).

Na produção de peixes, é característico em sistemas aquapônicos utilizar altas densidades, um fator que restringe o uso de algumas espécies que não toleram essa situação, assim como o manejo frequente e outras situações recorrentes, até mesmo as variáveis de um sistema produtivo. Já no caso das hortaliças, é importante, além de fatores adaptativos, ambientais, físicos e químicos, avaliar primeiramente o potencial de escolha da espécie no mercado consumidor (HUNDLEY e NAVARRO, 2013).

A produção de um alimento mais sustentável está relacionada com a redução do uso de recursos naturais e poluição do solo, o descarte consciente e/ou tratamento de resíduos gerados. Neste sentido, na produção de espécies aquícolas e vegetais em sistemas aquapônicos há redução da necessidade de uso dos recursos hídricos, diminuindo também a poluição do solo, água e lençol freático (GIUCA, 2013).

A demanda de produtos do segmento sustentável vem tendo impulso pela procura por alimentação mais saudável e inclusão na alimentação escolar, valorizando o trabalho dos pequenos produtores. Mas, mesmo com esta demanda, a produção mais sustentável

enfrenta desafios que exigem o desenvolvimento de tecnologias ligadas a estes conceitos de produção (LIMA *et al.*, 2020).

O número de consumidores que apreciam alimentos produzidos de forma mais sustentável vem crescendo. A valorização destes produtos com baixo impacto ambiental e que respeitam o bem-estar animal é ótima oportunidade para pequenos produtores locais, visto que havendo mercado consumidor haverá também retorno aos investimentos realizados, com lucratividade produtiva (BUAINAIN *et al.*, 2014).

Estrutura do Sistema Aquaponico Nutrient Film Thecnic

O sistema aquapônico é composto por: tanques de criação dos organismos aquáticos, filtro biológico, decantadores, aeração e escolha do ambiente de cultivo das hortaliças. Em caso de altas densidades de espécies aquáticas é interessante instalar decantadores para melhorar o funcionamento da filtração. Já a aeração é importante tanto para os organismos aquáticos quanto para as hortaliças e bactérias do filtro biológico (CASTELLANI *et al.*, 2009; VENTURA *et al.*, 2019).



FIGURA 2 -Tanques inseridos no sistema aquapônico.

Fonte: Arquivo pessoal.

Os tanques de cultivos são utilizados na fase inicial da produção e ao longo do ciclo produtivo (Figura 2). Na fase inicial, denominada berçário, os peixes são condicionados ao sistema de produção a que foram recentemente inseridos, situação que envolve a aclimação aos manejos diários que serão submetidos: alimentar, sanitário, análises de controle e biometria (mensal). Após o período de cultivo no berçário os peixes são direcionados para outras caixas, denominadas unidades de cultivo, e passarão o restante do ciclo. Durante a transferência para as unidades, no caso da criação de peixes, será feita a classificação e cada caixa será povoada com animais que apresentem peso

médio individual aproximado diminuindo a incidência de heterogeneidade dentro das unidades (KUBITZA, 2009).

O decantador que é inserido no sistema tem como intuito separar os sólidos oriundos das unidades de cultivo da água que seguirá para o biofiltro. Por possuir densidades diferentes, os sólidos irão decantar no fundo dos decantadores deixando apenas a água na superfície (Figura 3). Desta maneira, a água seguirá para o biofiltro sem sólidos, facilitando o processo de retirada da toxicidade dos componentes nutritivos da água. Os sólidos permanecem no fundo até o momento da limpeza dos decantadores (QUEIROZ *et al.* 2017).



FIGURA 3: Decantador no sistema aquapônico (A) e filtro biológico utilizando argila expandida (B).

Fonte: Arquivo pessoal.

No biofiltro ocorre a ação das bactérias nitrificadoras que transformam componentes que apresentam toxicidade, tanto para os organismos aquáticos quanto para as plantas em compostos absorvíveis, nutritivos e importantes para o desenvolvimento produtivo das culturas (Figura 3). A colonização das bactérias será realizada na fase de berçário, preparando também o biofiltro para o sistema de cultivo. Esta parte do sistema pode ser composta de argila expandida, seixo ou brita (GALLARDO *et al.*, 2021).

Cada sistema empregado na aquaponia apresenta um ambiente de cultivo diferente, no caso do sistema NFT são utilizadas calhas para criação dos vegetais e hortaliças. As calhas e canaletas podem ser produzidas a partir de vários materiais disponíveis no mercado ou até mesmo de reuso da propriedade, mas quanto maior a qualidade melhor será a durabilidade e menor a necessidade de manutenção e/ou reposição. Neste sistema as calhas são fechadas e apresentam apenas os furos necessários: entra e saída de água e fixação das hortaliças e vegetais, assim as raízes ficam submersas

e em contato com a água, absorvendo os nutrientes ali presentes (CARNEIRO *et al.*, 2015).

Bactérias Nitrificadoras

Bactérias nitrificadoras são bactérias capazes de converter substâncias tóxicas em substâncias absorvíveis. Na aquaponia estas bactérias são introduzidas ao sistema com o intuito de transformar a amônia presente na excreta dos peixes e degradação da ração em nitrato, substância essa que em contato com as raízes das plantas cultivadas serão absorvidas desempenhando papel fundamental para o desenvolvimento produtivo da mesma (JUNGE *et al.*, 2017).

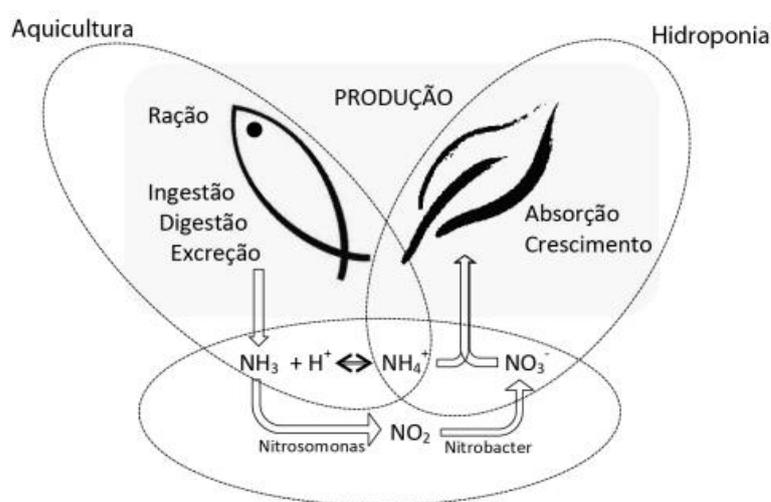


FIGURA 4 - Interação entre os sistemas biológicos na aquaponia.

Fonte: CARNEIRO, 2015.

No processo de nitrificação estão presentes dois gêneros de bactérias: *Nitrosomonas* e *Nitrobacter*. As *Nitrosomonas* realizam a oxidação do íon amônio (NH_4^+) transformando-o em nitrito (NO_2^-) (Figura 4). Já as *Nitrobacter* realizam a oxidação do nitrito em nitrato (NO_3^-). A presença destas bactérias visa o tratamento do componente tóxico, diminuindo a necessidade de ações de controle que elevem o custo de produção ou interfiram no desenvolvimento produtivo (ARAÚJO *et al.*, 2018).

No sistema aquapônico a ação destas bactérias tem início no filtro biológico cuja ação beneficiará tanto as plantas (maior disponibilidade de nutrientes absorvíveis) quanto o organismo aquático em cultivo (melhorando a qualidade da água, ponto importante para a produção aquícola). Esta tecnologia empregada no sistema aquapônico visa aumentar o desempenho produtivo das culturas cultivadas, mas, ainda é necessário avaliar qual a contribuição efetiva neste sistema (JUNGE *et al.*, 2017).

Para que as bactérias nitrificadoras desempenhem o papel esperado é imprescindível que o ambiente seja aeróbico, devendo haver o controle da oxigenação do ambiente, ou seja, não é ideal que os filtros estejam alagados ou vazios na maior parte do tempo. Filtros completamente alagados tendem a interferir na nitrificação em decorrência da baixa circulação de água diminuindo as taxas de oxigenação. Já os filtros com nível baixo de água podem gerar baixas taxas de oxigenação prejudicando a colonização das bactérias (HUNDLEY e NAVARRO, 2013).

Crítérios de Escolha das Espécies – Animal e Vegetal

Na aquaponia utiliza-se algumas culturas que estão inseridas na aquicultura: piscicultura, carcinicultura e algicultura. A piscicultura é a mais utilizada, consiste na produção de peixes de interesse comercial com característica produtiva capaz de expressar adaptação e desenvolvimento favorável ao sistema de cultivo aquapônico. Entre as características desejáveis na espécie escolhida para este sistema de produção têm-se a capacidade de suportar altas densidades de estocagem, resistência, manejos diários facilitados e boa aceitação no mercado. As espécies de peixe mais utilizadas para este sistema são a tilápia e o tambaqui (CARNEIRO *et al.*, 2015).

Para a escolha da espécie vegetal que será introduzida ao sistema aquapônico leva-se em consideração os critérios como a capacidade produtiva, mercado, composição nutricional (critério que aumenta a aceitação pelos consumidores), ciclo produtivo e quantidade produzida por área. Existem algumas espécies que atendem a estes critérios, tanto hortaliças quanto frutíferas, sendo estas: rúcula, alface, tomate, morango, pepino, repolho e brócolis (HUNDLEY e NAVARRO, 2013).

Os critérios utilizados para escolha das espécies, animal e vegetal, que serão introduzidas ao sistema são baseados em desenvolvimento produtivo no geral, na aquaponia ainda existem lacunas a serem preenchidas em pontos específicos como a viabilidade econômica, manejo alimentar e relação quantidade animal x vegetal. Estes critérios aliados a viabilidade econômica e gerenciamento adequado do projeto demandam que seja estudados e difundidos conhecimentos capazes de preencher lacunas que, até o momento, são preenchidas a partir de adaptações comparativas a sistemas produtivos semelhantes (HUNDLEY e NAVARRO, 2013; CARNEIRO *et al.*, 2015).

Viabilidade Econômica da Aquaponia

Visto que a aquaponia apresenta potencial para crescimento no mercado, é importante realizar um planejamento quanto ao custo de implantação e manutenção do sistema. Desta maneira, será possível analisar o ponto de vista financeiro da atividade em comparação a piscicultura e hidroponia, além de identificar e solucionar os riscos que possam acometer o sistema de produção, tanto dos peixes quanto das hortaliças (CARNEIRO, 2015).

O custo de implantação da aquaponia, mesmo sendo um sistema pequeno, é relativamente alto, visto que é preciso investir nos tanques, forros, galpão, bomba de água, soprador de ar e placas flutuantes. Além da implantação existem os custos fixos e variáveis de manutenção: ração, mão de obra e eletricidade (MARTINELLI *et al.*, 2019).

Entender sobre os custos de produção de cada atividade (piscicultura e hidroponia) permite determinar quais variáveis mais interferem economicamente na manutenção de um sistema. Na piscicultura, o custo com alimentação pode representar até 70% do custo total de produção, sendo a variável de maior importância, é imprescindível realizar o manejo alimentar adequado para que não haja desperdício de ração nem perda de produtividade. Já na hidroponia, a variável que onera maior custo é a mão de obra, seguido dos insumos (adubos, fertilizantes ou defensivos), energia e transporte, respectivamente (GEISENHOF *et al.*, 2009; LINS *et al.*, 2009).

Para avaliar a viabilidade econômica do sistema o produtor precisa, além dos custos relacionados a instalação e manutenção, calcular a lucratividade da atividade, avaliando os pontos positivos e negativos por todo processo produtivo. Será necessário fazer uma análise da disponibilidade da espécie (tanto de peixe quanto de vegetal) durante o ano, gastos variáveis tanto previsíveis quanto imprevisíveis (quebra de equipamento e morte dos peixes) e questões legais (QUEIROZ *et al.*, 2017).

Assim como outros tipos de produção, a aquaponia também demanda custo inicial elevado, em contrapartida, o custo de manutenção pode ser consideravelmente menor. Por ser uma produção mais sustentável está isenta de algumas licenças ambientais obrigatórias nas produções convencionais (licença prévia, licença de instalação e licença de operação). O produtor também tem a possibilidade de aumento de renda com a produção de duas ou mais culturas (HUNDLEY & NAVARRO, 2013).

Para avaliar a viabilidade financeira de um investimento é importante analisar indicadores capazes de identificar os riscos e perspectivas de retorno que o negócio pode trazer. Entre estas está a Taxa Interna de Retorno (TIR), Taxa Mínima de Atratividade (TMA), Valor Presente Líquido (VPL) e o indicador de retorno (payback). A TIR consiste na taxa de desconto aplicada as entradas e saídas do caixa, igualando-a a zero, ou seja, é a taxa que zera o VPL. O VPL é o valor de todas as entradas e saídas do caixa retirando o investimento inicial. Já a TMA consiste no valor mínimo considerado justo que se pretende ganhar com determinado investimento. O *payback* visa analisar o tempo que o investimento apresentará recuperação (BALARINE, 2003; HARZER *et al.*, 2014).

Indicadores de Viabilidade

Analisar os indicadores de viabilidade econômica é importante para identificar os pontos que podem levar ou estar levando um projeto a inviabilidade de continuação. Conhecer esses aspectos econômicos relacionados ao custo de produção tende a influenciar no quanto é rentável o projeto, possibilitando indicar previamente ou estar preparado caso aconteça parâmetros que levem ao desfalque na rentabilidade (BRABO *et al.*, 2013).

A TIR é o termo que se refere a quanto o empreendimento ofereceu de rendimento no período previsto, ou seja, está relacionada a taxa de retorno do investimento (como o próprio nome já diz) que a atividade desempenhada promove devendo ser o suficiente para proporcionar rendimentos que supram o valor investido. Quanto maior o valor da TIR mais viabilidade o projeto apresenta, em caso de negatividade vê-se necessidade de alterar o tempo estimado de retorno ou o investimento (SOLDERA e KUHN, 2018).

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

Fonte: Adaptado Pereira et al. (2007).

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;

n = Prazo de investimento.

FCL = Fluxo de caixa livre do projeto, decorrente de entradas menos saídas de caixa

Cada atividade precisa determinar a taxa mínima para obter retornos, este tempo é denominado de TMA. A determinação da TMA apresenta importância significativa, visto que guia a atividade e/ou projeto nos pontos que são interessantes considerar na tomada de decisão. A TMA é considerada atrativa quando, ao alcançar o tempo mínimo de inicialização de um projeto, seja possível obter o retorno do investimento com adição ao caixa, ou seja, que o retorno financeiro seja maior que o valor investido inicialmente (SCHROEDER *et al.*, 2005).

Dentre as possibilidades de avaliar a viabilidade econômica de um projeto tem-se o VPL, valor que é obtido a partir da soma algébrica dos valores descontados do fluxo de caixa, ou seja, valor da receita (vendas e/ou o que entra no caixa) menos o valor dos custos de produção, manutenção, impostos e investimentos quando houver. Quando o valor do VPL for igual (neutro - mantém-se o empreendimento) ou maior (positivo – gera riqueza após pagamento dos custos) que zero é considerado viável (SILVA e FONTES, 2005).

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

Fonte: Adaptado de Pereira *et al.* (2007).

Em que:

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

FCL = Valor líquido das entradas menos as saídas;

t = Período de cada fluxo de caixa que será descontado;

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

A determinação do tempo necessário para obter o retorno do capital investido é denominado de *payback*. É feito o cálculo a partir das características de cada empreendimento, tal como tamanho e público-alvo, que possibilitará identificar o valor previsto para investimento de acordo com a realidade juntamente com a TMA desejada a fim de atualizar o fluxo de caixa (SVIECH e MANTOVAN, 2013).

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

Fonte: Adaptado de Granja (2019).

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.

Resultados de Trabalhos Aquapônicos

Mesmo sendo recente o desenvolvimento de pesquisas capazes de difundir conhecimento e desenvolver tecnologias nas áreas que se aplicam a aquaponia, é possível observar resultados que impulsionam trabalhos cada vez mais específicos. Quanto mais direcionados forem os estudos maior será confiabilidade no investimento, gerenciamento e diferentes manejos que o sistema demanda (HUNDLEY e NAVARRO, 2013).

Entre a busca por conhecimentos mais específicos têm-se os parâmetros de qualidade de água e a importância em alcançar o equilíbrio produtivo esperado na aquaponia. Para que ocorra este equilíbrio a quantidade de peixe produzida em cada unidade de cultivo deve ser pertinente a de plantas introduzidas ao sistema, pois os nutrientes que são absorvidos pelas raízes das plantas, provenientes das fezes e sobras de ração, devem ser suficientes para o desenvolvimento produtivo, aumentando também a qualidade da água que retorna aos tanques (CARVALHO *et al.*, 2017).

Cada sistema de cultivo pode influenciar no desempenho zootécnico e saúde animal de maneiras diferentes, principalmente em relações as características específicas de cada espécie. Avaliando a influência destes indicadores sobre peixes cultivados em sistema fechado (aquaponia e bioflocos) observou-se que sobre as condições de cultivo a qual foram submetidos não houve alteração nos parâmetros, tanto hematológicos quanto no desempenho zootécnico. Este estudo responde questionamentos capazes de contribuir com o desenvolvimento de métodos comerciais para este sistema de produção (MACHADO *et al.*, 2021).

Quando avaliado o desenvolvimento produtivo de alfaces verificou-se que a quantidade de nutrientes disponível na água influencia na maior produtividade. Esta avaliação é realizada ao medir o comprimento radicular e parte aérea da alface, em que o desenvolvimento eficiente da raiz (tamanho e ramificações) indica maior área de absorção

e, conseqüentemente, quanto maior a quantidade de nutriente absorvido maior será o desenvolvimento aéreo da planta. Esses resultados demonstram a importância de inserir a densidade de estocagem proporcional a capacidade absorviva da planta (GUIMARÃES *et al.*, 2020).

Observando os resultados obtidos em diferentes trabalhos com temas distintos, mas ligados a um objetivo mútuo: A aquaponia; é perceptível que para o sistema obter resultados positivos é importante avaliar os indicadores gerenciais e econômicos do sistema. Os custos gerados na produção envolvem tanto o de instalação quanto o de manutenção, desta maneira calcula-se mais assertivamente a viabilidade econômica, retorno ao capital investido, custo operacional total do produto e lucro da atividade (OLIVEIRA *et al.*, 2022).

Considerações Finais

A produção integrada na aquaponia é capaz de garantir benefícios para todas as culturas inseridas ao sistema, possibilitando um ambiente de cultivo apropriado para o desenvolvimento produtivo de ambos, além de apresentar indicativo de viabilidade econômica favorável. Assim como em todos os sistemas, o NFT também demandará investimentos altos na implantação, mas, que implementado da maneira correta, proporciona custo com manutenções e substituições reduzidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, A. D. F. **Integração de plantas com espécies nativas de peixes em sistema de aquaponia**. 2015. 77f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) – Araújo, A. D. F. (2015). Integração de plantas com espécies nativas de peixes em sistema de aquaponia.
- ARAÚJO, J. C.; CAMPOS, A. P.; OLIVEIRA, R. C. D. e CHERNICHANO, C. A. D. L. Comparação de métodos para quantificação de bactérias nitrificantes. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 23, p. 299-305, 2018.
- BALARINE, O. F. O. Desvendando o cálculo da TIR. **Revista de Administração da Universidade de São Paulo**, v. 38, n. 1, 2003.
- BEZERRA NETO, E.; e BARRETO, L. P. As técnicas de hidroponia. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, v. 8, p. 107-137, 2011.
- BORTOLINI, G. A.; MOURA, A. L. P., LIMA; A. M. C.; MOREIRA, H. D. O. M.; MEDEIROS, O.; DIEFENTHALER, I. C. M.; e de OLIVEIRA, M. L. Guias alimentares: estratégia para redução do consumo de alimentos ultraprocessados e prevenção da obesidade. **Revista Panamericana de Salud Publica**, 43, 2019.
- BRABO, M. F.; FLEXA, C. E.; VERAS, G. C.; PAIVA, R. S.; e FUJIMOTO, R. Y. **Viabilidade econômica da piscicultura em tanques-rede no reservatório da usina hidrelétrica de Tucurí, Estado do Pará**. 2013.
- BUAINAIN, A. M.; ALVES, E.; SILVEIRA, J. M.; e NAVARRO, Z. O mundo rural no Brasil do século 21: a formação de um novo padrão agrário e agrícola. **Brasília, DF: Embrapa**, 2014.
- CANDARLE, Pablo. Técnicas de acuaponía. **Centro Nacional de Desarrollo agrícola (CENADAC)**, Dirección de acuicultura, 2015.
- CARNEIRO, P. C. F.; MORAIS, C. A. R. S.; NUNES, M. U. C.; MARIA, A. N.; e FUJIMOTO, R. Y. Produção integrada de peixes e vegetais em aquaponia. **Embrapa Tabuleiros Costeiros**, 23p, 2015.
- CARVALHO, A. R.; BRUM, O. B.; CHIMÓIA, E. P.; e FIGUEIRÓ, E. A. G. Avaliação da produtividade da aquaponia comparada com a hidroponia convencional. **Rev. Vivência**, v. 13, n. 24, p. 79-91, 2017.

CASTELLANI, D.; CAMARGO, A. F. M.; e ABIMORAD, E. G. Aquaponia: Aproveitamento do efluente do berçário secundário do Camarão-da-Amazônia (*Macrobrachium amazonicum*) para produção de alface (*Lactuca sativa*) e agrião (*Rorippa nasturtium aquaticum*) hidropônicos. **Títulos não-correntes**, 23(2), 2009.

CROSSLEY, P. L. Sub-irrigation it wetland agriculture. **Agriculture and Human Values**, (21), 2-3, 191–205, 2004.

DEDIU, L.; CRISTEA, V.; XIAOSHUAN, Z. Waste production and valorization in an integrated aquaponic system with bester and lettuce. **African Journal of Biotechnology**, v. 11, n. 9, p. 2349-2358, 2012.

FAO – Food and Aquiculture Organization of the United Nations. The state of world fisheries and aquaculture. 2018.

FIGUEIREDO, A. V. A.; MIRANDA, M. S. Análise de Risco aplicada aos alimentos no Brasil: perspectivas e desafios. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 16, n. 4, p. 2251-2262, 2011.

GALLARDO, B. E., DUQUE, N. G., FIGUEROA, I. M., LEGARDA, G. E., DELGADO, G. M., e DÍAZ, P. J. Efeito da piscicultura nos sedimentos e na proliferação de comunidades bacterianas nitrificantes no Lago Guamuez, Colômbia. **Ciência e Tecnologia Agrícola**, 22 (2), 2021.

GEISENHOFF, L. O.; JORDAN, R. A.; SANTOS, R. C.; OLIVEIRA, F. C. DE; GOMES, E. P. Efeito de diferentes substratos na produção de alface aquapônica associada à criação intensiva de tilápia com recirculação de água. **Engenharia Agrícola**, v.36, p.291- 299, 2016. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric. v36n2p291-299/2016>.

GEISENHOFF, L. O.; PEREIRA, G. M.; FARIA, L. C.; LIMA JUNIOR, J. A.; COSTA, G. G.; e GATTO, R. F. Viabilidade econômica da produção de alface hidropônica em Lavras - MG. **Agrarian**, v. 2, n. 6, p. 61–69, 2009.

GIUCA, S. Understanding the short chain. Farmers and short chain: Legal profiles and sócio-economic dynamics. **Istituto Nazionale di Economia Agrária (INEA)**, p. 11-27, 2013.

GRANJA, R. P. **Análise de viabilidade econômica de implantação de uma aquaponia no município de Santa Cruz das Palmeiras-SP**. 2019. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

GUIMARÃES, A. Z.; TRINDADE, E. N.O. e LAGE, F. C. Fazendas urbanas aquaponia e hidroponia: sistemas para uma produção independente. **Revista Extremamente Newton**, N. 1, p. 107-124, 2020.

HARZER, J. H.; SOUZA, A.; SILVA, W. V.; e CRUZ, J. A. W. C. Abordagem probabilística do indicador TMA/TIR para avaliação do risco financeiro em projetos de investimentos. In: **Anais do Congresso Brasileiro de Custos-ABC**. 2014.

HUNDLEY, G. C.; e NAVARRO, R. D. Aquaponia: a integração entre piscicultura e hidroponia. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v. 3, n. 2, p. 52-62, dezembro 2013.

HUNDLEY, G. M. C.; NAVARRO, R. D.; FIGUEIREDO, C. M. G.; NAVARRO, F. K. S. P.; PEREIRA, M. M.; RIBEIRO FILHO, O. P.; e SEIXAS FILHO, J. T. Aproveitamento do efluente da produção de tilápia do Nilo para o crescimento de manjerição (*Origanum basilicum*) e manjerona (*Origanum majorana*) em sistemas de aquaponia. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, 2013.

JORDAN, R. A.; GIORDANO, E. B.; OLIVEIRA, F. C.; QUEQUETO, W. D.; DREHMER, K. K. B.; SILVA, L. P. P.; MARTINS, E. A. S.; SANTOS, R. C.; e SIQUEIRA, V. C. Produtividade de híbridos de tomate cultivados em aquaponia associada em sistema tipo floating. **Research, Society and Development**, 9(9), e1000998198-e1000998198, 2020.

JUNGE, R., KÖNIG, B., VILLARROEL, M., KOMIVES, T. e JIJAKLI, M. H. (2017). **Strategic points in aquaponics**. *Water*, 1821-9.

KUBITZA, F. Manejo na produção de peixes. **Panorama da Aquicultura**, v. 19, n. 14, p. 14-23, 2009.

LIMA, S. K.; GALIZA, M.; VALADARES, A.; e ALVES, F. Produção e consumo de produtos orgânicos no mundo e no Brasil. **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada**, 2020.

LINS, S. E. B.; LUDKE, M. D. C. M. M.; LIMA, M. R.; SOUZA, K. K.; WAMBACH, X. F.; COSTA, A. A. G. **Digestibilidade da energia e nutrientes da dieta contendo resíduo de abacaxi para Tilápias do Nilo.** 2009.

MACHADO, S. S., DA SILVA BLATT, T. L., NETO, C. C. B., WATANABE, A. L., NASCIMENTO, I. A., e GAGGINI, T. S. Hematologia e desempenho zootécnico do Pacu (*Piaractus mesopotamicus*) cultivado em bioflocos e aquaponia Hematology and zootechnical performance of Pacu (*Piaractus mesopotamicus*) cultured in bioflocs and aquapony. **Brazilian Journal of Development**, 7(7), 66555-66571, 2021.

MARTINELLI, G. C.; PARISOTO., G. J.; MARQUES, E. O.; e OLIVEIRA, L. Viabilidade econômica de sistema de aquaponia, no município de São José dos Pinhais, Paraná. **Encontro Internacional sobre Gestão Ambiental e Meio Ambiente**, v. 21, p. 1-17, 2019.

MARTINS, Pedro. AQUAPONIA, uma novidade na educação ambiental. **AmbientalMente Sustentable: Revista científica galego-lusófona de educación ambiental**, v. 23, p. 101-106, 2017.

OLIVEIRA, G. F.; FORONI, I. L.; e OLIVEIRA, M. A. Produção integrada de tabaqui com hortaliças em residência urbana. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 11, n. 8, pág. e51811831189-e51811831189, 2022.

QUEIROZ, J. F.; FREATO, T. A.; LUIZ, A. J. B.; ISHIKAWA, M. M.; FRIGHETTO, R. T. S. **Boas práticas de manejo para sistemas de aquaponia.** 2017.

SCHROEDER, J. T.; SCHROEDER, I.; COSTA, R. P.; e SHINODA, C. O custo de capital como taxa mínima de atratividade na avaliação de projetos de investimento. **Revista Gestão Industrial**, v. 1, n. 2, 2005.

SILVA, M. L.; e FONTES, A. A. Discussão sobre os critérios de avaliação econômica: valor presente líquido (VPL), valor anual equivalente (VAE) e valor esperado da terra. **Revista Árvore**, v. 29, p. 931-936, 2005.

SOLDERA, D.; e KÜHN, D. D. Indicadores de Viabilidade Financeira: Considerações sobre instrumentos de análise. **WIVES, Daniela Garcez; KÜHN, Daniela Dias (Org.). Gestão e planejamento de agroindústrias familiares. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2018. p. 41-59, 2018.**

SVIECH, V.; e MANTOVAN, E. A. Análise de investimentos: controvérsias na utilização da TIR e VPL na comparação de projetos. **Percurso**, v. 1, n. 13, p. 270-298, 2013.

VENTURA, C.; GUILHERME, D. O.; VIEIRA, E. T. V.; e BAUMANN, M. G. Aquaponia como alternativa de produção sustentável à agricultura familiar urbana. In: **Sustentabilidade, globalização e inovação**. 1 ed. Campo Grande – MS, 2019. p. 54 – 70.

CAPÍTULO II

RESUMO

VIABILIDADE ECONÔMICA DA PRODUÇÃO DE TILÁPIA E RÚCULA NA AQUAPONIA

O presente trabalho tem como objetivo de avaliar a viabilidade econômica da implantação do sistema aquapônico utilizando diferentes densidade de juvenis de tilápia integrados a produção de rúcula em sistema Nutrient Film Thecnic (NFT). Para obtenção dos dados para análise econômica foi realizado um experimento em delineamento inteiramente ao acaso fatorial 3 x 2 (densidades: 20, 40 e 60 peixes/m³; volume de material filtrante: 50 e 70 L de argila expandida), com três repetições, sendo a parcela experimental composta por um módulo aquapônico modelo NFT. Foram realizadas a análise econômica do valor presente líquido, taxa interna de retorno, índice lucratividade e *payback*. Verificou-se que a densidade de estocagem de peixes interfere na viabilidade econômica em sistema aquapônico com cultivo de juvenis tilápia e rúcula. O valor de venda das rúculas é afetado pela densidade de estocagem de peixes, com maior valor para as rúculas cultivadas em densidades maiores. O valor de venda dos peixes não foi afetado pela densidade de cultivo. As densidade de estocagem 40 e 60 peixes/m³ apresentaram viabilidade econômica, e com valores de Taxa Interna de Retorno próximos, sendo superior a 20 peixes/m³, que não apresentou viabilidade econômica.

Palavras-chave: agronegócio, sistemas de produção, sustentabilidade, indicadores financeiros.

ECONOMIC FEASIBILITY OF TILAPIA AND ARUCLA PRODUCTION IN AQUAPONICS

The present work aims to evaluate the economic viability of implementing an aquaponic system using different densities of tilapia juveniles integrated with arugula production in

a Nutrient Film Technic (NFT) system. To obtain data for economic analysis, an experiment was carried out in a completely randomized 3 x 2 factorial design (densities: 20, 40 and 60 fish/m³; volume of filter material: 50 and 70 L of expanded clay), with three replications, the experimental portion being composed of an NFT model aquaponic module. An economic analysis of net with value, internal rate of return, profitability index and payback were carried out. It was found that the fish stocking density interferes with the economic viability in an aquaponic system with the cultivation of juvenile tilapia and arugula. The sales value of arugula is affected by the fish stocking density, with greater value for arugula grown at higher densities. The sales value of fish was not affected by cultivation density. Stocking densities of 40 and 60 fish/m³ presented economic viability, and with Internal Rate of Return values close to, being higher than 20 fish/m³, which did not present economic viability.

Keywords: agribusiness, production systems, sustainability, financial indicators.

INTRODUÇÃO

O crescimento populacional resulta no aumento da demanda alimentar e, conseqüentemente, nos desafios em produzir com quantidade e qualidade de acordo com as exigências do mercado (FRIEDE, 2020). Arelado a esta demanda está a necessidade de desenvolver tecnologias que otimizem o uso de recursos econômicos, ambientais e sociais (RODRIGUES *et al.*, 2019).

Entre as formas sustentáveis de produção de alimentos, destaca-se a aquaponia que consiste na produção integrada de organismos aquáticos e vegetais, que pode ser implementada no campo ou na cidade em pequena e larga escala. Nesse sistema, há redução de 90% do volume de água em relação aos sistemas convencionais, permite a reciclagem dos compostos e dejetos excretados pelos peixes, que são convertidos em nutrientes para as plantas pelo filtro biológico (CORRÊA *et al.*, 2018). O planejamento das densidades, biomassa e fases de cultivos dos peixes e das plantas, bem como os manejos empregados são relevantes para se obter sucesso na produção aquapônica (OLIVEIRA *et al.*, 2022).

Vários trabalhos já foram realizados avaliando a integração de peixes e hortaliças em sistema aquapônico, com índices zootécnicos e agrônômicos igual ou melhores que em sistemas tradicionais (SANTOS *et al.*, 2021; MAGALHÃES *et al.*, 2022; OLIVEIRA *et al.*, 2022;). A tilápia *Oreochromis niloticus* está entre as espécies aquáticas mais importantes para cultivo no mundo, do ponto de vista econômico, podendo ser utilizada também em policultivo e sistemas de produção (PEREIRA *et al.*; 2021; SARTURI *et al.*; 2021). A rúcula é uma hortaliça do consumo frequente – América latina, mediterrânea pelas características nutricionais, podendo também ser consorciada com outras espécies (CARVALHO *et al.*; 2018). Estudos avaliando a viabilidade econômica de sistemas aquapônicos são escassos na literatura científica, sendo estas informações relevantes academicamente e para o setor produtivo.

Dessa forma, o presente trabalho foi realizado com objetivo de avaliar a viabilidade econômica da implantação do sistema aquapônico utilizando diferentes densidade de juvenis de tilápia integrados a produção de rúcula em sistema Nutrient Film Thecnic (NFT).

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização do sistema aquapônico

O experimento foi realizado no Instituto Federal Goiano, no município de Rio Verde – GO ($-50.917^{\circ} 47' 50''\text{S}$ e $50^{\circ} 54' 0''\text{W}$). O projeto foi aprovado pela Comissão de Ética em Pesquisa para Uso de Animais do IF Goiano (número do protocolo 5439231019). O período experimental foi de 42 dias, entre os meses de setembro e novembro de 2020. O ciclo de produção da rúcula foi de 42 dias, permanecendo cinco dias na estufa, sete no berçário e 30 no sistema aquapônico. No berçário a rúcula recebeu solução nutritiva de acordo com as recomendações para a espécie, sendo o berçário independente do sistema aquapônico.

Para colonizar o filtro biológico as tilápias foram estocadas em densidade de 40 exemplares com trinta dias de antecedência e os biofiltros com 60 L de argila expandida. No dia plantio do sistema aquapônico, os peixes e a argila expandida foram reajustados para realização do experimento.



FIGURA 5 - Distribuição dos componentes experimentais: Biofiltro, caixa d'água (com as diferentes densidades de juvenis de tilápia) e mesa hidropônica (com produção de rúcula).

Fonte: Arquivo pessoal.

O delineamento utilizado foi inteiramente ao acaso (DIC), 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 (Figura 5). As densidades avaliadas foram de 20, 40 e 60 juvenis de tilápias/m³ com volumes de 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 calhas espaçadas em 20 centímetros, um compressor radial (1,10 cv – vazão 2,0 m³/min) e uma bomba (moto bomba Sarlo Better 2700 Sb 2700).

Foi utilizada ração comercial para peixes onívoros, 4 a 6 mm com 36% de PB, sendo 3 (três) refeições diárias nos horários: 8h, 14h e 17h, com taxa diária de 2% do peso da biomassa. Ao final do período experimental os peixes foram pesados para obtenção do peso final e ganho em peso.

Foi realizado o monitoramento do oxigênio dissolvido, temperatura e pH diariamente, com o auxílio de uma sonda multiparâmetros 30 minutos após o término da primeira alimentação. Amônia, nitrito e nitrato foram aferidos duas vezes na semana, alcalinidade e dureza uma vez na semana, com o auxílio de um kit colorimétrico. A coleta de água para análise foi realizada antes da limpeza das unidades, com o intuito de garantir a concentração real dos compostos. Os tratamentos utilizados foram:

1 - 20 juvenis de tilápia e 50 litros de argila expandida;

2 - 20 juvenis de tilápia e 70 litros de argila expandida;

3 - 40 juvenis de tilápia e 50 litros de argila expandida;

4 - 40 juvenis de tilápia e 70 litros de argila expandida e

5 - 60 juvenis de tilápia e 50 litros de argila expandida;

6 - 60 juvenis de tilápias e 70 litros de argila expandida.

Viabilidade econômica

A viabilidade econômica foi realizada a partir dos indicadores financeiros: valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR), índice de lucratividade (IL) e *payback*. Os valores de insumos e serviços foram obtidos através da média de dez orçamentos em casas de construção e outras do município de Rio Verde - GO possibilitando avaliar a composição de custos (receita e insumos) necessários para a implantação do sistema. As despesas foram projetadas através de fluxo de caixa por um período de cinco anos.

Os indicadores de viabilidade econômica foram obtidos conforme o disposto a seguir (SOLDERA e KUHN, 2018):

Valor Presente Líquido

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

Fonte: Adaptado de Pereira *et al.* (2007).

Em que:

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

FCL = Fluxo de caixa livre, decorrentes das entradas menos saídas do caixa;

t = Número de períodos ou horizonte do empreendimento;

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

Taxa Interna de Retorno Modificada

A TIR representa a taxa que iguala a zero o valor de VPL, ou seja, representa a rentabilidade máxima oferecida pelo projeto. A viabilidade financeira do projeto é alcançada quando a TIR é superior à taxa de atratividade mínima, que neste trabalho considerou-se a TMA de 15% ao ano, e quando o valor presente líquido (VPL) for maior que zero.

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

Fonte: Adaptado Pereira *et al.* (2007).

Em que:

VPL = Valor presente líquido;

FCL = Fluxo de caixa livre decorrente das entradas menos saídas de caixas anuais;

i = Taxa de desconto (juros) ou taxa interna de retorno, que iguala o VPL a zero.

A taxa interna de retorno modificada também foi calculada ao considerar o custo de capital e juros de reinvestimento do fluxo de caixa.

Taxa Mínima de Atratividade

Calculada a partir do retorno mínimo determinado em um ano de produção, ou seja, os tratamentos que alcançaram a TMA mínima apresentaram atratividade mínima de inicialização do projeto. A taxa mínima determinada foi de 15% ao ano.

Índice de Lucratividade (IL)

Fonte: Adaptado Olescowicz *et al.* (2023).

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

Em que:

I_0 = Investimento inicial;

t = Número de períodos;

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

Payback

Calculado a partir da simulação dos primeiros cinco anos, indicando o tempo que o sistema dará retorno ao valor investido. Foi calculado o *payback* simples (calculado sem levar em consideração a diferença do valor ao longo dos cinco anos) e o *payback* acumulado (calculado considerando a atualização dos valores do investimento de cada ano em relação ao fluxo de caixa).

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

Fonte: Adaptado de Fasoro *et al.* (2019).

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.

Receita

Foram avaliadas tanto a receita anual por espécie quanto a receita anual total. Na receita anual por espécie, avaliou-se separadamente o rendimento de peixes e rúculas por tratamento, baseado no valor médio individual vezes a quantidade unitária disponível em cada unidade. A receita anual total foi obtida a partir da soma da receita do peixe e da rúcula de cada tratamento.

A receita representa o valor que entra no caixa, normalmente obtida após venda do produto produzido. Quanto maior a receita da empresa maiores serão os excedentes após descontos dos custos gerados, ou seja, maior será o lucro.

Materiais e custos

A instalação do sistema aquapônico demanda uso de materiais e equipamentos responsáveis por estruturar a parte elétrica, hidráulica, filtros e edificação. Os materiais que foram utilizados no sistema constam na tabela 1.

Além dos materiais que compõem a estrutura e custo com a implantação do sistema, a produção demandou custos que variaram de acordo com o tratamento: ração consumida, quantidade de peixe, quantidade de solução nutritiva, sementes, custo com análise de água, custo com uso de aeradores, espuma fenólica e consumo de energia (Tabela 2).

O sistema de aeração demandou custos específicos necessários para a montagem e distribuição eficiente de oxigenação no sistema (Tabela 3).

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
		Unidade		
Silicone	0,25	(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
		Barra 6		
Canos de 50 mm	2,9	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
		Barra 6		
Cano 25 mm	12,18	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 ¾	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
		500 litros		
Bomba	1	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\$		
	1 e 2	3 e 4	5 e 6
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

TABELA 3 - Custo com a montagem do sistema de aeração.

Itens	Tratamentos		
	1 e 2	3 e 4	5 e 6
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	57,28	88,76	120,25

Análise de viabilidade econômica

Após verificação do fluxo de caixa foi feita a análise econômica do sistema aquapônico utilizando Software Microsoft Excel. Foram considerados os dados obtidos apenas no período de produção na aquaponia.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 4 estão apresentados os valores de viabilidade econômica a partir dos preços por unidade, receita anual, receita anual total, custo anual, fluxo de caixa operacional, investimento total, capital de giro, desinvestimento, valor presente líquido total, valor presente líquido, taxa interna de retorno, taxa interna de retorno modificada e índice de lucratividade.

A produção anual de peixe não variou entre os tratamentos que apresentaram mesma densidade de estocagem. A produção anual da rúcula não variou entre os tratamentos, pois foram cultivadas a mesma quantidade e não houve perda por mortalidade. O valor de venda dos peixes ao final do experimento não diferiu entre os tratamentos, independente da densidade de estocagem e volume do biofiltro. Já em relação a rúcula, verificou-se maior valor de mercado para as que foram cultivadas nas maiores densidades de estocagem de peixes (40 e 60 peixes/m³), sendo 50% superior ao valor de venda da rúcula cultivada na menor densidade (20 peixes/m³). Estes resultados afetaram diretamente a receita obtida advinda da rúcula, receita anual total e fluxo de caixa operacional, com maiores valores para os tratamentos com maiores densidades.

Foi possível observar que entre as densidades avaliadas (20, 40 e 60 juvenis de tilápia) a alteração da quantidade ocasionou variação de R\$ 67,43 no custo de implantação, tendo o custo por unidade animal de R\$ 3,37. Já a variação em litros da argila (50 e 70 litros) expandida gerou variação de custo de R\$ 20,00, ocasionando o custo

de R\$ 1,00 por unidade de rúcula. Dessa forma, o aumento no custo de implementação é maior nos tratamentos com maiores densidades de peixes e menores quantidades de argila expandida. Tal comportamento foi semelhante ao observado no desinvestimento, visto que apresenta 10% do investimento.

A densidade de peixe e o volume de material filtrante afetaram o custo no investimento total, sendo que quanto maiores as densidades e a quantidade de material filtrante, mais alto foi o investimento. Analisando a viabilidade econômica do sistema aquapônico a partir do investimento em tecnologias direcionadas ao monitoramento automatizado da qualidade de água mostrou aumento no investimento, mas, ainda obtendo lucro, resultado possível, pois, houve a redução no custo com mão de obra. Este resultado demonstrou que o uso de estratégias produtivas pode retirar e/ou introduzir tecnologias capazes de otimizar os resultados econômicos (ZAPPERNICK *et al.*, 2022).

Este resultado é justificável em decorrência do aumento no uso de aerador (custo fixo), elevando também o custo com energia elétrica, ração e alevinos (custos variáveis). A demanda de recursos para implantação de empreendimentos reflete diretamente na rentabilidade, podendo ser improvisado materiais disponíveis na propriedade com qualidade e funcionalidade que o sistema exige (DALAZEN *et al.*, 2020).

O capital de giro e o custo anual foram semelhantes nos tratamentos com a mesma densidade de estocagem de peixes, ou seja, 1 e 2; 5 e 6; 3 e 4. Observou-se diferença no capital de giro de R\$ 35,95 entre os tratamentos que apresentaram diferença na densidade de estocagem, e para o custo anual esse valor foi de R\$ 431,37. Os menores valores obtidos de capital de giro e custo anual, foram menores para os tratamentos com menor densidade de estocagem, apresentando menores custos variáveis com energia elétrica, ração e alevinos. Em um trabalho com sistema aquapônico com baixa tecnologia, obteve-

se mesmo com um custo variável maior, melhores resultados quanto a sustentabilidade, produtividade e rentabilidade (BORDIGNON *et al.*, 2022).

No valor presente líquido e o anualizado, os tratamentos com a mesma densidade de estocagem e com quantidade de argila expandida diferente obtiveram maior VPL nos tratamentos com 50 litros, obtendo diferença de R\$ 19,01 no VPL total e R\$ 5,67 no VPL anualizado. Quando comparados os resultados entre as diferentes densidades de estocagem, obteve-se resultados bem próximos para os tratamentos com maiores densidades de peixes, sendo estes aproximadamente 2,5 vezes superiores ao tratamento com menor densidade. Os valores obtidos no VPL anualizado representam 29,8% dos valores apresentados no VPL total. Para que o projeto seja viável é necessário que o VPL seja maior que zero, ou seja, com os resultados obtidos neste trabalho entende-se que todos os tratamentos possuem viabilidade (HOJI, 2003).

A taxa interna de retorno (TIR) e a MTIR modificada também foram bem próximas entre os tratamentos com maiores densidades de peixes/m³ (40 e 60) e numericamente superiores ao com menor densidade. Os tratamentos com maiores densidades apresentaram TIR acima de 90% e MTIR de 44%, sendo estes valores superiores aos observados nos tratamentos com menores densidades (TIR=50%; MTIR = 30%). Quanto maior a TIR e a MTIR mais rentável será o projeto, os resultados obtidos indicam maior viabilidade para os tratamentos com maiores densidades de estocagem (BABATUBE *et al.*, 2022).

O índice de lucratividade dentro da mesma densidade de estocagem, os valores são bem próximos entre as diferentes quantidades de litros de argila expandida (50 e 70). Entre os tratamentos com diferentes densidades este índice foi superior para os tratamentos com maiores densidades, com valores 2,3 a 2,4 vezes maiores que os

tratamentos com menores densidades. Estes resultados também apontam que os tratamentos com maiores densidades são os mais viáveis economicamente. Nos tratamentos com maiores densidades houve aumento de retorno do capital investido de R\$ 2,25 a R\$ 2,30 para cada R\$ 1,00 investido, enquanto nos tratamentos com menores densidades o retorno foi de R\$ 0,96.

TABELA 4 - Resultados da avaliação dos investimentos considerando produção anual (PA) preços por unidade (PU), receita anual por espécie (RA), receita anual total (RAT), custo anual (CA), fluxo de caixa operacional (FCO), investimento total (IT), capital de giro (CG), desinvestimento (Des), valor presente líquido total (VPLT), valor presente líquido anual (VPLA), taxa interna de retorno (TIR), taxa mínima de atratividade modificada (MTIR) e índice de lucratividade (IL).

Itens	1		2		3		4		5		6	
	Peixe	Rúcula										
PA (Un.)	240	720	240	720	480	720	480	720	720	720	720	720
PU (R\$)	2	2	2	2	2	3	2	3	2	3	2	3
RA (R\$)	480	1440	480	1440	960	2160	960	2160	1440	2160	1440	2160
RAT (R\$)	1920		1920		3120		3120		3600		3600	
CA (R\$)	905,71		905,7		1337,07		1.337,08		1.768,45		1.768,45	
FCO (R\$)	1.014,29		1.014,29		1.782,92		1.782,92		1.831,55		1.831,55	
IT (R\$)	1.785,16		1.805,16		1.852,59		1.872,59		1.920,02		1.940,02	
CG (R\$)	75,48		75,48		111,42		111,42		147,37		147,37	
Des (R\$)	178,52		180,52		185,26		187,26		192		194	
VPLT (R\$)	1.737,43		1.718,42		4.266,01		4.247,00		4.381,04		4.362,03	

VPLA (R\$)	518,3	512,63	1.272,62	1.266,95	1.306,93	1.301,26
TIR (%)	50,32%	49,60%	93,20%	92,11%	92,36%	91,33%
MTIR (%)	30,24%	29,96%	44,35%	44,05%	44,17%	43,88%
IL (R\$)	0,97	0,95	2,3	2,27	2,28	2,25

Na tabela 5 estão apresentados os valores do fluxo de caixa anual e acumulado (payback) dos tratamentos, baseando-se nos cinco anos seguintes de produção. Os resultados mostraram que todos os tratamentos obtêm o retorno do capital investido já no segundo ano de cultivo e com lucro. Os tratamentos com maiores quantidades de peixes (40 e 60 peixes/m³) no final dos cinco anos, possuem mais que o dobro do fluxo de caixa acumulado que os tratamentos com menores quantidades de peixes (20 peixes/m³). Estes resultados são semelhantes aos encontrados em produção de tilápia em tanques de alvenaria em sistema de recirculação de água, em que a partir do segundo ano de produção é possível obter retorno ao capital investido com índice de lucratividade de 45,84% (SANTOS-FILHO *et al.*, 2017).

TABELA 5 - Fluxo de caixa anual e acumulado (payback) dos tratamentos em 5 anos de produção. Valores em parêntese foram negativos.

Ano			Ano			
	FC anual	FC acumulado		FC anual	FC acumulado	
0	(1.785,16)	(1.785,16)	0	(1.805,16)	(1.805,16)	
1	1.014,29	(770,87)	1	1.014,29	(790,87)	
1	2	1.014,29	2	2	1.014,29	223,42
	3	1.014,29	3	3	1.014,29	1.237,71
	4	1.014,29	4	4	1.014,29	2.252,01

5	1.260,74	3.532,74	5	1.262,74	3.514,74
0	(1.852,59)	(1.852,59)	0	(1.872,59)	(1.872,59)
1	1.782,92	(69,67)	1	1.782,92	(89,67)
2	1.782,92	1.713,26	2	1.782,92	1.693,26
3	1.782,92	3.496,18	3	1.782,92	3.476,18
4	1.782,92	5.279,10	4	1.782,92	5.259,10
5	2.068,46	7.347,57	5	2.070,46	7.329,57
0	(1.920,02)	(1.920,02)	0	(1.940,02)	(1.940,02)
1	1.831,55	(88,46)	1	1.831,55	(108,46)
2	1.831,55	1.743,09	2	1.831,55	1.723,09
3	1.831,55	3.574,65	3	1.831,55	3.554,65
4	1.831,55	5.406,20	4	1.831,55	5.386,20
5	2.156,19	7.562,39	5	2.158,19	7.544,39

No gráfico 1 são apresentadas a simulação da taxa interna de retorno (TIR) de acordo com as quantidades de peixes e unidades de rúcula disponíveis para venda, considerando os preços de vendas no presente projeto. Para os tratamentos que receberam densidade de estocagem com 20 unidades de peixe/m³ será necessário produzir pelo menos 42 unidades de rúcula com venda de pelo menos 80% dos peixes para obter a TIR acima de 0,15. Com 48 plantas, são necessários pelo menos 60% de venda dos peixes. Acima de 46, são necessários pelo menos a metade dos peixes estocados.

Para os tratamentos 40 unidades de peixe/m³ será necessário produzir pelo menos 30 unidades de rúcula com a venda de pelo menos 80% dos peixes no tratamento 3 e 90% no tratamento 4 para obter a TIR acima de 0,15. Com a venda de 36 rúculas, é necessária a comercialização de pelo menos 60% dos peixes nestes tratamentos. A partir de 42 unidades de rúcula é necessário que seja comercializado pelo menos 50% dos peixes.

Já para os tratamentos com 60 unidades de peixe/m³, para que a TIR seja superior a 0,15 quando a produção for de 30 unidades de rúcula, é necessário a venda mínima de 90% dos peixes. Se a produção de rúcula for 36 unidades e 42 unidades, é necessária a comercialização de pelo menos 70% e 60% dos peixes, respectivamente. A partir de 48 unidades de rúcula comercializadas, é necessária a comercialização de pelo menos 50% dos peixes para obter lucratividade acima de 0,15.

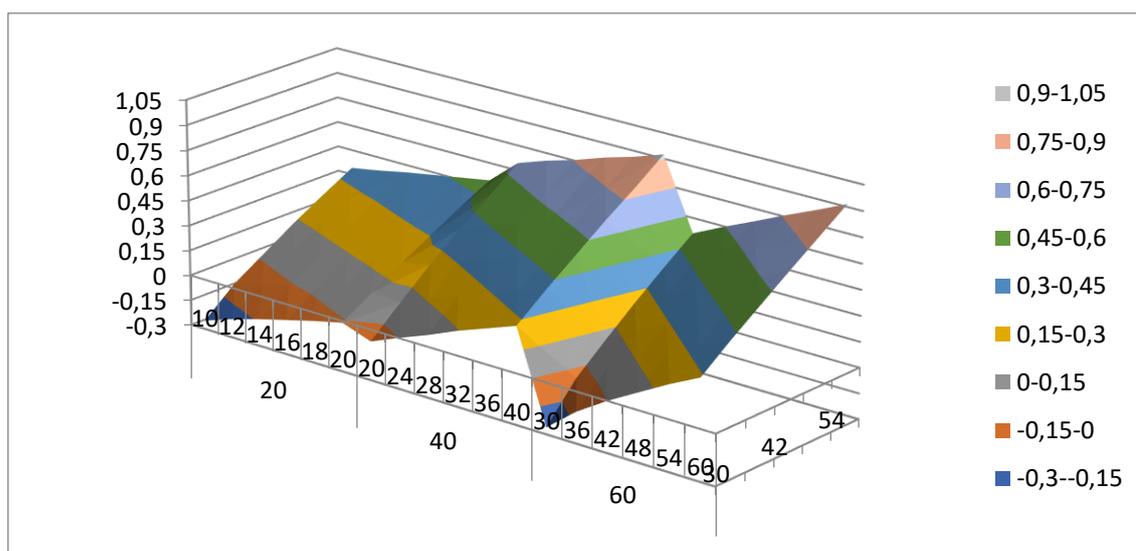
Comparando a mesma densidade de peixe a TIR entre os tratamentos com diferentes quantidades de argila, pode-se observar que houve pouca variação. Já a TIR entre os tratamentos da mesma quantidade de argila expandida, pode-se observar que há grande variação entre os tratamentos 1, 3 e 5 e entre 2, 4 e 6. Ao comparar a viabilidade econômica entre três sistemas de cultivo utilizando a mesma densidade de estocagem a aquaponia apresentou maior valor de TIR (DIATIN *et al.*, 2021). Considerando que foi empregada alta densidade é possível observar que, além da capacidade produtiva da aquaponia, a TIR será afetada pela densidade.

Se a produção atingir valor superior a 0,15 de TIR ou maior que a desejada pelo produtor, é possível utilizar parte da produção para fins rentáveis já que, a partir do preço de venda mínima, a depender da quantidade de rúcula cultivada e da quantidade de peixe que sobram, pode-se utilizar o produto para consumo próprio ou para gerar renda extra

ou de reinvestimento na produção. O valor estimado da TIR será baseado a partir da taxa de retorno de outros investimentos financeiros (SOLDERA e KUHN, 2018).

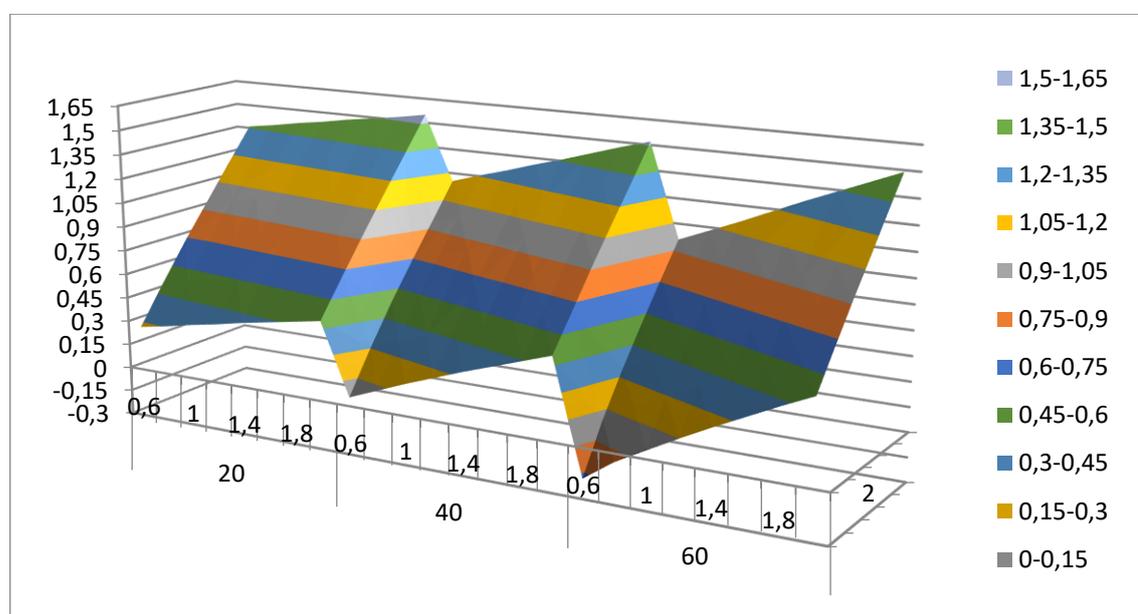
Na tabela 7 são apresentadas simulações da TIR de acordo com o valor de mercado do peixe e da rúcula, sendo verificado que, quanto maior o valor de mercado, maior será a TIR. Para os tratamentos que receberam densidade de 20 unidades de peixe/m³, tratamentos 1 e 2, os valores obtidos foram todos acima de 0,15, ou seja, para esta densidade o preço mínimo de venda do peixe será de R\$ 0,60 e da rúcula R\$ 2,00. Já para os tratamentos que receberam densidade de estocagem de 40 unidades de peixe/m³, tratamentos 3 e 4, o preço de venda para obter a TIR mínima de 0,15 para os peixes será de R\$ 1,00 e da rúcula de 2,00. Para os tratamentos que receberam densidade de 60 unidades de peixe/m³, tratamentos 5 e 6, o preço mínimo de venda deve ser de R\$ 1,20 para os peixes e R\$ 2,00 para a rúcula, garantindo que a produção alcance a TIR mínima de 0,15.

GRÁFICO 1 - Taxa interna de retorno de acordo com a quantidade de peixes e rúcula comercializados.



O valor agregado do produto está ligado a fatores que incentivam o consumo. Valor, publicidade e entrega de qualidade atrelado a dinâmica de demanda e oferta tende a manter e/ou aumentar o consumo do produto (CHENAVAZ *et al.*, 2020). Por ser um ambiente que permite o controle produtivo maior, a aquaponia engloba um sistema produtivo capaz de atrair e consolidar o mercado consumidor, a partir da qualidade e meio de cultivo com maior sustentabilidade.

GRÁFICO 2 - Taxa interna de retorno de acordo com o preço de venda dos peixes (PVP) e preço de venda da rúcula (PVR).



As atividades produtivas familiares demandam planejamento de implantação capaz de identificar possíveis cenários em relação ao setor inserido. O desenvolvimento de tecnologias que apresentem conhecimentos suficientes, para implantar um projeto, traz segurança ao profissional e produtor quanto a tomada de decisões relacionadas ao desenvolvimento da atividade. Estes resultados demonstram que a aquaponia é um sistema de cultivo viável, que traz segurança alimentar podendo ser implementado em locais com pouco espaço e água, tanto no campo quanto na cidade, para pequenos e médios produtores.

CONCLUSÃO

Com presente trabalho foi possível concluir que a densidade de estocagem de peixes interfere na viabilidade econômica, em sistema aquapônico com cultivo de juvenis tilápia e rúcula. O valor de venda das rúculas é afetado pela densidade de estocagem de peixes, com maior valor para as rúculas cultivadas em densidades maiores. O valor de venda dos peixes não foi afetado pela densidade de cultivo. As densidade de estocagem 40 e 60 peixes/m³ apresentaram viabilidade econômica, e com valores de Taxa Interna de Retorno próximos, sendo superior a 20 peixes/m³, que não apresentou viabilidade econômica.

REFERÊNCIAS

BABATUNDE, A.; DEBORAH, R.; GAN, M.; e SIMON, T. Viabilidade econômica de um sistema aquapônico de baixo custo em pequena escala na África do Sul. **Journal of Applied Aquaculture**, p. 1-20, 2022.

BORDIGNON, F.; STURARO, E.; TROCINO, A.; BIROLO, M.; XICCATO, G.; e BERTON, M. Comparative life cycle assessment of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) farming at two stocking densities in a low-tech aquaponic system. **Aquaculture**, v. 556, 2022.

CARVALHO, F. W. A.; NUNES, G. H. S.; BEZERRA NET, F. BARROS JÚNIOR, A. P.; LIMA, J. S. S.; KHAN, A. S.; SILVA, J. e MOREIRA, J. N. Optimum plot size of planting and bio-agroeconomic revenues from arugula-carrot intercropping systems in a semi-arid region. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 90, p. 3493-3512, 2018.

CHENAVAZ, R. Y.; FEICHTINGER, G.; HARTL, R. F.; PETER, M.; e KORT, C. Modeling the impact of product quality on dynamic pricing and advertising policies. **European Journal of Operation Research**, v. 284, e. 3, p. 990-1001, 2020.

CORRÊA, B. R. S.; ROQUE-SPECHT, V. F.; COSTA, M. M., CRUZ JUNIOR, C. A.; e CORRÊA, V. R. S. Aquaponia: um sistema agroecológico resiliente. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 1, 2018.

DALAZEN, G. B.; FREITAS, E. S.; MOTA, C. M., BENTES, J. R., e BARROS, I. B. A. A Avaliação econômica do sistema de aquaponia familiar em Santarém, oeste do Pará. **Revista Agroecossistemas**, 11(2), 40-56, 2020.

DIATIN, L. et al. Análise de desempenho produtivo e viabilidade financeira da criação de bagres (*Clarias gariepinus*) utilizando sistema de troca de água, aquapônica e

tecnologia de bioflocos. **Jornal da Sociedade Saudita de Ciências Agrícolas**, v. 20, n. 5, pág. 344-351, 2021.

FASORO, OA; AJEWOLE, OI Análise de Investimento do Desenvolvimento de Plantações Florestais Privadas de Pequena Escala no Estado de Ogun, Nigéria. **Jornal Asiático de Avanços em Pesquisa Agrícola**, v. 10, n. 1, pág. 1-8, 2019.

FRIEDE, R. AUMENTO POPULACIONAL E DEGRADAÇÃO AMBIENTAL: a conta que não quer fechar. **Revista Augustus**, v. 25, n. 52, p. 82-93, 2020.

HOJI, M. **Administração financeira**. 4, ed. São Paulo: Editora Atlas, 2003.

MAGALHÃES, T. F. O.; VALENTE, C. C. A.; MOURA, L. C. F.; RAIMUNDO, C. A. S.; e SANTOS, D. M. C. Aquaponia: uma alternativa de agricultura de hortaliças com base na agroecologia. **Ciência Atual–Revista Científica Multidisciplinar do Centro Universitário São José**, v. 18, n. 1, 2022.

OLESCOWICZ, DIEISON; LAMARCA, DANIEL SÁ FREIRE; SILVA, Deise Deolindo. Viabilidade econômica da produção de Soja, Milho e Feijão de uma propriedade rural em Canoinhas-SC. **Revista Eletrônica e-Fatec**, v. 13, n. 1, 2023.

OLIVEIRA, G. F.; FORONI, I. L.; OLIVEIRA, M. A. Produção integrada de tabaqui com hortaliças em residência urbana. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 8, p. e51811831189-e51811831189, 2022.

OLIVEIRA, Marcelo Eduardo et al. Manual de Construção e manejo de um sistema aquapônico-Faça você mesmo. 2022.

PEREIRA, M. O.; HESS, J. D.; RODHERMEL, J. C. B.; FARIAS, D. R.; SCHLEDER, D. D.; ALVES, L.; BERTOLDI, F. C.; CHABAN, A.; ANDRADE, J. I. A. e JATOBÁ A. Curcuma longa hydrolate improves Nile tilapia survival in a recirculation rearing

system, maintaining the animal homeostasis and modulating the gut microbial community. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 93, 2021.

PEREIRA, M. W. G., de ARÊDES, A. F., e TEIXEIRA, E. C. Avaliação econômica do cultivo de trigo dos Estados do Rio Grande do Sul e Paraná. **Revista de Economia e Agronegócio**, 5(4), 2007.

RODRIGUES, S. C. M.; DIAS, L. A. L.; CARVALHO, A. C.; FENZL, N.; e LOPES, L. O.; C. Os recursos naturais no processo de desenvolvimento econômico capitalista. **Semiotes**, v. 13, n. 4, p. 50-68, 2019.

SANTO-FILHO, L. G.; SANTOS, S. G. A. V.; e SILVA, C. E. L. D. S. Utilização de indicadores de viabilidade econômica na produção de tilápia (*Oreochromis niloticus*) em sistema de recirculação: estudo de caso de uma piscicultura de pequena escala em Parnaíba-PI. **Organizações Rurais e Agroindustriais/Rural and Agro-Industrial Organizations**, 18(1511-2017-2907), 304-314, 2016.

SANTOS, A. F. E.; CALVO, F. N.; e GOMES, P. F. A produção integrada de peixes e hortaliças na aquaponia. 2021.

SARTURI, C.; HELUY, G. M.; SARMIENTO, P. C. J.; FIGUEIREDO, P. G.; JORGE, T. B. F.; MELLO, S. C. R. P.; RAMOS, L. R. V.; e PEREIRA, M. M. Polyculture of bullfrog tadpoles and Nile tilapia fry. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 93, 2021.

SOLDERA, D.; e KÜHN, D. D. Indicadores de Viabilidade Financeira: Considerações sobre instrumentos de análise. **WIVES, Daniela Garcez; KÜHN, Daniela Dias (Org.). Gestão e planejamento de agroindústrias familiares. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2018. p. 41-59, 2018.**

ZAPPERNICK, N.; NEDUNURI, K.V.; ISLAM, K.R.; KHANAL, S., WORLEY, T.; LAKI, S.L.; e SHAH, A. Techno-economic analysis of a recirculating tilapia-lettuce aquaponics system. **Journal Of Cleaner Production**, 365, 132753, 2022.