



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
FACULDADE DE FORMAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DO CAMPO  
CURSO DE TECNOLOGIA EM AGROECOLOGIA

MARIA FATIANE ARAÚJO REIS

**SISTEMA AQUAPÔNICO COMO ALTERNATIVA AGROECOLÓGICA PARA A  
PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL E INTEGRADA DE ALIMENTOS: UM ESTUDO DE  
CASO EM UMA UNIDADE DE PRODUÇÃO FAMILIAR EM TAUERÁ DE BEJA,  
ABAETETUBA-PA**

ABAETETUBA-PA  
2023

MARIA FATIANE ARAÚJO REIS

**SISTEMA AQUAPÔNICO COMO ALTERNATIVA AGROECOLÓGICA PARA A  
PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL E INTEGRADA DE ALIMENTOS: UM ESTUDO DE  
CASO EM UMA UNIDADE DE PRODUÇÃO FAMILIAR EM TAUERÁ DE BEJA,  
ABAETETUBA-PA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Faculdade de Formação e Desenvolvimento do Campo  
como requisito para obtenção de grau de Tecnóloga em  
Agroecologia pela Universidade Federal do Pará,  
Campus de Abaetetuba.

Orientadora: prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Juliana Cristina de Castro Budel

ABAETETUBA-PA

2023

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD  
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará  
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

---

R375s Reis, Maria Fatiane Araújo.  
Sistema Aquapônico como alternativa agroecológica para a  
produção sustentável e integrada de alimentos : : um estudo de caso  
em uma Unidade de Produção Familiar em Tauerá de Beja,  
Abaetetuba-PA / Maria Fatiane Araújo Reis. — 2023.  
42 f. : il. color.

Orientador(a): Prof<sup>ª</sup>. Dra. Juliana Cristina de Castro Budel  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade  
Federal do Pará, Campus Universitário de Abaetetuba, Tecnologia  
em Agroecologia, Abaetetuba, 2023.

1. Aquaponia. 2. Agricultura familiar. 3. Amazônia. 4.  
Hortaliças. I. Título.

CDD 630

---

MARIA FATIANE ARAÚJO REIS

**SISTEMA AQUAPÔNICO COMO ALTERNATIVA AGROECOLÓGICA PARA A  
PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL E INTEGRADA DE ALIMENTOS: UM ESTUDO DE  
CASO EM UMA UNIDADE DE PRODUÇÃO FAMILIAR EM TAUERÁ DE BEJA,  
ABAETETUBA-PA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Faculdade de Formação e Desenvolvimento do Campo  
como requisito para obtenção de grau de Tecnóloga em  
Agroecologia pela Universidade Federal do Pará,  
Campus de Abaetetuba.

**APROVADO EM:** \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Juliana Cristina de Castro Budel  
Orientadora (UFPA)

---

Prof.<sup>o</sup> Dr. Ricardo Eduardo de Freitas Maia  
(UFPA)

---

Prof.<sup>a</sup> Me. Roberta Rowsy Amorim de Castro  
(UFPA)

A Deus que, em sua infinita bondade, sempre se fez presente em minha vida, me abençoando e concedendo forças para superar as dificuldades. Aos meus pais, Félix e Maria Lúcia, por todo amor e carinho que sempre recebi, sem o apoio incondicional de vocês nada seria possível. Sou muito grata por tudo. Obrigada!

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, por sempre me abençoar e fortalecer diante das dificuldades, me mostrando que vale a pena seguir na caminhada, mesmo quando tudo parece extremamente difícil.

Aos meus pais, Félix e Maria Lúcia, por todo amor, carinho e apoio que sempre recebi. Todo o meu empenho e dedicação nos estudos e na vida sempre foi por vocês e para vocês. Obrigada por tudo!

Aos meus irmãos, Francenildo e Francidalva, pelo apoio e parceria ao longo desses anos de curso. Em especial, agradeço ao meu irmão, Franciel Baia, pois sem sua fundamental contribuição no desenvolvimento deste trabalho, nada teria sido concretizado. Obrigada por tudo, por ter me apresentado o fascinante mundo da Aquaponia, por ter “colocado a mão na massa”, me ajudando na construção e condução do sistema. Sei que nem sempre foi fácil, mas todas as vezes que precisei, estava disposto a me ajudar na realização das biometrias e nas análises de água. Serei eternamente grata a você!

À minha orientadora, professora Juliana Budel, por compartilhar comigo os seus conhecimentos e me acalmar nos momentos de aflição. Nunca vou esquecer de seus conselhos e de sua paciência comigo. Admiro a pessoa e a grande profissional que a senhora é, sempre muito dedicada, competente e comprometida com o que faz. Gratidão por tudo!

Agradeço também ao Edivaldo Júnior, pelas suas contribuições técnicas sobre a aquaponia, mesmo não nos conhecendo pessoalmente, sempre se mostrou muito solícito para ouvir e sanar minhas dúvidas durante nossos encontros online. Muito obrigada!

À turma de Agroecologia 2018, pelos momentos e conhecimentos compartilhados em sala de aula e fora dela também. Pelos momentos de descontração e pelas viagens que realizamos ao longo desses anos de curso. Foi uma honra fazer parte dessa turma, que apesar de todas as dificuldades, sempre se mostrou capaz e disposta a seguir firme na caminhada. Saibam que torço muito pelo sucesso pessoal e profissional de cada um de vocês.

Agradeço também aos professores da Faculdade de Formação e Desenvolvimento do Campo, pelas disciplinas ministradas, pelo suporte e empenho em nos fornecer a melhor formação

acadêmica no decorrer do curso, através das aulas teóricas e das práticas de extensão. Meus sinceros agradecimentos a todos.

Enfim, gostaria de expressar a minha gratidão a todas as pessoas que de forma direta ou indireta contribuíram para a conclusão deste trabalho e com o meu processo de formação acadêmica.

**Meu muitíssimo obrigada a todos!!!**

“Que todos os nossos esforços estejam sempre focados no desafio à impossibilidade. Afinal, todas as grandes conquistas humanas vieram daquilo que parecia impossível.”

(Charles Chaplin)

## SUMÁRIO

<b>1-INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>2-METODOLOGIA</b> .....	<b>13</b>
<b>2.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</b> .....	<b>13</b>
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>15</b>
<b>3.1 IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE AQUAPONIA</b> .....	<b>15</b>
3.1.1 Bancada para o cultivo das hortaliças.....	17
3.1.2 Ambiente de criação dos peixes e sistema de filtragem .....	19
<b>3.2 FASE TESTE DO SISTEMA AQUAPÔNICO</b> .....	<b>21</b>
<b>3.3 FASE EXPERIMENTAL: PRODUÇÃO DAS MUDAS DE HORTALIÇAS, POVOAMENTO DO TANQUE DE CRIAÇÃO E MANEJO PRODUTIVO</b> .....	<b>22</b>
3.3.1 Produção e transplântio das mudas de hortaliças .....	22
3.3.2 Povoamento do tanque de peixes.....	24
3.3.3 Manejo produtivo: Peixes e hortaliças.....	25
<b>3.4 ADAPTAÇÕES REALIZADAS NO SISTEMA DE AQUAPONIA DURANTE A FASE EXPERIMENTAL</b> .....	<b>27</b>
<b>3.5 DESEMPENHO PRODUTIVO DE HORTALIÇAS E PEIXES NO SISTEMA AQUAPÔNICO</b> .....	<b>27</b>
3.5.1 Desenvolvimento vegetal .....	27
3.5.1.1 Chicória ( <i>cichorium intybus</i> L.) .....	28
3.5.1.2 Couve ( <i>Brassica oleracea</i> L.).....	28
3.5.1.3 Hortelã ( <i>Mentha spicata</i> L.) .....	30
3.5.2 Desenvolvimento animal .....	32
<b>3.6 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA</b> .....	<b>34</b>
<b>3.7 SUGESTÕES DE MELHORIAS PARA APRIMORAR O SISTEMA DE AQUAPONIA</b> .....	<b>37</b>
<b>4- CONCLUSÕES</b> .....	<b>37</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>39</b>
<b>APÊNDICES</b> .....	<b>42</b>

## RESUMO

Objetivou-se implantar e avaliar um Sistema de Aquaponia para produção consorciada de peixes e hortaliças em uma Unidade de Produção Familiar em Tauerá de Beja, zona rural de Abaetetuba, Pará. O sistema foi implementado na propriedade em fevereiro de 2022 e contou com três principais componentes: uma caixa d'água de 1000 litros para a criação dos peixes, uma bancada de madeira para produção das hortaliças em ambiente de cultivo em cascalho, e, por último, um conjunto de filtragem para purificar o sistema, composto por um balde decantador e um balde filtro. Os materiais usados na montagem foram, na maioria, reutilizados e adquiridos na própria unidade agrícola familiar. Inicialmente, a proposta do sistema focou na produção de 50 tilápias (*Oreochromis niloticus*) consorciadas ao cultivo de três espécies de hortaliças: alface (*Lactuca sativa* L.), pimentão (*Capsicum annuum* L.) e tomate (*Solanum lycopersicum* L.). No entanto, constatou-se que a falta de oxigenação, provocada pela irregularidade no fornecimento de energia elétrica, foi um ponto crítico enfrentado durante os quatro meses iniciais do experimento, resultando na mortalidade da maioria dos animais estocados. Por conta disso, visando o bom funcionamento e sucesso na produção, o sistema precisou ser redimensionado, ou seja, foi necessário trocar as espécies vegetais e animais e reduzir o número de peixes produzidos no sistema. Com isso, na fase seguinte, vinte e cinco peixes da espécie tambacu (*Colossoma macropomum* x *Piaractus mesopotamicus*) foram colocados no tanque de criação e vinte e sete hortaliças foram cultivadas na bancada vegetal, sendo 12 mudas de chicória (*Cichorium intybus* L.), 10 de couve (*Brassica oleracea* L.) e cinco de hortelã (*Mentha spicata* L.). A cada 15 dias foi realizada a avaliação biométrica e o controle da qualidade da água para verificar os parâmetros de oxigênio dissolvido, pH, nitrito e teor de amônia. Devido ao crescimento dos animais, foi preciso incluir no sistema mais uma bomba submersa para aquário, para aumentar a disponibilidade de oxigênio na água dos peixes. Após a modificação, os peixes e as hortaliças inseridas no sistema apresentaram bom desempenho, com destaque especial à hortelã, que se propagou com facilidade na bancada hidropônica. Conclui-se, portanto, que a instabilidade no fornecimento de energia elétrica foi um fator limitante no desempenho do sistema aquapônico para o caso em estudo (propriedade em comunidade rural da Amazônia), e que, por isso, caso o sistema possa vir a ser implantado na zona rural, há necessidade de redução na produção, especialmente dos peixes, para que esse tipo de sistema possa ser usado como ferramenta alternativa para a produção de alimentos agroecológicos no município de Abaetetuba.

**Palavras Chaves:** Aquaponia; Agricultura familiar; Amazônia; Hortaliças.

## ABSTRACT

The objective was to implement and evaluate an Aquaponics System for intercropped production of fish and vegetables in a Family Production Unit in Tauerá de Beja, rural area of Abaetetuba, Pará. The system was implemented on the property in February 2022 and had three main components: a 1000 liter water tank for raising fish, a wooden bench for producing vegetables in a gravel growing environment, and finally, a filtering set to purify the system, consisting of a decanter bucket and a filter bucket. The materials used in the assembly were, for the most part, reused and purchased from the family farm itself. Initially, the system proposal focused on the production of 50 tilapia (*Oreochromis niloticus*) intercropped with the cultivation of three vegetable species: lettuce (*Lactuca sativa* L.), sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) and tomato (*Solanum lycopersicum* L.). However, it was found that the lack of oxygenation, caused by irregularity in the supply of electricity, was a critical point faced during the initial four months of the experiment, resulting in the mortality of most of the stored animals. For this reason, aiming at proper functioning and success in production, the system had to be resized, that is, it was necessary to change plant and animal species and reduce the number of fish produced in the system. Thus, in the next phase, twenty-five fish of the tambacu species (*Colossoma macropomum* x *Piaractus mesopotamicus*) were placed in the breeding tank and twenty-seven vegetables were grown on the vegetable bench, including 12 chicory seedlings (*Cichorium intybus* L.), 10 of cabbage (*Brassica oleracea* L.) and five of mint (*Mentha spicata* L.). Every 15 days, a biometric evaluation and water quality control were carried out to verify the parameters of dissolved oxygen, pH, nitrite and ammonia content. Due to the growth of the animals, it was necessary to include another submersible pump for the aquarium in the system, to increase the availability of oxygen in the fish water. After the modification, the fish and vegetables inserted in the system performed well, with special emphasis on mint, which propagated easily on the hydroponic bench. It is concluded, therefore, that the instability in the supply of electricity was a limiting factor in the performance of the aquaponic system for the case under study (property in a rural community in the Amazon), and that, therefore, if the system could be implanted in the rural area, there is a need to reduce production, especially of fish, so that this type of system can be used as an alternative tool for the production of agroecological foods in the municipality of Abaetetuba.

**Keywords:** Family farming; Amazon; Aquaponics; Vegetables.

## 1-INTRODUÇÃO

A técnica de aquaponia é uma modalidade de produção de alimentos que permite cultivar peixes e vegetais em um único sistema. O termo “aquaponia” deriva da combinação entre as palavras “aquicultura” (produção de organismos aquáticos) e “hidroponia” (produção de plantas sem uso de solo). É uma forma de cultivo que funciona a partir da integração entre a criação de organismos aquáticos, principalmente peixes, e o cultivo de vegetais hidropônicos em um ambiente fechado de recirculação de água (CARNEIRO et al., 2015a).

Neste tipo de produção, a água rica em nutrientes provenientes dos dejetos dos peixes, circula por cada componente do sistema, proporcionando, simultaneamente, o desenvolvimento vegetal e animal, de maneira sustentável. A alimentação recebida pelos peixes é convertida em tecido muscular e as sobras e as fezes servem de nutrientes para o cultivo de plantas. Os resíduos tóxicos gerados são processados por bactérias presentes no filtro e no próprio sistema (OLIVEIRA et al., 2022). As bactérias dos gêneros nitrosomonas e nitrobacter são as responsáveis pela conversão da amônia (NH<sub>3</sub>) em nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) e esse, em nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), transformando, desta forma, substâncias tóxicas produzidas pelos peixes em nutrientes assimiláveis pelas plantas (CELESTRINO e VIEIRA, 2018).

Segundo Carneiro et al., (2015a) a aquaponia apresenta inúmeras vantagens se comparada aos modelos de cultivo tradicionais, sendo a otimização do recurso hídrico um dos seus principais benefícios. A sustentabilidade do sistema também acontece devido ao equilíbrio ecológico que surge da interação dos peixes, bactérias e vegetais que compõem o sistema de produção aquapônico (NAKAUTH et al., 2020).

Na aquaponia não é utilizado nenhum tipo de produto químico durante o processo produtivo, sendo, portanto, uma técnica de cultivo livre do uso de agrotóxicos. A aquaponia se destaca por garantir a produção de alimentos ricos e nutritivos, por ser um sistema que pode ser implantado em pequenas áreas, além de contribuir com a geração de renda e segurança alimentar (DIAS et al., 2021). Além disso, por apresentar características sustentáveis, como o reuso de água e aproveitamento de resíduos da criação de peixes, o sistema aquapônico emerge como uma alternativa inovadora no ramo de produção de alimentos. É uma tecnologia social de baixo impacto ambiental com grande potencial para ser utilizada no contexto da agricultura familiar, pois permite ao

agricultor produzir alimentos saudáveis para o consumo e comercialização, incrementando, desta forma, a renda das comunidades locais.

Ademais, o sistema de aquaponia ainda pode auxiliar no cumprimento de alguns dos objetivos da Organização das Nações Unidas (ONU) para o desenvolvimento sustentável. Os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) são constituídos por 17 objetivos e 169 metas, que incluem ações voltadas para o setor ambiental, social e econômico e podem ser contemplados pela aquaponia em várias situações (ANDRADE et al. 2021). A tecnologia aquapônica se destaca por contribuir para o alcance de alguns desses objetivos, sendo eles: o objetivo 2, que propõe acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e promover a agricultura sustentável; o objetivo 3, que busca assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos; e o objetivo 12, que visa assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis (ONU, 2015).

No entanto, apesar de ser uma técnica que apresenta várias vantagens e benefícios, no Brasil, ainda são escassos estudos relacionados à prática de aquaponia, diferente do que ocorre em países como Austrália, Estados Unidos, Israel e México, onde a tecnologia aquapônica já é bastante conhecida e amplamente difundida (HUNDLEY e NAVARRO, 2013). Dessa forma, pesquisas sobre a aquaponia ainda são necessárias para melhor avaliar e definir parâmetros básicos que influenciam no seu funcionamento, como a taxa de lotação do sistema, os tipos de substratos empregados ou até mesmo a melhor integração entre as espécies de peixes e plantas (BUSS et al., 2015).

Dentre os principais modelos de sistemas aquapônicos utilizados atualmente, destacam-se o DWC (*Deep Water Culture*), conhecido como ambiente de cultivo flutuante, e o NFT (*Nutrient Film Technique*) também chamado de ambiente de cultivo em canaletas. Além desses, existe o modelo conhecido como *media-filled bed* ou ambiente de cultivo em cascalhos. Neste método o substrato da cama de cultivo é constituído por seixo ou argila expandida, material usado para fixar as plantas e abrigar as bactérias nitrificantes responsáveis por transformar a amônia em nutrientes para os vegetais. De acordo com Carneiro et al., (2015a), esse tipo de sistema possui número maior de adeptos devido a sua praticidade e funcionalidade, resultando, assim, no seu fácil manuseio, e, por esse motivo, nesta pesquisa foi o escolhido para a implementação do sistema experimental de pequena escala.

Desta forma, visando contribuir com os estudos e a disseminação de informações relacionados à técnica aquapônica, este estudo teve como objetivo implantar um sistema de aquaponia em uma Unidade de Produção Familiar (UPF), em Tauerá de Beja, zona

rural de Abaetetuba, Pará, apresentando os componentes do sistema, o seu funcionamento, as técnicas de manejo e o desempenho produtivo de peixes e hortaliças.

## **2-METODOLOGIA**

Neste tópico será apresentado a descrição da área de estudo e como ocorreu o processo de desenvolvimento da pesquisa, destacando, brevemente, as etapas de implantação, período teste e fase experimental do sistema de aquaponia em pequena escala.

### **2.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

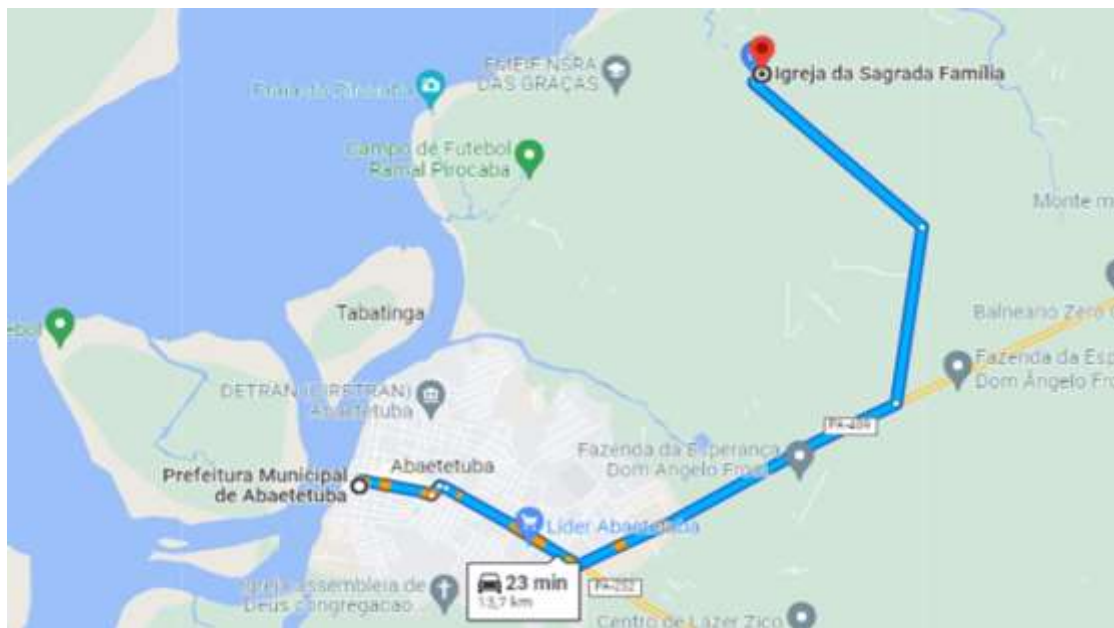
A pesquisa foi desenvolvida em uma Unidade de Produção Familiar (UPF), na comunidade rural Tauerá de Beja, localizada no município de Abaetetuba<sup>1</sup>, no estado do Pará. A comunidade encontra-se a uma distância de cerca de 13 km da sede municipal, tendo como principal ponto de referência a Igreja Católica Sagrada Família, conforme destaca a Figura 1 a seguir. Residem na localidade, aproximadamente, 200 famílias<sup>2</sup> que encontram-se divididas em dois principais núcleos: área de rio e ramal.

---

<sup>1</sup>O Município de Abaetetuba está localizado no Nordeste do estado do Pará na região imediata de Abaetetuba e na região intermediária de Belém, segundo classificação do IBGE 2017 (PEREIRA; FERREIRA; RODRIGUES, 2022).

<sup>2</sup> Informação concedida pela Agente Comunitária de Saúde da comunidade no dia 07 de fevereiro de 2023.

Figura 1- Localização da comunidade Tauerá de Beja.



Fonte: Autora, 2022.

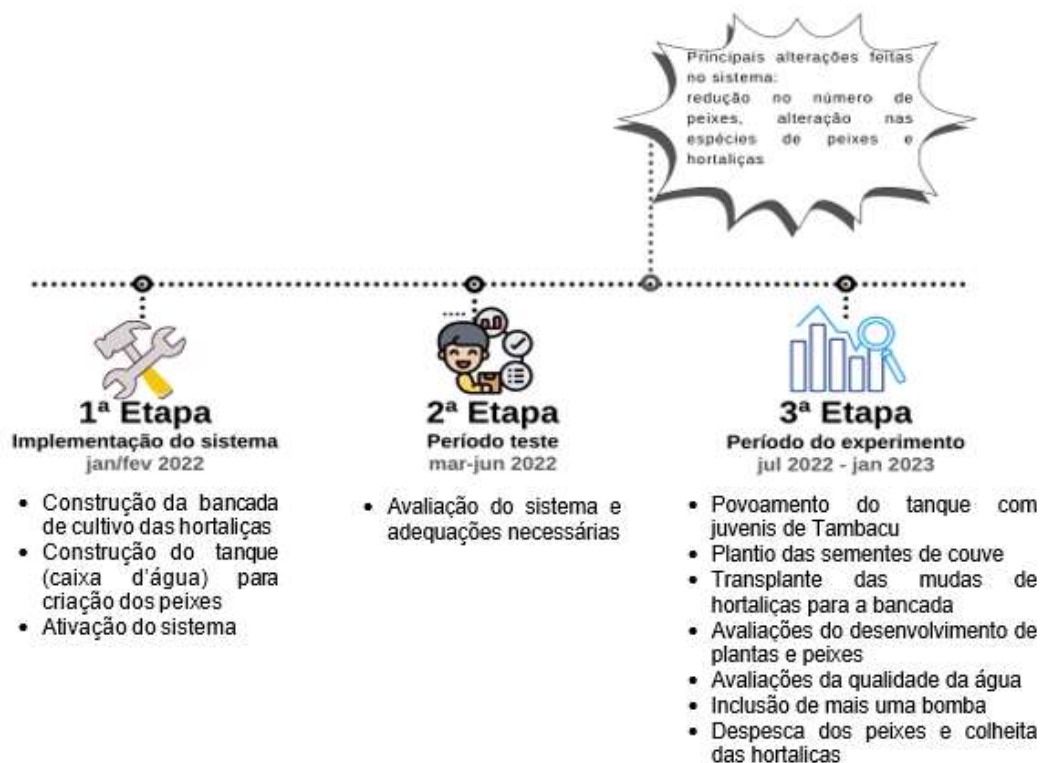
As principais atividades econômicas desenvolvidas pelos moradores locais abrangem a produção agrícola por meio do cultivo, principalmente, de culturas como mandioca, cupuaçu e pupunha. Além disso, outras atividades como a pesca e o trabalho formal<sup>3</sup> e informal também são meios encontrados pelos comunitários para complementar a renda familiar. Na comunidade encontram-se também aposentados, beneficiários do seguro defeso e de programas sociais como o Bolsa Família. A propriedade lócus da pesquisa, onde foi implementado o sistema de produção aquapônico em pequena escala, localiza-se na área de ramal da comunidade.

O experimento, que consistiu na montagem de um sistema de aquaponia e acompanhamento do crescimento de peixes e hortaliças, foi dividido em três etapas, sendo elas: 1ª etapa - implementação da parte estrutural do módulo aquapônico (janeiro a fevereiro de 2022); 2ª etapa- teste preliminar para verificar a dinâmica de funcionamento do sistema e adequá-lo às condições locais (março a junho de 2022) e, por último, 3ª etapa - período experimental, que teve duração de 183 dias, com início no dia 26 de julho de 2022 e finalização no dia 29 de janeiro de 2023. Para facilitar a compreensão dos principais procedimentos realizados em cada uma das etapas, o Fluxograma a seguir resume as atividades desenvolvidas em cada uma delas, com destaque especial para as atividades realizadas na terceira etapa, onde foi realizado o acompanhamento produtivo

<sup>3</sup> Funcionários públicos e trabalhadores de empresas privadas.

das espécies no sistema de aquaponia (Figura 2). Todas essas etapas e seus principais acontecimentos serão melhor detalhados nos tópicos seguintes deste trabalho.

Figura 2- Fluxograma das etapas de implantação, período teste e fase experimental do sistema de aquaponia.



Fonte: Autora, 2022.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE AQUAPONIA

O modelo aquapônico instalado no quintal da propriedade baseou-se em um sistema de pequena escala que pode ser feito a partir de materiais reutilizados como caixas, tambores, banheiras e outras estruturas. O sistema em pequena escala, também conhecido como *media-filled bed* ou ambiente de cultivo em cascalhos, caracteriza-se por ter o local de produção vegetal preenchido com argila expandida ou outro material (seixo, cacos de telhas e tijolos) que pode ser usado como substrato para o cultivo das plantas.

O sistema de produção foi construído tendo como suporte as informações disponíveis sobre o tema na literatura científica. Contudo, a implantação do módulo familiar de aquaponia fundamentou-se, mais especificamente, nos seguintes documentos da Embrapa: “Produção Integrada de Peixes e Vegetais em Aquaponia” (CARNEIRO et

al., 2015a) e “Montagem e Operação de um Sistema Familiar de Aquaponia para Produção de Peixes e Hortaliças” (CARNEIRO et al., 2015b). Os dois materiais apresentam os principais conceitos e a importância da técnica como alternativa inovadora na área de produção de alimentos.

O sistema aquapônico instalado na propriedade foi composto por três principais componentes, sendo eles: (1) uma bancada para cultivo das hortaliças, (2) um ambiente para a criação dos peixes e (3) um conjunto de filtragem constituído por um balde decantador e um balde filtro.

Visando facilitar a construção do sistema, alguns itens, como lona, canos, baldes e torneiras, que estavam disponíveis na unidade agrícola, foram reutilizados na montagem do sistema. Embora o processo de construção tenha tido como suporte os documentos supracitados, o sistema produzido passou por adaptação em relação ao local de produção vegetal, o qual foi composto por uma bancada retangular de madeira. Esse tipo de alteração pode ser realizado, pois o sistema aquapônico é passível de mudança, principalmente na configuração do ambiente de cultivo (CARNEIRO et al., 2015a).

Uma representação diferente do ambiente de produção das plantas foi adotada também por Belintano et al., (2020) que acompanharam o desempenho de tilápias (*Oreochromis niloticus*) em sistema aquapônico feito em escada. Lima e Cometti (2020), seguindo a mesma lógica, construíram um sistema de aquaponia adaptado, onde foi utilizado uma estrutura de bambu em alternativa ao sistema hidropônico convencional de PVC para a produção dos vegetais.

Em geral, por apresentar essa versatilidade quanto à composição de sua estrutura, a técnica aquapônica surge como uma importante alternativa de produção de alimentos para agricultores em áreas rurais. Nas propriedades de pequeno porte, por exemplo, a aquaponia pode ser instalada utilizando poucos recursos, pois, como já mencionado, trata-se de um sistema facilmente ajustado, podendo ser construído a partir de materiais alternativos, o que contribui para a promoção da sustentabilidade do sistema de aquaponia (ALBUQUERQUE et al., 2018).

A lista completa dos materiais utilizados na implantação do sistema aquapônico e suas respectivas funções no funcionamento do sistema, podem ser visualizados na tabela 1 apresentada abaixo:

Tabela 1 - Lista de materiais utilizados na implantação do sistema de aquaponia.

Itens	Função
Uma caixa d'água (1000 litros)	Reservatório para a criação dos peixes
Dois baldes (100 litros)	Sistema de filtragem responsável pela purificação da água
Sete tábuas de 4 metros, duas pernamancas, seis esteios e dois ripões	Madeira usada na construção da bancada de cultivo das hortaliças
Uma lona de revestimento medindo 1,40 metros de largura e 3 metros de comprimento	Revestir a bancada de produção vegetal para evitar vazamento de água
Um plástico de cobertura medindo 1,40 metros de largura e 3 metros de comprimento	Cobrir a bancada para evitar a incidência direta de sol e chuva
Uma bomba d'água de vazão de 2.740L/h	Responsável pela circulação de água e fornecimento de oxigênio no sistema
Um tubo de 25 mm	Usado para conectar os componentes do sistema (caixa, baldes e bancada)
Três torneiras plásticas	Usadas para distribuir água pela bancada hidropônica
4 joelhos de 50mm, 2 joelhos de 25 mm, 5 flanges de 50 mm, 2 união de 50 mm, 1 T de 50 mm, 3 T de 25mm, 1 curva de 50 mm, 1 curva de 25 mm, 1 tampão de 50 mm, 3 flanges de 50 mm, 4 chaves de 25 mm	Usados para conectar as tubulações do sistema
Um tubo de 50 mm + Um tubo de 100 mm	Utilizados na construção do sifão
Um metro de mangueira de nível	Utilizada na construção do sifão e para ajudar na oxigenação da água dos peixes
Vinte e cinco peixes da espécie tambacu	Utilizados para povoar o tanque de criação
Vinte e sete mudas de hortaliças (12-chicória, 10-couve e 5-hortelã)	Espécies transplantadas para a bancada hidropônica

Fonte: Autora, 2022

Visando facilitar a compreensão do processo de montagem do sistema, nos subtópicos a seguir será detalhado como ocorreu a etapa de construção e ativação dos componentes do sistema: bancada das hortaliças, tanque de criação dos peixes e sistema de filtragem.

### 3.1.1 Bancada para o cultivo das hortaliças

A montagem do sistema de aquaponia teve início primeiramente com a construção da bancada hidropônica, local chamado também de cama de cultivo. Neste espaço foram introduzidas as mudas de hortaliças para o seu desenvolvimento. A bancada foi composta por uma estrutura retangular de madeira medindo, aproximadamente, 280 centímetros de comprimento, 80 centímetros de largura, 170 centímetros de altura e 20 centímetros de profundidade. Para evitar vazamento de água a estrutura foi revestida por uma lona e, em

seguida, preenchida com as pedras de seixo, material usado como substrato para dar sustentação às raízes dos vegetais e servir de abrigo para a colônia bacteriana (Figura 3).

Figura 3. Vista superior da bancada de cultivo do tipo *media-filled bed* ou ambiente de cultivo em cascalhos, implementada na Unidade de Produção Familiar, em Tauerá de Beja, Abaetetuba, PA.

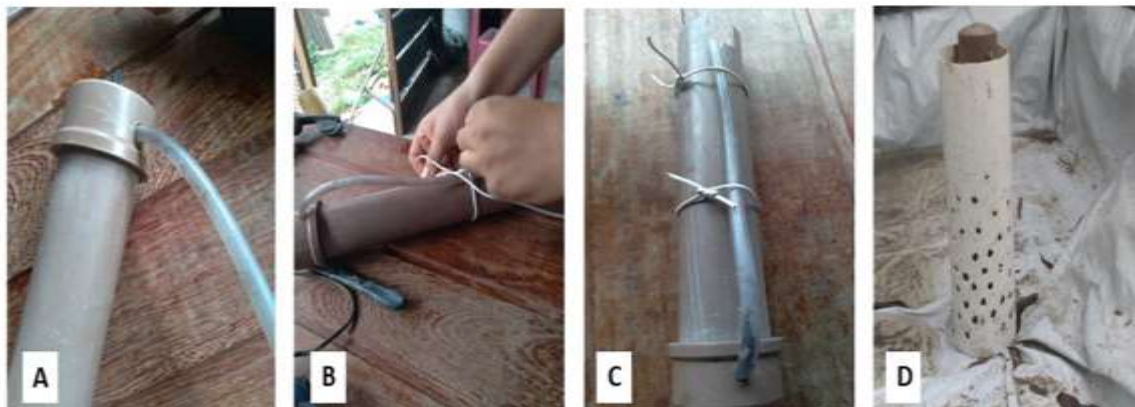


Fonte: Autora, 2022.

No fundo da bancada foi instalado o sifão sino, componente responsável pelo enchimento e esvaziamento da cama de cultivo, ação necessária para fornecer, ao mesmo tempo, oxigenação para as raízes das plantas e para as bactérias nitrificantes (CARNEIRO et al. 2015b). É também por meio desta estrutura que a água retorna por gravidade ao tanque de criação dos peixes.

O sifão utilizado no sistema foi construído manualmente e foi formado por duas estruturas: uma interna e outra externa. A parte interna foi composta por um tubo tampado na sua extremidade superior, e neste local foi inserida e amarrada a mangueira, usada para ativar e desativar o sifão (Figura 4.A, B e C). Em seguida, o tubo foi colocado na sua estrutura externa, composta por um cano de PVC com furos na sua extensão para permitir a passagem de água (Figura 4.D).

Figura 4-Etapas do processo de construção e instalação do sifão no sistema de aquaponia. É este componente que proporciona por meio da gravidade o processo de inundação e esvaziamento da cama de cultivo das hortaliças.



Fonte: Autora, 2022.

### 3.1.2 Ambiente de criação dos peixes e sistema de filtragem

Após concluída a construção da bancada das hortaliças, iniciou-se a preparação do ambiente de criação dos peixes, o qual foi composto por uma caixa d'água circular de polietileno de 1000 litros (Figura 5 A). A caixa contou com um sistema de tubulação e foi conectada aos demais componentes (conjunto de filtragem e bancada de cultivo) por intermédio de um mecanismo de bombeamento de água. Para facilitar o manejo alimentar dos animais, bem como permitir a incidência de iluminação diária no tanque, alguns cortes foram feitos na tampa da caixa d'água. Após finalizada a montagem da parte estrutural do sistema aconteceu o enchimento do tanque com água proveniente de um poço artesiano.

Além da bancada e do tanque de criação, o sistema contou ainda com um conjunto de filtragem composto por um balde filtro e um balde decantador, ambos com capacidade para 100 litros de água. O balde decantador foi usado para remover os resíduos excretados pelos peixes e o balde filtro (preenchido com restos de construção) teve como função realizar a filtragem da água e abrigar a bomba responsável pela recirculação de água no sistema (Figura 5 B).

Figura 5- A- Caixa d'água de 1000 litros usada como tanque de criação dos peixes no sistema aquapônico; B-conjunto de filtragem composto por um balde filtro (1) e um balde decantador (2), ambos com capacidade para 100 litros de água.



Fonte: Autora, 2022.

Apesar dos componentes ficarem fisicamente separados, todos foram interligados por tubulações responsáveis por conectar o tanque dos peixes, o sistema de filtragem e a bancada de produção vegetal. Por meio do processo de bombeamento a água circula por cada componente do sistema, conforme indicam as setas vermelhas destacadas na Figura 6. A água, primeiramente, sai do local de criação dos peixes (1), passa pelos baldes decantador (2) e de filtragem (3) e depois segue para a bancada hidropônica, onde é distribuída para as plantas através de três torneiras posicionadas ao longo da extensão do cano (4). Após concluída esta fase, a água retorna para o tanque de criação dos peixes, reiniciando todo o processo. A bomba instalada no balde de filtragem (3) é responsável tanto por fazer circular a água no sistema como fornecer oxigênio na caixa dos peixes (seta amarela).

Figura 6- Sentido do fluxo de água no sistema de aquaponia: tanque de criação dos peixes (1); balde decantador (2); balde filtro (3); bancada das hortaliças (4).



Fonte: Autora, 2022.

### 3.2 FASE TESTE DO SISTEMA AQUAPÔNICO

Após concluída a implantação da parte estrutural do sistema aconteceu a segunda etapa, definida aqui como fase de teste. Durante os meses de março a junho de 2022, foi feita a primeira tentativa de criar 50 tilápias (*Oreochromis niloticus*) consorciadas ao cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), pimentão (*Capsicum annuum* L.) e alface (*Lactuca sativa* L.).

O sistema ficou em funcionamento por três meses, porém, neste período, foi constatado que a irregularidade no fornecimento de energia elétrica era um fator limitante, visto que, no início de junho, devido à queda de energia, ocorreu a mortalidade da maioria dos animais por falta de oxigenação na água dos peixes, que é feita a partir do funcionamento da bomba d'água.

Vale destacar que no sistema de caixa d'água de 1000 litros (1m<sup>3</sup>), estima-se que seja possível criar de 100 a 125 kg de biomassa por metro cúbico. Porém, como mencionado acima, no período teste, apenas cinquenta tilápias com peso médio de 40 g foram inseridas na caixa d'água, onde permaneceram por, aproximadamente, três meses. Considerando essa biomassa citada anteriormente (100kg/m<sup>3</sup>), até 143 peixes pesando 0,7 kg poderiam ser criados/despescados neste sistema, contudo, levando em conta os

cinquenta peixes, nota-se que o sistema funcionava com apenas 34,96% do seu potencial produtivo. A ideia inicial era trabalhar com a capacidade total do sistema e, por isso, mais peixes seriam adicionados na caixa d'água durante o mês de junho.

Todavia, após a mortalidade dos animais em decorrência da falta de energia elétrica e, por consequência, falta de oxigenação, constatou-se que seria necessário reduzir ainda mais a quantidade de peixes para que o sistema pudesse apresentar êxito. Com isso, na fase experimental, além da diminuição da quantidade de peixes, a espécie utilizada também foi trocada, como será detalhado mais à diante.

Além do mais, é válido frisar que durante o período inicial de condução do sistema, as plantas utilizadas não mostraram desenvolvimento adequado, apresentando sintomas como estiolamento e folhas com extremidades de coloração amarelada. Por conta disso, na terceira etapa, que consistiu na execução do experimento e avaliação do desempenho produtivo das plantas e peixes, novas hortaliças, de outras espécies, foram escolhidas e incluídas no sistema.

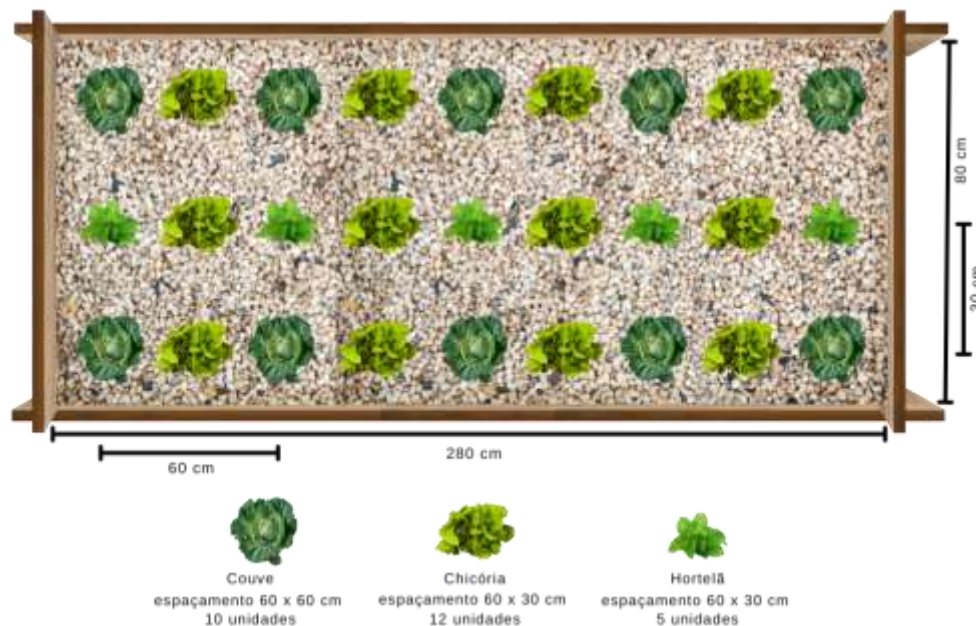
### **3.3 FASE EXPERIMENTAL: PRODUÇÃO DAS MUDAS DE HORTALIÇAS, POVOAMENTO DO TANQUE DE CRIAÇÃO E MANEJO PRODUTIVO**

Após a adaptação do sistema às condições locais, o experimento foi reiniciado e o desempenho produtivo do sistema passou a ser avaliado periodicamente. Nos subtópicos a seguir, será detalhado como ocorreu o processo de produção e transplântio das mudas de hortaliças, o povoamento do tanque dos peixes e o manejo produtivo realizado durante o experimento.

#### **3.3.1 Produção e transplântio das mudas de hortaliças**

Na fase experimental, três novas espécies foram cultivadas no sistema aquapônico: chicória (*cichorium intybus* L.), couve (*Brassica oleracea* L.) e hortelã (*Mentha spicata* L.). A escolha dessas espécies se deu por dois motivos principais: 1) as espécies possuem diferentes ciclos de desenvolvimento (curto, médio e longo, respectivamente) e 2) de acordo com conversas prévias com produtores, essas espécies possuem bom desenvolvimento em sistemas aquapônicos. Foram distribuídas na bancada aquapônica 27 mudas no total, sendo 12 de chicória, 10 de couve e cinco de hortelã, como é possível observar na Figura 7 abaixo.

Figura 7- Esquema de distribuição das hortaliças na bancada aquapônica tipo *media-filled bed*.



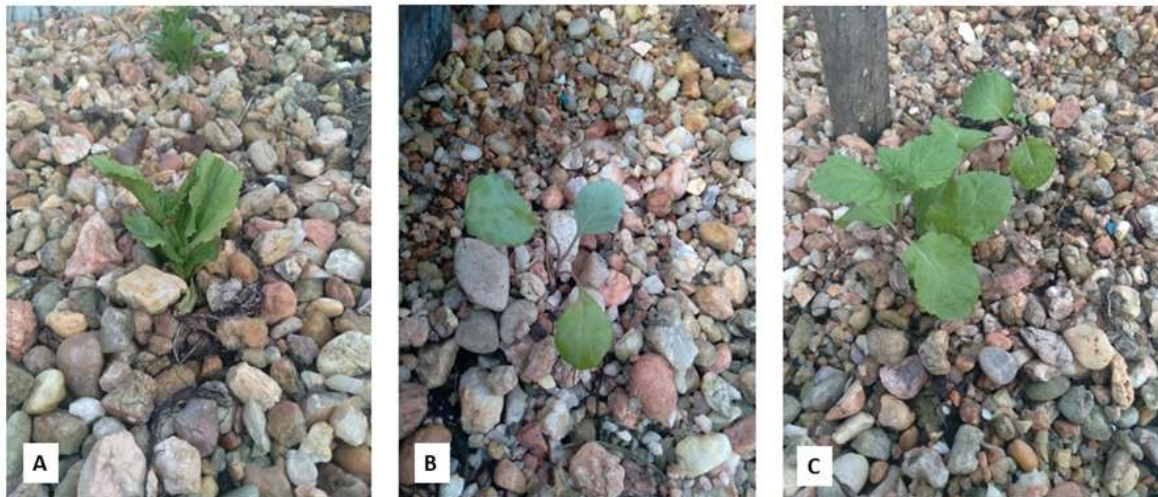
Fonte: Autora, 2022.

Das três espécies de hortaliças implantadas apenas a couve teve seu desenvolvimento inicial (até o ponto de muda) acompanhado na propriedade, pois sua propagação se deu por sementes adquiridas em casa agropecuária; as demais espécies, chicória e hortelã, foram adquiridas na feira da comunidade. Para produção das mudas de couve utilizou-se como sementeira um compartimento de geladeira, além do substrato, obtido no quintal da residência. A terra usada apresentava elevado teor de matéria orgânica, pois foi retirada de uma área onde encontravam-se caroços de açaí (*Euterpe oleracea Mart.*) em estágio avançado de decomposição. Durante o período germinativo o recipiente foi irrigado duas vezes ao dia, até o substrato apresentar um aspecto característico de umidade.

Ao atingirem de 3 a 4 folhas (o que correspondeu a, aproximadamente, 38 dias de cultivo), as mudas de couve foram transplantadas para a bancada aquapônica, juntamente com as mudas de chicória e hortelã. Foram selecionadas as mudas que apresentavam aspecto saudável, sem sintomas aparentes de doença, com folhas e raízes com aspecto vigoroso. As plantas foram mensuradas, pesadas e depois transplantadas para a bancada de cultivo. O procedimento de medição e pesagem foi realizado com o auxílio de uma fita métrica e uma balança digital. O transplante das hortaliças para o sistema foi realizado no dia 23 de setembro de 2022, às 16h00. No caso da chicória, somente a parte

correspondente a raiz foi inserida na bancada, para que durante o experimento novas folhas pudessem surgir. Em relação à hortelã, as mudas escolhidas para serem utilizadas no sistema possuíam tamanhos semelhantes (Figura 8).

Figura 8- Mudanças de hortaliças após o transplante para a bancada de cultivo: A-chicória; B-couve; C-hortelã.



Fonte: Autora, 2022.

### 3.3.2 Povoamento do tanque de peixes

No período experimental, como já mencionado, tanto o número de peixes quanto a espécie foram modificados para aumentar as chances de sobrevivência e sucesso da produção<sup>4</sup>. Projetou-se um ciclo produtivo de seis meses no sistema aquapônico com peso de despesca estimado em 700g. Os peixes utilizados para o povoamento do sistema aquapônico foram tambacus (*Colossoma macropomum x Piaractus mesopotamicus*), uma espécie híbrida, resultado do cruzamento entre a fêmea de tambaqui (*Colossoma macropomum*) e o macho do pacu-caranha (*Piaractus mesopotamicu*). Os peixes desta espécie já eram criados na propriedade e, por isso, foram escolhidos para povoar o tanque de criação (Figura 9).

---

<sup>4</sup> Os peixes (tilápias) restantes da fase teste foram retirados da caixa e uma nova espécie (tambacu) foi colocada no tanque de criação na fase experimental.

Figura 9- Peixes da espécie tambacu (*Collossoma macropomum* x *Piaractus mesopotamicus*) utilizado no sistema de aquaponia. Foto tirada durante a biometria do dia 09 de setembro de 2022.



Fonte: Autora, 2022.

Os animais foram retirados, no dia 26 de julho de 2022, no final da tarde, de um tanque escavado com o auxílio de uma rede de pesca. Vinte e cinco indivíduos foram coletados ao acaso. Para mensurar o peso e comprimento dos animais, no momento da transferência do tanque escavado para o sistema aquapônico, realizou-se uma avaliação biométrica (procedimento onde é feito o processo de medição e pesagem dos peixes).

Os animais apresentavam uma média de peso em torno de 362 g. Os peixes permaneceram na caixa d'água por mais ou menos 45 dias, tempo necessário para adaptação dos animais e para o filtro biológico (cama de cultivo) ser colonizado pelas bactérias nitrificantes. Após o período de adaptação dos peixes, as hortaliças também foram incluídas no sistema e, então, a partir disso, começou a ser realizado o acompanhamento do desenvolvimento das espécies no sistema aquapônico.

### 3.3.3 Manejo produtivo: Peixes e hortaliças

O adequado funcionamento do sistema aquapônico está diretamente associado às boas práticas de manejo realizadas, já que são elas que irão proporcionar o equilíbrio e o adequado desenvolvimento de peixes e plantas. Por isso, foi necessário realizar periodicamente, durante a fase experimental, a avaliação do estado de saúde dos animais, através da realização da biometria e análise da qualidade de água. Além desses

procedimentos, também foi preciso verificar a presença de pragas na bancada dos vegetais e fazer a manutenção (limpeza) das tubulações do sistema.

Os animais utilizados no período experimental encontravam-se na fase de engorda/crescimento (peso acima de 362g), portanto, o manejo alimentar foi feito com ração comercial de 28% de proteína bruta, 5% de extrato etéreo, 10% de fibra bruta, 12% de matéria mineral, 2% de cálcio, 0,8% de fósforo e 400mg/g de vitamina C com tamanho do grânulo de 8-10 mm, fornecida duas vezes ao dia (manhã 7h00 e tarde 17h00), na quantidade de 135g (cada refeição). O fabricante da ração sugere fornecer o alimento de 3 a 5% da biomassa. Se considerarmos a biomassa inicial de 9,050 kg estaríamos fornecendo 3% da biomassa.

Foi realizado o acompanhamento do crescimento dos peixes a cada 15 dias mediante avaliações biométricas. Para realizar a biometria utilizou-se como instrumentos uma régua e uma balança digital. Foram tomadas medidas de biomassa de uma amostra aleatória de 5 indivíduos, a fim de verificar o crescimento dos animais. O cálculo do peso médio foi realizado da seguinte forma:  $\text{Peso médio} = \text{peso total} \div n^{\circ} \text{ de peixes}$ .

Também foi calculada a biomassa estimada de animais existentes no tanque de criação. Para isso, o número total de peixes estocados foi multiplicado pelo valor do peso médio dos peixes amostrados, ou seja,  $\text{Biomassa} = \text{número total de animais} \times \text{peso médio dos animais amostrados}$ . O cálculo da estimativa de biomassa é importante para acompanhar o desenvolvimento dos peixes no sistema e entender se o peso dos animais está dentro do que o sistema suporta, no caso da caixa d'água de 1000 litros a capacidade é de até 125 kg. Ao final do experimento, todos os animais foram retirados do tanque para contabilizar a biomassa total dos peixes.

A qualidade da água do tanque de criação também foi monitorada, já que suas condições interferem no funcionamento do sistema. Quinzenalmente e concomitante às avaliações biométricas, com o auxílio de um kit de análise da *labiconTest*, os seguintes parâmetros foram avaliados: concentração de oxigênio dissolvido, pH, teor de amônia e nitrito. A análise de água começou a ser realizada quinze dias antes do transplante das hortaliças para o sistema.

O manejo das plantas foi realizado através da vistoria regular na bancada para verificar o surgimento de pragas (lagartas, lesmas e formigas), que pudessem comprometer o crescimento das espécies de hortaliças.

### 3.4 ADAPTAÇÕES REALIZADAS NO SISTEMA DE AQUAPONIA DURANTE A FASE EXPERIMENTAL

Durante a execução da fase experimental foram registrados alguns imprevistos relacionados, principalmente, à instabilidade no fornecimento de energia elétrica. Tal ocorrência resultou na queima da bomba d'água no mês de setembro e na sua imediata substituição por outra, disponível na propriedade. Para facilitar o manejo e evitar o entupimento da bomba por conta do contato direto com os resíduos do balde filtro, ela foi retirada e colocada, isoladamente, em outro recipiente (caixa d'água de 100 litros), posicionada ao lado do sistema de filtragem. Com isso, mais um componente foi adicionado ao sistema para facilitar o seu funcionamento (Figura 10)

Figura 10-Adaptação feita no sistema aquapônico: inserção de uma caixa d'água de 100 litros onde foi inserida a bomba responsável pela oxigenação e circulação de água no sistema.



Fonte: Autora, 2022.

### 3.5 DESEMPENHO PRODUTIVO DE HORTALIÇAS E PEIXES NO SISTEMA AQUAPÔNICO

#### 3.5.1 Desenvolvimento vegetal

As espécies cultivadas no sistema aquapônico apresentaram níveis de crescimento diferentes durante o período avaliado. Enquanto a cultura da chicória e couve tiveram um processo lento de desenvolvimento, a hortalã propagou-se rapidamente pela bancada hidropônica. A colheita das hortaliças ocorreu quatro meses após o transplante das espécies para o sistema, a ideia era observar como seria o desenvolvimento das culturas e o ganho de peso dos peixes durante o período analisado. O desempenho de cada uma das cultivares no sistema será detalhado nos subtópicos a seguir:

### 3.5.1.1 Chicória (*cichorium intybus* L.)

A chicória, a princípio, apresentou boa adaptação às condições da cama de cultivo, com destaque especial para algumas mudas que após cinco dias no sistema mostraram o surgimento das primeiras folhas (Figura 11). Entretanto, à medida que a hortelã começou a se propagar pela bancada, as mudas de chicória, aos poucos, foram perdendo espaço, resultando na morte de sete das doze plantas inseridas na bancada. Outro fator que dificultou o crescimento das folhas da chicória, foi a presença de lagartas no sistema. No início do experimento era realizada a catação manual dos insetos, porém com o crescimento da hortelã, esse processo tornou-se mais dificultoso. Ao final da fase experimental, as plantas foram colhidas e foi feito um maço com as 5 plantas de chicória retiradas da bancada.

Rigo e Pereira (2017) ao acompanharem o desenvolvimento de duas espécies de hortaliças (alface e chicória), em sistema de aquaponia, no estado de Santa Catarina, também não tiveram resultado satisfatório para a cultura da chicória durante o período analisado. Apesar da importância que a chicória possui para a agricultura familiar regional, não foram encontrados trabalhos dedicados a investigar o seu desempenho no sistema aquapônico. É interessante, portanto, que novas pesquisas sejam realizadas para analisar o potencial produtivo da espécie neste tipo de cultivo.

Figura 11- Desenvolvimento da chicória no sistema de aquaponia.



Fonte: Autora, 2022.

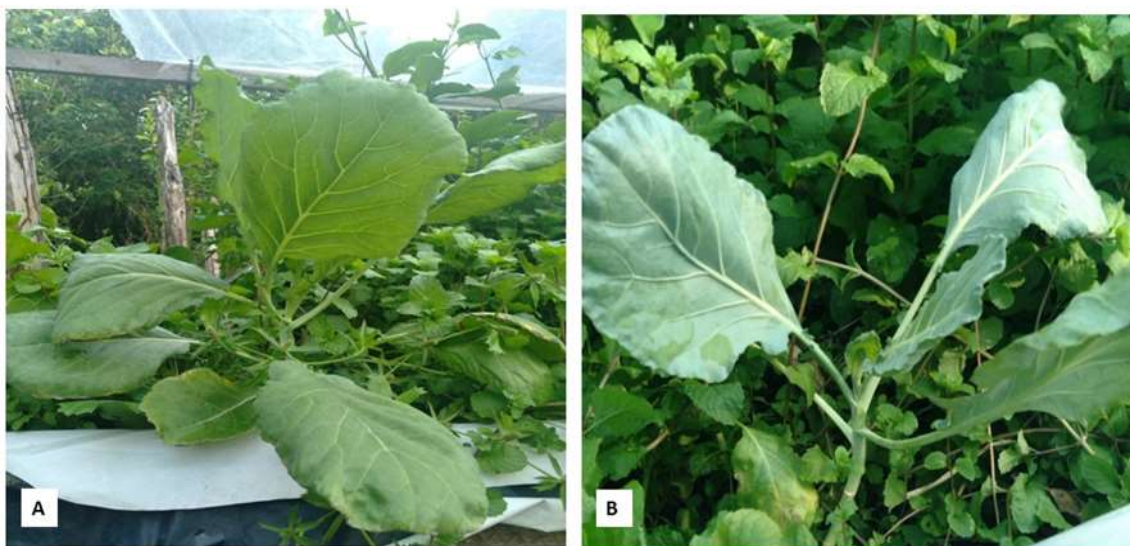
### 3.5.1.2 Couve (*Brassica oleracea* L.)

Em relação à cultura da couve, por conta da mudança de substrato, visto que ela foi previamente produzida em solo, sete das dez mudas utilizadas não se adaptaram bem

à bancada. As mudas restantes, no entanto, apesar de se manterem vivas manifestaram desenvolvimento lento no sistema, provavelmente devido à insuficiência de nutrientes (Figura 12).

Segundo Rigo e Pereira (2017), a falta de nutriente pode levar a planta a apresentar deficiências nutricionais e/ou diminuição no seu crescimento, reguladas pela Lei de Liebig, que prevê que o desenvolvimento de um vegetal é limitado pelo nutriente mais escasso dentro das necessidades da planta. Ainda segundo os autores, a baixa biomassa de peixe no sistema de aquaponia é um fator que pode limitar a disponibilidade de nutrientes para o crescimento das hortaliças. A falta de luminosidade, devido ao sombreamento provocado pela hortelã, também pode ter prejudicado o desenvolvimento da couve no sistema.

Figura 12- Desenvolvimento da couve: A- planta apresentando bom desenvolvimento; B- muda com pouco desenvolvimento no sistema de aquaponia.



Fonte: Autora, 2022.

Na produção convencional, em canteiro de terra, a indicação é que a colheita das folhas de couve seja iniciada de dois a três meses após o transplante das mudas (TRANI et al., 2015). Já em sistema de aquaponia, Carneiro et al., (2016) sugerem que a colheita de hortaliças folhosas ocorra de 3 a 4 semanas após a transferência para o ambiente de cultivo. Todavia, durante o período analisado, foi possível observar que a couve não apresentou crescimento satisfatório no sistema, com poucas mudas permanecendo até o final do experimento. Como a cultura da couve não apresentou bom desenvolvimento em termos de número e volume de folhas, foi feito apenas um maço com as folhas de couve

das 3 plantas colhidas. No caso da couve, o maço não atingiu o padrão de comercialização, já que as folhas não se desenvolveram tanto.

Afolabi (2020) ao avaliar a produtividade de dois sistemas aquapônicos, que combinou a produção de couve com tilápias, obteve resultado diferentes para a cultura da couve. Em um dos sistemas avaliados, os parâmetros de qualidade da água influenciaram negativamente no desenvolvimento vegetal, provocando a deficiência de nutrientes, havendo, com isso, a necessidade de suplementação nutricional. No outro sistema, no entanto, o resultado foi satisfatório, uma vez que os parâmetros de qualidade da água foram adequados para oportunizar o crescimento das plantas.

### 3.5.1.3 Hortelã (*Mentha spicata* L.)

Das espécies vegetais cultivadas, a hortelã foi a que melhor se adaptou ao sistema e aos nutrientes disponíveis. Foi possível observar que trata-se de uma espécie que possui crescimento bastante rápido, capaz de se adaptar bem ao ambiente e produzir grande volume de biomassa. Observou-se que enquanto as demais hortaliças demoraram a demonstrar desenvolvimento, a hortelã a partir do primeiro mês de cultivo, por ser uma planta rasteira, já apresentava a emissão de novas raízes e ramos, de forma a ocupar rapidamente todos os espaços da bancada hidropônica. Das cinco plantas de hortelã transplantadas para a bancada de cultivo, quatro permaneceram no sistema e apresentaram rápido crescimento, propagando-se facilmente pelo substrato, conforme a Figura 13 abaixo:

Figura 13- Desenvolvimento da hortelã no sistema de aquaponia: A- hortelã no primeiro dia na bancada; B- mudas após um mês no sistema; C- hortelã após 40 dias de experimento; D- hortelã ao final do experimento.



Fonte: Autora, 2022.

Resultado positivo em relação à produção de hortelã foi obtido também por Fonseca e Almeida (2021), que ao comparar a produtividade de plantas medicinais em sistema convencional e aquapônico, observaram o melhor crescimento produtivo da hortelã em sistema de aquaponia. Resultado semelhante foi alcançado por Pinto et al., (2019) que ao avaliar a eficiência de um sistema aquapônico como alternativa agroecológica para cultivos de peixes, ervas e hortaliças, perceberam que a cultura da hortelã (*Mentha sp*) e vick (*Mentha arvensis*) apresentaram ótima adaptação aos nutrientes provenientes da ração dos peixes. Além de apresentar boa produtividade nesse tipo de sistema, Silva et al., (2021), em estudo utilizando tilápias do Nilo, observaram que a hortelã também possui capacidade de controlar a qualidade da água, refletindo positivamente sobre os níveis de pH e amônia, além de incrementar o ganho de peso da espécie no sistema.

O rápido crescimento da hortelã na cama de produção é um forte indicativo quanto à sua adaptação em sistema aquapônico. Entretanto, em virtude do seu crescimento acelerado, talvez não seja viável sua inclusão em consórcio com outras espécies, pois isso pode comprometer o desenvolvimento de plantas que apresentam crescimento lento, como é o caso das cultivares de couve e chicória.

Como a hortelã apresentou maior produtividade no sistema, foram feitos trinta e nove maços com as plantas colhidas (80g cada maço, forma como o produto é comercializado nos supermercados da região). A tabela 2 abaixo, apresenta os dados referentes à produção das três espécies de hortaliças cultivadas no sistema aquapônico.

Tabela 2: Produção de hortaliças: Chicória (*Cichorium intybus*), Couve (*Brassica oleracea*) e Hortelã (*Mentha spicata*) em sistema de aquaponia.

Hortaliças	Quantidade de plantas cultivadas no sistema	Forma de plantio	Peso (g)	Comprimento (cm)	Colheita realizada no dia 29/01/23
Chicória ( <i>Cichorium intybus</i> )	12	estaquia/raiz	7 a 15	10	Foi feito 1 maço com as 5 plantas retiradas do sistema. (peso do maço=36 g)
Couve ( <i>Brassica oleracea</i> )	10	muda	1	4 a 5	Foi feito 1 maço com as folhas das 3 plantas colhidas. O maço possuía 10 folhas pequenas (peso do maço= 22g)
Hortelã ( <i>Mentha spicata</i> )	5	estaquia/ramo	1 a 2	25	Foram feitos 39 maços (80 g cada maço)

Fonte: Autora, 2022.

### 3.5.2 Desenvolvimento animal

Ao longo do período analisado, o desenvolvimento dos animais sofreu variação conforme mostram os dados da Figura 11. Inicialmente, os valores referentes ao peso e comprimento médio estavam em faixa de crescimento, porém houve uma queda acentuada entre os meses de setembro e início de outubro de 2022. No entanto, a partir da avaliação de 07 de outubro, a taxa de crescimento subiu novamente, permanecendo nesta crescente até a biometria do dia 15 de janeiro de 2023. Na última biometria realizada observou-se uma nova oscilação para baixo do peso e comprimento dos animais<sup>5</sup>.

Foi possível observar que durante o experimento, que teve duração total de 183 dias, os animais não tiveram um bom percentual de ganho de peso (Figura 14). Os peixes entraram no sistema com peso médio inicial em torno de 362g e média final de 429,6g. Neto et al. (2020) ao compararem o crescimento do pacu com o híbrido tambacu em sistema de recirculação de água, usando três tipos de dietas, por um período de 167 dias, também observaram que o tambacu mostrou lento crescimento, apresentando médias de peso inferior ao pacu em todas as pesagens realizadas independente da dieta fornecida.

<sup>5</sup>Devido à falta de mão de obra, não foi possível realizar três avaliações biométricas que seriam referentes aos dias 03, 17 e 31 de dezembro de 2022.

É importante destacar que os tambacus utilizados no sistema aquapônico já estavam no tanque escavado a mais ou menos 6 meses (183 dias), mas como haviam muitos alevinos em pouco espaço, isso pode ter dificultado o desenvolvimento inicial dos animais.

Figura 14. Evolução do comprimento e peso médio dos peixes no sistema de aquaponia.



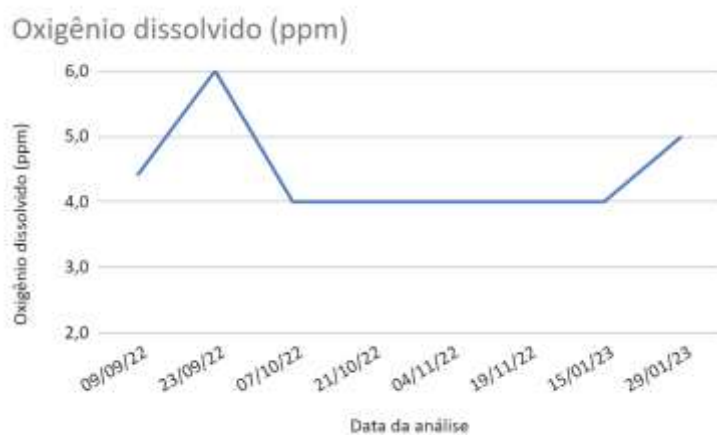
Fonte: Autora, 2022.

Após a biometria final, realizada para contabilizar a biomassa total (que foi de 9,497 kg), constatou-se que houve redução no número de peixes no sistema, passando de 25 para 20 animais. Este tipo de acontecimento pode ser explicado por diversos fatores como: surgimento de predadores, ação humana, movimentação dos animais etc. Situação semelhante aconteceu com Andrade et al., (2022), que ao analisarem um sistema aquapônico utilizando placa solar fotovoltaica, também tiveram perda de juvenis de tambatinga provocada pela diminuição de oxigenação e por fatores como a saída dos animais por pequenas aberturas na parte superior do tanque (pulo para fora do tanque durante a noite) e passagem pelo cano em direção ao biofiltro. Para reduzir as perdas de peixes em sistema de aquaponia, uma importante alternativa, pode ser a utilização de tela ou sombrite sobre o tanque de criação para evitar o estresse e a saída dos animais do local (BARCELLOS, 2022).

### 3.6 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA

O monitoramento da qualidade da água em sistema de aquaponia, segundo Carneiro et al., (2016), é importante para garantir o adequado desenvolvimento dos peixes e vegetais. A análise do oxigênio dissolvido é um dos principais parâmetros avaliados justamente por exercer forte influência na dinâmica do sistema. A figura 15 mostra que houve variação na concentração de oxigênio dissolvido durante o experimento, com valores entre 4,0 e 6,0 ppm. A partir da terceira coleta realizada (07/10), observou-se que os peixes não se alimentavam bem e restos de ração permaneciam na superfície da água. Por conta disso, no dia 08/10, foi realizada uma análise extra do oxigênio, que foi monitorado duas vezes, manhã e tarde. Os resultados obtidos foram insatisfatórios, entre a faixa de 1,0 ppm (manhã) e 3,0 ppm (tarde), condição considerada letal e estressante aos peixes<sup>6</sup>. Cabe destacar, que os dados apresentados na figura 15 são referentes às análises quinzenais, não constando, portanto, os valores obtidos na análise extra.

Figura 15-Concentração de Oxigênio dissolvido durante o período do experimento.



Fonte: Autora, 2022.

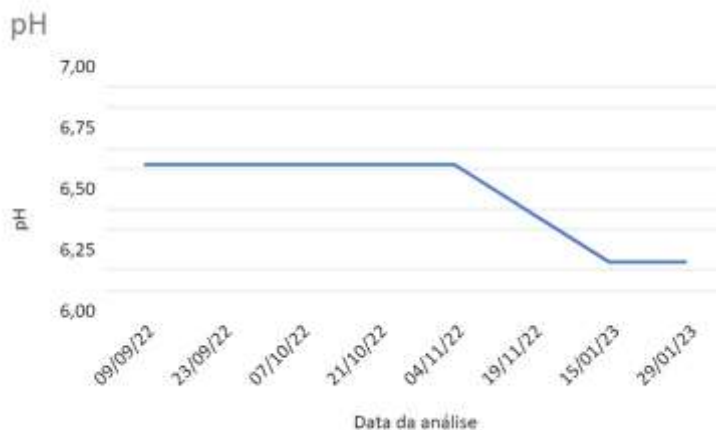
A queda na disponibilidade de oxigênio ocorreu devido ao crescimento dos peixes e, com isso, a maior necessidade de oxigenação na água. Em vista disso, para aumentar a concentração de oxigênio, foi necessário fazer mais uma adaptação no sistema. Uma bomba de aquário foi inserida dentro do tanque dos animais, fazendo com que o sistema passasse a funcionar com o auxílio de duas bombas d'água. A partir desta modificação, o nível de oxigênio voltou a estabilizar-se na faixa de 4,0 ppm, condição considerada

<sup>6</sup> Ver apêndice A

adequada para o sistema. Segundo recomendações da literatura, a quantidade de oxigênio dissolvido na água não pode estar com concentração inferior à 3 mg/ L (CARNEIRO et al., 2015a). Quanto mais elevado o nível de oxigênio disponível, maior a probabilidade de fixação de microorganismos benéficos nas raízes das plantas, enquanto baixos níveis resultam na maior probabilidade de microorganismos maléficos se fixarem às raízes (HUNDLEY e NAVARRO, 2013). Nesse tipo de sistema é difícil trabalhar com uma condição que seja exatamente ideal para os animais ou para as plantas, no entanto buscase sempre um ponto de equilíbrio que possa ser benéfico para ambos (JORDAN, 2022).

Durante o período analisado, o nível de pH manteve-se entre 6,2 e 6,6 ppm (Figura 16). Os maiores resultados foram obtidos nas cinco primeiras avaliações. Para que seja possível satisfazer os três organismos do sistema (peixes, plantas e bactérias) recomenda-se que o pH permaneça entre de 6,5 e 7,0 (CARNEIRO et al. 2015a). O pH exerce forte influência na disponibilidade de nutrientes como ferro, manganês, boro, zinco e cobre para as plantas, sendo que a quantidade destes elementos diminui de forma drástica quando o pH encontra-se numa faixa superior a 7,0 (HUNDLEY e NAVARRO, 2013).

Figura 16- Concentração de pH da água durante o período do experimento.



Fonte: Autora, 2022.

Na Figura 17 é possível observar que na primeira análise o nível de amônia apresentou elevada concentração, com taxa de 3,50 ppm. No entanto, nas coletas seguintes observou-se uma certa estabilidade com valores entre 0,0 e 1,0 ppm. As variações quanto ao nível de amônia estão diretamente ligadas à entrada de ração no tanque, que ocorre com o consumo pelos peixes e deposição no fundo do tanque do que sobra (ANDRADE et al., 2022). A concentração de amônia deve ser mantida inferior a 2,0 mg L<sup>-1</sup> para não estressar os peixes e prejudicar o seu crescimento. Para isso é preciso

fazer um acompanhamento diário da oferta e do consumo de ração (QUEIROZ et al., 2017).

Nível elevado de amônia também pode ser um forte indicativo de mal funcionamento do sistema de filtragem ou de biomassa excessiva de peixes no sistema (CARNEIRO et al., 2016).

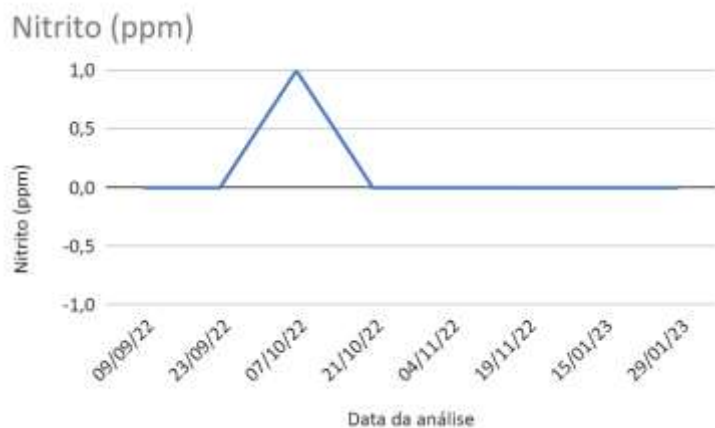
Figura 17- Concentração de amônia na água durante o período do experimento.



Fonte: Autora, 2022.

Durante as avaliações iniciais o nitrito manteve-se na faixa considerada ideal (0,0 ppm), apresentando apenas um aumento na análise do dia 07 de outubro. Por conta desse aumento, foi necessário fazer a troca parcial da água para que a concentração de nitrito estabilizasse novamente (Figura 18). O ideal para o bom funcionamento do sistema é que a concentração de nitrito mantenha-se sempre inferior a  $0,5 \text{ mg L}^{-1}$  (QUEIROZ et al., 2017).

Figura 18-Concentração de nitrito na água durante o período do experimento.



Fonte: Autora, 2022.

### **3.7 SUGESTÕES DE MELHORIAS PARA APRIMORAR O SISTEMA DE AQUAPONIA**

Como a aquaponia ainda é uma atividade em crescimento, existem várias alternativas que podem ser adotadas para aperfeiçoar a técnica. Deste modo, com base na experiência adquirida na montagem e no manejo do sistema, serão feitas aqui algumas sugestões visando aprimorar e otimizar o seu funcionamento. Uma das propostas de melhorias que pode ser adotada é trabalhar com uma quantidade maior de caixas d'água (se possível), assim o produtor terá a possibilidade de redistribuir os animais em outras caixas, à medida que crescem. Desta forma, os peixes se manterão em condições adequadas e poderão se desenvolver bem no sistema.

Outra sugestão consiste em dimensionar a bancada de produção vegetal considerando as espécies que serão cultivadas, mantendo um bom espaçamento entre as plantas para que possam crescer de forma satisfatória. O maior espaçamento entre as espécies também facilitará o monitoramento e controle de pragas no sistema. Adotando essas medidas, o sistema terá grande potencial para produzir alimentos agroecológicos e de qualidade para a família que se propõe a desenvolver a atividade.

A restrição quanto ao uso de agrotóxicos para controle de pragas nas plantas dentro do sistema é um aspecto importante, pois evita que a saúde dos peixes seja comprometida (SÁTIRO et al., 2018), garantindo, com isso, a produção de dois diferentes alimentos (peixes e hortaliças) de qualidade e de alto valor nutricional<sup>7</sup>. Devido a esses benefícios, Pinto (2015) ressalta que a aquaponia é uma técnica que contribui de forma significativa para aprimorar, com sustentabilidade, as estratégias de segurança alimentar vigentes no Brasil.

## **4- CONCLUSÕES**

A partir da implantação e acompanhamento de um sistema de aquaponia em pequena escala, numa propriedade rural de Abaetetuba/PA, conclui-se que a instabilidade no fornecimento de energia elétrica foi um fator limitante no desempenho do sistema para o caso em estudo, e que, por isso, há necessidade de redução na produção, especialmente

---

<sup>7</sup> Ver apêndice B

dos peixes, para que esse tipo de técnica possa ser usada como ferramenta alternativa para produção de alimentos agroecológicos no município de Abaetetuba.

Além disso, das espécies de hortaliças cultivadas, percebeu-se que a hortelã foi a que mostrou melhor adaptação, apresentando boa produtividade no período avaliado. A chicória e a couve, apesar de não se desenvolverem de forma satisfatória no sistema, mostraram que podem ter potencial para serem trabalhadas nesta forma de produção. Por isso, estudos visando investigar as necessidades nutricionais das espécies são necessários para proporcionar o bom desenvolvimento dessas hortaliças no sistema.

A tecnologia aquapônica é uma técnica inovadora capaz de proporcionar, simultaneamente, autonomia alimentar e geração de renda para famílias inseridas em áreas rurais. Portanto, para que a atividade se torne mais atrativa para os produtores, seria importante o incentivo a adoção de métodos alternativos de geração de energia elétrica para diminuir os custos relativos à operação do sistema. Além disso, a utilização de alimentação alternativa para os peixes, em substituição à ração comercial, também seria interessante e tornaria a produção mais agroecológica e orgânica, aumentando ainda mais os benefícios da aquaponia.

Para finalizar, por se tratar de uma alternativa de produção alimentar sustentável, que produz alimentos de qualidade com alto valor nutricional sem uso de defensivos agrícolas, é fundamental que haja cada vez mais incentivo por parte do governo às práticas aquapônicas e a novos estudos na área para aprimorar a técnica. Espera-se que este trabalho tenha colaborado para a difusão dos conhecimentos sobre a aquaponia, de forma a contribuir para a disseminação de práticas sustentáveis que visam alcançar o desenvolvimento rural, tendo como base os princípios agroecológicos de segurança alimentar e responsabilidade socioambiental.

## REFERÊNCIAS

AFOLABI, Kazir A. **Productivity of Kale (Br oductivity of Kale (Brassica oler assica oleracea var. acephala) and Nile . acephala) and Nile tilapia (Oreochromis niloticus) culture in aquaponic systems**, 2020.

ALBUQUERQUE, Matheus T.; SILVA, Talysson D. S.; SILVA, Alef, J. F.; MIRANDA, Ricardo J. A.; PESSOA, Willy V. N. **Aquaponia com materiais alternativos**. In: Congresso Internacional das Ciências Agrárias, 3., 2018. Anais. COINTER-PDVAGRO, 2018.

ANDRADE, Elaine C.; HÉBELYS, Ibipliana T.; OLIVEIRA, Graciliano P.; JUNIOR, Wady L. C.; NETO, José G.; FILHO, Raimundo N. S.; SILVA, Yago. M. SILVA, Sâmila M. A. **Análise de um sistema aquapônico utilizando placa solar fotovoltaica no município de Codó-MA** Brazilian Journal of Development, v. 8, n. 3, p. 20558-20572, 2022.

ANDRADE, Luana A.; BOVÉRIO, Maria A. CAMILLOTTI Fábio; BORGES, Fernando F. **Aquaponia e sua relação com a sustentabilidade**. Ciência & Tecnologia, v. 13, n. 1, p. 190-200, 2021.

BARCELLOS, Alexandre, O. **Manual de boas práticas na criação de peixes de cultivo**. Brasília: MAPA/SDI, 2022.

BARROS, Márcio J. B. **Políticas públicas de agricultura familiar no Baixo Tocantins paraense**. Boletim Amazônico de Geografia, Belém, 2014.

BELINTANO Ana. L.; KREUTZ, Franciele I.; MESSIAS, Eliseu A.; IBANHEZ, Josias R.; FERREIRA, Milena. W. F. GUILHERME, Denilson O. **Sistema de aquaponia em escada: um estudo de caso**. Pubvet, v. 14, p. 1-9, 2019.

BUSS, Alencar B.; MEURER, Vanuza N.; AQUINI, Eduardo, N.; ALBERTON Janaina; BARDINI Douglas S.; FRECCIA André. **Desenvolvimento da aquaponia como alternativa de produção de alimentos saudáveis em perímetro urbano**. In: SEMINÁRIO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 6., 2015, Orleans. Anais.Orleans: SENPEX, 2015.

CARNEIRO, Paulo C. F.; MORAIS, Carlos A. R. S.; NUNES, Maria U. C. MARIA Alexandre N.; FUJIMOTO, Rodrigo. Y. **Montagem e Operação de um Sistema Familiar de Aquaponia para produção de peixes e hortaliças**. Embrapa, 2015b.

CARNEIRO, Paulo C. F.; MORAIS, Carlos A. R.; NUNES, Maria U. C.; MARIA, Alexandre N.; FUJIMOTO, Rodrigo. Y. **Produção integrada de peixes e vegetais em aquaponia**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Comunicado Técnico, 189), 2015a.

CARNEIRO, Paulo C. F.; MORAIS, Carlos A. R.; NUNES, Maria U. C.; MARIA, Alexandre N.; FUJIMOTO, Rodrigo. Y. **Sistema Familiar de Aquaponia em canaletas**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2016.

CELESTRINO, Renan B.; VIEIRA, Silvia C. **Sistema Aquapônico: Uma forma de produção sustentável na Agricultura Familiar e em área periurbana.** Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar, v. 4, n. 1, p. 71-85, 2018.

DIAS, Kathlyn E. F.; TOLEDO, Leticia O.; FREITAS Mariana C.; RIBEIRO, Jhon. K. S.; JUNQUEIRA, Ana M. R. **Aquaponia: caracterização, importância e aspectos sociais.** In: Anais do VIII ECOJET-Encontro Centro-Oeste dos Grupos PET. 2021.

FONSECA, Clara P.; ALMEIDA, Laura A. **Cultivo de plantas medicinais em sistema convencional em aquaponia, BRASÍLIA 2021**

HUNDLEY, Guilherme C.; NAVARRO, Rodrigo D. **Aquaponia: a integração entre piscicultura e hidroponia.** Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável, v.3, n.2., p.52-61, 2013

JORDAN, Rodrigo A. **Manual de aquaponia da UFGD** [recurso eletrônico]. – Dourados, MS: UFGD, 2022.

LIMA, Vitor H. M.; COMETTI, Nilton N. **Sistema de aquaponia em estrutura alternativa de bambu e automação de baixo custo para a agricultura familiar.** Instituto Federal de Brasília Planaltina - DF, 2020.

NAKAUTH, Rodrigo F.; NAKAETH, Ana C.S.S.; NATIVIDADE Arildomar G.; GUIMARÃES, Alessandro, S.; RIBEIRO, Arlesson F. **Implantação de módulo doméstico de aquaponia.** Igapó, v. 14, n. 1, p. 31-41, 2020.

NETO, Rafael V. R.; HASHIMOTOA Diogo T.; CORRÊA Camila F.; ENKE Dariane B. S. GERVAZA Washington R. LATTANZI Gabriel R. **Performance of tambacu hybrid (♂ *Piaractus mesopotamicus* x ♀ *Colossoma macropomum*) and its parental pacu (*Piaractus mesopotamicus*) evaluated in cages under different feeding programmes.** Aquaculture Reports, v. 17, p. 1-7, 2020.

OLIVEIRA, Grazielle F.; FORONI, Isis. L.i; OLIVEIRA, Msrcos A. **Produção integrada de tambaqui com hortaliças em residência urbana.** Research, Society and Development, v. 11, n. 8, p.1-17., 2022.

ONU. **Transformando nosso mundo: A agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável.** 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>.

PEREIRA, Manoel J. S.; FERREIRA, Joalice M.; RODRIGUES José E. C. **Desenvolvimento territorial rural para a comunidade de rio Sirituba, ilhas de Abaetetuba – Pará.** Revista GeoAamazônia, Belém, v.10, n.20, 2022.

PINTO, Elane L. C.; FRANCO; Lucas R.; DALTO, Paulo. H. **Sistema aquapônico como alternativa agroecológica para cultivo integrado de peixes e vegetais,** 2019.

PINTO, Henrique S. **Você sabe o que é Aquaponia? Entenda como essa atividade pode auxiliar as estratégias de segurança alimentar e nutricional atuais.** Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado. **Boletim Legislativo,** n. 32. 2015.

QUEIROZ, Júlio F.; FREATO, Tiago A.; LUIZ, Alfredo J. B. ISHIKAWA, Márcia. M.; FRIGUETTO, Rosa.T. S. **Boas práticas de manejo para sistemas de aquaponia.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2017.

RIGO, Cristiano D.; PEREIRA, Antônio A. A. **Avaliação de desempenho entre substrato e um sistema de aquaponia com tilápias (*Oreochromis niloticus*) para o cultivo de alface (*Lactuca sativa*) e chicória (*Cichorium intybus*).** 2017.

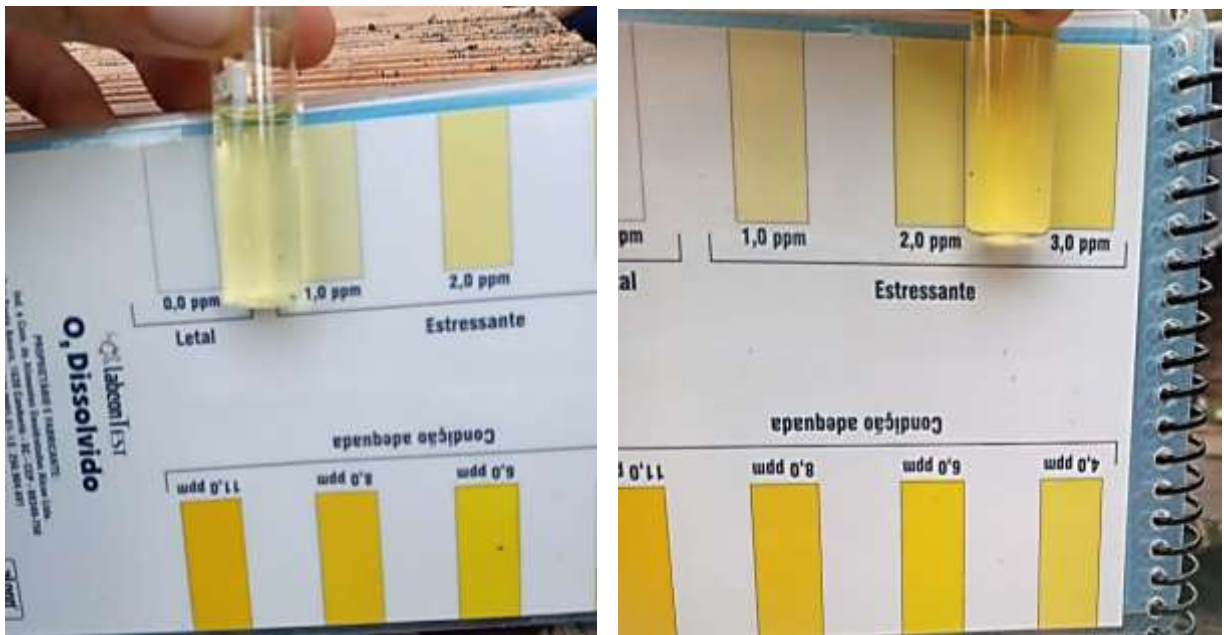
SÁTIRO, Thaise. M.; NETO, Kélvia. X. C. R.; DELPRETE Sânila. E. **Aquaponia: Sistema que integra produção de peixes com produção de peixes com produção de vegetais de forma sustentável.** Rev. Bras. Eng. Pesca, 2018

SILVA, Thiago A.; MONTENEGRO, Assis R.; GUEDES, Marcilene V. M.; MADEIRA, Guilherme M.; BONILLA, Oriel H.; SANTOS Emanuel S.; SALMITO-VANDERLEY, Arminda S. B. **Comparação do efeito do exsudato da raiz de alface e da hortelã vergamota sobre o desenvolvimento de tilápia do nilo e população de parasitas em sistema de aquaponia.** Ciência Animal, v. 31, n. 2, p. 50-59, 2021.

TRANI, Paulo E.; TIVELLI, Sebastião W.; BLAT, Sally F.; PRELA-PANTANO, Angélica; TEIXEIRA, Edson P. ARAÚJO, Humberto S.; FELTRAN, José C. PASSOS, Francisco A. FIGUEIREDO, Gilberto J. B.; NOVO, Maria C. S. S. **Couve de folha: do plantio à pós-colheita.** online. (Série Tecnologia Apta. Boletim Técnico IAC, 214). Campinas: Instituto Agrônômico, 2015.

## APÊNDICES

**APÊNDICE A-** Resultado da análise de água do dia 08/10 indicando baixa disponibilidade de oxigênio dissolvido no sistema.



Fonte: Autora, 2022.

**APÊNDICE B-** Hortaliças e peixes produzidos no sistema de aquaponia.



Fonte: Autora, 2022.