

---

**CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

---

**MARIANA FIGUEIRA PAZETTO**

**IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE CULTIVO  
AQUAPÔNICO DE PEQUENA ESCALA EM UM  
SISTEMA AGROFLORESTAL**



Rio Claro - SP  
2022

MARIANA FIGUEIRA PAZETTO

## **IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE CULTIVO AQUAPÔNICO DE PEQUENA ESCALA EM UM SISTEMA AGROFLORESTAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Biociências – Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, para obtenção do grau de Bacharela e Licenciada em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Fernando Monteiro Camargo

Rio Claro - SP  
2022

P348 Pazetto, Mariana Figueira  
Implementação de um sistema de cultivo aquapônico de  
pequena escala em um sistema agroflorestal / Mariana  
Figueira Pazetto. -- RioClaro, 2022  
41 p. : il., tabs., fotos

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado e  
licenciatura -Ciências Biológicas) - Universidade Estadual  
Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Rio Claro  
Orientador: Antonio Fernando Monteiro Camargo

1. agricultura alternativa. 2. ecologia de água doce. 3.  
agroforestry.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de  
Biociências, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

MARIANA FIGUEIRA PAZETTO

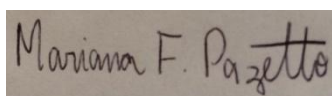
## **IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE CULTIVO AQUAPÔNICO DE PEQUENA ESCALA EM UM SISTEMA AGROFLORESTAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Biociências – Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, para obtenção do grau de Bacharela e Licenciada em Ciências Biológicas.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Antonio Fernando Monteiro Camargo  
Prof. Dr. Roberto Goitein  
Me. Rafael Souza Cruz Alves

Aprovado em: 25 de janeiro de 2022



Assinatura do discente



Assinatura do orientador

Os agradecimentos se iniciam lá atrás, com uma Mariana ainda criança curiosa com o mundo. Agradeço às grandes professoras que passaram em minha vida, sempre me incentivando a ser e saber mais. À maior de todas as professoras, minha tia e madrinha, Dona Rose, que infelizmente não está mais conosco para viver essa vitória comigo. Tia Rose, te dedico.

Agradeço imensamente à minha família, que nunca mediu esforços para me fazer chegar onde cheguei. Meus queridos avós Zuleika e Carlito, tios e tias, tudo que sei e sou hoje é graças a vocês. Pai, Mãe, esse aqui é pra vocês e por vocês. Aos meus irmãos Ricardo, Luísa e Bruno, das vezes que pensei em desistir vocês foram meu suporte mesmo sem saber.

Aos grandes amigos que fiz nessa caminhada longe de casa, que tanto me acolheram nos momentos difíceis e estavam sempre lá pra me fazer acreditar (e rir muito). Adolfo my baby love, Princesinha e Natalia minha parceira. Aos amigos recentes, mas não menos importantes, Carrie (vulgo Marcia) e Niquinho, obrigada por tanto em tão pouco tempo. À minha grande companheira de vida Aikis, você é gigante, o mundo é seu! Obrigada por tudo. Vocês são família!

Aos queridos Urucum, Carlinhos, Clóvis e Prof. Antonio, pela ajuda em fazer acontecer esse projeto.

E por último, a mim mesma. Por continuar mesmo quando tudo parecia não ter fim. Eu consegui.

## **RESUMO**

O aumento da população mundial e a escassez de água requerem métodos de agricultura que contribuam para minimizar a carência alimentar e nutricional, ao mesmo tempo que possuam uma diminuição nos impactos ambientais e no desperdício da água. Portanto, o presente trabalho vem com o objetivo de implementar e acompanhar a viabilidade de um sistema de cultivo aquapônico em um sistema agroflorestal, para fim de comprovação da sua eficiência como um sistema de cultivo alternativo menos impactante ao meio ambiente. As análises foram feitas a partir do acompanhamento das qualidades físico-químicas da água e da saúde dos animais e vegetais presentes no sistema, e mostraram que o sistema foi insuficiente para a produção de hortaliças, tendo em vista os problemas percorridos durante o projeto.

Palavras-chave: Agricultura; Escassez de água; Aquaponia; Sistema agroflorestal.

## **ABSTRACT**

The increase in the world population and the scarcity of water requires agricultural methods that help to minimize food and nutritional deficiencies, while reducing environmental impacts and water waste. Therefore, the present work aims to implement and monitor the feasibility of an Aquaponic cultivation system in an Agroforestry System, in order to prove its efficiency as an alternative cultivation system with less impact on the environment. The analyzes were made from the monitoring of the physical-chemical qualities of the water, and the health of the animals and plants present in the system, and showed that the system was insufficient for the production of vegetables, in view of the problems encountered during the project.

Key-words: Agriculture; Water shortage; Aquaponic; Agroforestry system.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	6
1.1. Objetivos	6
1.1.1. Objetivos específicos	7
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	7
2.1. Aquaponia	7
2.2. Sistema Agroflorestal	8
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS</b>	10
3.1. Área de estudo	10
3.2. Sistema Aquapônico	10
3.2.1. Montagem do sifão	15
3.3. Escolha das espécies	17
3.3.1. Espécie vegetal	17
3.3.2. Espécie animal	18
3.3.3. Materiais e custos	18
3.4. Desenvolvimento do experimento	19
3.5. Germinação de sementes de Juçara	21
3.6. Enraizamento de estacas de Manjerição	22
3.7. Métodos de análise	22
3.7.1. Vegetais	22
3.7.2. Peixes	22
3.7.3. Água	23
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	26
<b>5. CONCLUSÃO</b>	37
<b>6. REFERÊNCIAS</b>	38
<b>7. ANEXO</b>	41



# 1 INTRODUÇÃO

O atual modelo de agricultura foi concebido para atingir dois grandes objetivos que são a maximização da produção e o lucro. Para que isso ocorresse, uma série de práticas foram desenvolvidas através de monoculturas de larga escala, utilização intensiva de insumos químicos, manipulação genética de plantas, irrigação em larga escala, e maquinaria pesada. Este modelo agrícola, de fato, atingiu seus objetivos, porém, sem considerar os impactos de sua aplicação a longo prazo, como a redução da biodiversidade, altas emissões de gases de efeito estufa, a contaminação dos solos e dos recursos hídricos, alimentos com pesticidas, além da concentração de terras e êxodo rural (SCHULER, 2018).

Um outro grande problema da atual forma de agricultura é o alto índice de uso de água na produção. Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2017), o Brasil utilizou em 2015, 745 mil litros de água por segundo para irrigação na agricultura, com uma previsão de crescimento de até 1,055 milhões de litros por segundo em 2030. Por outro lado, quase 10% dos domicílios brasileiros não contam com abastecimento de água diariamente, afetando aproximadamente 18 milhões de pessoas (IBGE, 2019).

Uma maior produtividade associada a uma diminuição dos impactos ambientais da agricultura pode ser alcançada de diferentes maneiras, porém, poucas são as opções em que o aumento da produtividade é associado à uma maior diversidade agrossistêmica, como acontece nos Sistemas Agroflorestais – SAF's (MBOW et al., 2014a). As práticas de manejo agroecológico dentro de um SAF podem retardar ou reverter a degradação do solo, aumentar sua fertilidade, sequestrar carbono e garantir subsistência por meio do fornecimento de benefícios ecológicos e econômicos (MBOW et al., 2014b).

A Aquaponia é um sistema de produção agrícola que integra a piscicultura e a hidroponia com recirculação de água. Este sistema de produção de alimentos mostra-se altamente funcional contra a perda e a escassez de água, já que uma vez que o sistema é abastecido e em funcionamento, pode ficar por meses sem a necessidade de troca de água, sendo necessária apenas a reposição da água evaporada e evapotranspirada (DIVER, 2006).

O objetivo deste trabalho é implementar e monitorar um sistema de aquaponia em pequena escala em um sistema agroflorestal.

## 1.1 Objetivos

Objetivo Geral: Avaliar a viabilidade de um Sistema de Aquaponia em pequena escala em um Sistema Agroflorestal.

### **1.1.1 Objetivos específicos**

- Descrição dos métodos de montagem e manutenção do sistema, e avaliação dos seus custos;
- Avaliar o potencial produtivo de hortaliças;
- Avaliar o potencial de produção de biomassa animal.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Aquaponia**

A Aquaponia é uma variedade de cultivo de alimentos que integra a piscicultura e a hidroponia em um sistema de recirculação de água e nutrientes, sendo assim, uma importante alternativa de cultivo em regiões secas, ou que sofrem com a falta d'água periodicamente. Além de ser uma maneira de cultivo menos impactante ao meio ambiente devido às suas características de sustentabilidade (DIVER, 2006).

O Sistema Aquapônico pode ser utilizado para implementação de renda de pequenas comunidades de agricultores por ser um sistema que produz além de peixes, vegetais hidropônicos, elevando a dieta e o rendimento familiar. Além de usar uma menor área de solo para sua produção, não necessitando de grandes áreas destinadas ao plantio regular (DELLA ROSA et al., 2013), tendo em vista que a maioria das terras agricultáveis do país não estão nas mãos dos pequenos agricultores. Segundo o Censo Agropecuário de 2017 produzido pelo IBGE, 77% dos estabelecimentos são classificados como agricultura familiar (cerca de 3,9 milhões de estabelecimentos), mas apenas 23% das terras agricultáveis são destinadas a esses pequenos agricultores (cerca de 80,9 milhões de hectares).

As vantagens da Aquaponia incluem o prolongado reuso da água e a integração dos sistemas de produção de organismos aquáticos e plantas, que permitem uma diminuição dos custos (ADLER et al., 2000), rendimento vegetal superior ao cultivo em solo em diversos parâmetros (BRAZ, 2010; JUNGE, 2008), e complementação de renda para propriedades rurais e pequenas comunidades.

Em um Sistema Aquapônico, os resíduos orgânicos resultantes do metabolismo dos peixes e possíveis restos de ração não ingeridos, são reaproveitados pelos vegetais através de um processo de simbiose entre peixes, plantas e bactérias, retornando posteriormente ao viveiro de peixes (CORTEZ et al., 2009).

Todo o resíduo orgânico produzido no tanque de criação de peixes é levado através de uma bomba de água até às caixas de cultivo, onde ocorre uma filtragem mecânica natural das

macropartículas pelo substrato em que as plantas estão fixadas. Esse substrato por ser muito poroso, também ajuda na filtragem biológica, servindo de ambiente para o desenvolvimento de bactérias nitrificantes que convertem a amônia em nitrito, e posteriormente em nitrato (BIALLI; CRUZ, 2013).

A amônia é um subproduto metabólico normal dos peixes, mas em altas concentrações na água se torna tóxica, por isso é necessária sua filtragem. As bactérias nitrificantes do gênero *Nitrossomonas* são responsáveis pela sua transformação em nitrito, enquanto as bactérias do gênero *Nitrobacter* são responsáveis por transformar esse nitrito em nitrato, um nutriente importante para os vegetais. A água filtrada mecanicamente e o nitrogênio transformado biologicamente, retorna por gravidade ao tanque dos peixes (BIALLI; CRUZ, 2013).

## **2.2 Sistema Agroflorestal - SAF**

Sistema Agroflorestal é um sistema de uso da terra no qual se combinam árvores com cultivos e/ou criações de forma simultânea ou sequencialmente no mesmo espaço, atendendo às demandas ecológicas e sociais de uma localidade. Atualmente, a definição de Sistema Agroflorestal mais aceita é a proposta pela ICRAF (International Centre for Research in Agroforestry):

*“Sistema agroflorestal é o nome coletivo para sistemas de uso da terra e tecnologias em que plantas lenhosas perenes (árvores, arbustos, palmeiras, bambus etc.) são deliberadamente usadas na mesma unidade de manejo de culturas agrícolas e/ou animais, ambas na forma de arranjos especiais ou sequências temporais. Nos sistemas agroflorestais existem ambas as interações ecológicas e econômicas entre os diferentes componentes.” (NAIR, 1984)*

Além dos aspectos conservacionistas e do aumento da diversidade agrossistêmica inerentes aos SAF's, deve-se destacar também os ganhos econômicos, como a possibilidade de geração de diferentes tipos de produtos, garantindo uma maior produtividade e eficiência do trabalho, mais estabilidade na renda dos agricultores, além do efeito positivo sobre a segurança alimentar. Esses ganhos só são possíveis ao se estabelecer na mesma área, consórcios de frutas, hortaliças e outros produtos agrícolas, espécies florestais e animais de pecuária, e também da menor necessidade de insumos externos, como os fertilizantes e agrotóxicos (SCHEMBERGUE *et al.*, 2017).

**Figura 1** - Parte da área do SAF do grupo Gira-Sol contendo árvores frutíferas, espécies florestais e cultivos agrícolas



Fonte: arquivo pessoal (2020)

O uso de espécies arbóreas nos SAF's permite a recuperação de áreas degradadas, através da redução da erosão e do aumento do acúmulo de matéria orgânica, que possibilita o aumento da disponibilidade de biomassa, promovendo a ciclagem de nutrientes e, posteriormente, o cultivo de espécies mais exigentes. As práticas agroecológicas dentro de um SAF possibilitam o aumento da disponibilidade de nutrientes no solo, e consequentemente a atividade e a estrutura da fauna do solo melhoram. Por fim, o equilíbrio biológico resultante auxilia no controle de pragas e doenças (SCHEMBERGUE et al., 2017).

Cada SAF tem Subsistemas com funções e complexidades mais restritas que o próprio sistema, e podem ser classificados estruturalmente com base na natureza dos seus componentes em três tipos (VALERI et al., 2003):

1. Agrossilvicultural – culturas agrícolas e árvores, incluindo arbustos e/ou trepadeiras;
2. Silvipastoril – associação de pastagens e/ou animais e árvores;
3. Agrosilvipastoril – culturas agrícolas, pastagens e/ou animais e árvores.

O cultivo aquapônico dentro de um Sistema Agroflorestal é mais uma alternativa produtiva que agrega valor econômico, ambiental e social dentro dessas propriedades.

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1 Área de estudo**

O presente trabalho foi realizado no Sistema Agroflorestal do grupo de extensão em Agroecologia, Gira-Sol, situado em uma área do Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Rio Claro/SP (Brasil), com coordenadas geográficas 22°23'94" de latitude sul e 47°32'90" de longitude oeste, e altitude média local de 626m.

As temperaturas médias anuais do município variam entre 22,9°C e 23,7°C. Com uma média máxima anual de 28,5°C, e média mínima anual de 15,6°C (FERRARI, 2011).

O clima da região de Rio Claro pode ser considerado tropical, com duas estações bem definidas, com inverno seco caracterizado por estiagem de junho a setembro, e os meses mais quentes do verão com temperaturas superiores a 22°C, com chuvas de verão de dezembro a março (FERRARI, 2011).

#### **3.2 Sistema Aquapônico**

O tanque para a criação dos peixes foi montado com uma caixa d'água convencional de polietileno de 310 litros, uma bomba de sucção de aquário com capacidade de 1.200 litros por hora, e dois aquecedores convencionais de aquarismo com capacidade de até 32°C. Os canteiros de hortaliças foram instalados em duas masseiras plásticas ("caixa de pedreiro"), com capacidade de 18 litros cada. As caixas de cultivo foram alocadas em cima de uma estrutura de madeira já existente no SAF do grupo Gira-Sol, pois as mesmas precisam estar acima do nível do tanque dos peixes, para que a gravidade atue no retorno da água. A junção dos sistemas foi feita com tubos e conexões de pvc.

Para a montagem da caixa d'água foi escolhido um local próximo de um ponto de energia onde foi ligada a bomba. O local foi limpo e nivelado, e antes de alocar a caixa é necessário colocar uma proteção para que a mesma não sofra avarias, nós usamos folhas de papelão. Usa-se a abertura da própria caixa, na parte superior, para a passagem da mangueira da bomba. Caso se faça necessário o uso da tampa (em dias frios), é aconselhável fazer alguns furos para a entrada de luz. A cidade passou por um inverno rigoroso com temperaturas abaixo de 10°C durante a noite, portanto, a tampa foi utilizada.

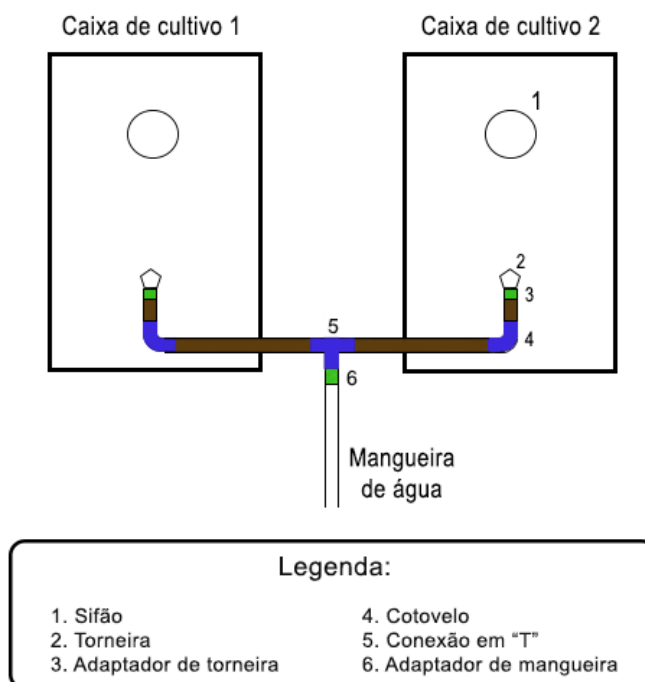
**Figura 2** - Detalhe dos furos feitos na tampa da caixa d'água.



Fonte: autora (2021)

Ao sair do tanque pela mangueira da bomba, a água se divide nas caixas de cultivo através de um “T” de pvc (25mm) que liga mais dois canos (25mm) conectados a uma torneira plástica cada. Dentro de cada caixa de cultivo foi feita uma abertura (com ajuda de uma serra copo) para a colocação de uma flange (20mm), onde foram instalados os sifões (detalhes no tópico 2.1.), que servem para o escoamento da água dos canteiros de volta para o tanque de criação dos peixes. Na parte inferior da caixa, conectado a flange, foi instalado um adaptador para a mudança do diâmetro, e mais um cano de 25mm foi instalado por onde a água vai escoar de volta ao tanque dos peixes.

**Figura 3** – Esquema de montagem das caixas de cultivo



Fonte: elaborado pela autora (2021)



**Figura 4** – Detalhe da montagem das torneiras



Fonte: autora (2021)

**Figura 5** – Detalhe da saída dos canos de escoamento da água das caixas de cultivo para o tanque dos peixes



Fonte: autora (2021)

**Figura 6** – Caixas de cultivo prontas



Fonte: autora (2021)

Como substrato para fixação dos vegetais foram escolhidos dois materiais, a argila expandida, material poroso que ajuda na filtração biológica, e cacos de cerâmica (telhas) que maximizam a filtração mecânica de macro partículas devido ao seu formato. Primeiramente coloca-se uma camada fina de cacos de telhas (Figura 7), e em seguida completa-se com a argila expandida. A camada de argila deve ficar 3cm acima do cano central do sifão (Figura 8), evitando assim o desenvolvimento de algas no canteiro (BIALI; CRUZ, 2013)

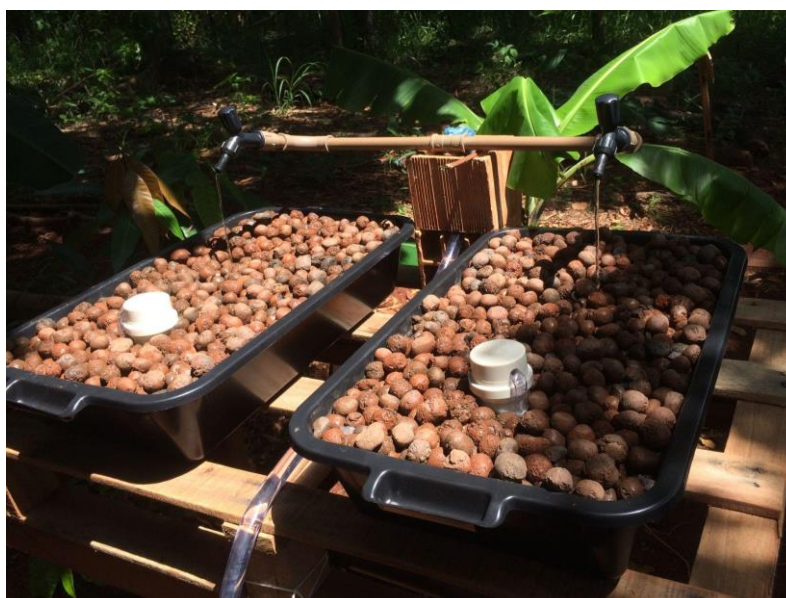


**Figura 7** – Detalhe da primeira camada de substrato (telhas de cerâmica)



Fonte: autora (2021)

**Figura 8** – Detalhe da última camada de substrato (argila expandida).



Fonte: autora (2021)

A bomba deve ser colocada no fundo do tanque dos peixes, e pode ser colocada sobre um tijolo convencional para ajustar a altura. Devido às incertezas do tempo, é necessário ter aquecedores para água, visto que as tilápias são peixes de água mais quente, acima de 27°C. Os

aquecedores seguem a regra de 1W por litro d'água, e são aderidos a parede da caixa d'água com ajuda das ventosas disponíveis no próprio produto.

Antes de introduzir as espécies vegetais e animais, deixamos o sistema funcionando por duas semanas, para que as colônias de bactérias começassem a se formar no substrato, e já se aproveitou a evaporação do cloro presente na água tratada.

**3.2.1 Montagem do sifão:** o sifão é a estrutura para o escoamento da água das caixas de cultivo para o tanque com os peixes, e é composto por três estruturas principais, todas feitas em cano de PVC. Em uma das extremidades das caixas de cultivo foi feita uma abertura para uma flange de 20mm, onde foi acoplado um cano também de 20mm, e 8,5cm de comprimento (Figura 9).

**Figura 9** – Detalhe do primeiro cano do sifão.



Fonte: autora (2021)

Em volta desse cano existe o “copo do sifão”, um cano de 50mm e 14cm de comprimento, com um “cap” (tampa) na ponta, e com algumas aberturas na parte inferior para que ele se encaixe bem na flange. Na parte superior, onde se encontra o *cap* foi feita uma abertura para a passagem de uma mangueira transparente, que foi presa no cano com ajuda de cintas plásticas (Figura 10). Essa mangueira vai controlar a finalização da descarga, assim que entra ar na mangueira, a descarga é interrompida.

**Figura 10** – Detalhe do copo do sifão.



Fonte: autora (2021).

O cano de dentro (20mm) serve como um “ralo”, e sua altura controla o nível da água nos canteiros, o ideal é que ele esteja dois dedos abaixo do nível da caixa de cultivo. Para facilitar na hora do manejo das caixas, é aconselhável um último cano de 70mm em volta da estrutura do sifão, com sua extremidade aberta para que se consiga colocar a mão na hora da limpeza, e pequenos furos na parte inferior para que haja a passagem de água (Figura 11).

**Figura 11** – Detalhe do cano de proteção do sifão



Fonte: autora (2021)

Um ponto importante é a introdução de uma malha na extremidade aberta do cano para que não caia nada dentro do sifão e para impedir mosquitos de depositarem suas larvas (Figura 12).

**Figura 12** – Detalhe da rede de proteção contra insetos



Fonte: autora (2021)

### **3.3 Escolha das espécies**

#### **3.3.1 Espécie vegetal**

Nós escolhemos a rúcula (*Eruca sativa*) com base no tamanho de suas raízes (do tipo fasciculada), uma vez que os canteiros não são muito profundos; o espaçamento de plantio entre uma muda e outra, que na rúcula pode ser de 20cm x 10cm (FREITAS *et al.*, 2009) também devido ao tamanho dos canteiros; e o tempo curto de colheita (vegetal de ciclo curto, com 30 dias de cultivo).

**Figura 13** – Mudanças de rúcula plantadas na caixa de cultivo



Fonte: autora (2021)

### **3.3.2 Espécie animal**

Quanto aos peixes, nós escolhemos a tilápia (*Oreochromis niloticus*) por ser uma espécie com uma boa taxa de crescimento, resistência a baixa qualidade de água (baixa exigência de Oxigênio dissolvido) e a doenças, tolerância a variações ambientais e suportar bem o sistema intensivo de cultivo com altas densidades de estocagem e manejo frequente (BIALLI; CRUZ, 2013). A densidade de peixes em um sistema aquapônico deve acompanhar a relação de 1 kg de peixe para no máximo 40 litros d'água, para que o Sistema funcione sem a saturação de resíduos e sem falta de oxigênio dissolvido na água (BIALI; CRUZ, 2013). Nosso sistema possuindo 300 litros de água, poderia alocar no máximo 7,50 kg de peixe. Portanto, apenas 5 peixes jovens foram alocados no tanque com uma biomassa total de 2,69kg, com o propósito de que com o decorrer do crescimento dos peixes eles não ultrapassassem a relação recomendada.

### **3.3.3 Materiais e custos**



**Tabela 1 - Materiais e custos das espécies vegetais e animais.**

Material	Quantidade	Valor da unidade	Valor total
Muda de rúcula	20	0,2	4
Tilápia	5	18	90
Ração para peixes			
Matsuda 6mm	10kg	2,5	25
<b>Total</b>			<b>R\$119,00</b>

Fonte: elaborado pela autora (2021)

### **3.4 Desenvolvimento do experimento**

Um experimento com duração de 134 dias foi desenvolvido no SAF do grupo Gira-Sol, com início no dia 01/03/2021 e final no dia 12/07/2021. No dia 29/03 as espécies animais e vegetais foram adicionadas ao sistema, e seu manejo se deu diariamente, principalmente porque os peixes precisam comer, mas também para análise visual da água, das plantas, e do funcionamento do sistema como um todo.

A alimentação dos peixes foi feita diariamente. Nós desligamos a bomba na hora da alimentação para conseguir prestar atenção nos indivíduos durante o processo. A alimentação foi oferecida aos peixes lentamente, e observando se eles estavam ingerindo. Paramos de ofertar quando eles pararam de buscar o alimento. Ao final do arraçamento retiramos o excesso de ração fornecida e não ingerida pelos peixes.

A ração fornecida é encontrada em lojas convencionais de agropecuária, e deve-se atentar ao tamanho/peso dos peixes na hora da escolha. A ração escolhida por nós foi a *AquaPesca 4mm 32%* da marca *Matsuda*.

É necessário que haja uma limpeza superficial da água para retirar folhas, insetos e outras coisas que possam ter caído, além das fezes dos peixes que permanecem na água. A limpeza foi feita com uma rede de aquário convencional. Deve-se desligar a bomba para fazer a limpeza.

Por se tratar de um SAF, um ambiente mais denso em vegetação, em apenas uma semana de sistema instalado caiu muitas folhas, sementes e galhos na caixa d'água, portanto, foi instalada uma rede de proteção para evitar esse tipo de problema que pode acabar entupindo a

bomba e o encanamento. A rede de proteção foi confeccionada com uma malha de nylon, e presa à caixa d'água com pedaços restantes de cano pvc (Figura 14).

**Figura 14** – Detalhe da rede de proteção do tanque dos peixes



Fonte: autora (2021)

Outro ponto importante a ser considerado para o funcionamento do sistema aquapônico é a presença de animais no sistema agroflorestral. O SAF do grupo Gira-Sol, onde se encontra o presente trabalho, possui muitas aves que estavam pousando sobre a caixa de cultivo, comendo e pisoteando as plantas, e deixando excretas no sistema, além dos gatos que também subiam nas caixas de cultivo para beber água e comer as mudas. Portanto, para a proteção do sistema nós instalamos uma “gaiola” (Figura 15) confeccionada com pedaços de bambu e uma malha de plástico para viveiros que sobrou da construção do viveiro do grupo Gira-Sol.

**Figura 15** – Detalhe da “gaiola” de proteção das mudas



Fonte: autora (2021)

Por fim, diariamente foi observado se não havia entupimento nos canos, mangueiras, torneiras e principalmente na bomba, e se os aquecedores estavam em pleno funcionamento. A bomba deve estar sempre completamente embaixo d'água para não sobrecarregar o motor e queimar. Sempre que ela estiver fora, deve-se colocá-la mais pra baixo do tanque, ou completar com água o que falta.

### **3.5 Germinação de sementes de juçara**

Um ponto extra a ser avaliado no projeto é a inserção de sementes de palmito juçara (*Euterpe edulis*) no sistema para germinação. Há algum tempo o grupo Gira-Sol vinha tentando germinar sementes de palmito juçara, sempre com resultados negativos. Porém, durante o projeto adicionamos algumas sementes sobre a malha de nylon que cobria a caixa d'água onde estão alocados os peixes. As sementes acabavam sendo cobertas pela água quando a malha tocava na mesma, e/ou quando eram atingidas pela descarga do sifão (Figura 16).



**Figura 16** – Detalhe das sementes de juçara recebendo a água da descarga das caixas de cultivo



Fonte: autora (2021)

### **3.6 Enraizamento de estacas de manjerição**

Outro ponto extra positivo a ser avaliado é o enraizamento de pequenas estacas de manjerição (*Ocimum basilicum*) do grupo Gira-Sol. No SAF do grupo há alguns indivíduos de manjerição espalhados pela área, mas gostaríamos de fazer algumas mudas novas para plantio no novo módulo do sistema. Adicionamos então, nas caixas de cultivo, dez estacas da planta para que enraizassem e pudéssemos plantar essa mudas.

### **3.7 Método de análise**

As análises foram feitas no Laboratório de Ecologia Aquática do Departamento de Biodiversidade, e no Sistema Agroflorestral do Grupo Gira-Sol, ambos situados na Unesp de Rio Claro.

#### **3.7.1 Vegetais**

A análise dos vegetais focou principalmente na análise qualitativa a olho nu de observação dos indivíduos, procurando por qualquer sinal de manchas e pragas.

#### **3.7.2 Peixes**

No caso dos peixes, foi medido a sua biomassa total a cada 15 dias. Os animais estavam em jejum de 24h para não interferir no peso.

Materiais utilizados:

1. rede de aquário;
2. caixa plástica para pesagem;
3. balança digital.

**Figura 17** – Indivíduo pronto para pesagem



Fonte: autora (2021)

### 3.7.3. Água

O controle da qualidade da água e suas condições adequadas são fundamentais para o sucesso do sistema, portanto, a cada 7 dias foram analisados os seguintes parâmetros:

- a. temperatura: Dados fornecidos pelo oxímetro *YSI Model 55* da marca *YSI* colocado no centro do tanque dos peixes;
- b. oxigênio dissolvido na água: Através de oxímetro digital *YSI Model 55* da marca *YSI* colocado no centro do tanque dos peixes;
- c. potencial hidrogeniônico (pH): Através de condutivímetro portátil *Starter 300* da marca *Ohaus*;

- d. amônia: Através de espectrofotômetro *UV/VIS 911* da marca *GBC*. Para a análise foram coletados 20 ml de água do tanque dos peixes, dispostos em 4 tubos de ensaio contendo 5 ml cada. Em um quinto tubo de ensaio foi adicionado 5 ml de água destilada para se ter uma medida padrão.

Em cada um dos 5 tubos de ensaio foi adicionado 0,2 ml de REAGENTE A e 0,2 ml de REAGENTE B, os tubos foram agitados manualmente e posteriormente acondicionados em armário fechado para que os reagentes agissem.

Após uma hora condicionados longe da luz, os produtos dessa reação foram analisados através do espectrofotômetro a 630 Nm em cubetas com passo óptico de 1 cm.;

- e. nitrito: Através de espectrofotômetro *UV/VIS 911* da marca *GBC*. Para a análise foram coletados 40 ml de água do tanque dos peixes, dispostos em 4 tubos de ensaio contendo 10 ml cada. Em um quinto tubo de ensaio foi adicionado 10 ml de água destilada para se ter uma medida padrão.

Em cada um dos 5 tubos de ensaio foi adicionado 0,2 ml de Sufanilamida, após, cada tubo foi agitado manualmente e colocado em repouso por 2 minutos. Passado os 2 minutos, foi adicionado 0,2 ml de Naftil. Os tubos foram agitados manualmente e seus produtos foram analisados através de um espectrofotômetro a 543 Nm em cubetas com passo óptico de 1 cm<sup>3</sup>.

- f. nitrato: Através de kit de testes para aquário *PRODAC Test NO<sub>3</sub>*. O teste comercial foi escolhido pela dificuldade de se ter os reagentes disponíveis, e para grau de demonstração de testes caseiros, visto que um pequeno produtor agrícola não possui um laboratório à sua disposição.

O kit de testes acompanha um manual de instruções, uma tabela com escala de cores, uma proveta de 10 ml com tampa, uma espátula, um “reagente 1” líquido de 12 ml, um “reagente 2” líquido de 12 ml, e um “reagente 3” em pó (Figura 18).

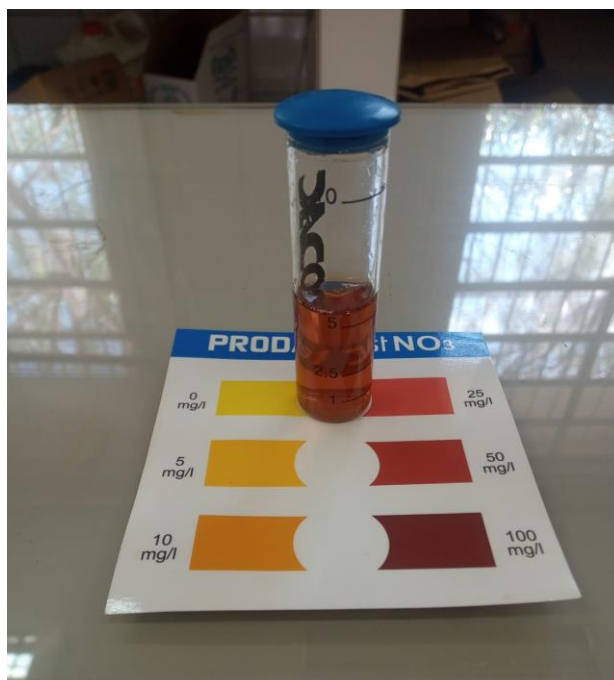
**Figura 18** – Teste de Nitrato para aquários



Fonte: autora (2021)

Para a análise foram coletadas 5 ml de água do tanque dos peixes, que foram colocados na proveta. Em seguida, foram adicionadas 4 gotas do “reagente 1”, e a proveta foi agitada manualmente. Uma espátula rasa do “reagente 3” em pó é adicionada, e então agita-se a proveta por um minuto. Por último, 4 gotas do “reagente 2” foram adicionadas, e a proveta foi agitada por mais um minuto. Após 4 minutos de repouso a solução pode ser colocada em cima da tabela de cores para fim de conclusão do resultado (Figura 19). A tabela de cores possui seis resultados, variando de 0 mg/L na cor amarela, até 100 mg/L na cor vermelho escuro/vinho.

**Figura 19** – Detalhe da tabela de cores para o resultado



Fonte: autora (2021)

#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os materiais necessários para a construção do sistema foram adquiridos em lojas do comércio local mediante orçamento prévio, e alguns foram improvisados pela autora através da reutilização de materiais que tinham outros propósitos.

**Tabela 2 - Material necessário, valor unitário e valor total (em Reais) para a construção do sistema de Aquaponia.**

Material	Total de unidades	Valor da unidade	Valor total
Tubo pvc 75mm	1	16,42	16,42
Tubo pvc 50mm	1	10,97	10,97
Tubo pvc 25mm	4	4,9	19,6
Tubo pvc 20mm	1	3,5	3,5
Cap 50mm	2	2,79	5,58
Flange 20mm	2	16,26	32,52
Cotovelo 45 graus 25mm	4	1,9	7,6
Mangueira transparente 5/8 x 1,5mm	5 metros	3,5	17,5
Torneira plástica	2	3,9	7,8
Adaptador de torneira 20mm	2	1,6	3,2
Conexão em T de pvc 25mm	1	4,5	4,5

<b>Material</b>	<b>Total de unidades</b>	<b>Valor da unidade</b>	<b>Valor total</b>
Adaptador de mangueira	1	4	4
Caixa d'água 310 litros	1	190	190
Aquecedor Hopar H-386 200W	2	120	240
Caixa plástica 18 litros	2	10	20
Argila expandida 20kg	1	35	35
Teste de Nitrato para aquários	1	101,06	101,06
Bomba submersa 1200L/h	1	170	170
Malha de nylon 4m	1	reciclagem de materiais	x
Malha plástica para viveiro 4m	1	reciclagem de materiais	x
Telha de cerâmica	3	reciclagem de materiais	x
Estrutura de madeira	1	reciclagem de materiais	x
<b>Total</b>			889,25

Fonte: elaborado pela autora (2021)

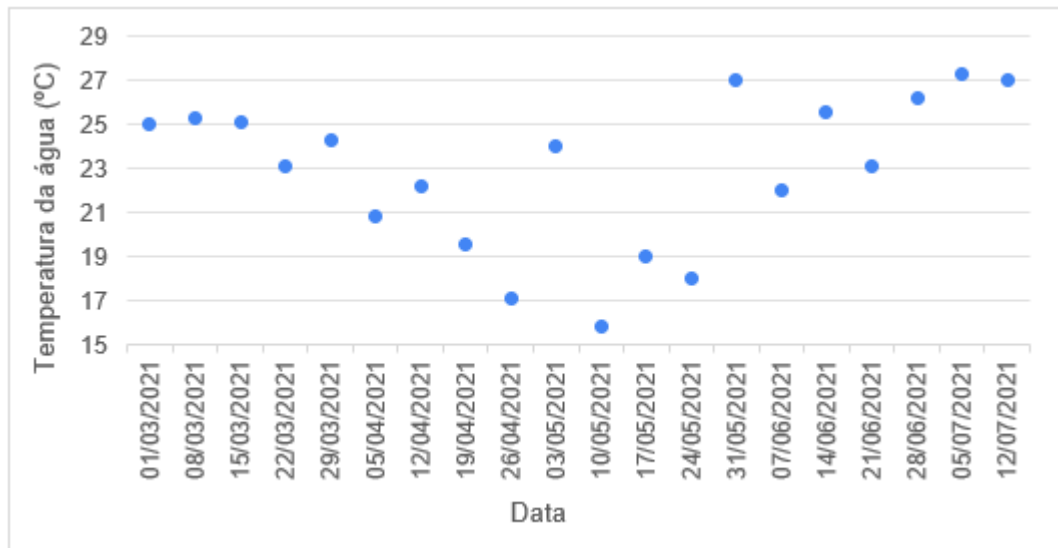
Todos os aspectos físicos e químicos citados na metodologia foram analisados semanalmente em laboratório:

- a) temperatura: A temperatura variou entre 15,8°C (10/05) e 27,3°C (05/07), permanecendo dentro de limites suficientes para a sobrevivência dos peixes. Existe uma faixa de conforto térmico adequada para as tilápias, temperaturas acima ou abaixo dessa faixa inibem o apetite e crescimento, e favorecem a incidência de doenças (RODRIGUES et al., 2013). Além do metabolismo dos peixes, a temperatura influencia o desenvolvimento de microorganismos, disponibilidade de nutrientes e toxicidade de contaminantes (RODRIGUES et al., 2013).

A tilápia apresenta seu conforto térmico entre 27°C e 32°C (KUBITZA, 2000a), mas se adapta até os 14°C (RODRIGUES et al., 2013). Os resultados obtidos no estudo foram um pouco abaixo da média de conforto térmico (Figura 20), o que gerou alguns problemas como a recusa da alimentação por quase uma semana, influenciando diretamente no desenvolvimento dos peixes.



**Figura 20** – Temperatura da água (°C) x Data



Fonte: elaborado pela autora (2021)

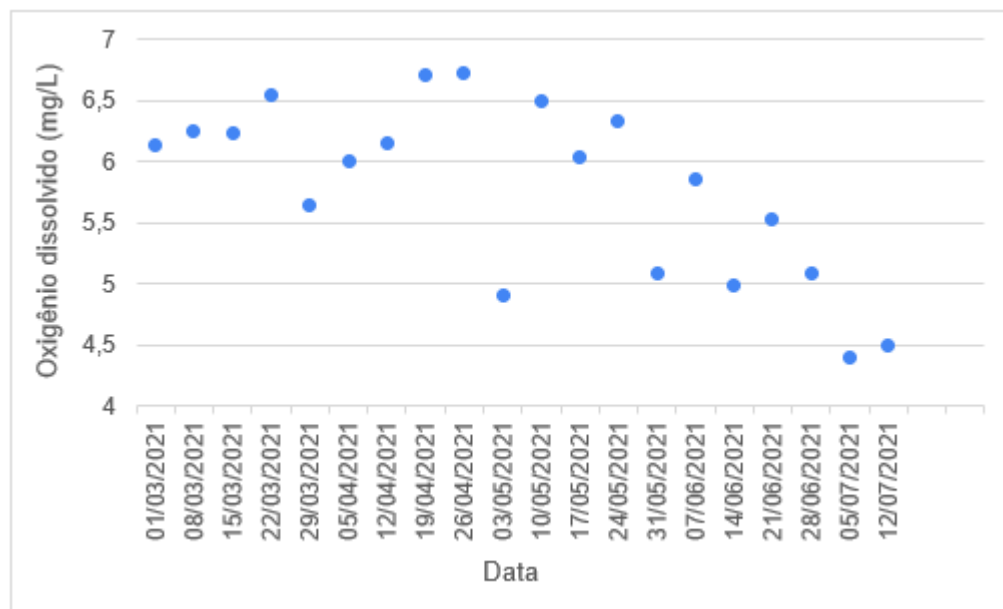
Inicialmente, a temperatura estava aceitável, por volta de 25°C, porém após o acondicionamento das espécies vegetais e animais a temperatura da água começou a cair muito devido às temperaturas externas. Na tentativa de adequar a temperatura para um maior conforto térmico para os peixes, foi instalado um aquecedor de 200W, mas ainda sim não foi o suficiente, portanto dois aquecedores foram instalados, cada um com 200W, totalizando 400W de aquecimento, suprimindo então as necessidades do sistema. Os aquecedores foram mantidos na temperatura de 28°C, porém com a vinda das baixas temperaturas na região, e por se tratar de um sistema acondicionado em um ambiente com um microclima com temperaturas mais amenas, o conforto térmico não foi atingido.

- b) oxigênio dissolvido: A concentração de oxigênio dissolvido na água variou entre 4,4 mg/L (05/07), e 6,73 mg/L (26/04), alcançando assim a faixa de conforto dos peixes.

O oxigênio dissolvido, é um parâmetro de vital importância na piscicultura. Sendo assim, sua disponibilidade em níveis adequados é essencial para o desenvolvimento dos peixes (RODRIGUES et al., 2013).

A tilápia possui ótima tolerância a baixa concentração de oxigênio dissolvido, chegando até a ficar algum tempo em anoxia. Mas seu conforto fica acima de 50% de oxigênio dissolvido, ou seja, 3,5 mg/L a 28-30°C (KUBITZA, 2000a). Os resultados obtidos foram satisfatórios, com uma média de 5,77 mg/L (Figura 21).

**Figura 21** – Concentração de oxigênio dissolvido (mg/L) x Data



Fonte: elaborado pela autora (2021)

- c) pH: Os valores de pH variaram entre 6,8 (28/06) e 7,42 (07/06). Os resultados obtidos no projeto foram adequados para as bactérias nitrificantes e os peixes (Figura 22), porém não foi o ideal para as plantas, o que pode ter causado a dificuldade no crescimento dos indivíduos.

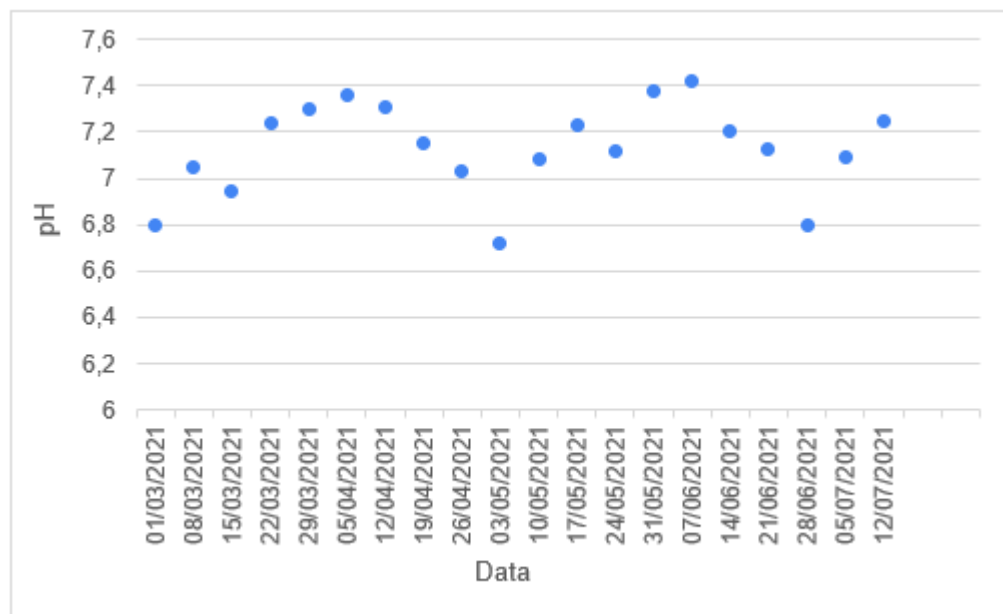
O pH é a concentração de íons  $H^+$  na água. Esta concentração de íons  $H^+$  influencia na predominância de amônia ionizada ( $NH_3$ ) ou não ionizada ( $NH_4^+$ ). Em meio alcalino, a predominância se dá pela forma ionizada (tóxica) e em meio ácido pela forma não ionizada (BIALI; CRUZ, 2013).

O pH é um dos pontos mais importante dentro de um sistema aquapônico e requer muita atenção, pelo fato da aquaponia envolver num mesmo ambiente três organismos distintos (peixes, plantas e bactérias). Portanto, é de fundamental importância conhecer as necessidades de cada um deles para que o pH da água seja mantido numa faixa que atenda a todos satisfatoriamente. As bactérias nitrificantes são predominantemente aeróbicas e têm o pH ótimo no intervalo entre 7,0 e 8,0. Já para as plantas cultivadas em hidroponia essa faixa fica entre 5,5 e 6,5 (RECIFE, 2015). E no caso das tilápias, o nível ótimo de pH se encontra entre 6 e 8,5. Abaixo de 4,5 e acima de 10,5 a mortalidade é significativa (KUBITZA, 2000a). Com isso, o mais adequado seria manter o pH da água entre 6,5 e 7,0 para atender satisfatoriamente a todos os componentes biológicos presentes no sistema.



O pH exerce influência na disponibilidade de nutrientes para as plantas; a disponibilidade de nutrientes como ferro, manganês, boro, zinco e cobre caem drasticamente em níveis de pH superiores a 7,0; enquanto a disponibilidade de nutrientes como fósforo, magnésio, cálcio e molibdênio caem em níveis de pH inferiores a 6. (FERRI, 1979).

**Figura 22** – Índice de pH x Data

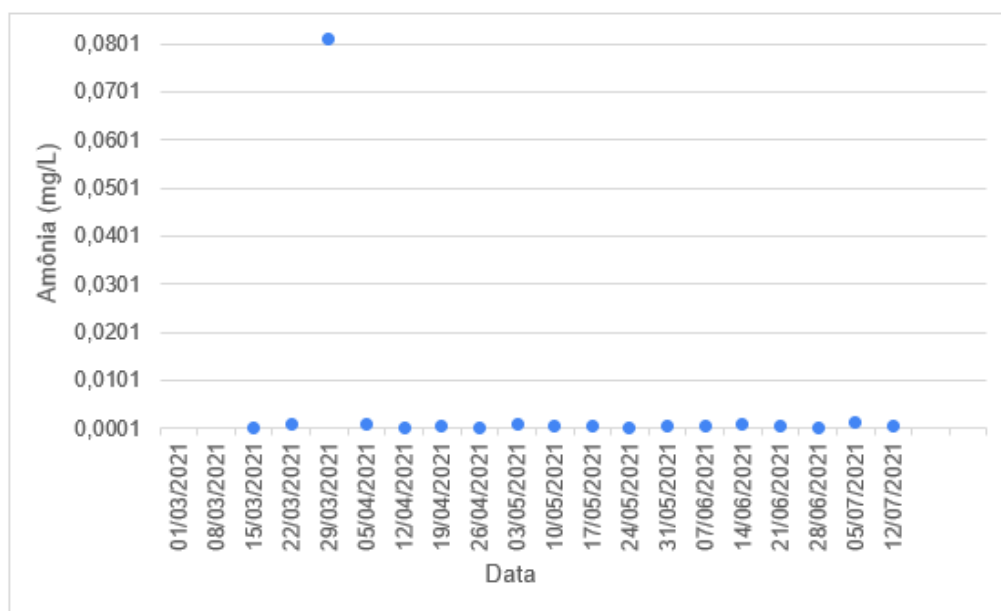


Fonte: elaborada pela autora (2021)

- d) amônia: As concentrações de amônia variaram entre 0,0001 mg/L (12/04) e 0,0809 mg/L (29/03), atingindo assim resultados satisfatórios (Figura 23). Analisa-se também os dias em que ainda não haviam espécies no sistema, onde a amônia teve concentração 0 (zero).

A amônia ( $\text{NH}_3$ ) é o principal produto da excreção dos peixes, e é um gás altamente solúvel na água. No entanto, a amônia é tóxica aos peixes, níveis de amônia tóxica  $\text{NH}_3$  (forma não-ionizada) entre 0,70 e 2,40 mg/L podem ser letais para os peixes, quando expostos por curto período de tempo (SÃO PAULO, 2017).

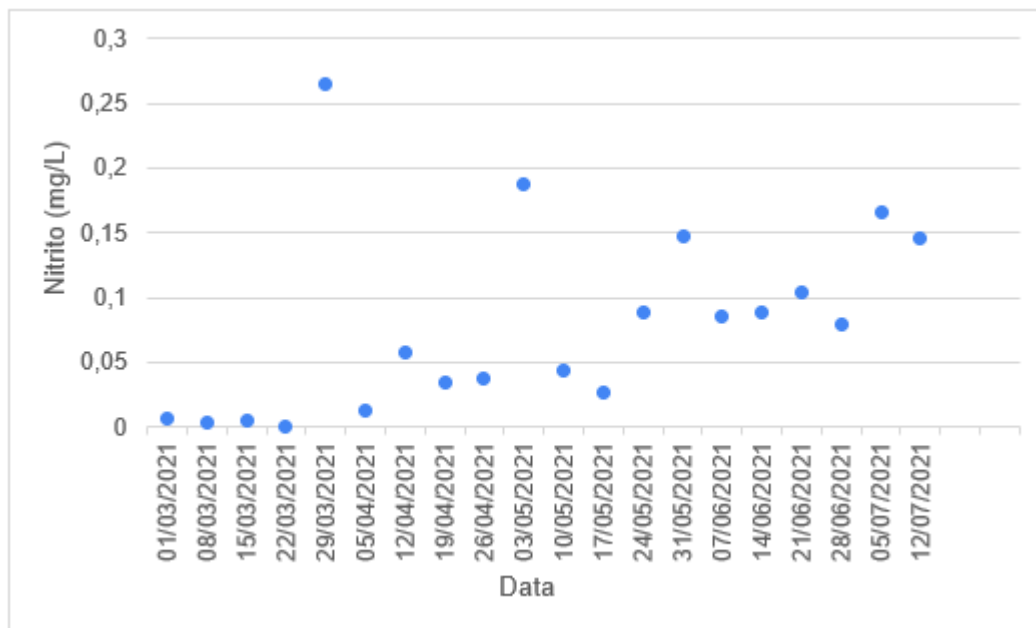
**Figura 23** – Concentração de Amônia (mg/L) x Data



Fonte: elaborada pela autora (2021)

- e) nitrito: As concentrações de nitrito variaram entre 0,001 mg/L (22/03) e 0,265 mg/L (29/03), atingindo assim níveis satisfatórios (Figura 24). O nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) é o composto intermediário no processo de nitrificação. Quando absorvido pelos peixes causa oxidação da molécula de hemoglobina do sangue que se torna incapaz de transportar o oxigênio, portanto, seu excesso causa sérios problemas respiratórios e fisiológicos ao animal. Os níveis sub-letais de nitrito encontram-se na faixa de 0,3 a 0,5 mg/L, e exposições contínuas a elas podem causar redução no crescimento, e na resistência dos peixes a doenças (LEITE; VIANNA, 2017).

**Figura 24** – Concentração de Nitrito (mg/L) x Data

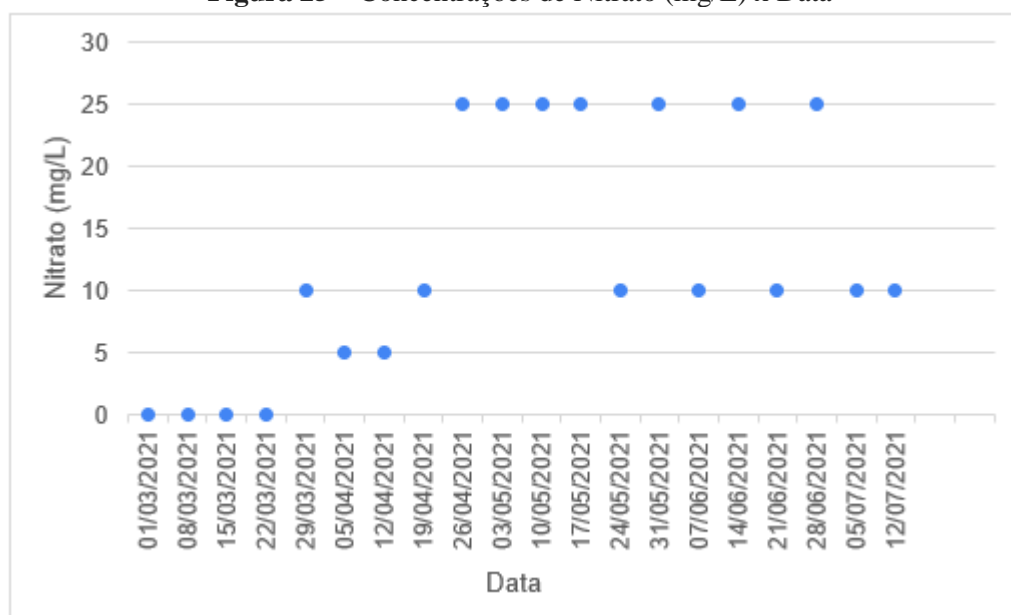


Fonte: elaborado pela autora (2021)

- f) nitrato: As concentrações de nitrato variaram entre 5 mg/L (05/04; 12/04) e 25 mg/L (26/04; 03/05; 10/05; 17/05; 31/05; 14/06; 28/06), atingindo níveis satisfatórios (Figura 25). O nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) é a última fase da oxidação do nitrogênio (nitrificação), e a principal fonte de nitrogênio para vegetais. Níveis altos de nitrato são consequência de uma elevada concentração de amônia, que é convertida em nitrito e em seguida em nitrato (RODRIGUES et al., 2013), forma de apresentação do nitrogênio de preferência da maioria das plantas (TOKUYAMA, 2004). A taxa de nitrificação em ambientes aquáticos é potencializada em ambientes com pH próximo do neutro (HUNDLEY, 2013).

Por ser o produto do nitrogênio menos tóxico, suas concentrações podem ser bastante elevadas, sendo que qualquer resultado abaixo de 1000 mg/L pode ser considerado seguro para o sistema (LEITE, VIANNA; 2017).

**Figura 25** – Concentrações de Nitrato (mg/L) x Data



Fonte: elaborado pela autora (2021)

Dia 29/03 as espécies foram adicionadas ao sistema, e percebe-se um aumento significativo nos níveis de amônia e nitrito, prejudiciais aos peixes. Esse aumento foi ajustado com a troca de 50% do volume da água. Existem outros métodos de remediação com produtos químicos, porém, por se tratar de um trabalho focado em pequenos produtores, para eles, o mais acessível seria fazer uma troca parcial de água.

Um ponto negativo quanto ao crescimento dos vegetais foi a presença de animais no sistema agroflorestal. No SAF há muitas aves que utilizam o território, e estavam comendo as mudas e “bagunçando o sistema”, e muitos gatos também subiam nas caixas de cultivo para beber água e acabavam pisoteando as mudas. Com a intenção de cessar a interferência de animais externos ao sistema, uma “gaiola” foi construída ao entorno das caixas de cultivo com pedaços de bambu e uma malha plástica para viveiros, materiais que estavam sem uso no SAF.

Essas mudas iniciais sofreram depredação e estresse devido às aves e gatos que estavam pisoteando o sistema, e consequentemente não se desenvolveram. Deste modo, após duas semanas novas mudas foram plantadas no lugar, mais uma vez os indivíduos não se desenvolveram, ficando diminutos e com folhas mais claras do que o normal. Outro ponto negativo que afetou o crescimento dos vegetais foi a falta de luz solar. Inicialmente o sistema foi montado à esquerda do rancho do SAF, porém com o passar do tempo, antes mesmo do plantio das mudas, o sol já não batia com a mesma frequência.

No dia 24/05 as mudas foram trocadas novamente, mas agora por novas espécies. Foram doze mudas de cebolinhas (*Allium schoenoprasum*) e doze mudas de almeirão (*Cichorium intybus subsp. intybus*), com a expectativa de que essas espécies se dariam melhor no ambiente. Pelo fato de um sistema agroflorestal ser muito denso em determinadas áreas, mesmo com a poda das árvores ao entorno, o sol ainda não era o suficiente para as mudas se desenvolverem, portanto, o sistema foi realocado para frente do rancho onde o sol batia com mais frequência (Figura 26) e novas mudas de almeirão (oito), cebolinha (quatro) e rúcula (doze) foram plantadas.

**Figura 26** – Sistema montado ao lado do rancho



Fonte: autora (2021)

Com o tempo, o mesmo problema foi observado, o sol não foi o suficiente apesar das podas ao entorno do sistema. Após três semanas não houve desenvolvimento em altura e número de folhas. Mais uma vez as mudas foram trocadas, agora por apenas seis mudas de almeirão, que tiveram o mesmo fim, pobre em desenvolvimento, com clorose aparente e folhas murchas e flácidas, o que pode indicar falta de luz e/ou excesso de água.

**Figura 27** – Detalhe das folhas flácidas e com clorose.



Fonte: autora (2021)

Os valores de biomassa animal não sofreram grandes mudanças, mas mostraram um desenvolvimento normal dos peixes.

**Tabela 3 - Dados da biomassa total de peixes por dia.**

<b>Data</b>	<b>Biomassa total de peixes (kg)</b>
29/03	2,65
05/04	2,88
19/04	3,35
03/05	3,59
17/05	3,89
31/05	4,07
07/06	4,42
21/06	4,67
05/07	4,94
12/07	5,23

Fonte: elaborada pela autora (2021)

A germinação de sementes de palmito juçara obteve grande sucesso. Em apenas 30 dias algumas sementes começaram a dar sinais de germinação. A hipótese é de que as grandes quantidades de nitrogênio presentes na água favoreceram sua germinação, junto com o alto índice de umidade (necessário para a quebra da dormência da espécie), visto que as sementes passavam a maior parte do tempo debaixo d'água.

**Figura 28** – Semente de juçara (*Euterpe edulis*) germinando



Fonte: autora (2021)

Assim como a germinação do palmito juçara, as estacas de manjerição também obtiveram resultados muito positivos. Em apenas duas semanas as estacas desenvolveram raízes aptas para o plantio (Figura 29). A hipótese também gira em torno das altas concentrações de nitrogênio na água, essencial para o desenvolvimento de raízes.



**Figura 29** – Estacas de manjeriço (*Ocimum basilicum*) em processo de enraizamento



Fonte: autora (2021)

## 5. CONCLUSÃO

Embora as mudas de rúcula, cebolinha e almeirão não tenham se desenvolvido no sistema aquapônico nós tivemos sucesso na germinação das sementes de palmito juçara e na formação de raízes de manjeriço, além do crescimento das tilápias. Estes resultados mostram a viabilidade de se utilizar um sistema aquapônico em uma área de SAF. Nosso trabalho também mostra a necessidade de se tomar alguns cuidados na montagem do sistema, tais como, a proteção dos vegetais com uma tela e do tanque de peixes para evitar a entrada de detritos do SAF. Como a parte final de nosso experimento foi desenvolvido no inverno houve a necessidade de colocação de aquecedores, no entanto nos períodos mais quentes do ano ou em regiões com inverno menos rigoroso o sistema aquapônico dispensa aquecedores, como observamos no início do experimento.



## REFERÊNCIAS

- ADLER, P.R; HARPER, J.K; WADE, E.M; TAKEDA, F; SUMMERFELT, S.T. **Economic Analysis of an Aquaponic System for the Integrated Production of Rainbow Trout and Plants**. International Journal of Recirculating Aquaculture, v. 1. 2000. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/f924/b652f3febd33da2be21264161093e1d378ec.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2020.
- ANA - AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS, 2017. Disponível em: <http://atlasirrigacao.ana.gov.br/>. Acesso em: 03 mar. 2020.
- BIALI, A. P.; CRUZ, I. D. **Aquaponia: manual para produção em pequena escala**. Paraná: Universidade Federal do Paraná, 2013, 43p.
- BRAZ FILHO, M. S. P.; PSILLAKIS, C., YOSHIZUMI, M.. **Agroindústria de processados**. São Roque: 2010.
- CORTEZ, G. E. P. et al. **Qualidade química da água residual da criação de peixes para cultivo de alface em hidroponia**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande v.13, n.4. 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v13n4/v13n4a19.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2020.
- DELLA ROSA, Ágatha *et al.* **Aquaponia como alternativa para o cultivo de peixes e hortaliças**. 2013. 23 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2013.
- DIVER, S. **Aquaponics - Integration of hydroponics with aquaculture**. National Sustainable Agriculture Information Service, 2006. 28p. Disponível em: <https://backyardaquaponics.com/Travis/aquaponic.pdf>. Acesso: 20 mar. 2020.
- FERRARI, A. L. **Variabilidade e tendência da temperatura e pluviosidade nos municípios de Pirassununga, Rio Claro, São Carlos e São Simão (sp): estudo sobre mudança climática de curto prazo em escala local**. 2011. 156 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Ambiental, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.
- FERRI, M. G. **Fisiologia Vegetal 1**, Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP. 1979.
- FREITAS, Karidja Kalliany Carlos de *et al.* Desempenho agrônomo de rúcula sob diferentes espaçamentos e épocas de plantio. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 40, n. 3, p. 449-454, jul. 2009.
- HUNDLEY, G. C. **Aquaponia, uma experiência com tilápia (*Oreochromis niloticus*), manjerição (*Ocimum basilicum*) e manjerona (*Origanum majorana*) em sistemas de recirculação de água e nutrientes**. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade de Brasília – UnB, Brasília, 2013.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2017. Disponível em:

[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3096/agro\\_2017\\_agricultura\\_familiar.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3096/agro_2017_agricultura_familiar.pdf). Acesso em: 03 mar. 2020.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA, 2019. Disponível em: [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101707\\_informativo.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101707_informativo.pdf). Acesso em: 08 jul. 2020.

JUNGE, R.; et al., **Aquaponic Systems: Nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production**. ZHAW Zurich University of Applied Sciences, Institute for Natural Resource Sciences Gruental, Waedenswil, Switzerland. 2008.

KUBITZA, F. Tilápia: um planejamento gera alta rentabilidade. **Panorama da Aquicultura**. v 10, n. 59, p. 44-53, 2000a. Disponível em: [http://www.acquaimagem.com.br/docs/Pan59\\_Kubitza.pdf](http://www.acquaimagem.com.br/docs/Pan59_Kubitza.pdf). Acesso em: 30 set. 2020.

KUBITZA, F. Tilápias. **Panorama da Aquicultura**. v 10, n. 60, p. 31-53, 2000b. Disponível em: [http://www.acquaimagem.com.br/docs/Pan60\\_Kubitza.pdf](http://www.acquaimagem.com.br/docs/Pan60_Kubitza.pdf). Acesso em: 30 set. 2020.

LEITE, S. R.; VIANNA, D. C. C. **Implantação e acompanhamento de uma aquaponia experimental, com ênfase na coleta de sólidos sedimentáveis**. 2017. 83p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017.

MBOW, C. et al. **Agroforestry solutions to address food security and climate change challenges in Africa**. Current Opinion in Environmental Sustainability, v. 6, p. 61-67, 2014a. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877343513001449>. Acesso em: 25 mar. 2020.

MBOW, C. et al. **Achieving mitigation and adaptation to climate change through sustainable agroforestry practices in Africa**. Current Opinion in Environmental Sustainability, v. 6, p. 8-14, 2014b. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877343513001255>. Acesso em: 25 mar. 2020.

NAIR, P. K. R. Tropical agroforestry systems and practices. In: Furtado, J.I. e Ruddle, K. (eds.) **Tropical resource ecology and development**. John Willey Ed. Chichester - Inglaterra. 1984. 39 p. (capítulo 14 – 39p.)

PONÇANO, W. T. et al. 1981. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo. Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). Série Monografias 5. São Paulo.

REBOUÇAS, Aldo da C.. Água no Brasil: abundância, desperdício e escassez. **Bahia: Análise e Dados**, Salvador, v. 13, número especial, p. 341-345, mar. 2003. Disponível em: [http://labs.icb.ufmg.br/benthos/index\\_arquivos/pdfs\\_pagina/Minicurso/pag\\_341.pdf](http://labs.icb.ufmg.br/benthos/index_arquivos/pdfs_pagina/Minicurso/pag_341.pdf). Acesso em: 17 mar. 2020.

RECIFE. Paulo César Falanghe Carneiro. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Produção integrada de peixes e vegetais em aquaponia**.: Embrapa Tabuleiros Costeiros. Aracajú: Editoração Eletrônica, 2015. 27 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1025991/producao-integrada-de-peixes-e-vegetais-em-aquaponia>. Acesso em: 29 set. 2020.

RODRIGUES, Ana Paula Oeda et al. Embrapa. **Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimentos**. Brasília: Embrapa Pesca e Aquicultura, 2013. 440 p.

SANT'ANNA NETO, J.L. As Chuvas no Estado de São Paulo: a variabilidade pluvial nos últimos 100 anos. in SANT'ANNA NETO, J.L.; ZAVATINI, J.A. (orgs.) **Variabilidade e Mudanças Climáticas: Aplicações Ambientais e Sócio-Econômicas**. Maringá: Eduem, 2000, p. 17-28.

SÃO PAULO. Julio Ferraz de Queiroz. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Boas Práticas de Manejo (BPMs) para Reduzir o Acúmulo de Amônia em Viveiros de Aquicultura.**: Embrapa Pesca e Aquicultura. Jaguariúna: Editoração Eletrônica, 2007. 5 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/15489/1/comunicado44.pdf>. Acesso em: 29 set. 2020.

SÃO PAULO. Julio Ferraz de Queiroz. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Boas práticas de manejo para sistemas de aquaponia.**: Embrapa Meio Ambiente. Jaguariúna: Editoração Eletrônica, 2017. 29 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1092012/boas-praticas-de-manejo-para-sistemas-de-aquaponia>. Acesso em: 29 set. 2020.

SCHEMBERGUE, Altamir *et al.* Sistemas Agroflorestais como Estratégia de Adaptação aos Desafios das Mudanças Climáticas no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, [S.L.], v. 55, n. 1, p. 9-30, jan. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1234-56781806-94790550101>.

SCHULER, Hanna Ramella. **Evidências científicas do desenvolvimento de sistemas agroflorestais agroecológicos no Brasil**. 2018. 133 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

SIMÕES, L.N.; GOMES, L.C.. Eficácia do mentol como anestésico para juvenis de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, [S.L.], v. 61, n. 3, p. 613-620, jun. 2009. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-09352009000300014&lng=pt&nrm=iso](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-09352009000300014&lng=pt&nrm=iso). Acesso em: 12 out. 2020.

TOKUYAMA, T.; et al., **Nitrosomonas communis strain YNSRA, an ammonia-oxidizing bacterium, isolated from the reed rhizoplane in an aquaponics plant**. Journal of bioscience and bioengineering, v. 98, n. 4, p. 309-312, 2004.

VALERI, S.V.; POLITANO, W; SENO, K.C.A.; BARRETO, A.L.N.M. **Manejo e recuperação Florestal**. Jaboticabal, Funep. 2003, 180p.

## ANEXO A – Tabela de dados

**Tabela 1 – Dados das análises da água**

DATA	pH	T°C	O2 (mg/l)	AMÔNIA (mg/l)	NITRITO (mg/l)	NITRATO (mg/l)
01/03	6,8	25	6,14	0	0,006	0
08/03	7,05	25,3	6,25	0	0,004	0
15/03	6,94	25,1	6,24	0,0003	0,005	0
22/03	7,24	23,1	6,55	0,0008	0,001	0
29/03	7,3	24,3	5,65	0,0809	0,265	10
05/04	7,36	20,8	6	0,0011	0,013	5
12/04	7,31	22,2	6,15	0,0001	0,057	5
19/04	7,15	19,6	6,7	0,0004	0,035	10
26/04	7,03	17,1	6,73	0,0002	0,037	25
03/05	6,72	24	4,9	0,001	0,188	25
10/05	7,08	15,8	6,5	0,0004	0,043	25
17/05	7,23	19,03	6,03	0,0004	0,026	25
24/05	7,12	18,05	6,33	0,0003	0,088	10
31/05	7,38	27	5,08	0,0004	0,147	25
07/06	7,42	22	5,85	0,0007	0,086	10
14/06	7,2	25,6	4,98	0,0009	0,088	25
21/06	7,13	23,1	5,52	0,0004	0,104	10
28/06	6,8	26,2	5,08	0,0003	0,079	25
05/07	7,09	27,3	4,4	0,0013	0,166	10
12/07	7,25	27	4,49	0,0005	0,146	10

Fonte: dados da pesquisa (2021)