

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO
FACULDADE DE LINGUAGEM, CIÊNCIAS AGRÁRIAS E SOCIAIS APLICADAS
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ZOOTECNIA

ANGÉLICA MAYUMI KIHARA

SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA NA AQUAPONIA

PONTES E LACERDA – MT
DEZEMBRO/2021

ANGÉLICA MAYUMI KIHARA

SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA NA AQUAPONIA

“Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado a Coordenação do Curso de Graduação em Zootecnia da Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências para obtenção do título de BACHAREL EM ZOOTECNIA”.

Orientadora: Profa. Dra. Adriana Fernandes de Barros

PONTES E LACERDA – MT
DEZEMBRO/2021

ANGÉLICA MAYUMI KIHARA

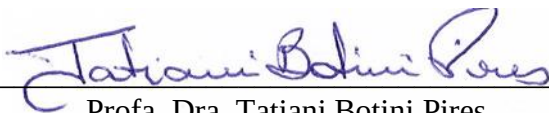
SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA NA AQUAPONIA

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado a Coordenação do Curso de Graduação em Zootecnia da Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Zootecnia.

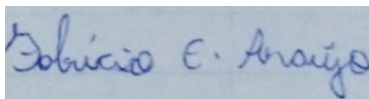
APROVADO EM:



Profa. Dra. Adriana Fernandes de Barros
Orientadora/UNEMAT-Pontes e Lacerda



Profa. Dra. Tatiani Botini Pires
Co-orientadora/UNEMAT-Pontes e Lacerda



Prof. Fabrício Eugênio Araújo
UNEMAT-Pontes e Lacerda

**Aos anjos que Deus colocou na minha vida
chamado de filhos**

**Luiz Akira Kihara Oliveira
Jorge Hiroshi Kihara Oliveira e
Luiza Kayumi Kihara Oliveira**

AGRADECIMENTOS

A Deus por sempre está presente em minha vida, me iluminando, me direcionando para um caminho certo e hoje permiti concluir mais uma etapa da minha vida.

A minha família que me incentivou oferecendo todo o suporte que precisei e compreensão nos meus momentos de ausência, ansiedade e estresse. Abrindo a mão de suas horas de descanso para me ajudar nos meus afazeres. Principalmente aos meus filhos Luiz Akira e Jorge Hiroshi que aprenderam a cozinhar para me ajudar.

A Universidade do Estado de Mato Grosso – Campus de Pontes e Lacerda por ter aberto as portas novamente para concluir o curso. Onde tive a oportunidade de crescimento intelectual, com profissionais e amigos maravilhosos.

A professora Dra. Tatiani Botini Pires que fez eu ingressar novamente na Universidade para concluir o curso. Agradeço pelo apoio, disposição, auxílio e confiança em mim. Serei grata eternamente pelo acolhimento e incentivo.

A professora Dra. Adriana Fernandes de Barros por ter me dada a honra de ser sua orientada. Pelo apoio, incentivo, compreensão, dedicação, sempre amável, gentil, uma energia contagiante e um belo sorriso nos lábios.

TRABALHE DURO PARA TER A VIDA QUE SONHA,
MAS NÃO SE ESQUEÇA
DE SER
FELIZ
COM A VIDA QUE SE TEM!!!!
(AUTOR DESCONHECIDO)

RESUMO

O sistema de aquaponia é uma tecnologia inovadora e versátil de policultivo que permite a geração de renda em alta produtividade com baixo consumo de água em pequenos espaços, fornecendo alimentos saudáveis pois não utiliza agrotóxicos e antibióticos, somente a ração fornecida para os peixes da qual também será produzido os nutrientes para as plantas. A aquaponia é um sistema composto de criação de peixes, filtros que alojam bactérias e plantas cultivadas, todos no mesmo ambiente. Há uma diversidade de sistemas que estão relacionados com a sua finalidade e intensidade da produção. Dentro da aquaponia a hidroponia possui uma série de sistemas de produção, dentre os quais os mais conhecidos são o NFT - *Nutrient Film Technique*, o DFT - *Deep Flow System* e o MBT - *Media Based Systems*. No sistema aquapônico o desafio é manter o equilíbrio das variáveis químicas da água em conjunto com a relação entre o organismo aquático (peixes), microrganismos aquáticos (bactérias) e plantas. Objetivou-se com esse trabalho realizar um levantamento sobre os estudos científicos relacionados com a aquaponia e demonstrar a sua efetividade a partir de um relato de experiência junto a um sistema de aquaponia com recirculação da água.

Palavras-chave: Recirculação de água, piscicultura, alimento urbano, hidroponia, tilápia.

ABSTRACT

The aquaponics system is an innovative and versatile polyculture technology that allows the generation of income in high productivity with low water consumption in small spaces, providing healthy food as it does not use pesticides and antibiotics, only the feed provided for the fish which also the nutrients for the plants will be produced. Aquaponics is a system composed of fish farming, filters that house bacteria and cultivated plants, all in the same environment. There are a variety of systems that are related to their purpose and production intensity. Within aquaponics, hydroponics has a series of production systems, among which the best known are the NFT - Nutrient Film Technique, the DFT - Deep Flow System and the MBT - Media Based Systems. In the aquaponic system, the challenge is to maintain the balance of chemical variables in water together with the relationship between the aquatic organism (fish), aquatic microorganisms (bacteria) and plants. The objective of this work was to carry out a survey of scientific studies related to aquaponics and demonstrate its effectiveness from an experience report with an aquaponics system with water recirculation.

Keywords: Water recirculation, fish farming, urban food, hydroponics, tilapia.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1 HISTÓRIA DA AQUAPONIA.....	12
2.2 MODELOS DE SISTEMAS DE AQUAPONIA	14
2.2.1 – Sistemas de aquapônico doméstico e de demonstração.....	17
2.2.2 - Sistema de aquapônico de lagoa aberta e comercial	20
2.3 QUALIDADE DA ÁGUA.....	21
2.4 BACTÉRIAS UTILIZADAS NA AQUAPONIA	28
2.5 TILÁPIA NA AQUAPONIA	29
2.6 A HIDROPONIA NA AQUAPONIA	31
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
REFERÊNCIAS.....	37

1 INTRODUÇÃO

A aquaponia é uma atividade definida por Martins (2017) “que conjuga a aquacultura (criação de animais aquáticos) com a hidroponia (cultivo de plantas sem solo)”, ou seja, as plantas serão sustentadas por substratos como a argila expandida, isopores, cano de policloreto de vinila (PVC) visto que o substrato nutritivo será a água que advém do sistema da aquacultura. O referido autor destaca que a atividade possui atualmente um conceito transversal, que envolve um foco tanto geográfico (de local a global, disponibilidade), como econômico (agronegócio e de subsistência) e ambiental (depleção dos recursos naturais).

Aquaponia é uma alternativa para diminuir a crise econômica global, a deterioração das economias nacionais por causa da concentração da sociedade que vem crescendo no centro urbano pela migração do campo para a cidade, buscando a especialização e melhores condições de vida para as famílias e com isso inicia-se a produção de alimentos nas cidades considerando a integração de peixes e plantas que aumenta a diversidade, produtividade, qualidade do sistema e as vendas desses alimentos contribui para a economia local (JUNIOR, 2020; SÁTIRO, NETO e DELPRETE, 2018).

Os sistemas de aquaponia pela sua flexibilidade de estrutura podem ser desenvolvidos em pequenas áreas e são por isso também uma alternativa para projetos de educação ambiental em escolas, pois demonstram claramente como garantir um aumento da produção de alimentos por m² sem impacto ambiental, com a garantia do uso sustentável da água e diminuição da poluição dos solos (MARTINS, 2017). Sustentabilidade no sistema de produção é quando se faz o manejo adequado dos insumos, ou seja, reutiliza a água dos filtros biológicos principalmente do decantador onde se acumulam os resíduos mais grossos gerados do tanque dos peixes e assim, aumentando a sua qualidade da água e reduzindo os custos da produção. Os resíduos gerados, decantados e descartados serão coletados em um tambor e utilizados como adubo orgânico em plantas de vasos como a goiaba, laranja, limão, acerola, cajá-manga anã entre outras plantas cultivadas, não necessitando mais a aquisição de fertilizantes químicos na propriedade.

A recirculação do sistema da aquaponia aumenta a eficiência e diminui os custos da produção de alimentos por ser uma série de produção de simbiose entre peixes, bactérias e plantas e pelo uso mais eficiente de seus recursos, no caso a água, ou seja, as plantas vão utilizar a água filtrada e tratada biologicamente os resíduos sólidos dos peixes, rações, matéria orgânica, não precisando serem amplamente adubadas pois os nutrientes exigidos pelas plantas são

encontrados em níveis adequados na água e é necessária a adubação com apenas os elementos ferro, potássio e cálcio. Quando as plantas absorvem o que eram os resíduos elas devolvem água nos parâmetros adequada de qualidade ao reservatório dos peixes (FILHO, 2018; OLIVEIRA, 2016).

O tratamento da água é de forma racional e evita o descarte inadequado no meio ambiente (EMERENCIANO, PINHO e CARNEIRO, 2016; SÁTIRO, NETO e DELPRETE, 2018). Então seus efluentes não vão prejudicar o meio ambiente, e ainda há menos riscos de ocorrer proliferação de espécies exóticas na natureza que pode ocasionar prejuízos ambientais.

Com o crescente aumento da população nos centros urbanos o sistema de recirculação de água na aquaponia terá um aumento significativo, por ser um sistema de fácil construção, não necessitando muito de mão de obra, alta produtividade o que ajudará no problema de abastecimento alimentar, segundo Silva et al. (2020) “acarretará numa maior demanda por produção de alimentos para que haja um equilíbrio entre a oferta e a procura até 2050”.

Além da aquaponia ser uma alternativa para atender as demandas do abastecimento alimentar, também é um sistema sustentável capaz de produzir tanto os produtos de origem animal quanto de origem vegetal livres de agrotóxicos e antibióticos, e que por isso se destaca junto aos consumidores que buscam produtos diferenciados, com alta qualidade na saúde. Sendo economicamente viável os produtos da aquaponia (SÁTIRO, NETO e DELPRETE, 2018).

No Brasil, desde 2014, a Embrapa possui um Laboratório de Pesquisa em Aquaponia da Embrapa Tabuleiros Costeiros (LAPAq) próprio para pesquisa, desenvolvimento de técnicas e capacitação continuada em aquaponia (CARNEIRO et al., 2015). Mas são escassos os estudos no Brasil quando o compara com países como Canadá, Austrália, Estados Unidos, México e Israel (OLIVEIRA, 2016)

Diante do exposto, objetivou-se com esse trabalho realizar um levantamento sobre os estudos científicos relacionados com a aquaponia e demonstrar a sua efetividade a partir de um relato de experiência junto a um sistema de aquaponia com recirculação da água.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A aquaponia une em um único sistema a produção de produtos de origem vegetal e animal, com um uso otimizado da terra e da água, em consonância com os princípios de sustentabilidade e do comportamento do consumidor que demanda por produtos de origem conhecida e saudável (CARNEIRO et al., 2015). Deste modo a expectativa é que este sistema de produção cresça no mercado comercial e nos ambientes familiares tornando-se popular, fazendo necessários os estudos sobre este sistema de produção de alimentos.

2.1 HISTÓRIA DA AQUAPONIA

A origem da aquaponia é incerta, mas sabe-se que ela é remota, as primeiras citações dela remetem os princípios dos séculos XII e XIII, na América Central e do Sul com os Astecas, um povo até então nômade, que se assentou a partir do momento que construíram pequenas ilhas flutuantes de plantas conhecidas até hoje como Chinampas (Figura 1) nas quais também criavam peixes, enquanto na Ásia os chineses criavam peixes em arrozais com o mesmo princípio (ALFARO, 2013; MARTINS, 2017).



Figura 1: Imagem que ilustra como eram construídas as chinampas na época dos Astecas, as ilhas flutuantes para a produção de alimento e áreas alagadas em que também havia a produção de peixes.

Fonte: Alfaro (2013)

A partir do século XX o sistema de aquaponia passou a ser visto como uma alternativa para reduzir os impactos causados ao meio ambiente pelo sistema de produção convencional. Segundo Junior (2020) com a evolução, o ser humano conseguiu domesticar alguns animais e passou a cultivar seu próprio alimento, permitindo a fixação das pessoas e abandono do hábito migratório em função do processo extrativista e com isso aumentou a quantidade de população em um local, o que viabilizou a construção de vilas e depois das cidades. Com o decorrer do tempo o referido autor relata que a população voltou a migrar para as cidades maiores, deixando o campo e assim aumenta-se a demanda a cada dia por uma maior produção de alimentos e tornou-se necessário a modernização dos sistemas de cultivos e sua diversificação com o objetivo de atingir alta produtividade, que seja economicamente viável e acessível para o consumo da população.

Consumidores atuais estão mais exigentes e conscientes com a segurança alimentar, e buscam produtos diferenciados no mercado que tenham sido produzidos sem a utilização de fertilizantes químicos, agrotóxicos e antibióticos, que tenham menor industrialização, e consequentemente, alta qualidade para saúde do consumidor (JUNIOR, 2020; SÁTIRO, NETO e DELPRETE, 2018).

Como alternativa para a solução destes problemas surge a agricultura urbana e periurbana, com melhor uso dos espaços ociosos pré-existentes, como forma de prover alimentos fresco e saudáveis, e também como uma alternativa de atividade recreativa e terapêutica, e é nesta modalidade de agricultura que se enquadra o sistema da aquaponia. Que tem inúmeras vantagens desde a sua instalação, pois sua construção pode ocorrer em pequenas áreas, otimizando o uso de áreas que a princípio não são produtivas ou não tinham essa finalidade, em zonas áridas por utilizar uma quantidade mínima de água, representa também uma forma de aproveitamento da água descartada rica em minerais, é possível trabalhar com uma alta densidade de peixes e plantas, o que garante uma taxa de conversão alta dos recursos investidos, maior crescimento na produção com menor tempo, sendo que esta produtividade pode ser livre de agrotóxicos e antibióticos (SILVA, 2020).

Por suas características a aquaponia é tratada como uma tecnologia verde e social que cultiva o melhor da hidroponia e da aquicultura, adicionando alimentos sempre frescos e orgânicos nas residências familiares (ALFARO, 2013). E foi essa linha de pensamentos que fez com que investíssemos em nosso próprio sistema de produção em sistema da aquaponia com consumo de alimentos sempre fresco e soubéssemos assim de sua origem de produção.

Outro objetivo da aquaponia é reduzir o impacto ao meio ambiente, permitir o cultivo e produção de alimentos onde há escassez de água, pequena dimensão de área, terra infértil para

cultivo convencional das plantas, permitir a reutilização de nutrientes que seriam eliminados no ambiente e fortalece a cadeia produtiva do pescado (FILHO, 2018; OLIVEIRA, 2016). Com nutrientes suficientes para nutrir as plantas não necessita de aquisição de minerais para o crescimento, desenvolvimento das frutíferas plantadas em vasos ou no solo pois tem se a adubação vinda da água do manejo do sistema.

Contudo, reconhece-se que conforme houve o crescimento do sistema, é verdade o que Silva (2020) expõe como sendo a principal desvantagem do sistema da aquaponia, a dependência da energia elétrica e a dificuldade no planejamento de sistemas alternativos, que podem levar a um alto investimento na implantação, falhas no manejo do controle da qualidade da água, bem como pelo fato do sistema hidráulico no Brasil ter pouca tecnologia implantada e leva a falta de pesquisas para compreensão dos organismos vivos. Sendo necessário ter conhecimento básico de biologia, fitotecnia, piscicultura, hidráulica e engenharia (OLIVEIRA, 2016).

A técnica da aquaponia vem se tornando promissora e lucrativa devido a utilização de seus benefícios (OLIVEIRA, 2016). As melhorias que vem ocorrendo no desenvolvimento tecnológico beneficiam a produtividade e a qualidade das hortaliças e dos frutos. E os benefícios da hidroponia através do consumo de alimentos frescos, com sabores acentuadas, fazem desses produtos incomparáveis, alimentos com seus nutrientes preservados proporcionam um bem estar único (PALOMBINI, 2020).

2.2 MODELOS DE SISTEMAS DE AQUAPONIA

A aquaponia é um sistema fechado de criação destinado a produção de alimentos, no qual se associa a criação de animais aquáticos, principalmente peixes, com plantas, e bactérias que fazem a transformação dos dejetos em nutrientes necessários exigidos pelas plantas, que em termos simplificados é descrito na Figura 2 (FILHO, 2018; MARTINS, 2017).

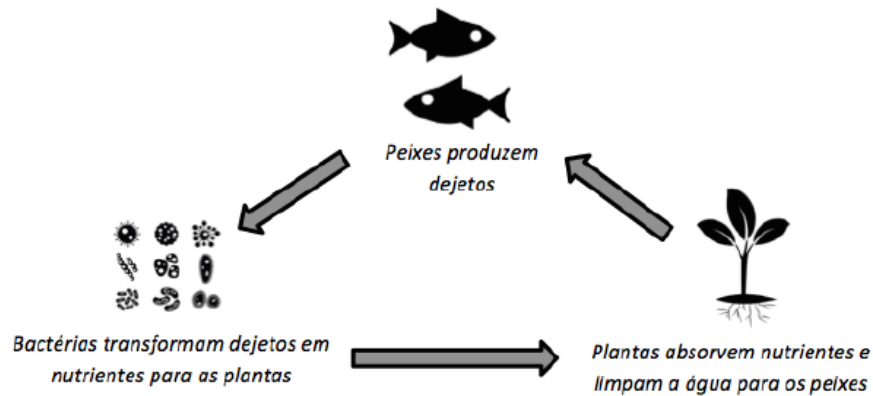


Figura 2 – Diagrama representativo do processo de aquaponia.

Fonte: Martins (2017).

Antes de começar a instalação da aquaponia deve se fazer um planejamento, estudar o local disponível. De modo geral o sistema de aquaponia precisa no mínimo de 5 horas de incidência solar para o crescimento e desenvolvimento adequado das plantas, a extensão da área para ter um dimensionamento do tamanho, quantidade de tanque a ser utilizado para se cultivar os peixes. É fundamental verificar o clima do local para a escolha da espécie tanto de peixes como de plantas. O uso de telas sombrite são utilizadas em uma estufa para proteger as plantas do calor excessivo, luz solar direto, melhorando o desenvolvimento das plantas e proteção contra os ataques de pragas (SILVA, 2020). Com o decorrer do tempo verifica-se que para o sistema funcionar tudo precisa estar adequado desde a quantidade da iluminação, como o manejo alimentar e limpeza, mas o essencial é o oxigênio dissolvido para melhor digestão e desenvolvimento dos peixes, proliferação das bactérias, melhor a absorção dos nutrientes pelas raízes das plantas e assim tem se um crescimento e desenvolvimento das plantas e peixes.

O sistema da aquaponia é composto primeiramente pelos tanques dos peixes que são construídos por recipientes novos ou reciclados desde que sejam livres de substâncias tóxicas, resistentes e duradouras como containers, caixa de água, tonéis, lona (gel membrana) e alvenaria. Os tanques são abastecidos com água e possuem aeração para a manutenção da concentração do oxigênio dissolvido e o *overflow* que tem a função de transportar a água residual que contém os resíduos alimentar e excremento dos peixes que se acumulam no fundo do reservatório para o decantador (SILVA, 2020; VIDAL, 2020).

Essa água residual do reservatório dos peixes é enviada por gravidade ao decantador, ou seja, filtro de sólidos que é uma estrutura simples e deve ser em forma cilíndrica como um tambor ou bombona, a entrada da água residual deve ocorrer pela parte inferior para melhor eficiência do processo de decantação. Deve haver um cano de PVC de 50 mm do meio do tambor até fora com um registro de 50 mm para a retirada dos sólidos decantados que foram

mineralizados pelas bactérias aeróbicas e anaeróbicas, essa água é uma fonte de macro e micronutrientes para as plantas que é transportada para o biofiltro ou filtro biológico essencial para a sobrevivência da aquaponia, pois é o local das bactérias nitrificantes que transformam a amônia produzida, seja pelos resíduos da ração, matéria orgânica, dos excrementos excretadas pelos peixes, em nitrito e depois em nitrato, que é uma forma nitrogenada absorvida pelas plantas seja em sistema de cultivo em camas ou em NFT (Nutrient Film Technique) observada na Figura 3 (SILVA, 2020; VIDAL, 2020).



Figura 3 – Abastecimento da água na caixa dos peixes com aeração e movimento circular para melhor transporte da água residual através do *overflow* para o decantador feita por gravidade no sistema de aquaponia.

Fonte: Arquivo pessoal (2021).

As hortaliças e frutíferas são comumente nutridas pela água processada pelas bactérias nitrificantes com a inclusão dos nutrientes minerais necessários para complementação, a água após passar por essa etapa retorna ao tanque dos peixes (JUNIOR, 2020). Os peixes disponibilizam 10 dos 13 nutrientes essenciais para as plantas segundo Alfaro (2013), faltando o Cálcio, Potássio e Ferro o que permite uma redução no custo.

Segundo Santos (2021) na literatura são encontradas quatro classificações de produção agroalimentar em aquaponia, sendo elas: aquaponia de lagoa aberta, doméstica, de demonstração e comercial. Cada uma destas classificações pode fazer uso de uma ampla diversidade de componentes estruturais em consonância com as espécies vegetal e animal do sistema de produção.

2.2.1 – Sistemas de aquapônico doméstico e de demonstração

Os sistemas alternativos tendem a ser os mais simples de infraestrutura e até de ambientes residenciais. Alfaro (2013) apresenta o sistema de aquaponia como sendo constituído de 3 itens principais, o tanque para os peixes, a cama de cultivo para as plantas serem cultivadas e a bomba d'água para levar a água do tanque até a mesa de cultivo (Figura 4). Este sistema é prático para pequenas áreas ou residências, pois é de baixa produção de hortaliças e de peixes, servindo também como uma atividade terapêutica e de educação ambiental. O desafio dessas estruturas extremamente simples é que elas demandam de uma maior mão de obra para a limpeza do tanque e da cama que constituem o único ambiente que funciona como filtro biológico e de decantação.



Figura 4 – Modelos residenciais simplificados de sistema de aquaponia.

Fonte: Alfaro (2013).

A Embrapa possui em Aracaju-SE o Laboratório de Pesquisa em Aquaponia (LAPAQ) desde 2014 no qual desenvolve e valida sistemas compactos de aquaponia para a produção em nível familiar a sistemas para produção em larga escala. Esta estação Tabuleiros Costeiros da Embrapa oferece inclusive cursos online gratuitos como forma de divulgação dos sistemas familiares. O modelo proposto segundo Carneiro et al. (2015) é composto do tanque de criação de peixes, um filtro de sólidos decantáveis, um filtro de sólidos em suspensão, um ambiente para produção de hortaliças que frutificam, um ambiente de cultivo de hortaliças folhosas, um ambiente de cultivo de raízes tuberosas e um ambiente para a produção de mudas (Figura 5).



Figura 5 – Sistema modular de aquaponia em nível familiar desenvolvido no Laboratório de Pesquisa em Aquaponia da Embrapa Tabuleiros Costeiros (LAPAq) que conta com (A) um tanque de criação de peixes de 600 L de volume útil, (B) um filtro de sólidos decantáveis de 200 L, (B') um mineralizador, (C) um filtro de sólidos em suspensão de 20 L e três ambientes distintos decultivo com 1 m² cada: (D) ambiente de pedra brita para hortaliças que frutificam; (E) ambiente flutuante para produção de hortaliças folhosas apoiadas em placas de isopor; (F) ambiente de cultivo de raízes tuberosas em areia; (G) ambiente para produção de mudas em areia.

Fonte: Carneiro et al., (2015).

Este sistema da Embrapa é compatível com um ambiente residencial e permite uma maior produção, reflexo do aerador que vai dar maior suprimento de oxigênio dissolvido para os peixes, do filtro de sólidos decantáveis para a retirada das fezes e demais partículas orgânicas mais pesadas que por serem ricas em matéria orgânica pode ser retido em um balde com aeração denominado de mineralizador para permitir sua decomposição pelas bactérias aeróbicas, e também do filtro biológico em suspensão para reter o material mais leve (CARNEIRO et al., 2015). Estes sistemas de filtro demandam de limpeza frequente, apesar do emprego de mão de obra este é direcionado para os sistemas de filtro principalmente, havendo menor demanda de limpeza nos tanques de peixes e camas de cultivo.

Estes sistemas de aquaponia doméstica constituem-se em sistemas fechados de recirculação de água (por gravidade e pequenas bombas) e nutrientes, caracterizadas pelo pequeno volume do tanque de peixes ou até mesmo como aquários caseiros, com pequenas áreas (máximo de 2m²) de plantas cultivadas na superfície do reservatório dos peixes, em áreas

com um total da instalação em torno de 2 a 10m² os peixes não são indicados para consumo humano fazendo uso de espécies ornamentais (Figura 6) enquanto que, quando se tem o objetivo de produção para consumo a área não excede 50m². Estes sistemas pequenos também podem ser utilizados para constituir um sistema de demonstração com fins educativos, artístico e estético (MARTINS, 2017; SANTOS, 2021).



Figura 6 – Projetos de sistemas aquapônicos domésticos e de demonstração com peixes ornamentais.

Fonte: Alfaro (2013).

Neste sentido foi realizado a primeira instalação do sistema aquapônico no quintal de casa, a partir da informação contida em vídeos explicativos que combinavam com o orçamento. O projeto foi iniciado com uma caixa de água de 1m³, uma bombona para decantação, uma bombona para filtragem, com pedra brita ensacadas em sacolas de cebola, para filtrar os pequenos resíduos e garantir a proliferação das bactérias e desta a bomba d'água de 2.300 L por hora fazia o retorno da água para a caixa dos peixes e para as duas camas de cultivo compostas de pedaços de tijolos e pedras britas, que serviam de suporte para as plantas, cebolinha e pepino, que se constituíam também em um segundo ambiente para o desenvolvimento de bactérias. Das camas de cultivo a água retornava por gravidade para a caixa dos peixes.

Os desafios na implantação e manutenção deste sistema foram o controle da densidade de peixes, manutenção da qualidade da água e estabelecimento do ciclo do nitrogênio. Estes desafios também foram encontrados por Junior (2020) que após três semanas de implantação do seu sistema tiveram uma mortalidade de 30% dos peixes em decorrência da alta densidade, em que houve além da competição pelos recursos naturais, acúmulo de excrementos que produziram muita amônia antes da completa colonização das bactérias nitrificantes tornando o ambiente tóxico para os peixes.

2.2.2 - Sistema de aquapônico de lagoa aberta e comercial

Na aquaponia de lagoa aberta são utilizados para a produção de peixes em reservatórios de água de superfície ao ar livre como lagos, lagoas e rios, também combinados com a produção hidropônica, seja a própria lagoa (jangadas) quanto na terra, cuja vantagem está na economia no investimento e uso mínimo em equipamentos como as bombas e aeradores. Os sistemas em lagoas comerciais em função da condição de maior equilíbrio e automação que possuem, apesar de requererem maior investimento em tecnologia, requerem menor intervenção humana, com baixo consumo de energia e de trocas de água (SANTOS, 2021). Mas, esses sistemas de lagoas abertas têm desvantagens com a enxurradas das chuvas que traz muitos sedimentos de várias origens, como os produtos químicos, agrotóxicos da agricultura e pecuária e também problemas com os excrementos de animais que banham e ainda predam os peixes e plantas.

Na aquaponia comercial a produção de alimentos é classificada quantitativamente (pequena, semicomercial, intermediária e grande escala) conforme a expansão da quantidade e tamanho dos reservatórios de peixes e das áreas de produção de plantas em sistemas mais tecnológicos como os NFT (*Nutrient Film Technique*) e DFT (*Deep Flow System*), com unidades mais complexas de filtração mecânica e biológica, havendo também sistemas de controle climático e ambiental nas estufas e nos tanques de água, possuindo um manejo mais profissional com uma mão de obra mais técnica (SANTOS, 2021).

Junior (2020) iniciou seu sistema de aquaponia em condições domésticas e conforme efetivou sua ampliação relata sobre a necessidade de maior suplemento de energia elétrica, para manutenção das bombas individuais de recirculação de cada caixa, o que o condicionou a uma nova estrutura do sistema para incorporar uma circulação, com a força gravitacional com interligação das caixas e investimento em sistema fotovoltaico, com instalação de baterias para um sistema de autonomia e segurança energética, em caso de falta de energia e sistema de aquecimento da água.

De fato, com a ampliação dos sistemas de aquaponia, todo produtor demandará investimentos com a manutenção de energia. Assim instalou-se quatro novas caixas de peixes em alta densidade de estocagem. o sistema iniciou com uma densidade de estocagem de 1500 alevinos com 2g cada, estocado num viveiro de contenção de 0.27 m³ alocado em uma caixa de água de 1m³ da aquaponia, a ração foi fornecida à vontade 5 vezes ao dia. Com 30 dias os alevinos estavam com um peso médio de 24g e foram redistribuídos, sendo colocado 200 alevinos em cada uma das caixas. Após 10 meses de cultivo, cada caixa contém 60 peixes por

m³ totalizando 45 quilogramas de peixes por m³ com fornecimento a vontade de ração três vezes ao dia.

Para suprir a demanda por oxigênio conforme houve o crescimento dos peixes foi necessário adequar a potência da bomba que era de 12 mil L/h e potência de 85W com um consumo de energia de 61.2 kWh por mês para uma bomba submersa de 20 mil L/h e potência de 200W com um consumo de 144 kWh por mês. Mesmo com este investimento ele não foi suficiente para suprir a necessidade do oxigênio dissolvido por isso colocou-se uma bomba auxiliar de 2.300 L/h em três das quatro caixas e em uma foi colocado um aerador, para ajudar a custear a energia foi instalada a energia fotovoltaica ON GRID, ou seja, vinculada a rede elétrica, e também um gerador no caso de emergência por falta de energia.

2.3 QUALIDADE DA ÁGUA

A qualidade da água é de suma importância para a sobrevivência e o desenvolvimento tanto das hortaliças como dos peixes e bactérias (MATTOS, 2021; SILVA, 2020). Por isso se deve adicionar e repor por causa da evapotranspiração, descarga da água uma água de qualidade no sistema, podendo utilizar qualquer água como da cidade desde que haja 24 horas de descanso para ocorrer a remoção natural do cloro antes de sua introdução nos tanques e toda semana deve-se fazer uma análise da água para verificar a concentração dos níveis da amônia, do pH e do oxigênio dissolvido (SILVA, 2020).

Alguns parâmetros da qualidade da água devem ser monitorados semanalmente, o que foi possível com o uso de kits comerciais de análise, principalmente a amônia, pH, nitrito e a temperatura. Essas análises são necessárias para identificação prévia de qualquer alteração no parâmetro limnológico e permitir sua correção conforme o resultado. Esses kits como da amônia e do nitrito não podem faltar nunca, havendo a necessidade de aquisição prévia para sempre se ter disponível em estoque. No que tange a temperatura e o pH utiliza-se medidor digital (Figura 7).



Figura 7 – Kits de análises comerciais de amônia e nitrito, e medidor digital de temperatura e pH.

Fonte: Arquivo próprio (2021).

A amônia é gerada pela excreção dos peixes, sobras de rações, restos de plantas, materiais orgânicos, mas a maior parte advém da produção da amônia que ocorre principalmente pelas vias branquiais. A amônia (NH_3) tóxica se potencializa com o pH acima de 8,0 e os elevados níveis da amônia acima de $2,40 \text{ mg L}^{-1}$ causam estresse aos peixes, danos nas brânquias, com consequente bloqueio da transferência de oxigênio branquial para o sangue, redução da limosidade do corpo que facilita o desenvolvimento de outros estados de doença e destruição das nadadeiras. Os peixes neste estado de desequilíbrio da concentração da amônia apresentam-se ofegantes nadando na superfície (ALCON, 2021, BIAGIONI, 2021; SILVA, 2020).

Na aquaponia problemas com a concentração da amônia no sistema decorrem de problemas no filtro biológico, ou seja, as bactérias nitrificantes não estão fazendo o processo de nitrificação. Enquanto as bactérias nitrificantes não se proliferarem para a conversão da amônia (NH_3) em nitrito (NO_2) e este em nitrato (NO_3), uma forma de correção é a troca parcial da água (TPA). Não se pode fazer a troca total, pois pode causar choque térmico ou químico, que gera mais estresse levando a morte dos peixes, por isso não troca-se a água dos tanques dos peixes, mas se realiza a limpeza do decantador. No dia posterior a decantação é necessário fazer nova aferição dos parâmetros limnológicos não se obtendo o resultado desejado faz-se o corte total da alimentação dos peixes por alguns dias até o sistema se equilibrar.

A amônia é oxidada em nitrito pelas bactérias *Nitrosomonas* e também é tóxica aos peixes, por isso no sistema há presença das bactérias *Nitrobacter* que oxidam o nitrito em nitrato, uma forma de nitrogênio menos tóxica e utilizado como nutriente passível de absorção pelas plantas e algas fechando o ciclo do nitrogênio no sistema. Nitrito acima de $0,5\text{mg L}^{-1}$ prejudica os glóbulos vermelhos do sangue dos peixes reduzindo a capacidade respiratória (ALCON, 2021; SILVA, 2020). O tratamento por intoxicação com nitrito é feito pela troca parcial da água, controle da ração para evitar sobra e aumento da concentração de oxigênio dissolvido pois isso proporciona a quebra da amônia e do nitrito por serem gases ocorrendo a sua evaporação. Os níveis tanto da amônia ou nitrato não dependem um do outro sendo diferentes os resultados.

O pH ideal de um sistema de aquaponia está entre 6,5 e 7,0, mas sempre ocorre a oscilação por causa dos ácidos produzidos pelas bactérias do sistema, variações devido a produção de fitoplâncton causada pela fotossíntese prejudicando o desempenho e a sobrevivência dos peixes e plantas (MATTOS, 2021; SÁTIRO, NETO e DELPRETE, 2018; SILVA, 2020).

Mattos (2021) descreve o pH como condição de equilíbrio do sistema da aquaponia e para estabilizá-lo deve-se corrigir outros parâmetros da água como a alcalinidade total que é a quantidade de bases tituláveis (bicarbonato, hidroxila, carbonato) e a dureza total (KH) simbolizada pela quantidade de íons metálicos (magnésio, calcário agrícola, cal virgem). Deve-se manter a alcalinidade total e a dureza total em torno de 50mg L^{-1} .

No sistema de aquaponia familiar, o problema sempre foi estabilizar o pH, nem com alta intensidade da estocagem dos peixes diminuiu se o pH e quando foi sendo adicionado bicarbonato e gesso agrícola (ajuda a decantar os resíduos no fundo da caixa e eliminação na descarga do decantador) para ocorrer o “sistema tampão” ajudou o pH chegar próximo da neutralidade (pH 7,0), pois no sistema o pH era alcalino e o calcário agrícola eleva o pH. Atualmente o pH do sistema varia de 6,8 até 7,5, tendo como materiais da cama dos filtros pedra brita, fragmentos de rochas duras como granito, gnaiss, calcário e basalto. Com o tempo de trabalho percebe-se que o bicarbonato é responsável por controlar os níveis de pH deixando estável, quando a elevação da alcalinidade com o aumento da concentração da amônia inibia as bactérias nitrificantes ocasionando a morte do sistema se não tratada.

Para elevar os níveis de pH recomenda-se a adição de bases no sistema através do uso do carbonato de cálcio (calcário), óxido de cálcio (cal virgem), hidróxido de cálcio (cal hidratada), hidróxido de potássio e para reduzir os níveis de pH utiliza-se o ácido fosfórico, ácido nítrico, vinagre e sulfato de alumínio (CERQUEIRA, 2020; QUEIROZ, 2017). No

entanto, para o sistema neste sistema nenhum dos ácidos conseguiu estabilizar o pH. Sendo que um dos sistemas com pedra brita sempre foi estável e ao adicionar nos outros dois o pH foi estabilizado, e atualmente todos os três sistemas domésticos da aquaponia contém a pedra brita com pH variando entre 6,8 a 7,5.

A temperatura no sistema de aquaponia interfere na absorção de nutrientes, no crescimento e desenvolvimento na produtividade dos peixes, plantas e bactérias. A zona de conforto é de 24° até 32°C, temperaturas acima de 38°C podem ocasionar a mortalidade do sistema e temperaturas abaixo dos 11°C diminuem as taxas metabólicas aumentando as chances de proliferação de doenças pela falta de consumo, levando a morte, também a temperatura interferem na concentração do oxigênio dissolvido e na eficiência do biofiltro (BIAGIONI, 2021; JUNIOR, 2020). Tanto com a alta ou baixa temperatura os peixes diminuem sua alimentação, nestes casos realiza-se o fracionamento da alimentação ao longo do dia, com mais tratos, garantindo que não diminua sua imunidade.

Está previsto no plano de investimento a aquisição de um compressor de ar para ajudar na aeração com difusores em cada uma das caixas dos peixes e dos filtros biológicos do sistema aumentando a qualidade e produtividade, com menor interferência. Até o momento a temperatura mínima marcada na caixa dos peixes foi de 16°C e a máxima de 32°C.

O oxigênio encontra-se dissolvido na água em forma de gás e sua quantidade influencia no crescimento e produtividade dos peixes, plantas e bactérias nitrificantes. Altos níveis de oxigênio no sistema das plantas viabiliza maior número de microrganismos benéficos em suas raízes, para a sobrevivência do sistema da aquaponia é necessário que o oxigênio dissolvido não atinja valores inferiores que 3 mg/L, com baixa concentração os peixes ficam susceptíveis a doenças e as bactérias do filtro biológico não desenvolvem e o sistema morre, uma forma de melhorar e garantir a eficiência do oxigênio dissolvido é utilizar compressores ou sopradores de ar, quanto maior a potência (CV) melhor sua capacidade de bombeamento do volume de ar (m^3/h) (SILVA, 2020).

Um outro fator importante na qualidade da água é a condutividade elétrica (CE) que também é uma medida indireta de inferir a salinidade, pois ela mede a taxa de decomposição da matéria orgânica, a quantidade de nutriente disponível e de íons e sais inorgânicos. A condutividade elétrica ideal para a produção de peixes oscila entre 20 $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ a 100 $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ e para uma produtividade eficiente dos legumes e verduras não podem ultrapassar os 70 $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$. Elevadas concentrações de sais provocam o acúmulo de íons tóxicos, diminuição do potencial osmótico da solução, baixa a quantidade de oxigênio dissolvido e acarreta a absorção de macro e micronutrientes pelas plantas (CEQUEIRA, 2020).

O desequilíbrio e deficiência de alguns nutrientes na aquaponia são visíveis pelo aspecto e desenvolvimento das plantas que atuam desta maneira como bioindicadora (Figura 8). Fazer uma suplementação de ferro quelato na concentração de 2mg L^{-1} no sistema porque o potássio e cálcio já são suplementados devido a manutenção do pH com hidróxido de cálcio e hidróxido de potássio.



Figura 8 – Sinais de deficiência nutricional das plantas cultivadas nos sistemas aquapônicos.
Fonte: Vany e Oliveira (2009).

A introdução de macrófitas aquáticas no sistema da aquaponia da subfamília *Lemnoideae* conhecida como lemna d'água (Figura 9) tem capacidade de acelerar a redução dos poluentes da água como o nitrogênio amoniacal, fósforo, sólidos suspensos, coliformes, metais pesados e outros. As lemnas ajudam no tratamento de água terciário do sistema e são tolerantes a altas taxas de nutrientes, possuem rápida proliferação, principalmente em climas quentes, possibilitam maior demanda na produção de alimentos em uma menor área e podem atuar como complemento alimentar dos peixes (BIAGIONI, 2021).

Além da lemna d'água outra planta com potencial de uso na alimentação de peixe é a taioba, que também é cultivada com essa finalidade. Segundo Pinto (2021) a taioba é uma planta fitorremediadoras que absorve substâncias tóxicas presentes no sistema aquapônico e que pode ser fornecida na alimentação de peixes, se associada com a lemna pode gerar uma economia de 60% nos custos com rações.



Figura 9 – Lemna d’água utilizada com filtro (A) e taioba (B) plantada na cama de cultivo, ambas utilizadas na alimentação dos peixes.

Fonte: Arquivo própria (2021).

Umas das vantagens do sistema de aquaponia é que a água mineralizada não promove a eutrofização em efluente, não introduz espécies de peixes exóticas em rios e lagos, não ocorre a erosão com o carregamento e sedimento para curso de água (OLIVEIRA, 2016). A água descartada do sistema contém nutrientes suficiente para o crescimento e desenvolvimento das frutíferas plantadas em vasos o que acabou com os gastos de fertilizantes químicos.

Além da cama de cultivo e do potencial uso da lemna o filtro biológico é fundamental no sistema de aquaponia, ele pode ser constituído por um tambor, tanque ou uma caixa de água com mídias biológicas alfas (MBBR), argila expandida, pedra brita, pedaços de tijolos e muitos outros materiais para fixação das bactérias nitrificantes de fácil manutenção (Figura 10). Também é necessário ter uma bomba de água para fazer a recirculação da água para o sistema aquapônico e oxigenação dentro da caixa (SILVA, 2020; VIDAL, 2020). Há diversos matérias que podem ser utilizados para fixação bactérias como os conduítes ou eletroduto corrugado,

tampas de garrafas plásticas, roda de carrinho, as escovas filtrantes biológicas não são baratas, mas valem a pena adquirirem, suas cerdas ao se juntarem tem função de fazer uma barreira para que os dejetos não passem e fiquem no fundo as matérias orgânicas e entre as cerdas a intensa colonização das bactérias nitrificantes e passando água limpa para os outros filtros, uma vantagem que a manutenção é feita a cada 10 a 15 dias ou a saturação das escovas.



Figura 10 – Equipamentos e materiais utilizados como filtro biológico na propriedade: (A) escova filtrante biológica, (B) pedaços de tijolos com pedra brita, (C) argila expandida também utilizada para cultivo de espécies vegetais como a taioba e alface (D) filtro com diferentes tipos de objetos para fixação das bactérias como mídias biológica alfa MBBR, eletroduto corrugado, tampas de garrafas plásticas e rodas de carrinhos de brinquedo.

Fonte: Arquivo própria (2021).

As argilas expandidas não são baratas e sua porosidade não potencializa quando saturada, pois, as bactérias tem vida curta e não coloniza de forma correta, tem que ter renovação das bactérias. São utilizadas também como apoio para as plantas, resistentes, duradouras, ótima drenagem, facilidade no manejo.

2.4 BACTÉRIAS UTILIZADAS NA AQUAPONIA

A ração é o produto fundamental da aquaponia. Porque a partir da ingestão, digestão e excreção dos peixes que as bactérias vão entrar em funcionamento para fazer a conversão da excreta em nutrientes absorvidas pelas plantas (SÁTIRO, NETO e DELPRETE, 2018). Deve-se ter uma ração de boa qualidade para uma alta produção de peixes, e garante também a produção das bactérias nitrificantes e nutrientes das plantas com crescimento e desenvolvimento precoce.

A amônia é proveniente principalmente dos excrementos dos peixes via fecais e das branquiais, resíduos dos subprodutos da comida dos peixes. Na aquaponia os dejetos dos peixes devem ser transformados em nutrientes (Figura 11), esse processo ocorre naturalmente por meio dos biofiltros que possibilitam o crescimento das bactérias nitrificantes *Nitrossomas*, *Nitrobacter* e *Nitrosolobus* que transforma a amônia em nitrito e na sequência em nitrato que é menos tóxico e absorvido pelas plantas (MARTINS, 2017).

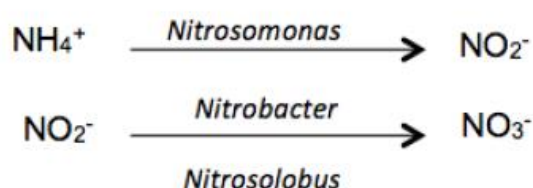


Figura 11 – Processo de nitrificação através de bactérias nitrificantes.

Fonte: Martins (2017).

Nitrossomonas e *Nitrobacter* são bactérias aeróbicas, e desenvolve em pH ideal entre 7,0 e 8,0, desta forma pH acima de 8,1 prejudica o ciclo de conversão da amônia em nitrito, o pH tem alta influência na nitrificação do nitrogênio (BELINTANO, 2020; BIAGIONI, 2021). O ciclo das bactérias nitrificantes inicia com as bactérias *Nitrossomonas* que transformam a amônia não ionizada (NH_3) extremamente tóxica aos peixes em relação a amônia ionizada (NH_4^+) em nitrito (NO_2^-) e depois as bactérias *Nitrobacter* transformam o nitrito em nitrato

(NO₃⁻) (ALCON, 2021). O nitrato é uma substância menos tóxicas aos peixes e são utilizadas pelas plantas como fonte de nitrogênio, garantindo a homeostase do sistema e o bem-estar dos peixes (BIAGIONI, 2021; JUNIOR, 2020. SÁTIRO, NETO e DELPRETE, 2018).

As bactérias nitrificantes *Nitrossomonas* e *Nitrobacter* processam a amônia principalmente no filtro biológico e nas camas de cultivo, onde se tem substratos com uma alta relação de superfície-volume para seu estabelecimento, os materiais mais comumente utilizados nas camas de cultivo para a fixação das bactérias são a argila expandida, pedra brita, pedaços de tijolos e telhas (JUNIOR, 2020). Somente com esses substratos não estavam sendo suficiente para as bactérias nitrificantes proliferarem e fazer a conversão da amônia, então adquiriu-se pela internet as escovas biológicas que têm uma ampla área de agregação das bactérias que foram colocadas nos decantadores e as mídias biológicas alfa (MBBR) nos sump que é o local onde fica a bomba de recirculação da água.

A água se torna adequada para reutilização no reservatório dos peixes após o processo de nitrificação (JUNIOR, 2020). Para ter um sistema de aquaponia funcionando corretamente deve-se ter um ciclo do nitrogênio contínuo que mantém o sistema vivo e produtivo através dos excrementos dos peixes e resíduos da alimentação e matéria orgânica das plantas.

2.5 TILÁPIA NA AQUAPONIA

O que determina a quantidade de peixes na aquaponia é a espécie escolhida, sua fase, seu peso corporal, alta densidade de estocagem, tolerância ao manejo frequente, eficiência do biofiltro e taxa de recirculação de água. O peixe mais adequado para essas condições na criação do sistema de aquaponia é a tilápia do nilo (*Oreochromis Niloticus*), nativa da África Oriental e introduzida no Brasil depois de 1950 (BIAGIONI, 2021; SILVA, 2020; VIDAL, 2020). Principalmente o oxigênio dissolvido pois vai desenvolver o crescimento e ciclagem das bactérias nitrificantes do sistema mantendo a qualidade da água e sobrevivência dos seres vivos com alta densidades de estocagem de peixes e plantas.

Conforme relata Barbosa (2021) sobre os dados levantados da associação brasileira da piscicultura (PEIXE BR, 2020) o Brasil cresceu 4,9% na produção aquícola chegando a 758.006 toneladas, onde a tilápia representa 57% das espécies cultivadas em água doce e manteve o 4º lugar da produção mundial em 2019. O segundo lugar de peixes mais cultivados no mundo é das tilápias com 4,5 milhões de toneladas. O Brasil tem grande potencial para desenvolver a

atividade aquícola por ter clima favorável, vasta dimensão continental, disponibiliza de uma reserva hídrica de 12% da água doce do mundo.

A tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) é a espécie de peixe que mais se cultiva no sistema de aquaponia no Brasil por ter grande rusticidade e resistência a doenças, boa adaptação às condições climáticas, é tolerante a baixa quantidade de espaço, possui ótima conversão alimentar e é uma espécie de hábito alimentar onívoros o que facilita o manejo. Possui um histórico de pesquisa consolidado que permitiu o controle por parte dos produtores da tecnologia de reprodução, melhoramento genético e amplo conhecimento de sua nutrição. Há uma ótima procura no mercado pela tilápia o que melhora seu preço comercial (SILVA, 2020; VIDAL, 2020).

Escolheu-se a tilápia para criar justamente pela sua facilidade de manejo, resistência, docilidade, sabor suave da carne, desenvolvimento excelente no tamanho e peso nas condições do clima do estado de Mato Grosso, mas o principal é pela presença de poucos espinhos, somente as costelas, 7 espinhos perto das costelas e ausência dos espinhos em Y. A aquisição de alevinos de tilápia na região é difícil, sendo mais facilmente encontrada na região de Minas Gerais e Goiás. Os peixes adquiridos apresentaram estresse pelo transporte em decorrência da distância, já que vieram de Primavera do Leste percorrendo uma distância aproximada de 686km, na mesma semana que chegaram houve uma queda na temperatura o que ajudou na proliferação das doenças, a falta de pesquisa prévia para preparação do manejo na chegada dos peixes para evitar esse estresse ocasionou o óbito dos peixes. Somente na terceira aquisição de alevinos advindos de região mais próxima, no caso de Cuiabá

O metabolismo da tilápia funciona melhor em uma temperatura entre a faixa de 25°C a 32°C. Temperaturas abaixo de 11°C vai influenciar no desenvolvimento tanto de peso como do tamanho (SILVA, 2020). Em baixas temperaturas os peixes diminuem seu metabolismo, deixando de comer e acarretando em fraqueza, baixa imunidade, aumenta a entrada de doenças e levando-os a óbitos. Nas temperaturas amenas nos incentivamos os peixes a comer fracionando as rações em pequenas porções, mas em várias vezes fornecidas e alternando com alface, cebolinhas, couve, taioba, lemnas ou lentilha d'água ao longo do dia.

2.6 A HIDROPONIA NA AQUAPONIA

Os produtores apreciaram o plantio de hidroponia suspenso pela falta da esterilização do solo, melhores condições de trabalho e maior garantia de sucesso da atividade (PALOMBINI, 2020). O cultivo de plantas na aquaponia garante um maior adensamento de plantas por área, uma antecipação em suas colheitas, utilização de solos improdutivos e a produção em zonas urbanas (VIDAL et al., 2020).

A aquaponia proporciona uma economia na água de até 90% comparado com a agricultura convencional e não elimina seus efluentes diretos no meio ambiente, pois é um sistema de recirculação de água fechada. A hidroponia conciliada com a aquicultura tem baixo custo de investimento por ser instalada em áreas de pouco espaços, com o uso otimizado da área e permitir a utilização dos nutrientes provindo dos desejos excretado dos peixes via branqueais e fezes (QUEIROZ, 2017; VIDAL, 2020).

Ainda de acordo com o mesmo autor a escolha da espécie de hortaliças a serem plantadas deve se levar em consideração as exigências nutricionais, a duração do ciclo da espécie cultivada, a tolerância ao clima da região e a demanda na escala comercial. Todas as plantas cultivadas na hidroponia podem ser utilizadas na aquaponia, permitindo o cultivo de uma ampla variedade de legumes, frutas, verduras e até flores, desde que se siga os cuidados necessários (ALVARES, 2013; SILVA, 2020). A suplementação nutricional para as plantas depende da fase de cultivo dos peixes, parâmetros da qualidade da água, composição da ração, fluxo da água.

As espécies de hortaliças mais cultivadas no sistema da aquaponia são normalmente as de menor exigência nutricional que são as folhosas como a alface, rúcula, agrião, manjeriço, salsa, cebolinha, hortelã, coentro (VIDAL, 2020). A dica em áreas residenciais é selecionar espécies que você gosta e sejam úteis e uma forma de suprir a exigência nutricional das plantas é pela quantidade fornecida de ração 60 a 100g/dia para 1m² de planta (ALVARES, 2013; QUEIROZ, 2017, SILVA, 2020). A suplementação nutricional para as plantas depende do fluxo da água, quantidade e qualidade de ração pois é a partir da sua decomposição que é fornecido os nutrientes para as plantas e o tempo de desenvolvimento das plantas também está relacionado com a fase dos peixes, pois quanto maiores maior a liberação de excretas que serão decompostas.

A alface foi uma das primeiras hortaliças cultivadas pelo homem. Hoje é a mais produzida e consumida no Brasil por ser o cultivo mais fácil de manejo e rápido ciclo de produção,

variando de 25 a 90 dias, enquanto que, os peixes tem uma duração na produção de 210 a 270 dias (BIAGIONI, 2021; BARBOSA, 2021). O ciclo da alface plantada desde sua semeadura até a sua colheita foi de 50 dias em condições climáticas, fotoperíodo, intensidade solar adequada e nutriente acrescentada como o ferro conforme sua carência nutricional foliar monitorada pela visão e colocada semanalmente no filtro biológico para seu crescimento e desenvolvimento da planta.

Os pequenos produtores para produzir lucro para si, tem que investir sempre em inovações e tecnologia pois só produz riqueza para o próximo. Hoje o *baby leaf* que são folhas jovens, colhidas precocemente ou seja, não expandidas completamente são macias e saborosas, com formatos e cores diferentes dependendo da espécie cultivada vem ganhando espaços na mesa dos consumidores do Brasil por despertar curiosidade e estimulando as crianças que tem simpatia por produtos de tamanho pequenos e cores diversas. Suas folhas variam de 5 a 10 cm de comprimento. Os restaurantes adquiriram o *baby leaf* pelo aspecto estético para intrigar os clientes, não precisar picar as folhas (PURQUERIO, 2016). Outro nicho que vem ganhando espaço é o *microgreens* ou micro vegetais que varia de 5 a 10 cm das folhas até a raiz. Possui de 4 a 40 vezes a mais seu valor nutricional comparado com as hortaliças na fase final

Há uma diversidade de sistemas de aquaponia quanto a sua finalidade e intensidade de produção, na hidroponia também há uma série de sistemas, dentre os quais os mais conhecidos são o NFT - *Nutrient Film Technique*, o DFT - *Deep Flow System* e o MBT - *Media Based Systems*.

No NFT as hortaliças e frutíferas são comumente plantadas e cultivadas em canaletas de tubos de policloreto de vinila (PVC) colocadas comumente em uma bancada com uma inclinação de 10%, mas pode se apresentar de diferentes formas (Figura 12 e 13), em que os tubos de 75 mm possuem furos na sua parte superior a cada 30 cm para a alocação das plantas com 5 cm de diâmetro e de 7 cm de distância entre tubos e na extremidade inferior fica uma canaleta que finaliza no tanque dos peixes.

As raízes das plantas são nutridas por uma lâmina de água processada pelas bactérias nitrificantes com a inclusão dos nutrientes minerais necessários de complementação pela parte mais alta da bancada por um cano que deve fornecer a mesma quantidade de água para todos os tubos, a água após passar por essa etapa retorna por gravidade ao tanque dos peixes limpa (JUNIOR, 2020; SILVA, 2020).

As tubulações que irrigam as plantas devem-se fazer limpeza a cada 15 dias pois elas entopem com as bactérias que vivem no cano obstruindo as passagens da água e seus nutrientes

para o desenvolvimento. No fim de cada colheita deve se fazer a limpeza total do sistema da hidroponia evitando doenças entre cultivos.



Figura 12 – Diferentes modelos de sistema NFT em hidroponia.
Fonte: Alfaro (2013).



Figura 13 – Diferentes modelos de sistema NFT em hidroponia.
Fonte: Arquivo próprio (2021).

No DFT as plantas são adicionadas em mesas planas onde a água circula por meio de bombeamento ou gravidade, são apoiadas em placa de isopor que deve ter orifícios para as raízes ficarem submersas na água o tempo todo, dentro de um tanque ou caixa de água com uma lamina profunda de 25 a 40 cm (Figura 14). Este sistema com bandeja flutuante tem como vantagens a redução por evaporação da água, menos oscilações térmicas, proteção dos raios

solares evitando crescimento de microalgas indesejáveis e desvantagem a falta de oxigênio o que demanda no uso de um aerador para oxigenar as raízes das plantas, bactérias nitrificantes que colonizam as paredes e fundos das placas. É recomendado neste sistema uma taxa de renovação de água de 100% que deve ocorrer de 1 a 4 horas com cultivo de plantas folhosas como a alface e rúcula pois são poucas exigentes (SILVA, 2020).



Figura 14 – Diferentes modelos de sistema Jangada em hidroponia.

Fonte: Alfaro (2013).

Já no sistema MBT ou cama de cultivo sua instalação pode ser feita com tambores ou bombonas cortadas ao meio, cortadas com 20 cm de altura, tampa de caixa, toneis, caixa de água, carcaça de geladeira, bacias, pode se reutilizar recipientes desde que não liberem substâncias tóxicas na água, resistentes (Figura 15). As plantas são sustentadas pelos substratos como a argila expandida, tijolos e telhas quebradas em pedaços não pequenos, brita média e a drenagem da água ocorre pelo sifão. O MBT age como filtro biológico e mecânico, tem fácil manuseio é um local de alta proliferação de bactérias nitrificantes. Sistema apropriado para residências não de escala comercial por difícil manejo de limpeza e manutenção das camas de cultivo (QUEIROZ, 2017; SILVA, 2020).



Figura 15 – Diferentes modelos de sistema MBT ou Barrel-Ponics em hidroponia como cama de cultivo

Fonte: Alfaro (2013).

A análise dos atributos da água feita para os peixes também é importante para as plantas na manutenção de suas condições químicas e físicas para se ter uma nutrição adequada das plantas, uma colonização regular das bactérias e uma conversão alimentar dos peixes.

O pH superior a 7,0 exerce influência na disponibilidade de nutrientes como o ferro, manganês, boro, zinco e cobre, já com pH menor que 6,0 decresce os nutrientes como fosforo, cálcio, molibdênio e magnésio.

Uma das vantagens da hidroponia na aquaponia é a restrição do uso de agrotóxicos no controle de pragas e fertilizantes nos vegetais, para não causar danos à saúde dos peixes e assim garantindo produtos saudáveis para o consumo (OLIVEIRA, 2016; VIDAL, 2020). A hidroponia na aquaponia tem inúmeros benefícios como proporcionar alimentos sempre frescos, orgânicos e saudáveis a população (JUNIOR, 2020).

Apesar de existirem vários tipos de sistema hidropônicos o mais utilizado no Brasil é o sistema NFT (fluxo laminar de nutrientes) e a cama de cultivo com substrato é principalmente utilizado para as hortaliças e frutíferas (PALOMBINI, 2020).

A atividade da hidroponia vertical é a que se sobrepõe às outras técnicas de sistema de hidroponia. É o que mais se aproveita os espaços por área cultivada podendo até quintuplicar sua produtividade por metros quadrado. Por ser uma técnica de projeto pode ser chamada de arquitetura de cultivo (PALOMBINI, 2020).

A aquaponia é uma técnica com alta vantagem pode ser lucrativa ao unir os cultivos da aquicultura e da hidroponia com conservação dos recursos hídricos, alimentos fornecidos aos consumidores com maior nível de segurança alimentar e baixa mão de obra.

O sistema de produção da aquaponia utiliza os resíduos dos peixes para a nutrição das hortaliças reduzindo ou suprimindo os gastos dos insumos utilizados na preparação das soluções nutritivas da hidroponia em 30% do seu custo conforme hortaliças cultivadas. A utilização da água residual dos peixes para nutrir as plantas garante um alimento saudáveis e sustentáveis com diversificação de produção e menor impacto ao meio ambiente gerando alimentos de alto valor uma vez que a solução nutritivas são preparadas a partir de matéria orgânica e não de sais minerais industrializados e o uso de agrotóxicos no controle de pragas e doenças (BIAGIONI, 2021).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema de aquaponia possibilitou a produção de alimentos saudáveis sem a utilização de agrotóxico, antibióticos, produzido em terreno inicialmente tido como infértil, que se tornou produtivo em alimentos sempre frescos e com uma produção constante, com baixa necessidade de água. Representa também uma forma de terapia melhorando a saúde e o bem estar dos envolvidos no sistema.

O controle da qualidade da água é fundamental e depende de vários fatores, mas todos são resolvidos com um manejo adequado orientado pelas análises da água e limpeza do sistema, condições que garantem uma eficiência produtiva e garante a sobrevivência das espécies produzidas.

Aquaponia apesar de ser uma prática antiga ainda demanda de pesquisas em diversas áreas do conhecimento como da biologia, piscicultura, hidráulica, engenharia, para melhor desenvolvimento e produtividade de espécies envolvidas no sistema da aquaponia.

REFERÊNCIAS

- ALCON. Linha para peixes – corretivos. 2021. Disponível em: <http://alcnpet.com.br/produtos-por-categoria/corretivos/peixes> Acesso em: 09/10/2021
- ALFARO, C. **Guia Prático: Aquaponia em sua casa versão 1.0**. 2013. Disponível em: <http://docplayer.com.br/65554045-Aquaponia-em-sua-casa-versao-1-0.html> Acesso em: 28/10/2021.
- BIAGIANI, R. C. Desempenho produtivo e qualidade da água em um sistema de aquaponia contendo tilápias em diferentes densidades de cultivo, alface e macrófitas aquáticas. Tese Universidade Federal de São Carlos. Sorocaba – SP 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/14959/TESE%20Renata%20Casseiro%20Biagioni.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em: 02/11/2021.
- CARNEIRO, P. C. F.; MORAIS, C. A. R. S.; NUNES, M. U. C.; MARIA, A. N.; FUJIMOTO, R. Y. Montagem e operação de um sistema familiar de aquaponia para produção de peixes e hortaliças. **Circular Técnica 72**. Embrapa Tabuleiros Costeiros. Aracaju, SE. 2015. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/144938/1/CT-72.pdf> Acesso em: 28/10/2021.
- EMERENCIANO, M. G. C.; PINHO, S. M. e CARNEIRO, P. C. F. Aquaponia no Brasil o que o futuro nos aguarda? **AQUACULTURE BRASIL**. Setembro/OUTUBRO 2016 Disponível em: https://d335luupugsy2.cloudfront.net/cms/files/85938/1581510547Aquaponia_no_Brasil.pdf Acesso em: 26/09/2021.
- FILHO, L. G. dos S. et al. Utilização de indicadores de viabilidade econômica na produção de tilápia (*OREOCHROMIS NILOTICUS*) em sistema de recirculação: estudo de caso de uma piscicultura de pequena escala em Parnaíba – PI. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, Lavras, v. 18, n. 4, p. 304 – 314, 2016.
- FILHO, M. L. B. Potencial de criação de Jundiá em sistema integrada ao cultivo de alface – aquaponia com e sem o uso de bioflocos. TCC Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Imbé 2018. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/172928> Acesso em: 29/10/2021.
- JUNIOR, N. T. **A aquaponia como sistema de agricultura urbana e periurbana: um estudo de caso município de Osório – RS**. TCC Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Tramandaí, 2020. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/220599/001124557.pdf?sequence=1> Acesso em: 21/10/2021.
- MARTINS, P. Aquaponia, uma novidade na educação ambiental. **Revista Ambiental MEMTE sustentable**. Janeiro-Dezembro. Ano XII, V. I, n. 23-24, 2017. p.101-106. Disponível em: <http://hdl.handle.net/2183/22384> Acesso em: 02/10/2021.
- MATTOS, B. O. DE; LIMA, J. P.; OLIVEIRA, A. T. de e ARIDE, P. H. R. **Aquicultura na Amazônia estudos técnicos científicos e difusão de tecnologias**. Editora Atena 2021.

Disponível em: <https://sistema.atenaeditora.com.br/index.php/admin/api/artigoPDF/46935>
Acesso em: 20/10/2021.

PALOMBINI, M. C., Plantio suspenso de morango. 2020 Disponível em <https://revistacampoenegocios.com.br/plantio-suspenso-de-morango/> Acesso em: 05/10/2021.

PINTO, P. **Os benefícios da taioba e lentilha d'água para aquaponia.** Aquaponia Brasil: a arte de criar peixes e plantas. Disponível em: <https://aquaponiabrasil.wordpress.com/2016/06/11/os-beneficios-da-taioba-e-lentilha-dagua-para-aquaponia/> Acesso em: 12/11/2021.

PURQUERIO, L. F. V.; CALORI, A. H.; Lúcia; via Aguiar Sumam de Moraes. Hortaliças baby leaf: um mercado em ascensão. Revista Cultivar 2016. Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/artigos/pequenas-e-promissoras> Acesso em: 20/11/2021.

QUEIROZ, J. F. de; FREATO, T. A.; LUIZ, A. J. B.; ISHIKAWA, M. M.; FRIGHETTO, R. T. S. Boas práticas de manejo para sistemas de aquaponia. Embrapa meio ambiente. Jaguariúna, SP 2017. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/178041/1/2018DC01.pdf> Acesso em: 19/11/2021.

SANTOS, S. E. L. Sistema de supervisão e controle para produção agrícola em aquaponia. **Dissertação.** Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Bragança. 2021. Disponível em: <https://bibliotecadigital.ipb.pt/handle/10198/23682> Acesso em: 28/10/2021.

SÁTIRO, T. M.; NETO, K. X. C. R.; DELPRETE, S. E. Aquaponia: sistema que integra produção de peixes com a produção de vegetais de forma sustentável. **Rev. Bras. Eng. Pesca** **11 (1): 38 – 54, 2018.** Disponível em: [file:///C:/Users/user/Downloads/1513-Texto%20do%20artigo-4631-2-10-20181010%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/user/Downloads/1513-Texto%20do%20artigo-4631-2-10-20181010%20(3).pdf) Acesso em: 27/09/2021.

SILVA, J. C. R.; ALVES, M. V. G.; SANTOS, P. M.; CERQUEIRA, D. C. O. Aquaponia: sistema integrada de produção de peixes e plantas. IN: Conedu VII Congresso Nacional de Educação. **Anais.** 2020 Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/67985> Acesso em: 02/10/2021.