



Série
Produtor Rural

nº 94

Uma introdução à aquaponia

Josué Wenceslau de Oliveira Neto
Brunno da Silva Cerozi

Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"
Divisão de Biblioteca

ISSN 1414-4530

Universidade de São Paulo - USP
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - ESALQ
Divisão de Biblioteca - DIBD

Josué Wenceslau de Oliveira Neto¹
Brunno da Silva Cerozi²

¹ Engenheiro Agrônomo – ESALQ/USP, Piracicaba, SP – josuewo@usp.br

² Prof. Dr. – Departamento de Zootecnia – ESALQ/USP, Piracicaba, SP –
brunno.cerozi@usp.br

Uma introdução à aquaponia

Série Produtor Rural nº 94

DOI: 10.11606/9788586481789

Piracicaba
2026

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Reitor - Prof. Dr. Aluísio Augusto Cotrim Segurado
Vice-reitora - Prof^a. Dr^a. Liedi Légi Bariani Bernucci

Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

Diretora - Prof^a. Dr^a. Thais Maria Ferreira de Souza Vieira
Vice-diretor - Prof. Dr. Marcos Milan

DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD

Av. Pádua Dias, 11 - Caixa Postal 9
13418-900 - Piracicaba - SP

biblioteca.esalq@usp.br • www.esalq.usp.br/biblioteca

Revisão e edição Eliana Maria Garcia
Foto capa Josué Wenceslau de Oliveira Neto
Editoração Maria Clarete Sarkis Hyppolito

Dados de Catalogação na Publicação

DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP

Oliveira Neto, Josué Wenceslau de

Uma introdução à aquaponia [recurso eletrônico] / Josué Wenceslau de Oliveira Neto e Brunno da Silva Cerozi. -- Piracicaba : ESALQ - Divisão de Biblioteca, 2026.

87 p. : il. (Série Produtor Rural, n. 94)

ISSN: 1414-4530

ISBN: 978-85-86481-78-9

DOI: 10.11606/9788586481789

1. Aquaponia 2. Sustentabilidade 3. Qualidade de água 4. Piscicultura 5. Hidroponia I. Cerozi, B. da S. II. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Divisão de Biblioteca III. Título IV. Série

CDD 639.3

Elaborada por Maria Angela de Toledo Leme - CRB-8/3359

Esta obra é de acesso aberto. É permitida a reprodução parcial ou total desta obra, desde que citada a fonte e a autoria e respeitando a Licença Creative Commons



Este livro é o resultado de uma caminhada coletiva movida por curiosidade, compromisso social e o desejo de tornar a aquaponia acessível a todos. Nada disso teria sido possível sem o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP). Muitas das informações, imagens e aprendizados aqui reunidos resultaram de diversos projetos financiados pela FAPESP, desde o Auxílio à Pesquisa Jovem Pesquisador (processo nº 2017/14269-2), até as bolsas de Iniciação Científica (processos 2022/03838-4, 2022/03916-5, 2020/07234-0, e 2019/09472-9) e de Mestrado (processos 2019/09472-9 e 2024/19461-2). Mais do que financiamento, esses apoios permitiram formar pessoas, construir conhecimento e colocá-lo em prática junto à sociedade. Nosso sincero agradecimento à FAPESP, não apenas por apoiar a pesquisa, mas por acreditar em seu papel transformador. Que este livro devolva à sociedade um pouco do que a ciência pode oferecer quando é feita com propósito, com afeto e com os pés no chão

Ao investigar os diferentes sistemas de produção de alimentos, percebemos rapidamente que a natureza já havia nos dado o melhor modelo possível: ciclos fechados, integrados, resilientes e com perda mínima. A aquaponia, nesse sentido, não é apenas uma tecnologia. Ela é uma ideia e talvez uma das mais elegantes já aplicadas à produção de alimentos.

Este livro, nasce da vontade de democratizar essa ideia. Aqui reunimos o essencial para quem deseja começar, expandir, melhorar, ou compreender com profundidade os fundamentos e desafios de um sistema aquapônico bem conduzido. Mas também buscamos algo além da técnica: mostrar como a aquaponia pode ser instrumento de transformação econômica, ambiental e social.

Ao longo destas páginas, nos dedicamos a construir um texto claro, estruturado e visualmente acessível. Cada capítulo foi concebido para ser uma peça de um sistema maior, como numa aquaponia, em que tudo se conecta, e cada parte tem seu papel na sustentabilidade do todo.

Se este livro inspirar você a montar um sistema de aquaponia, a ensinar outras pessoas, a iniciar uma pesquisa ou a repensar como produzimos alimentos, ele terá cumprido sua missão.

Seja bem-vindo à aquaponia.

Os autores

SUMÁRIO

1. O QUE É AQUAPONIA	11
1.1 Um novo olhar sobre a produção de alimentos	11
1.2 Por que isso importa?	13
1.3 Um sistema vivo exige compreensão profunda	13
2. COMPONENTES BÁSICOS DE UMA AQUAPONIA	15
2.1 Objetivos de aprendizagem	15
2.2 Introdução	15
2.3 Os cinco componentes básicos	15
2.4 Tanque de peixes	17
2.5 Biodigestor	20
2.6 Biofiltro	22
2.7 Área de cultivo de plantas	24
2.8 Tanque de retorno	26
2.9 Conclusão	26
3. MATERIAIS E EQUIPAMENTOS PARA AQUAPONIA	27
3.1 Objetivos de aprendizagem	27
3.2 Introdução	27
3.3 Materiais: o que usar e o que evitar	28
3.4 Materiais recomendados	30
3.5 Materiais reutilizados	31
3.6 Equipamentos essenciais para operação do sistema	33
3.6.1 Bombas de água	33
3.6.2 Aeradores	34
3.7 Válvulas, registros e tubulações	34

3.7.1 Investida em qualidade	35
3.7.2 Automatização e sensores	35
3.7.3 Conclusão	35
4. DOIS TIPOS DE AQUAPONIA	37
4.1 Objetivos de aprendizagem	37
4.2 Introdução	37
4.3 Aquaponia acoplada	37
4.4 Aquaponia desacoplada	39
4.5 Considerações práticas	40
4.6 Conclusão	40
5. CULTIVO DE PLANTAS EM AQUAPONIA	41
5.1 Objetivos de aprendizagem	41
5.2 Introdução	41
5.3 NFT (Nutrient Film Technique).....	42
5.4 DFT (Deep Flow Technique ou Floating)	42
5.5 Gotejamento	43
5.6 Espécies mais cultivadas em aquaponia	45
5.7 Técnicas básicas de cultivo: semeadura, transplante e colheita	45
5.8 Manejo de pragas e doenças	46
5.9 Desafios do manejo de pragas em aquaponia	46
5.10 Manejo Integrado de Pragas (MIP)	47
5.11 Prevenção	47
5.12 Controle biológico	47
5.13 Manutenção	48
5.14 Conclusão	48

6. CRIAÇÃO DE PEIXES EM AQUAPONIA	51
6.1 Objetivos de aprendizagem	51
6.2 Introdução	51
6.3 Por que tilápia?	51
6.4 Biologia e ambiente ideal para tilápias	52
6.5 Criação prática: densidade, alimentação e despesca	52
6.6 Saúde dos peixes: prevenir é melhor do que remediar	54
6.7 Conclusão	54
7. PROPORÇÃO ENTRE PEIXES E PLANTAS	55
7.1 Objetivos de aprendizagem	55
7.2 Introdução	55
7.3 A lógica da proporção	56
7.4 Fatores que influenciam a proporção de peixe e plantas	56
7.5 Quantidade de ração	58
7.6 Simulação prática de dimensionamento baseado em uma meta de produção	58
7.7 Conclusão	61
8. PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA	63
8.1 Objetivos de aprendizagem	63
8.2 Introdução	63
8.2.1 Amônia (TAN – Nitrogênio Amoniacal Total)	63
8.2.2 Nitrito (NO_2^-)	66
8.2.3. Nitrato (NO_3^-)	66
8.2.4. Oxigênio Dissolvido (OD)	67
8.3 Relação do oxigênio com outros parâmetros importantes .	69
8.3.1 pH	71

8.3.2 Alcalinidade	73
8.3.3 Condutividade Elétrica (CE)	74
8.3.4 Nutrientes críticos para plantas: o caso do ferro	75
8.4 Suplementação de outros nutrientes	79
8.5 Monitoramento.....	80
8.6 Conclusão	80
9. RESUMO DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA	81
9.1 Objetivos de aprendizagem	81
9.2 Como usar essa Tabela	81
9.3 Conclusão	81
10. REFLEXÃO E CAMINHOS FUTUROS	83
10.1 O que a aquaponia nos ensina?	83
10.2 Você agora é parte do sistema	83
10.3 Desafios e oportunidades à frente	83
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA E RECURSOS ONLINE	
RECOMENDADOS	85

Você já parou para pensar que a água usada para criar peixes pode também ser o adubo perfeito para produzir plantas? Essa é a proposta da aquaponia: transformar resíduos em recursos, por meio de um sistema que recicla e integra, produzindo alimentos de forma eficiente.

Aquaponia é mais do que a união de peixes e plantas. É um ecossistema complexo, onde cada componente exerce uma função vital. Neste capítulo, vamos entender a lógica por trás desse sistema e porque ele vem se consolidando como uma das alternativas mais promissoras para a agricultura sustentável.

1.1 Um novo olhar sobre a produção de alimentos

A aquaponia é uma técnica que integra a criação de peixes (aquicultura) em sistemas de recirculação de água, com o cultivo de vegetais sem o uso de solo (hidroponia). Nesse sistema, a água da criação dos peixes, que é rica em nutrientes, depois de tratada é usada para irrigar as plantas que absorvem esses elementos para o seu crescimento e desenvolvimento. Ao fazerem isso o excesso de nutrientes e compostos tóxicos aos peixes são removidos e a mesma água pode ser usada novamente, eliminando a necessidade de trocas de água como na piscicultura tradicional em sistemas abertos. Assim, a aquaponia oferece diversas vantagens econômicas, ambientais e sociais.

**Algumas vantagens da aquaponia são:**

- Economia de água
- Economia de fertilizantes
- Uso eficiente do espaço
- Cultivo sem solo
- Produção de alimentos nos centros urbanos

Por ser um sistema fechado, a aquaponia apresenta um consumo de água extremamente reduzido; composto basicamente pelas perdas por evaporação e transpiração das plantas. Essa característica não só a torna mais sustentável, como também viabiliza a produção de alimentos em regiões sujeitas à escassez hídrica.

Outro ponto forte da aquaponia é a economia com fertilizantes. Diferentemente da agricultura tradicional ou mesmo da hidroponia, que dependem fortemente de fertilizantes sintéticos, geralmente obtidos de fontes não renováveis e produzidos com alto custo energético, a aquaponia aproveita os resíduos produzidos pelos peixes como principal fonte de nutrientes para as plantas. Em sistemas convencionais de piscicultura, esses nutrientes seriam descartados no ambiente, muitas vezes gerando impactos negativos, como a poluição da água. Mas na aquaponia, eles são reciclados e transformados em insumos produtivos, não em problema. Com isso, o sistema se destaca também na gestão sustentável dos efluentes.

Além disso, os sistemas aquapônicos são intensivos. Isso significa que conseguem produzir mais com menos. Essa eficiência produtiva maximiza o uso da área disponível, liberando espaço para outras finalidades como moradia, agricultura convencional ou áreas de preservação. Além disso, como o cultivo é realizado sem solo, é possível implantar sistemas de aquaponia em locais onde a agricultura tradicional seria inviável, como centros urbanos ou áreas degradadas.

Essas características, uso eficiente da água e do espaço, reaproveitamento de nutrientes e cultivo sem solo; tornam a aquaponia ideal para produção de alimentos nos centros urbanos. Resultando em vantagens adicionais, como o fortalecimento do mercado local, redução das emissões de gases do efeito estufa associadas ao transporte e diminuição do desperdício de alimentos.

1.2 Por que isso importa?

Imagine produzir peixes e hortaliças no quintal de casa, alimentos saudáveis e produzidos de forma sustentável, com uso mínimo de água, sem fertilizantes sintéticos e praticamente sem descarte. A aquaponia permite isso. Portanto, a aquaponia oferece uma solução eficiente e escalável para regiões com recursos limitados e consumidores exigentes.

1.3 Um sistema vivo exige compreensão profunda

Apesar de todos esses benefícios, a aquaponia ainda encontra barreiras para ser amplamente difundida. O principal desafio está associado a sua complexidade; a aquaponia não é um sistema “copia e cola”, é um ecossistema dinâmico, que exige conhecimento técnico e manejo cuidadoso. Você até pode montar um sistema de aquaponia com manuais e vídeos da internet. Mas seu sistema só será produtivo e eficiente quando você entender como funcionam os diferentes componentes produtivos, quais parâmetros monitorar e controlar, e como manejar plantas e peixes simultaneamente. Entender essa lógica é o que diferencia o amadorismo do profissionalismo.

Mas não se assuste: apesar de parecer difícil, não é impossível!

O objetivo deste livro é justamente te ajudar a compreender esse sistema. Nos próximos capítulos, vamos mergulhar no oceano da aquaponia e aprender sobre cada componente, suas funções e como fazer o manejo correto para que o sistema seja produtivo e funcione de forma eficiente.

2.1 Objetivos de aprendizagem

Ao final deste capítulo, você será capaz de:

1. Identificar os principais componentes estruturais de um sistema de aquaponia;
2. Explicar o papel funcional de cada componente na dinâmica do sistema;
3. Reconhecer as interações físicas, químicas e biológicas entre os componentes de uma aquaponia.

2.2 Introdução

Como vimos no capítulo anterior, a aquaponia combina a hidroponia com a aquicultura em um sistema de recirculação de água. Assim, é de se esperar que tenhamos, no mínimo, um tanque para criação dos peixes, uma área para cultivo das plantas e uma bomba para movimentar a água. No entanto, como estamos falando de um sistema fechado, para que a aquaponia funcione precisamos garantir que os parâmetros de qualidade da água estejam em níveis adequados para garantir a saúde e o bom desenvolvimento de todos os organismos que fazem parte desse sistema, que são os peixes, as plantas e os microrganismos. Para isso, são necessários outros componentes essenciais.

2.3 Os cinco componentes básicos

Dois fatores cruciais em sistemas de aquaponia são: a gestão de sólidos (restos de

fezes e alimento) e a conversão da amônia (que é excretada pelos peixes) em nitrito, e depois nitrato. O excesso de sólidos no sistema pode prejudicar a saúde dos peixes, mas o principal problema é em relação às plantas, causando entupimentos nas tubulações e o acúmulo de matéria orgânica nas raízes, que favorece o desenvolvimento de doenças. Enquanto isso, altas concentrações de amônia e nitrito na água prejudicam o desenvolvimento dos peixes, podendo causar a morte dos animais. Além disso, o nitrogênio é um nutriente essencial para o desenvolvimento vegetal e as plantas preferem absorvê-lo como nitrato. Portanto, a remoção dos sólidos e a conversão dos compostos nitrogenados (amônia e nitrito) em nitrato é de suma importância tanto para os peixes quanto para as plantas.

Assim, podemos dizer que existem cinco componentes básicos em um sistema de aquaponia:

- 1) Tanque de peixes**
- 2) Biodigestor**
- 3) Biofiltro**
- 4) Área de cultivo de plantas**
- 5) Tanque de retorno**

A Figura 1 apresenta um esquema conceitual da disposição desses elementos. Cada componente possui um papel específico e indispensável que iremos explorar em detalhes.

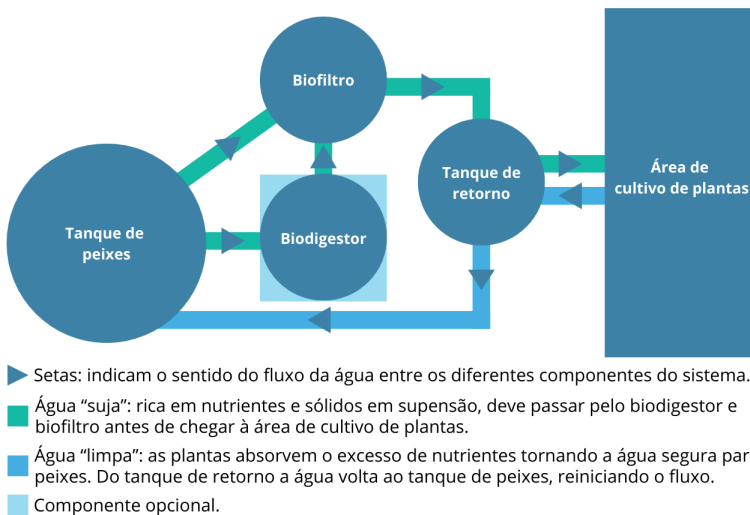


Figura 1 - Esquema dos componentes básicos de uma aquaponia

2.4 Tanque de peixes

Nesse componente os peixes são acomodados e alimentados, excretando os nutrientes que mais tarde serão absorvidos pelas plantas. Manter os parâmetros de qualidade de água, como oxigênio dissolvido, pH, amônia e nitrito; dentro das faixas ótimas é essencial para garantir a saúde e desenvolvimento adequado dos peixes. Se você tem dúvidas em relação aos parâmetros de qualidade de água, não se preocupe, nos capítulos seguintes vamos aprender mais sobre cada um deles.



Figura 2 - Tanque do sistema de aquaponia do Setor de Piscicultura da ESALQ - USP, construído com caixa d'água

Uma aquaponia pode ter um ou vários tanques, com peixes de diversos tamanhos. No entanto, o formato e o material do tanque influenciam diretamente sua eficiência e durabilidade. Por isso, o Setor de Piscicultura da ESALQ - USP preconiza o uso de tanques circulares com drenagem dupla. Na Figura 3 que mostra o esquema de um tanque com drenagem dupla, percebe-se que existem duas saídas de água, uma central no fundo do tanque e outra saída lateral na parte superior. Esse detalhe faz toda diferença. O dreno central é responsável pela coleta dos sólidos, que podem ser direcionados para um biodigestor, ou removidos do sistema por meio de descargas diárias e usados como fertilizante orgânico na agricultura; a vazão do dreno central deve ser de 10% a 20% da vazão de saída. O dreno lateral é responsável por drenar a maior parte da vazão (80% a 90%), essa água coletada na superfície é rica em amônia e contém poucos sólidos, por isso vai direto para o biofiltro, onde a amônia é convertida em nitrato.

Pontos de atenção:

- Para que o tanque de drenagem dupla funcione corretamente é necessário que a entrada de água no tanque seja paralela a parede lateral do tanque (ver Figura 3). Isso permite que a água do tanque seja movimentada de maneira homogênea e direcionada ao dreno central, o que vai facilitar a remoção dos sólidos.
- Além disso, é importante que a entrada do dreno lateral esteja posicionada de maneira oposta ao fluxo de água no tanque, ou equipada com uma tela protetora, para evitar a entrada de peixes e ração.

Portanto a maior vantagem de tanques com drenagem dupla é a possibilidade de eliminar o removedor de sólidos ou decantador (comum em muitos sistemas), pois o próprio tanque será responsável pela captura da maior parte dos sólidos; alguns sólidos de menor tamanho podem escapar pelo dreno superior, mas isso não é um problema, pois essa pequena fração ficará retida no biofiltro, podendo ser facilmente removida por meio de descargas periódicas. Além disso, esse design permite trabalhar com um sistema de menor volume e altas vazões, pois ao eliminar o removedor de sólidos o reduzimos o tempo de retenção, otimizando o uso da água e do espaço.

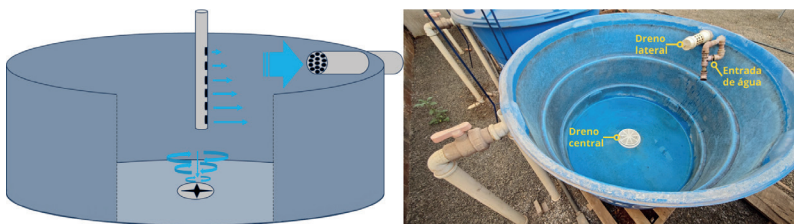


Figura 3 – Esquema de um tanque de piscicultura com drenagem dupla. A entrada de água deve ser paralela a parede do tanque para facilitar a movimentação da água em direção ao centro; o dreno inferior (central) é responsável pela captura dos sólidos e o dreno superior (lateral) pela coleta da água rica em amônia

2.5 Biodigestor

A água capturada pelo dreno central do tanque de peixes é rica em resíduos sólidos (fezes e restos de ração) que precisam ser removidos ou tratados antes de seguir para o filtro biológico e para as plantas. Caso contrário, podem causar entupimentos, acúmulo de matéria orgânica e doenças.



Dica prática:

Os sólidos removidos são ricos em nutrientes, em vez de descartá-los, você pode compostá-los ou tratá-los em um biodigestor para mineralização e posterior reutilização como fertilizante.

Muitas pessoas simplesmente descartam esse resíduo, mas essa não é a melhor solução. Como são ricos em nutrientes, substâncias húmicas e microrganismos benéficos, os resíduos sólidos da aquaponia podem ser utilizados na agricultura como fertilizante orgânico. Outra forma bastante eficiente de valorizar esse produto é direcionando os resíduos sólidos para o tratamento em biodigestores. No biodigestor ocorre o processo de mineralização desses resíduos, que de maneira simplificada pode ser entendido como a quebra da matéria orgânica e liberação de nutrientes que antes estariam indisponíveis para as plantas. Depois de mineralizado o efluente pode voltar para o sistema aquapônico, servido como fertilizante. Assim, além de tratar os resíduos sólidos de forma eficiente e sustentável, o biodigestor ainda recupera grande parte dos nutrientes como o fósforo e micronutrientes como o ferro, diminuindo a necessidade de suplementação mineral, reduzindo custos e tornando o sistema mais sustentável. A Figura 4 apresenta um biodigestor usado para mineralização de sólidos em uma aquaponia.



Figura 4 –Esquema de funcionamento do biodigestor utilizado para mineralização dos resíduos sólidos do sistema de aquaponia do Setor de Piscicultura da ESALQ – USP

2.6 Biofiltro

O biofiltro pode ser considerado como o coração do sistema, pois é onde acontece a nitrificação, que consiste na conversão da amônia (NH_3) e nitrito (NO_2^-), ambos tóxicos para os peixes, em nitrato (NO_3^-), que é absorvido pelas plantas. Esse trabalho é realizado por bactérias nitrificantes, principalmente dos gêneros *Nitrosomonas* e *Nitrobacter*. Assim precisamos oferecer as condições ideais para o crescimento dessas bactérias, por isso a água no biofiltro deve ser bem oxigenada e seu interior deve apresentar um substrato com elevada área específica, possibilitando a fixação e multiplicação das bactérias nitrificantes. Para isso, utilizamos as chamadas “mídias biológicas”.



As características da mídia biológica ideal são:

- **Elevada área específica:** quanto maior a área disponível por volume, mais bactérias podem se fixar e maior será a eficiência de nitrificação.
- **Boa porosidade:** permite a circulação de água e oxigênio, favorecendo o crescimento das bactérias nitrificantes.
- **Material inerte e durável:** não deve liberar substâncias tóxicas nem se degradar rapidamente na água.

Como substrato para reatores de nitrificação, indicamos as mídias biológicas do tipo MBBR (Moving Bed Bio-Reactor). Como foram projetadas especialmente para essa finalidade, apresentam elevada área específica e alta eficiência de nitrificação, e são construídas em material leve e resistente, o que facilita limpeza e aumenta a durabilidade do material. A Figura 5 mostra diferentes tipos de mídias do tipo MBBR e a figura 6 o esquema de funcionamento do biofiltro usado na aquaponia do Setor de piscicultura da ESALQ – USP.

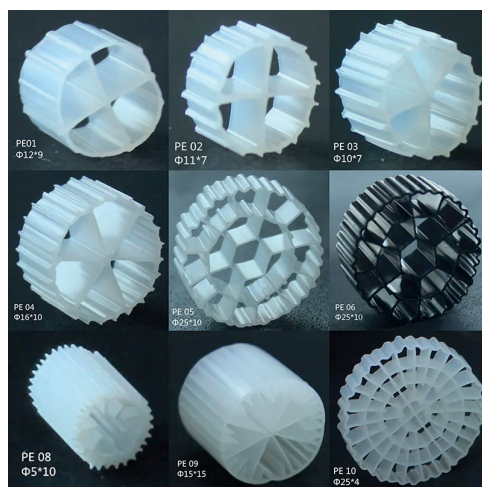


Figura 5 - Mídia biológica usada em reatores de nitrificação (biofiltro) do tipo MBBR¹

¹HOLLY. Global Wastewater Treatment Solutions Provider. **Good quality China Bio Media/Mbbr Filter Media/Mbbr**. Disponível em: <<https://www.hollyep.com/good-quality-china-bio-mediumbbr-filter-mediumbbr-product/>>. Acesso em: 12 mar. 2025

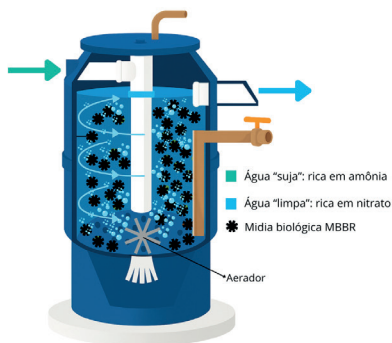


Figura 6 - Esquema de funcionamento do biofiltro utilizado na aquaponia do Setor de Piscicultura da ESALQ - USP

2.7 Área de cultivo de plantas

Ao sair do biofiltro a água flui para a área de cultivo das plantas (subsistema hidropônico) onde as raízes têm acesso (de forma constante ou periódica) à água da aquaponia e absorvem os nutrientes necessários para o seu desenvolvimento. Existem diferentes formas de cultivarmos vegetais na aquaponia, como os sistemas NFT (Nutrient Film Technique), DFT (Deep Flow Technique), e gotejamento. Vamos ver mais detalhes sobre cada um desses sistemas no capítulo "Cultivo de Plantas em Aquaponia".

Atenção

O acúmulo de sólidos nas raízes e a baixa oxigenação podem causar doenças como o *Pythium*. Garantir uma boa filtragem e aeração é essencial para um sistema saudável e produtivo.



Figura 7 - Sistema NFT (Nutrient Film Technique) para cultivo de hortaliças no sistema de aquaponia do Setor de Piscicultura da ESALQ - USP



Figura 8 - Plantas de alface atacadas por *Pythium*. O acúmulo de sólidos e matéria orgânica nas raízes e baixas concentrações de oxigênio na água favorecem o aparecimento dessas e outras doenças²

²SAKATA. **Vira-cabeça em alface:** saiba quais são as medidas necessárias para prevenção e controle da doença. Disponível em: <<https://blog.sakata.com.br/vira-cabeça-em-alface-saiba-quais-sao-as-medidas-necessarias-para-prevenção-e-controle-da-doença/>>. Acesso em: 12 mar. 2025

2.8 Tanque de retorno

Finalmente a água chega ao tanque de retorno, o ponto mais baixo do sistema e de onde a bomba envia novamente a água para os demais compartimentos do circuito. É neste compartimento que se fazem ajustes necessários como pH, adições de nutrientes e reposições de água. Também pode conter aeradores adicionais, para aumentar a concentração de oxigênio dissolvido na água que chega ao tanque dos peixes. A Figura 14 mostra um tanque de retorno e os diferentes componentes que podem ser incluídos nesse compartimento.



Figura 14 - Tanque de retorno no sistema de aquaponia do Setor de Piscicultura da ESALQ - USP

2.9 Conclusão

Um sistema de aquaponia é mais do que diferentes componentes acoplados. Cada subsistema interage com os outros em ciclos físicos, químicos e biológicos. Compreender que esses componentes interagem entre si é o primeiro passo para dominar o sistema como um todo. No próximo capítulo, vamos conhecer os diferentes materiais e equipamentos que podem ser utilizados em uma aquaponia e como escolhê-los de forma inteligente.

3.1 Objetivos de aprendizagem

Ao final deste capítulo, você será capaz de:

1. Avaliar materiais e equipamentos essenciais para montar e operar um sistema de aquaponia;
2. Identificar materiais inadequados ou perigosos para os organismos vivos do sistema;
3. Compreender o papel e o dimensionamento de bombas, aeradores e tubulações para garantir o funcionamento estável da aquaponia.

3.2 Introdução

Escolher os materiais e equipamentos certos é um dos passos mais importantes na montagem de uma aquaponia. Um erro nesse momento pode comprometer a durabilidade, a eficiência ou até a segurança do sistema. Se fizermos uma pesquisa rápida vamos encontrar diversos sistemas de aquaponia construídos de formas diferentes e com materiais variados. A criatividade é sempre bem-vinda, no entanto alguns materiais devem ser evitados.

Neste capítulo, vamos abordar tanto os materiais de construção quanto os equipamentos utilizados. O objetivo é fornecer critérios técnicos para que você saiba exatamente o que usar, o que evitar e como dimensionar seus componentes.

3.3. Materiais: o que usar e o que evitar

Materiais inadequados

Certos materiais são inadequados para a aquaponia, seja por conta de sua baixa durabilidade ou por conter substâncias potencialmente nocivas aos peixes, plantas e microrganismos do sistema. Esses materiais incluem plásticos do tipo vinil e neoprene, e materiais metálicos como tubos de ferro ou cobre.



Figura 15 - Exemplos de materiais de baixa qualidade e que devem ser evitados para construção de um sistema aquapônico: (1) vinil, (2) neoprene e (3) tubos de cobre^{3,4,5}

³MOR. **Piscina circular 5.000 litros.** Disponível em: <<https://www.lojamor.com.br/piscina-circular-5000l-001045-padrao/p>>. Acesso em: 13 mar. 2025

⁴CELPAN. **Tubos de neoprene.** Disponível em: <<https://www.celpan.com.br/tubos-de-neoprene/>>. Acesso em: 13 mar. 2025

⁵BRONMETAL. **Tubo de liga de cobre.** Disponível em: <<https://www.bronmetal.com/pt-pt/liga-de-cobre/tubo-de-liga-de-cobre/>>. Acesso em: 13 mar.2025

- **Vinil**

Apesar de ser muito utilizado em piscinas, o vinil não é um material adequado para a construção de tanques de peixes ou para a cobertura de estufas. Isso ocorre porque alguns dos materiais usados para sua produção são tóxicos aos peixes e podem acabar contaminando a água. Além disso, o vinil apresenta baixa durabilidade e resistência, encolhendo e ficando quebradiço com o tempo. Portanto, se você busca uma estrutura durável e segura, não utilize esse material em sua aquaponia.

- **Neoprene**

Mantas e tubos plásticos confeccionados em neoprene não são totalmente impermeáveis, o que pode permitir a contaminação da água com compostos químicos (desinfetantes, pesticidas etc.) que talvez tenham sido utilizados nos arredores. Além disso, alguns peixes como a tilápia, que tem o hábito de se alimentar de algas que crescem nas paredes do tanque, podem acabar cavando buracos no neoprene. Por isso, não utilize esse material.

- **Metais**

Metais como cobre, ferro, zinco e alumínio também não são recomendados, pois podem liberar na água metais pesados, que mesmo em pequenas quantidades são tóxicos para as plantas e humanos. Por isso não utilize esses materiais.

- **Madeiras não tratadas**

Sendo bastante versátil, a madeira tratada pode ser uma boa opção em algumas situações. No entanto, a madeira não tratada possui baixa durabilidade e alta porosidade, o que dificulta a limpeza e pode favorecer o desenvolvimento de patógenos. Portanto, quando necessário, utilize apenas madeira tratada.

3.4 Materiais recomendados

Cada componente do sistema, como tanques, tubulações e camas de cultivo, demanda um material com características específicas que assegurem o bom funcionamento e a durabilidade da estrutura. Existem diversas opções adequadas, cada uma com suas vantagens e desvantagens. A seguir, são apresentados os principais materiais recomendados para cada parte do sistema:

- **Tanques e reservatórios:** polietileno de alta densidade (PEAD), policloreto de vinila (PVC) fibra de vidro ou geomembranas específicas;
- **Tubulações:** PVC marrom (para altas pressões) ou branco (hidráulico), sempre com conexões bem vedadas;
- **Camas de cultivo:** calhas e vasos próprios para o cultivo hidropônico, no caso dos sistemas NFT e gotejamento; estruturas em alvenaria ou madeira tratada revestidas internamente com geomembrana, no caso do DFT;
- **Substratos de cultivo:** sempre utilize substratos comerciais, próprios para o cultivo hidropônico. Exemplos: fibra de coco, vermiculita e substratos compostos.

Além do preço, outro aspecto que pode influenciar a escolha dos materiais é a facilidade de construção e instalação. Por exemplo, tanques de concreto são duráveis, mas sua construção é muito mais complexa e demorada do que um sistema com tanques de geomembrana. Outra questão é a facilidade de limpeza. Por exemplo, o PVC é um bom material, mas pouco resistente à abrasão, que pode criar ranhuras na parede do tanque dificultando a limpeza. Além disso, materiais absorventes como madeira e concreto são mais difíceis de limpar e esterilizar.

Finalmente, lembre-se que a vida útil desses materiais depende muito das condições a que são expostos. Qualquer um desses ma-

teriais quando exposto diretamente à luz solar irá se degradar mais rapidamente. Assim evite deixar tanques e tubulações vazios diretamente expostos à luz solar e prefira materiais resistentes à radiação ultravioleta.

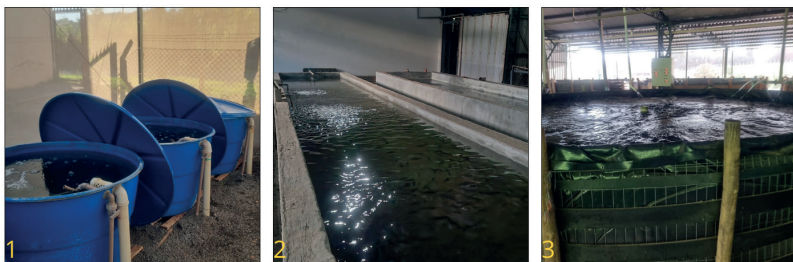


Figura 16 - Exemplos de materiais de alta qualidade e que podem ser utilizados para construção de um sistema aquapônico: (1) tanques e tubulação em PVC, (2) tanques em alvenaria e (3) tanques em PVC flexível

3.5 Materiais reutilizados

Podemos reutilizar materiais para a construção de um sistema de aquaponia. No entanto, sempre que pensar em reutilizar materiais certifique-se de que não foram usados para transportar ou armazenar compostos tóxicos. Por exemplo, containers utilizados pela indústria de alimentos são uma boa opção e apresentam riscos mínimos. Em conclusão, podemos reutilizar materiais, desde que sejam seguros para todos, seres humanos e organismos vivos do sistema.



Figura 17 - Exemplo de um sistema aquapônico montado com materiais reutilizados⁶.



Dica:

Sempre se certifique da origem e limpe bem qualquer item antes de integrá-lo ao sistema.
Recicle com consciência!

⁶CARNEIRO, P.C.F. et. al. **Produção integrada de peixes e vegetais em aquaponia**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. 27 p. (Documentos, 189). Disponível em: <<https://www.infotec.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1025991/1/Doc.189.pdf>>. Acesso em: 13 mar. 2025

3.6. Equipamentos essenciais para operação do sistema

3.6.1 Bombas de água

As bombas de água ocupam papel central, pois são responsáveis por recircular a água entre os diferentes compartimentos do sistema, garantindo o fluxo contínuo necessário para a sobrevivência dos peixes e o desenvolvimento das plantas. Sem elas o sistema para.

Tipo recomendado:

- **Sistemas pequenos:** bombas submersas;
- **Sistemas maiores:** exigem maior vazão, utilize bombas centrífugas.

A escolha da bomba ideal deve considerar critérios como a vazão, a altura manométrica, o consumo elétrico e a durabilidade do equipamento.

Como dimensionar:

- Calcule o volume total do sistema (em litros);
- Defina o número desejado de recirculações por hora (normalmente uma a duas trocas por hora);
- Estime as perdas de carga do sistema;
- Calcule a vazão da bomba:

$$\text{Vazão mínima necessária (L/h)} = \text{Volume total} \times \text{Recirculações por hora} \times 1,15 \text{ (perdas de carga)}$$

Ex.: um sistema de 1.000 litros com 2 recirculações/hora → $1000 \times 2 \rightarrow 2.000 \text{ L/h} \times 1,15 \rightarrow \text{Vazão necessária} = \mathbf{2.300 \text{ L/h}}$, considerando uma ineficiência de 15% (perdas de carga).

3.6.2 Aeradores

Sua função é promover a oxigenação da água nos tanques de piscicultura, no filtro biológico e em alguns casos nas camas de cultivo, sendo essenciais para manter os níveis de oxigênio acima de 5 mg/L. Entre os tipos mais comuns de aeradores estão as pedras difusoras conectadas a sopradores, os sistemas Venturi acoplados à bomba e os injetores de ar tipo Venturi, todos com diferentes níveis de eficiência e aplicação conforme o porte do sistema.

Dimensionamento

- **Sistemas pequenos (< 500 L):** uma pedra difusora de qualidade para cada componente do sistema, juntamente com um Venturi acoplado à entrada de água dos tanques, já pode suprir a demanda;
- **Sistemas maiores:** usar aeradores com potência de 1/4 a 1/2 CV por tonelada de peixe estocada.

➤ **Importante:** biofiltros do tipo MBBR demandam oxigenação intensa.

Nunca subestime a importância da aeração!

3.7 Válvulas, registros e tubulações

Permitem isolar partes da estrutura para manutenções, controlar o fluxo de água, prevenir refluxos e ajustar pressões conforme a necessidade. Para garantir eficiência e praticidade, recomenda-se o uso de registros tipo esfera, que proporcionam fechamento rápido, além da instalação de válvulas de retenção após as bombas para evitar o retorno da água. Torneiras com derivação também são úteis para regular as vazões de maneira simples.

3.7.1 Investa em qualidade

Vazamentos e quebras por pressão podem ocorrer, mas em geral, resultam do uso de conexões e materiais frágeis ou mal ajustados.

3.7.2 Automatização e sensores

A automatização do sistema, embora não seja essencial para seu funcionamento, pode facilitar significativamente o manejo e melhorar o controle operacional. Com o uso de tecnologias como controladores de pH com dosador automático, sensores de nível para reabastecimento automático, temporizadores e relés para bombas, aeradores e iluminação, o produtor pode otimizar o desempenho do sistema. Além disso, módulos como Arduino ou ESP32 permitem a integração com sistemas de monitoramento remoto, oferecendo mais segurança e comodidade na operação diária.

3.7.3 Conclusão

O dimensionamento e escolha de materiais adequados é uma questão de segurança, eficiência e durabilidade. Investir em equipamentos de qualidade é garantir que o sistema funcione bem, com menor esforço e maior estabilidade. Não se trata de montar algo improvisado, mas de construir uma base sólida para um ecossistema vivo, equilibrado e produtivo. Quem planeja bem os materiais e equipamentos, evita os chamados problemas invisíveis, aqueles que surgem quando o sistema já está em operação e que geralmente são os mais difíceis de resolver.

4.1 Objetivos de aprendizagem

Ao final deste capítulo, você será capaz de:

1. Compreender as diferenças fundamentais entre sistemas acoplados e desacoplados;
2. Avaliar vantagens e limitações de cada tipo em termos de controle, manejo e produtividade;
3. Decidir qual modelo melhor se adapta à sua realidade produtiva, espaço disponível e objetivos.

4.2 Introdução

Nem toda aquaponia opera do mesmo jeito. Dependendo da forma como os componentes básicos estão conectados, o sistema pode ser mais simples ou mais complexo, mas também mais flexível ou mais limitado. Você prefere um sistema único, integrado, mais fácil de operar? Ou quer maior flexibilidade de controle, mesmo que isso signifique mais trabalho? Essa é, essencialmente, a diferença entre aquaponia acoplada e desacoplada.

Vamos entender em detalhes o que essas duas abordagens significam e quando cada uma faz mais sentido.

4.3 Aquaponia acoplada

Nos sistemas acoplados, todos os compartimentos (tanque de peixes, biodigestor, biofiltro, área de cultivo de plantas e tanque de retorno) estão interligados e a água circula continua-

mente entre eles. Esse é o modelo mais comum entre iniciantes e projetos de pequena escala.

Como todos os componentes do sistema estão continuamente conectados, qualquer alteração nos parâmetros de qualidade da água irá afetar todo o sistema. No entanto, as condições ideais para cada organismo vivo do sistema são diferentes. Por exemplo, os peixes preferem pH neutro, as bactérias nitrificantes trabalham melhor em pH alcalino e as plantas preferem pH levemente ácido. Por isso, em um sistema acoplado, é preciso encontrar um “meio-termo” que funcione para todos, tipicamente um pH entre 6,5 e 7,0.

A Figura 18 ilustra o fluxo de água típico em um sistema acoplado, com todos os componentes ligados em série e de maneira contínua.

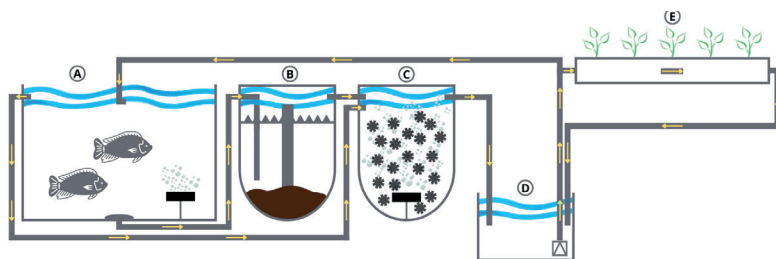


Figura 18 - Esquema de uma aquaponia do tipo acoplada, nesse layout todos os compartimentos do sistema estão interligados e a água circula entre eles o tempo todo: (A) tanque de peixes, (B) biodigestor, (C) biofiltro; (D) tanque de retorno e (E) área de cultivo de plantas



Vantagens da aquaponia acoplada:

- Estrutura mais simples
- Menor custo inicial
- Demanda menor número de bombas e sensores.

Desafios:

- Qualquer alteração na água afeta todos os organismos (peixes, plantas e bactérias);
- Menor controle sobre os parâmetros específicos de cada compartimento.

4.4 Aquaponia desacoplada

Nos sistemas desacoplados, os subsistemas de piscicultura e cultivo vegetal são separados, sendo acoplados somente quando necessário, e a água não flui continuamente entre eles. Essa característica permite um controle mais eficiente dos parâmetros de qualidade de água, mantendo as condições ideais para cada componente do sistema. Por exemplo, um sistema desacoplado pode manter o pH da piscicultura em 7,2 (ótimo para tilápias), enquanto ajusta o pH da hidroponia para 5,8 (ideal para absorção de micronutrientes como ferro e manganês). Além disso, se necessário seria possível suplementar nutrientes na água antes dela ser enviada para as plantas, sem impactar diretamente os peixes ou o biofiltro. Um sistema desacoplado também permite trabalhar com diferentes temperaturas entre os subsistemas de produção de peixes e plantas.

**Vantagens:**

- Permite ajuste individualizado de pH, temperatura, nutrientes e aditivos
- Facilita suplementação mineral para as plantas sem afetar os peixes
- Reduz risco de contaminação cruzada ou choque osmótico

Desafios:

- Maior complexidade de instalação e operação
- Maior custo com bombas, válvulas, sensores e monitoramento

A Figura 19 mostra um layout típico de aquaponia desacoplada, com válvulas que permitem interromper ou redirecionar o fluxo entre os subsistemas. Assim, a aquaponia desacoplada permite otimizar a produção vegetal e o ajuste fino dos parâmetros de qualidade de água. Contudo, esse modelo pode ser mais complexo de operar e demandar um maior investimento inicial.

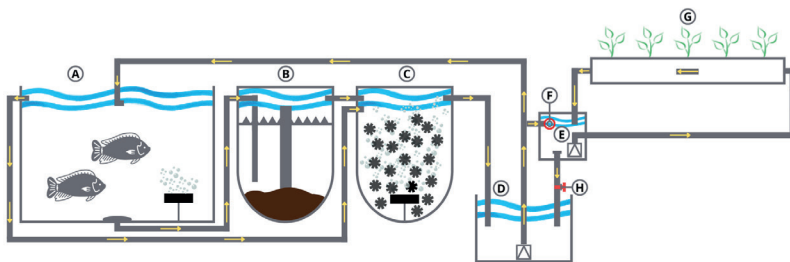


Figura 19 - Esquema de uma aquaponia do tipo desacoplada, nesse layout os compartimentos do sistema são acoplados sob demanda: (A) tanque de peixes, (B) biodigestor, (C) bio filtro, (D) tanque de retorno, (E) reservatório intermediário da hidroponia, (F) boia para abastecimento e reposição da água, (G) área de cultivo de plantas e (H) registro para acoplamento/desacoplamento dos componentes hidropônicos e piscícolas

4.5 Considerações práticas

A decisão entre sistema acoplado ou desacoplado depende do(s):

- Objetivo principal: produção maximizada de peixes e plantas ou um meio termo entre ambos?
- Recursos disponíveis: orçamento, espaço, infraestrutura elétrica e hidráulica.
- Nível de conhecimento técnico: quanto mais desacoplado, mais intensivo se torna o manejo.



Dica:

sistemas acoplados funcionam muito bem para produção de folhosas e tilápia em pequena escala. Já os desacoplados são ideais para cultivos comerciais, frutíferas exigentes ou integração com outros sistemas.

4.6 Conclusão

Não existe o “melhor tipo” de aquaponia, mas sim aquele que melhor se encaixa no seu contexto. O importante é entender os princípios por trás de cada modelo e fazer uma escolha consciente.

5.1 Objetivos de aprendizagem

Ao final deste capítulo, você será capaz de:

1. Identificar os principais tipos de sistemas hidropônicos utilizados na aquaponia;
2. Avaliar vantagens e limitações de cada sistema conforme o tipo de planta, espaço disponível e necessidade de manutenção;
3. Selecionar o modelo mais apropriado para diferentes contextos produtivos.

5.2 Introdução

A etapa em que os nutrientes são absorvidos pelas raízes das plantas é o principal processo de purificação da água na aquaponia. Diferentes plantas exigem diferentes formas de acesso à água e oxigênio e é aqui que entra a escolha do sistema hidropônico adequado.

Já viu uma alface “boiando” sobre um canal de água? Ou um tomateiro crescendo num canteiro irrigado por gotejamento? Esses são exemplos práticos dos diferentes sistemas de cultivo na aquaponia. Existem três principais sistemas de cultivo de plantas em aquaponia:

- NFT (Nutrient Film Technique);
- DFT (Deep Flow Technique);
- Gotejamento.

Vamos ver detalhes sobre cada um deles.

5.3 NFT (Nutrient Film Technique)

O sistema NFT consiste em tubos plásticos com furos para a acomodação das plantas e por onde a água flui em uma fina lâmina. É muito popular no Brasil, especialmente para hortaliças folhosas como alface, rúcula, salsa, cebolinha e coentro



Vantagens: baixo custo, facilidade de instalação e limpeza, boa oxigenação das raízes, dispensa o uso de substratos e uso eficiente da água.



Desvantagens: susceptibilidade a entupimentos, falhas elétricas e oscilações térmicas podem causar o murchamento e morte das plantas.



Figura 20 - Cultivo de alfaces com o sistema NFT na aquaponia do Setor de Piscicultura da ESALQ – USP

5.4 DFT (Deep Flow Technique ou Floating)

Neste sistema, as plantas são colocadas sobre placas flutuantes em tanques rasos cheios de água, onde as raízes ficam submersas o tempo todo. O uso de aeradores pode ser necessário, para garantir concentrações de oxigênio adequadas dentro dos canais. Apesar de

muito utilizado em outros países, no Brasil, o DFT ainda apresenta um alto custo de implantação e diferentemente do NFT, pode ser difícil encontrar empresas especializadas para aquisição dos materiais.



Vantagens: maior estabilidade térmica e segurança para as plantas frente às falhas elétricas (interrupção do fluxo de água), dispensa o uso de substratos.



Desvantagens: necessidade de aeração dos canais e sistema de remoção de sólidos eficiente (acúmulo de sólidos nos canais pode causar doenças nas plantas), maior custo de implantação.



Figura 21 - Produção de alfaces em aquaponia utilizando o sistema DFT (floating) na Universidade do Arizona, EUA.

5.5 Gotejamento

O sistema de gotejamento é um método de irrigação no qual a água é aplicada diretamente na base das plantas, de forma contínua ou intermitente, por meio de emissores (gotejadores). Esse sistema é bastante utilizado para plantas que não toleram encharcamento,

como o tomate, pepino, pimentão e morango, pois mantém a umidade ideal ao redor das raízes sem saturar o substrato. Os emissores tendem a entupir facilmente com a água da aquaponia, por isso, se optar pelo gotejamento, invista em um sistema de remoção de sólidos de alta eficiência, caso contrário, terá muitos problemas,



Vantagens: economia de água, facilidade de controle e automação, adaptabilidade para plantas sensíveis ao excesso de umidade.



Desvantagens: uso de substrato, necessidade de sistema de remoção de sólidos eficiente, alto investimento para implantação (sistema de irrigação e painéis de controle).



Figura 23 - Sistema de gotejamento para o cultivo de tomate e pepino em aquaponia na Universidade do Distrito de Columbia em Washington, DC, EUA

Atenção: talvez você se depare com outros tipos de sistema de cultivo, como o Ebb & Flow (sifão) cultivo em camas de areia, argila expandida ou brita. Apesar de inicialmente parecerem uma boa ideia, ao analisarmos com cuidado, percebemos que esses sistemas possuem baixa operacionalidade e pouca eficiência produtiva, além disso demandam muita manutenção e não são escaláveis. Por isso, não recomendamos esses sistemas de cultivo.

Para uma aquaponia profissional as opções são NFT, DFT e Gotejamento.

5.6 Espécies mais cultivadas em aquaponia

As hortaliças folhosas de ciclo curto são as espécies mais comuns em sistemas aquapônicos. A alface (*Lactuca sativa*) lidera com ampla vantagem, por sua alta demanda comercial, crescimento rápido, fácil adaptação aos sistemas hidropônicos e excelente resposta ao nitrogênio presente na água.

Além da alface, destacam-se rúcula, agrião, espinafre, acelga, couve e algumas ervas, como manjerição, salsa, cebolinha e coentro. Em sistemas maiores e com remoção de sólidos eficiente, é possível cultivar tomates, pimentões, morango e até plantas medicinais. Plantas de fruto exigem maior estabilidade nutricional, substratos mais robustos e suplementações específicas; assim devem ser cultivadas preferencialmente em sistemas desacoplados. Portanto, desde que os sistemas sejam bem planejados e dimensionados, não existem limitações quanto ao cultivo de plantas em aquaponia.

5.7 Técnicas básicas de cultivo: semeadura, transplante e colheita

As hortaliças folhosas podem ser semeadas em bandejas de plástico com substratos como fibra de coco, ou em espuma fenólica, que oferecem adequada retenção de umidade e aeração para o desenvolvimento inicial das plântulas. A germinação ocorre entre 3 e 7 dias, dependendo da espécie e das condições ambientais. Após o desenvolvimento das primeiras folhas verdadeiras (normalmente entre 10 e 15 dias), as mudas são transplantadas para o sistema definitivo, respeitando o espaçamento entre plantas conforme a espécie. O ciclo produtivo de folhosas geralmente é rápido. Por exemplo, a colheita da alface pode ser feita em 25 a 35 dias após o transplante, dependendo da variedade e época do ano.



Dica: para garantir uma produção contínua e maximizar o aproveitamento dos nutrientes liberados pelos peixes, recomenda-se adotar o plantio e a colheita em etapas escalonadas, o que permite manter o sistema sempre em equilíbrio e com oferta regular de produtos.

5.8 Manejo de pragas e doenças

O manejo de pragas e doenças em sistemas de aquaponia apresenta desafios únicos devido à interação entre peixes, plantas e microrganismos. Ao contrário de sistemas agrícolas tradicionais, onde o uso de defensivos sintéticos é uma prática comum, a aquaponia exige abordagens mais cuidadosas, pois o uso de certos produtos pode afetar negativamente tanto os peixes quanto os organismos benéficos que fazem parte do sistema.

5.9 Desafios do manejo de pragas em aquaponia

O ambiente controlado da aquaponia (cultivo em estufa) reduz a suscetibilidade das plantas a doenças transmitidas pelo solo, mas, por outro lado, cria condições ideais para o desenvolvimento de certas pragas e doenças, como pulgões, tripses, moscas-branca, ácaros e fungos (Figura 24).



Figura 24 – Plantas de alface cultivadas em aquaponia demonstrando sinais de infestação por tripses

A presença de água circulando entre todos os compartimentos do sistema e a presença dos peixes limitam as estratégias de controle. Por isso, para garantir a efetividade e segurança dos alimentos produzidos, o manejo de pragas e doenças na aquaponia deve ser feito de forma integrada.

5.10 Manejo Integrado de Pragas (MIP)

O Manejo Integrado de Pragas (MIP) é uma abordagem eficiente e sustentável para lidar com pragas e doenças em aquaponia. Essa técnica integra diferentes práticas, focando em prevenção, controle biológico e medidas de manutenção, ao invés de intervenções agressivas.

5.11 Prevenção

O controle de pragas começa com a prevenção. Isso inclui práticas como o uso de mudas e sementes de qualidade, a inspeção rigorosa de plantas antes de serem introduzidas no sistema, o uso de telas nas aberturas da estufa para impedir a entrada de insetos e a remoção de vegetação ao redor da área de cultivo, que pode servir como hospedeiro alternativo para pragas. Além disso, garantir que o sistema seja limpo e livre de solo encharcado ajuda a minimizar o risco de infecção.

5.12 Controle biológico

O controle biológico é um grande aliado em sistemas de aquaponia. A introdução de predadores naturais, como joaninhas, que se alimentam de pulgões, ou a liberação de parasitoides específicos, como vespas parasitas de moscas-brancas, são exemplos de métodos que mantêm as populações de pragas sob controle sem afetar os peixes ou as plantas. O uso de extratos vegetais como óleo de neem e óleos essenciais, além de fungos como *Beauveria bassiana*

e *Metarhizium anisopliae* também tem se mostrado eficaz contra várias pragas, incluindo ácaros e tripses.

5.13 Manutenção

Após o controle preventivo e biológico, a manutenção do sistema também é essencial. Isso envolve a remoção de plantas doentes, a limpeza do sistema de cultivo de plantas e peixes e a utilização de armadilhas. Além disso, o monitoramento constante da população de pragas na estufa é muito importante, pois permite detectar as infestações logo no início, tornando as ações de controle mais rápidas e eficazes.



Nunca aplique produtos sem garantir que estes compostos são seguros para as plantas, peixes, e seres humanos.

Sempre consulte um agrônomo!

5.14 Conclusão

Cada tipo de sistema de cultivo vegetal em aquaponia tem seu contexto ideal. A escolha depende do que você quer cultivar, do espaço que você tem, da água disponível e do nível de automação que deseja. Também, entender as exigências específicas das espécies vegetais, seus estágios de crescimento e os cuidados fitossanitários são fundamentais para produções mais saudáveis e constantes.

O melhor sistema é o mais adaptado à sua realidade e ao seu contexto produtivo.

Praga/Doença	Descrição	Estratégias de controle
Pulgões	Insetos sugadores que afetam folhas, causando deformações e podendo transmitir vírus para as plantas.	- Controle biológico com predadores naturais (joaninhas e vespas parasitas) e extratos naturais (óleo-de-neem); - Manter um monitoramento contínuo para detectar infestações de maneira precoce.
Mosca-branca	Pequenos insetos que sugam a seiva das plantas, levando ao amarelecimento das folhas e deformações. Também são transmissores de vírus.	- Uso de predadores naturais; - Uso de inseticidas biológicos.
Ácaros	Microrganismos que se alimentam da seiva das plantas, afetando especialmente as folhas.	- Introdução de ácaros predadores, como <i>Phytoseiulus</i>; - Controle ambiental, com ajustes de umidade e temperatura para reduzir a proliferação.
Trips	Insetos raspadores que danificam as folhas e flores das plantas, deixando manchas prateadas e deformações visíveis.	- Controle com predadores naturais e introdução de fungos entomopatogênicos; - Uso de inseticidas biológicos; - Monitoramento constante das plantas para detectar sinais de infecção.
Larva-minadora	Larvas que se alimentam do interior das folhas, criando túneis visíveis que afetam a fotossíntese e crescimento das plantas.	- Uso de inseticidas biológicos - Remoção de folhas infestadas para impedir a propagação.
Oídio	Fungo que aparece como manchas brancas nas folhas, dificultando a fotossíntese e prejudicando o crescimento das plantas.	- Aplicação de biofungicidas como <i>Beauveria bassiana</i>; - Controle ambiental para reduzir a umidade e a propagação do fungo; - Remoção de folhas doentes.
Míldio	Fungo que se manifesta como manchas amareladas na parte superior das folhas e um mofo esbranquiçado ou acinzentado na parte inferior. Afeta diretamente a fotossíntese, comprometendo a produção.	- Aplicação de biofungicidas com <i>Bacillus subtilis</i> ou <i>Trichoderma</i> spp.; - Aumento da ventilação e controle da umidade no ambiente de cultivo; - Remoção de folhas infectadas para evitar a disseminação do patógeno.

Quadro 1 - Principais pragas e doenças na aquaponia

6.1 Objetivos de aprendizagem

Ao final deste capítulo, você será capaz de:

1. Compreender os princípios básicos da criação de peixes em aquaponia;
2. Conhecer as características da tilápia, espécie mais utilizada em aquaponia no Brasil e no mundo;
3. Aplicar práticas adequadas de alimentação, manejo e cuidados com a saúde dos peixes.

6.2 Introdução

A criação de peixes é o motor biológico da aquaponia. É por meio da alimentação e do metabolismo dos peixes que os nutrientes são disponibilizados no sistema e absorvidos pelas plantas. Embora várias espécies da piscicultura tradicional possam ser integradas à aquaponia, a tilápia se destaca como a principal escolha, tanto no Brasil quanto no cenário internacional. Neste capítulo, vamos explorar os motivos que tornam essa espécie tão relevante, conhecer aspectos fundamentais de sua biologia, além das boas práticas de manejo, alimentação e cuidados sanitários necessários para integrá-la com sucesso a um sistema aquapônico.

6.3 Por que tilápia?

A tilápia (*Oreochromis niloticus*) tornou-se a espécie dominante na piscicultura brasileira por apresentar rusticidade, rápido crescimen-

to, boa conversão alimentar e ampla aceitação no mercado consumidor. Sua alimentação onívora permite o uso de rações vegetais, e seu comportamento adaptável facilita a criação em diferentes tipos de tanques e sistemas. Além disso, é uma espécie com fácil manejo reprodutivo, o que reduz custos e viabiliza a produção em diferentes escalas. Atualmente, a tilápia representa mais de 60% da produção nacional de peixes criados em confinamento e sua popularidade se estende também à aquaponia.

6.4 Biologia e ambiente ideal para tilápias

A tilápia é originária da África, especificamente da bacia do Nilo. A espécie se adapta bem a temperaturas entre 25°C e 30°C, embora tolere variações de 18 °C a 36 °C; prefere águas com pH entre 6,5 e 8,5; com níveis de oxigênio dissolvido acima de 5 mg/L. Embora apresente alguma tolerância à amônia, seu desempenho é muito melhor em ambientes bem oxigenados e estáveis.

Em sistemas aquapônicos, a tilápia tende a se comportar de forma ativa e territorial. Embora seja resistente, o estresse causado por superlotação ou variações bruscas na qualidade da água pode comprometer sua saúde e crescimento.

6.5 Criação prática: densidade, alimentação e despesca

A densidade de estocagem depende do estágio de desenvolvimento e da estrutura do sistema. Durante a fase inicial, com alevinos, é possível manter entre 200 e 300 indivíduos por metro cúbico. À medida que os peixes crescem, essa densidade deve ser reduzida para 50 a 100 peixes/m³ na fase intermediária, e entre 15 a 30 peixes/m³ na fase final, conforme o tamanho desejado para a despesca.

A alimentação é o principal insumo do sistema aquapônico. Devem-se utilizar rações extrudadas, flutuantes e específicas para tilápia, fornecidas duas a três vezes ao dia. A quantidade ofertada deve ser calculada com base no peso vivo dos peixes, aplicando uma taxa de arraçoamento adequada: em geral, 3% do peso para juvenis e entre 1% e 2,0% para adultos. É importante observar e monitorar o consumo e remover eventuais sobras para evitar deterioração da qualidade da água.

O ciclo de produção da tilápia em aquaponia gira em torno de seis meses, tempo necessário para alcançar o peso de abate entre 600 e 800 gramas. O sistema pode operar com lotes únicos ou escalonados, sendo essa última estratégia a mais interessante, pois permite despescas regulares e mantém constante o suprimento de nutrientes para as plantas.

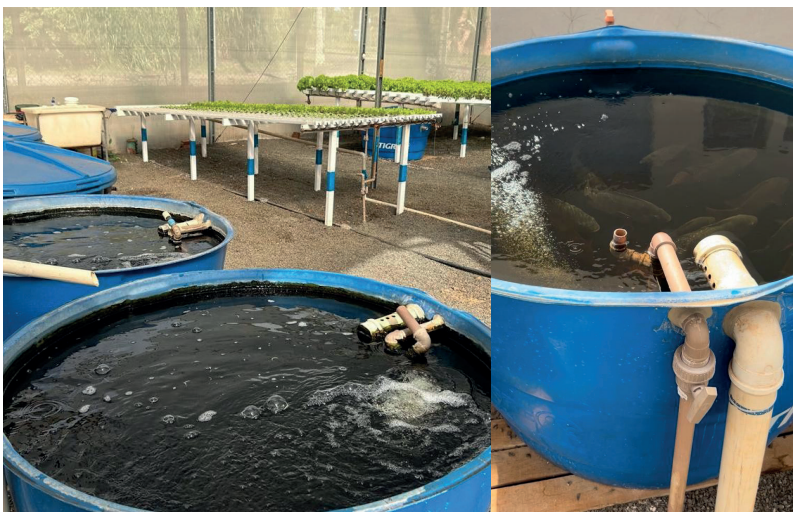


Figura 24 - Tilápias do sistema de aquaponia do Setor de Piscicultura da ESALQ – USP

6.6 Saúde dos peixes: prevenir é melhor do que remediar

A sanidade dos peixes é essencial para a estabilidade do sistema como um todo. Prevenir doenças é mais eficaz e seguro do que tratar infecções, especialmente em aquaponia, onde o uso de medicamentos pode prejudicar o equilíbrio do biofiltro e afetar as plantas.

Manter a densidade adequada, garantir boa oxigenação, evitar choques térmicos e monitorar constantemente os parâmetros de qualidade de água são medidas essenciais. A observação diária do comportamento dos peixes, como apetite, coloração, respiração e natação, permite detectar precocemente sinais de estresse ou enfermidade. A limpeza regular de tanques e filtros ao final de cada ciclo produtivo também ajuda a manter boas condições sanitárias. A compra de alevinos de procedência também é fundamental e quando possível, é recomendado fazer quarentena para novos lotes ou reprodutores antes de introduzi-los ao sistema principal.

6.7 Conclusão

A tilápia é a espécie mais indicada para aquaponia no Brasil não apenas por sua resistência e desempenho produtivo, mas também por sua sinergia com os princípios da produção integrada. A criação de peixes em aquaponia envolve alimentar o sistema de forma equilibrada, promovendo saúde para os peixes, nutrição para as plantas e estabilidade para todo o ecossistema.

Criar peixes em aquaponia não é apenas criar biomassa. É alimentar o sistema de forma equilibrada, sustentando um ciclo produtivo harmonioso.

7.1 Objetivos de aprendizagem

Ao final deste capítulo, você será capaz de:

1. Compreender a importância do balanço entre a biomassa de peixes e a demanda nutricional das plantas;
2. Calcular a proporção ideal entre taxa de alimentação e área cultivada, considerando tipo de planta e espécie de peixe;

7.2 Introdução

Na aquaponia, o equilíbrio é tudo. Alimentar demais os peixes pode gerar excesso de nutrientes e comprometer a saúde das plantas. Alimentar de menos limita o crescimento vegetal. A chave está em entender a proporção ideal entre o que os peixes excretam e o que as plantas precisam.

Uma das primeiras perguntas que as pessoas fazem quando pensam em montar uma aquaponia é “quantos peixes, ou quantas plantas eu posso colocar no meu sistema?” Ou “quanto de ração preciso oferecer para sustentar a produção de hortaliças?” Essas são perguntas importantes, pois se não houver um equilíbrio entre a quantidade de peixes e plantas a produtividade do sistema será comprometida. Mas como encontrar esse ponto de equilíbrio? É disso que trata este capítulo.

7.3 A lógica da proporção

A aquaponia só é sustentável se a maior parte dos nutrientes exigidos pelas plantas for proveniente das excretas dos peixes. Quando há um desequilíbrio na proporção de peixes e plantas, temos dois cenários indesejáveis possíveis:

1. Poucos peixes e muitas plantas

Poucos peixes vão comer pouco, consequentemente vão liberar poucos nutrientes na água. No entanto, muitas plantas apresentam elevada demanda nutricional. O resultado é que não teremos nutrientes em quantidades suficientes para o crescimento dos vegetais.

2. Muitos peixes e poucas plantas

Nesse cenário os nutrientes são produzidos em quantidades superiores as que as plantas conseguem absorver, esse excesso também atrapalha o crescimento.

Portanto, o que devemos buscar é o equilíbrio entre a quantidade de peixes e plantas, para obtermos uma solução aquapônica balanceada e boa produtividade.

7.4 Fatores que influenciam a proporção de peixe e plantas

A quantidade de plantas que um sistema de aquaponia consegue sustentar não depende apenas de “quantos peixes tem no tanque”. Ela resulta de uma combinação de fatores: o tipo de planta cultivada, a intensidade de produção dessas plantas, a espécie de peixe, a composição da ração e o desempenho zootécnico do lote. A seguir, destacamos dois elementos centrais dessa equação: o tipo de planta e o perfil de alimentação dos peixes.

Espécie de planta cultivada

Plantas de diferentes espécies retiram nutrientes do sistema em ritmos e quantidades muito distintos. Hortaliças de pequeno porte e ciclo curto, como alface, rúcula, cebolinha ou espinafre, têm uma demanda relativamente menor de nutrientes por metro quadrado em comparação a culturas como tomate, pepino, pimentão, morango ou outras espécies frutíferas e perenes, que vão construindo mais biomassa ao longo do tempo, e, por isso, “puxam” mais nutrientes da solução.

Em termos práticos, quanto mais exigente for a cultura vegetal, maior precisa ser o fluxo de nutrientes vindo da piscicultura para que o sistema fique em equilíbrio. Sistemas voltados a folhosas geralmente trabalham com cargas de ração por área mais baixas; sistemas voltados a frutíferas e perenes, com cargas mais altas, se quisermos manter as plantas bem nutridas.

Espécie de peixe e dieta

Do lado dos peixes, o que interessa para as plantas não é só “qual espécie” está sendo criada, mas principalmente que tipo de dieta ela recebe e como essa dieta é aproveitada. A quantidade de nutriente que chega às plantas depende de três coisas: quanto o peixe come, o que a ração contém e quanto dessa ração é de fato incorporada no corpo do animal. Ou seja, é mais útil enxergar o sistema como um balanço delicado de nutrientes: ração entra, parte vira peixe, parte é eliminada e transformada em nutrientes disponíveis para as plantas. O ponto-chave, portanto, é que a proporção entre peixes e plantas não é uma “tabela fixa”, mas o resultado de o que e como você alimenta o peixe e de quão exigente é a planta. A espécie de peixe ajuda a definir o tipo de dieta, mas é a combinação entre ração, desempenho do lote e demanda da cultura vegetal que, no fim das contas, dita o equilíbrio do sistema.

7.5 Quantidade de ração

Quando pensamos em aquaponia, a pergunta deixa de ser apenas “quanto o peixe come” e passa a ser “quanto de ração entra **por área de plantas**”. É isso que define se as plantas terão nutrientes suficientes ou se o sistema ficará sub ou superfertilizado. Por isso, usamos a ideia de quantidade de ração por metro quadrado de área cultivada. Com base na literatura e na experiência prática, podemos adotar algumas faixas de referência: para hortaliças folhosas de ciclo curto, algo em torno de 15 a 45 g de ração por dia para cada metro quadrado de cultivo; para frutíferas e plantas perenes, faixas mais altas, em torno de 60 a 100 g/m²/dia. Esses valores não são fixos nem universais, pois variam com a espécie de peixe, a espécie vegetal, o estágio de crescimento e o manejo, mas servem como ponto de partida para dimensionar a proporção entre peixes e plantas.

7.6 Simulação prática de dimensionamento baseado em uma meta de produção

Até aqui, discutimos proporções entre taxa de arraçoamento e área cultivada com base em recomendações gerais. Mas, na prática, o produtor costuma partir de uma pergunta muito concreta: “Quero produzir 500 kg de tilápia por mês. De quanta área de plantas eu preciso?” Com esse dado inicial, é possível estimar a quantidade diária de ração que será fornecida ao sistema e a área de cultivo necessária para absorver os nutrientes dessa ração (de acordo com o tipo de planta e o cenário de dimensionamento).

Abaixo, apresentamos o raciocínio passo a passo, mas uma página na internet foi criada para hospedar uma calculadora interativa que realiza automaticamente esses cálculos, acessível em:

<https://sites.google.com/usp.br/introaquaponia/>

Exemplo aplicado

Vamos considerar as seguintes premissas:

- Meta de produção: 500 kg de tilápia/mês
- Mês de referência: 30 dias
- Conversão alimentar (FCR): 1,5 kg de ração/kg de peixe produzido
- Tipo de planta: folhosa (ex.: alface)
- Carga de ração adotada: 15 g de ração/m²/dia (corresponde a um cenário arrojado para folhosas)

• Da meta de produção para a ração diária

Ração mensal necessária:

500 kg de peixe/mês × FCR 1,5 = 750 kg de ração/mês

Ração diária média:

750 kg/mês ÷ 30 dias ≈ 25 kg de ração/dia

• Da ração diária para a área de plantas

Sabendo que adotamos uma carga de 15 g de ração/m²/dia para folhosas:

Ração diária em gramas:

25 kg/dia = 25.000 g/dia

Área necessária de plantas:

Área = 25.000 g/dia ÷ 15 g/m²/dia ≈ 1666 m² de cultivo

Portanto, para produzir **500 kg de tilápia por mês**, em um cenário conservador com folhosas (15 g/m²/dia), o sistema precisaria de aproximadamente 1666 m² de área de cultivo de plantas.

- **Traduzindo área em número de plantas**

Se adotarmos uma densidade média de 20 plantas/m² e um ciclo de cultivo de cerca de 6 semanas, temos:

Número total de plantas no sistema:

$1666 \text{ m}^2 \times 20 \text{ plantas/m}^2 \approx 33.320 \text{ plantas em diferentes idades}$

Com ciclo de 6 semanas, aproximadamente 1/6 dessas plantas é colhida por semana, portanto: $33.320 \div 6 \approx 5.550 \text{ plantas/semana}$

Esse valor é apenas uma estimativa, mas ilustra como uma meta de produção de peixe se traduz em área de plantas e, em seguida, em número de unidades colhidas.

- **Usando a calculadora online**

Os mesmos cálculos podem ser feitos de forma rápida na Calculadora de Aquaponia que acompanha este livro. Nela, você pode:

- informar a meta de produção de tilápia (kg/mês) e obter a área estimada de plantas e a ração diária; ou
- informar a área de cultivo disponível (m²) e obter a produção aproximada de peixe (kg/mês) que esse sistema comporta.

Além disso, é possível alternar entre folhosas e frutíferas/pe-renes; e três cenários de dimensionamento (arrojado, moderado e conservador), ajustando a carga de ração por m²/dia conforme o perfil de risco e o objetivo de uso do sistema. Dessa forma, o leitor pode testar diferentes metas e configurações, explorando como pequenas mudanças na conversão alimentar, na área de cultivo ou na estratégia de dimensionamento afetam a integração entre peixes e plantas.

7.7 Conclusão

Não existe uma proporção mágica que sirva para todos os sistemas. A relação ideal entre peixes e plantas nasce da combinação entre espécie, dieta, tipo de cultura, manejo e metas de produção.

Mais do que se ater apenas aos números, o essencial é acompanhar o desempenho do seu sistema, observar os sinais das plantas e dos peixes e ajustar, pouco a pouco, os fluxos de ração para a área de cultivo até encontrar o ponto de equilíbrio.

8.1 Objetivos de aprendizagem

Ao final deste capítulo, você será capaz de:

1. Identificar os principais parâmetros de qualidade de água relevantes para aquaponia;
2. Entender como esses parâmetros afetam a saúde dos peixes, o desenvolvimento das plantas e a atividade dos microrganismos;
3. Aplicar estratégias práticas para monitorar e corrigir variações nos parâmetros, garantindo a estabilidade do sistema.

8.2 Introdução

A água conecta todos os elementos vivos em um sistema de aquaponia. Qualquer desequilíbrio nos parâmetros de qualidade de água, seja na concentração de amônia, no oxigênio dissolvido ou no pH, pode comprometer rapidamente a saúde dos peixes, o desempenho das plantas e a eficiência do biofiltro. Neste capítulo, vamos analisar os sete parâmetros de qualidade de água mais importantes e como mantê-los dentro das faixas ideais.

8.2.1. Amônia (TAN – Nitrogênio Amoniacal Total)

A amônia resulta do metabolismo do nitrogênio sendo excretada pelos peixes diretamente nos tanques e da decomposição da matéria orgânica em diferentes componentes do sistema aquapônico. Na água a amônia pode existir em

duas formas: NH_4^+ (amônio, menos tóxico) e NH_3 (amônia não ionizada, altamente tóxica). A proporção entre essas formas depende principalmente do pH e da temperatura.



Aumento do pH e/ou temperatura:

- Aumenta a proporção de NH_3 (forma mais tóxica)

Redução do pH e/ou temperatura:

- Aumenta a proporção de NH_4^+ (forma menos tóxica)

A Tabela 3 demonstra como a fração de amônia não ionizada varia em função do pH e temperatura. A cor verde indica concentrações seguras de amônia, amarelo níveis intermediários, que se persistirem podem ser nocivos aos peixes, vermelho indica concentrações nocivas de amônia e que medidas devem ser tomadas para ajustar esse parâmetro. Assim para saber a concentração de amônia não ionizada precisamos medir a amônia total (TAN), a temperatura, o pH e encontrar a concentração de NH_3 usando Tabelas ou calculadoras online.

Tabela 3 - Concentração de amônia não ionizada (NH₃) em função da TAN, temperatura e pH

pH	Temp. °C	Concentração Nitrogênio Amoniacal Total (TAN)					
		0.25	0.5	1	2	3.5	6.5
6.6	22	0.001	0.001	0.002	0.004	0.006	0.012
	25	0.001	0.001	0.002	0.005	0.008	0.014
	28	0.001	0.001	0.003	0.006	0.011	0.020
6.8	22	0.001	0.001	0.003	0.006	0.011	0.020
	25	0.001	0.002	0.004	0.007	0.013	0.023
	28	0.001	0.002	0.005	0.009	0.016	0.029
7	22	0.001	0.002	0.005	0.009	0.016	0.029
	25	0.001	0.003	0.005	0.011	0.020	0.037
	28	0.002	0.003	0.007	0.014	0.025	0.044
7.2	22	0.002	0.004	0.007	0.014	0.032	0.047
	25	0.002	0.004	0.009	0.018	0.039	0.059
	28	0.003	0.006	0.011	0.022	0.040	0.073
7.4	22	0.003	0.006	0.011	0.023	0.049	0.074
	25	0.004	0.007	0.014	0.028	0.049	0.092
	28	0.004	0.009	0.017	0.034	0.060	0.112
7.6	22	0.004	0.009	0.018	0.036	0.062	0.116
	25	0.006	0.011	0.022	0.045	0.078	0.145
	28	0.007	0.014	0.027	0.054	0.095	0.176

Baseado na Tabela 3, para uma temperatura de 28°C, pH 7,00 e 1,00 mg/L de TAN, temos 0,007 mg/L de amônia na forma NH₃. Portanto, a amônia está em níveis seguros para os peixes. Mas se por algum motivo o pH subisse para 7,60 por exemplo, essa mesma concentração de 1,00 mg/L (NH₄⁺ e NH₃) seria bem mais tóxica.



Dica:

- Manter TAN < 3 mg/L e pH ≤ 7 é considerado seguro para tilápias;
- Em pH mais alto (> 7,5), mesmo concentrações moderadas de TAN podem gerar níveis perigosos de NH₃.

8.2.2 Nitrito (NO_2^-)

A oxidação da amônia resulta na produção e acúmulo de nitrito no sistema, que também é extremamente tóxico aos peixes. Os níveis de nitrito devem ser mantidos próximo de zero ou no máximo 0,25 mg/L. Ainda no biofiltro, também ocorre a oxidação do nitrito por um outro grupo de bactérias especializadas, que vão converter o nitrito (NO_2^-) em nitrato (NO_3^-). O nitrato por sua vez é pouco tóxico aos peixes e será absorvido pelas plantas como fertilizante. Assim como no caso da amônia, para que ocorra a oxidação do NO_2^- à NO_3^- , precisamos garantir níveis adequados de oxigênio, pH e alcalinidade.



Dica:

- **Ideal:** manter o nitrito em concentrações próximas de 0 mg/L;
- **Tolerável:** até 0,25 mg/L de NO_2^- para tilápias.

8.2.3 Nitrato (NO_3^-)

O nitrato (NO_3^-) é resultante da nitrificação e é a principal fonte de nitrogênio para o crescimento das plantas na aquaponia. Esse composto é pouco tóxico para os peixes, exceto se for permitido acumular-se em altas concentrações no sistema (acima de 150 mg/L). Se o sistema foi bem dimensionado, a intoxicação por nitrato não será um problema, pois na aquaponia as plantas absorvem os nitratos e outros nutrientes da água, reduzindo significativamente sua concentração.



Dica:

- Manter NO_3^- entre 50 e 150 mg/L.

Um ponto de atenção em relação ao nitrato é evitar zonas anaeróbicas no sistema, especialmente no biofiltro, pois em condi-

ções com pouco oxigênio pode ocorrer o processo de desnitrificação, ou redução do NO_3^- , que resulta na conversão do nitrato a gás nitrogênio (N_2) que é perdido na atmosfera. Isso não é algo desejável na aquaponia, pois significa perda de nitrogênio, ou seja, perda de nutrientes que poderiam ser usados pelas plantas para o seu desenvolvimento. Por isso, sempre esteja atento à concentração de oxigênio dissolvido em seu sistema. A Figura 24 resume o ciclo do nitrogênio e suas diferentes formas em ambientes aquáticos como a aquaponia.

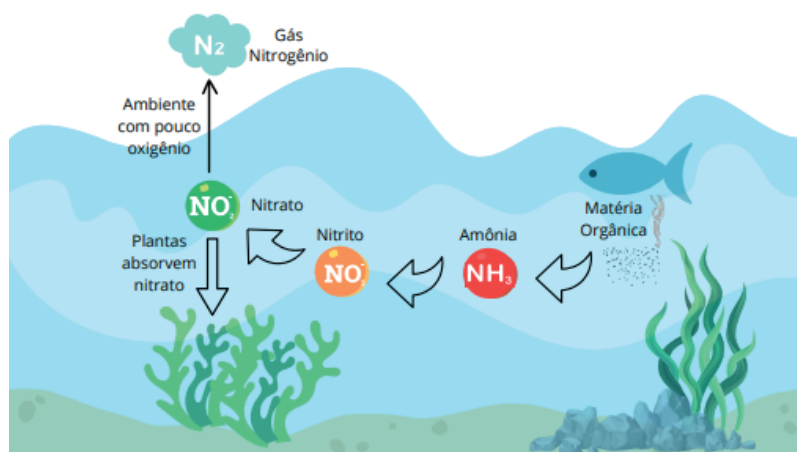


Figura 25 - Ciclo do nitrogênio em ambientes aquáticos

8.2.4 Oxigênio Dissolvido (OD)

O manter níveis adequados de oxigênio dissolvido é muito importante para o sucesso de uma aquaponia. Esse elemento afeta todos os componentes do sistema, pois tanto os peixes como as plantas e bactérias precisam de oxigênio. Assim o oxigênio é essencial para a sobrevivência dos peixes, para o crescimento das plantas, estabelecimento de bactérias benéficas e para garantir que a nitrificação

ocorra. Peixes boquejando, letárgicos, mortalidade, raízes amareladas, picos de amônia e água com cheiro ruim podem indicar baixas concentrações de oxigênio dissolvido. A Figura 26 ilustra como as concentrações de oxigênio dissolvido (OD) afetam os organismos aquáticos aeróbicos.

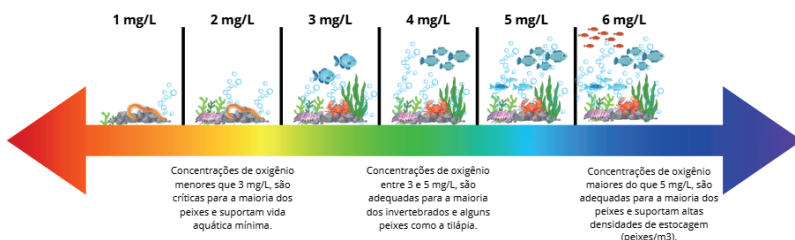


Figura 26 - Esquema das diferentes capacidades de sustentação dos ecossistemas aquáticos em função das concentrações de oxigênio dissolvido



Dica:

- Ideal: OD > 5 mg/L em todos os compartimentos;
- Abaixo de 5 mg/L: risco de colapso do biofiltro e estresse em peixes, aumente aeração.

A quantidade de oxigênio demanda em cada componente do sistema aquapônico varia. No entanto, mesmo que alguns compartimentos como o leito de cultivo de plantas demandem menos oxigênio que o tanque de peixes, por exemplo, é muito difícil manter o OD na mínima concentração ideal para cada um dos cinco componentes da aquaponia de maneira individualizada. Por isso, procure manter as concentrações de oxigênio acima de 5 mg/L ou o mais próximo da saturação em todo o sistema, pois assim garantimos que não faltará oxigênio em nenhuma parte do sistema.

8.3 Relação do oxigênio com outros parâmetros importantes

A concentração de oxigênio na água se relaciona com outros parâmetros de qualidade de água como temperatura da água, sólidos em suspensão (TSS), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e com os peixes (tamanho e quantidade). Por exemplo, com o aumento da temperatura, a capacidade da água de reter o oxigênio diminui, em temperaturas mais baixas as moléculas ficam mais estáveis, facilitando que o oxigênio permaneça dissolvido na água. Isso significa que nas mesmas condições, variando apenas a temperatura, águas mais frias conseguem armazenar maiores quantidades de oxigênio do que águas mais quente, conforme demonstrado na Figura 27.

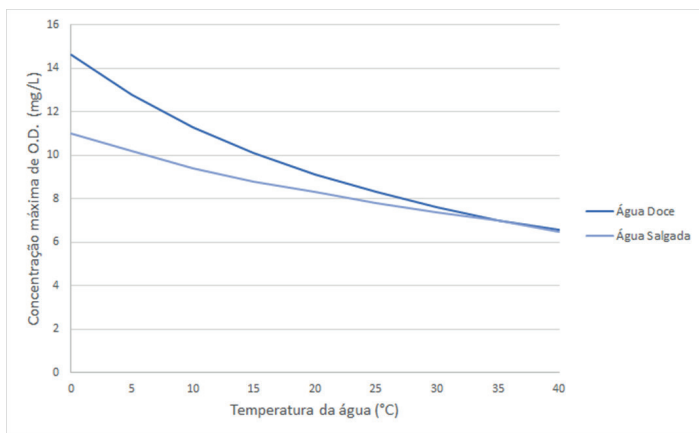


Figura 27 - Gráfico dos valores de oxigênio dissolvido (OD) em mg/L para água doce e água salgada em diferentes temperaturas, considerando a saturação a 100% sob pressão atmosférica normal (1 atm)

Os sólidos em suspensão (TSS) são partículas presentes na água que não se dissolvem, mas permanecem em suspensão, como resíduos fecais, restos de alimentos, bioflocos, fragmentos de raízes e outros resíduos orgânicos. Visto que o processo de decomposição da matéria orgânica consome oxigênio, o TSS também pode impactar as concentrações de oxigênio dissolvido na água, assim à medida que se acumulam no biofiltro, na área de cultivo de plantas, no tanque de peixes ou no biodigestor, o excesso de sólidos no sistema irá consumir cada vez mais oxigênio, prejudicando os peixes, bactérias e plantas.

O terceiro fator que afeta as concentrações de oxigênio dissolvido na água é a demanda bioquímica de oxigênio (DBO). A DBO refere-se à quantidade de OD necessária ao metabolismo microbiano. De um modo mais simples, indica o consumo de oxigênio das bactérias aeróbicas durante o processo de degradação da matéria orgânica. Portanto, quanto mais resíduos orgânicos houver no sistema, mais bactérias serão necessárias para degradá-los e consequentemente, maior será a demanda por oxigênio.

Os peixes também necessitam de oxigênio para realização de suas funções vitais. Assim, quanto mais peixes no sistema, maior será o consumo de oxigênio. Por exemplo, se em um tanque temos dez tilápias de 450 g e em outro temos cinco tilápias de 450 g, o primeiro tanque vai precisar de mais oxigênio do que o segundo. Além da quantidade, outro fator importante é o tamanho (peso) ou idade dos peixes, que se relaciona com a taxa metabólica, uma medida da quantidade de oxigênio consumida por tempo, expressa em mg de O_2 /min, ou taxa metabólica relativa, caso expressa como consumo de oxigênio por unidade de massa corporal (mg de O_2 /kg/min).



- Na prática mantenha a concentração de oxigênio dissolvido (OD) acima de 5,00 mg/L em todo o sistema, ou o mais próximo da saturação.
- Os momentos mais críticos para o suprimento de oxigênio são quando os peixes são jovens (alevinos) e durante os períodos de alimentação.

Conforme crescem, o metabolismo dos peixes diminui, por isso alevinos e juvenis (peixes jovens) apresentam uma taxa metabólica relativa maior do que peixes adultos. Quanto maior o peixe mais lento será seu metabolismo, ou seja, menor será o consumo de oxigênio em relação ao seu peso.

Imagine um tanque com 10 peixes de 500 g (total de 5 Kg) e em outro com 100 peixes de 50 g (total de 5 Kg). Qual tanque vai precisar de mais oxigênio? A demanda por oxigênio será maior no segundo tanque, visto que a taxa metabólica relativa de peixes de 50 g é maior do que peixes de 500 g. Durante as fases iniciais, períodos de alimentação e altas densidades de estocagem (kg/m^3) a demanda por oxigênio é maior, sendo o fornecimento de oxigênio um fator crítico.

8.3.1 pH

O pH é uma escala que varia de 0 a 14, servindo para indicar se uma solução é ácida, neutra ou alcalina. Se o pH é igual a sete, trata-se de uma solução neutra, um pH menor que sete indica uma solução ácida e um pH maior do que sete significa que a solução é básica (alcalina). O pH é muito importante em sistemas de aquapo-

nia, pois afeta diretamente diversos parâmetros de qualidade de água, incluindo:

- **Equilíbrio entre NH_3 e NH_4^+ :**
 - pH afeta as proporções entre amônia ionizada (NH_4^+) e não ionizada (NH_3);
 - pH maior que 7,00 favorece a amônia na forma NH_3 (mais tóxica).
- **Toxicidade do nitrito:**
 - pH menor do que 7,00 aumenta a toxicidade do nitrito.
- **Disponibilidade de nutrientes para plantas:**
 - A solubilidade do ferro, manganês, magnésio, cálcio, cobre, zinco e boro diminui em pH maior que 7,00;

Apesar de cada organismo vivo do sistema apresentar faixas ótimas de pH distintas, em sistemas acoplados de aquaponia deve-se buscar um equilíbrio entre os diferentes componentes, assim recomenda-se manter o pH entre 6,00 e 7,00, conforme ilustrado na Figura 28.

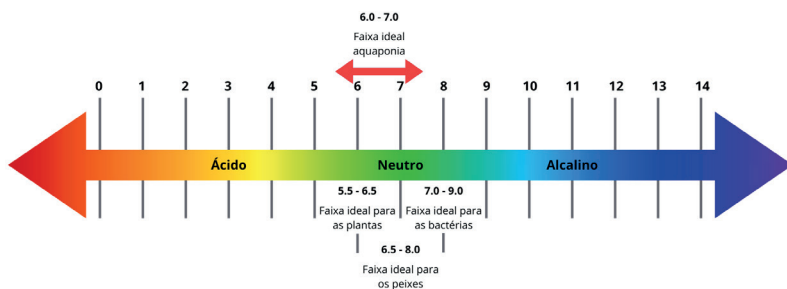


Figura 28 - Escala de pH e faixa ótima para operação de sistemas de aquaponia considerando os intervalos ideais para plantas, peixes e bactérias nitrificantes



Dica:

- Manter o pH entre 6,0 e 7,0;
- Utilizar tampões como bicarbonato de potássio (KHCO_3) ou calcário (CaCO_3) para ajustes suaves do pH, sem prejudicar os organismos do sistema;
- Aquaponia desacoplada permite o ajuste do pH ótimo em cada componente do sistema.

8.3.2 Alcalinidade

A alcalinidade está intimamente relacionada ao pH, esse parâmetro indica a capacidade da água de resistir a variações de pH. Em sistemas de aquaponia a tendência é que o pH diminua ao longo do tempo devido ao processo de nitrificação; nesse contexto uma alcalinidade mais elevada estabiliza flutuações de pH, fazendo com que a necessidade de ajustes no pH seja menos frequente.

Imagine dois sistemas de aquaponia com o mesmo pH, mas alcalinidades diferentes, o primeiro com baixa alcalinidade e o segundo com alta alcalinidade. Em qual dos sistemas o pH cairá mais rapidamente? Provavelmente, a queda no pH será mais rápida na aquaponia com baixa alcalinidade, porque há menos compostos presentes na água que resistem aos fatores que reduzem o pH.

A alcalinidade também afeta o desempenho das bactérias nitrificantes. Se a alcalinidade ficar abaixo de 50 mg/L de CaCO_3 o processo de nitrificação começa a ser prejudicado, podendo resultar em problemas como picos de amônia e nitrito e flutuações de pH. Assim, na aquaponia devemos procurar manter a alcalinidade entre 50 e 150 mg/L de CaCO_3 .



Dica:

- Ideal: manter entre 50 a 150 mg/L de CaCO_3 ;
- Abaixo de 50 mg/L: risco de queda brusca de pH e nitrificação prejudicada;
- Adicione bases (CaCO_3 , KHCO_3) regularmente para manter níveis adequados;
- Os ajustes de pH e alcalinidade devem ser feitos de modo gradual, evitando mudanças bruscas.

8.3.3 Condutividade Elétrica (CE)

A condutividade elétrica é um indicador indireto da concentração total de sais e nutrientes dissolvidos. O valor da CE depende da concentração de nutrientes e materiais inorgânicos dissolvidos na água. Quanto mais íons estiverem presentes, maior será a condutividade elétrica. A CE geralmente é medida em microsiemens ou milisiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$ ou mS/cm , respectivamente).

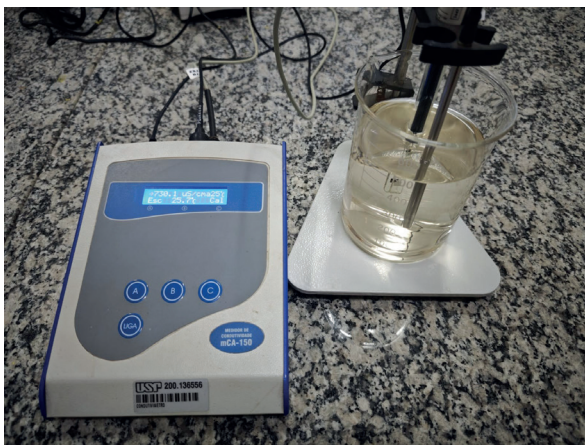


Figura 29 - Condutímetro, equipamento utilizado para medir a condutividade elétrica

Como saber o momento certo de colocar as plantas em um sistema de aquaponia? Através da CE. Recomenda-se introduzir as plantas somente quando a condutividade elétrica for superior a 0,6 mS/cm ou 600 μ S/cm. Assim, um valor de condutividade elétrica fluando entre 0,6 e 0,8 mS/cm é a faixa ideal para a aquaponia. Geralmente, a CE na aquaponia é menor do que em hidroponia e, mesmo assim, é possível alcançar boas produtividades.



Dica:

- Ideal: CE entre 0,6 e 0,8 mS/cm;
- Abaixo de 0,6: sistema com poucos peixes ou início de operação;
- Acima de 1,5: sistema desbalanceado, excesso de peixes ou escassez de plantas

8.3.4 Nutrientes críticos para plantas: o caso do ferro

Embora a aquaponia maximize o aproveitamento dos nutrientes excretados pelos peixes, nem sempre estes ocorrem em quantidades suficientes para atender por completo às exigências nutricionais das plantas. Nesses cenários, alguns elementos tendem a se tornar limitantes para o crescimento das plantas. Entre os nutrientes mais frequentemente deficientes está o ferro (Fe) que, além de ser fornecido em quantidades relativamente baixas pela ração, precipita com facilidade, tornando-se indisponível para absorção pelas raízes.

❖ Por que o ferro é importante?

O ferro é essencial para a fotossíntese, formação de clorofila e atividade enzimática. Por ser pouco móvel na planta, sua deficiência se manifesta visualmente pela clorose internerval em folhas jovens, conforme demonstrado na Figura 30.

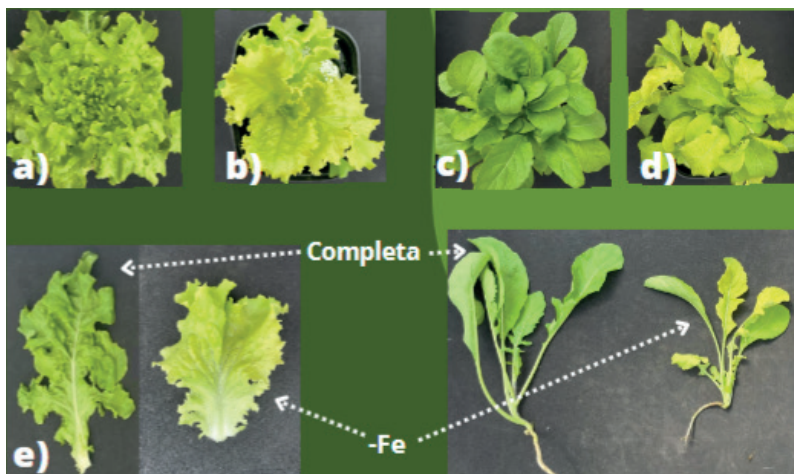


Figura 30 - a) planta de alface sem deficiência nutricional; b) planta de alface com clorose das folhas novas devido à deficiência de Fe; c) planta de rúcula sem deficiência nutricional; d) planta de rúcula apresentando clorose das folhas novas por deficiência de Fe; e) folhas de alface e rúcula sem e com sintoma de deficiência de Fe. dos Santos et al. (2023)

❖ Suplementação de ferro em aquaponia: formas e dosagens recomendadas

Existem diversas fontes comerciais de suplementos de ferro, mas nem todas são adequadas para sistemas aquapônicos. Em sistemas com peixes, a regra geral é simples: priorizar formas de ferro quelatado estáveis na faixa de pH da aquaponia e seguras para os organismos aquáticos. Na prática, isso significa usar, quase sempre, quelatos de ferro do tipo DTPA ou, em alguns casos específicos, EDDHA:

- **Fe-DTPA** – Apresenta boa estabilidade na faixa de pH típica da aquaponia (aprox. 6,0–7,0), mantendo o ferro disponível para as plantas por mais tempo e com baixa degradação biológica.

Por esse conjunto de fatores (estabilidade, segurança e custo), costuma ser a fonte de ferro preferencial para sistemas aquapônicos bem manejados.

- **Fe-EDDHA** – É o quelato mais estável em pH mais alcalino, podendo manter o ferro disponível até cerca de pH 9,0. Pode ser útil em situações específicas, como sistemas com água muito dura e pH persistentemente acima de 7,5. Por outro lado, é mais caro e confere coloração avermelhada ou “vinho tinto” à água, o que pode dificultar a visualização dos peixes e não agrada a todos os produtores.

A Figura 31 ilustra o efeito do pH sobre a estabilidade de diferentes quelatos de ferro, evidenciando a superioridade do Fe-DTPA e do Fe-EDDHA em relação a outras fontes.

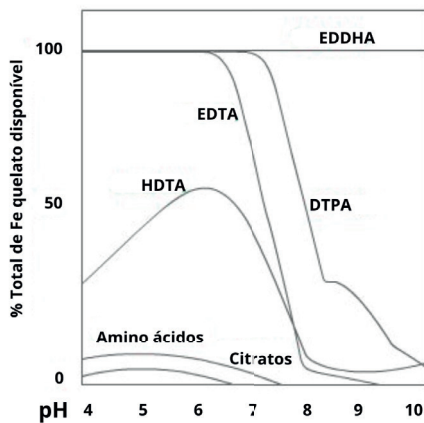


Figura 31 - Estabilidade de seis quelatos de ferro em diferentes faixas de pH. Devido sua maior estabilidade o quelato de EDDHA é a fonte de ferro mais recomendada para sistemas de aquaponia

Considerando que a maior parte dos sistemas aquapônicos opera com pH próximo de 6,5–7,0, o **Fe-DTPA tende a ser a escolha mais indicada**, por equilibrar bem estabilidade, custo e segurança para peixes e plantas. O Fe-EDDHA fica como uma ferramenta estratégica para cenários de pH mais alto e difícil de ajustar.

Já o **Fe-EDTA** não é recomendado em aquaponia. Esse quelato perde estabilidade rapidamente acima de pH ~6,5, fazendo com que o ferro precipite e se torne indisponível para as plantas. Além disso, o EDTA pode complexar outros elementos (como manganês, zinco e cobre), alterando sua disponibilidade na água e, potencialmente, gerando desequilíbrios nutricionais ou efeitos indesejáveis em peixes.

Do ponto de vista prático, as **dosagens usuais** de ferro quelatado em aquaponia ficam, em geral, na faixa de **0,2 a 0,5 mg de Fe/L** por aplicação, ajustadas conforme a espécie de planta, a intensidade de colheita e os sintomas visuais de deficiência (clorose internerval em folhas novas). Na rotina do produtor, isso se traduz em algo como:

- preparar o quelato em um balde com água do próprio sistema, bem dissolvido;
- dosar preferencialmente no tanque de retorno, e não diretamente no tanque de peixes;
- repetir a aplicação a cada 3–4 semanas, após constatação de baixa concentração com análise da solução aquapônica, ou sempre que surgirem sinais iniciais de clorose em folhas novas, ajustando a frequência conforme a resposta das plantas.



Dica:

- Dosagem recomendada de 0,2 a 0,5 mg/L de Fe disponível na solução aquapônica;
- Monitorar semanalmente;
- A aplicação pode ser feita diretamente no tanque de retorno;
- A dosagem deve considerar volume total do sistema e fase das plantas.

8.4 Suplementação de outros nutrientes

Sempre que precisar suplementar um nutriente, pense de forma estratégica: com um único produto você pode corrigir mais de um parâmetro do sistema. Hidróxido de cálcio e bicarbonato de potássio são bons exemplos disso: além de atuarem como condicionadores do pH, também fornecem cálcio (Ca) e potássio (K), nutrientes essenciais para as plantas.

Outro ponto crucial é a escolha da forma química dos sais utilizados. Em aquaponia, é importante selecionar compostos compatíveis com a biologia dos peixes, com a sensibilidade das plantas e com a dinâmica de acúmulo de sais na água. De modo geral, deve-se evitar fontes que contenham cloreto (Cl) e sódio (Na^+), pois esses íons tendem a se acumular na solução aquapônica ao longo do tempo. Muitas hortaliças apresentam sensibilidade a concentrações acima de cerca de 50 mg/L de Cl e de Na na água, valor que pode ser atingido rapidamente em sistemas desbalanceados ou com manejo inadequado de sais.

Por isso, sais como cloreto de potássio, cloreto de magnésio, fosfato de sódio, carbonato de sódio, bicarbonato de sódio, hidróxido de sódio, entre outros análogos contendo Na^+ e Cl^- , devem ser evitados sempre que possível. Priorizar fontes alternativas (por exemplo, na forma de sulfatos, nitratos etc.) ajuda a manter a solu-

ção nutritiva mais “limpa” e compatível com os limites de tolerância das plantas e dos peixes, favorecendo a estabilidade de longo prazo do sistema aquapônico.

8.5 Monitoramento

A avaliação dos nutrientes e da qualidade de água pode ser realizada por meio de kits colorimétricos, que oferecem resultados rápidos e práticos. É importante destacar que a ausência de sintomas visuais nas plantas não significa, necessariamente, que não existam deficiências nutricionais ou desequilíbrios na água. Muitas vezes, carências sutis de macro ou micronutrientes podem comprometer o desempenho do sistema sem apresentar sinais evidentes a olho nu, o que reforça a importância do monitoramento regular e da interpretação cuidadosa dos parâmetros analisados.

8.6 Conclusão

Monitorar e ajustar os parâmetros de qualidade da água é uma das tarefas mais importantes na aquaponia, pois pequenas variações podem ter grandes impactos. Portanto, um sistema equilibrado e produtivo é fruto de manejo, monitoramento e ajustes contínuos.

Na aquaponia, a água é o principal insumo.

9. RESUMO DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA

9.1 Objetivos de aprendizagem

Depois de compreender em profundidade os sete parâmetros essenciais da qualidade da água, é importante tê-los organizados em um quadro para consultas rápidas. Isso facilita o monitoramento rotineiro e permite intervenções mais ágeis. Este capítulo é o seu painel de bordo, a tabela apresentada é um resumo dos principais parâmetros de qualidade de água para consulta frequente e uso em campo.

9.2 Como usar essa Tabela

- Mantenha cópias impressas próximas ao seu sistema para facilitar a conferência;
- Preencha planilhas semanais com os valores medidos e compare com a faixa ideal;
- Use colunas extras para registrar a ação tomada e sua efetividade.

9.3 Conclusão

Monitorar é mais do que medir, é interpretar o que os números estão dizendo e tomar decisões baseadas nessas informações. Essa Tabela deve ser uma ferramenta de trabalho, sempre à mão, e usada de forma ativa.

Sistemas bem monitorados são sistemas mais previsíveis e previsibilidade, na aquaponia, é sinônimo de produtividade.

Tabela 4 -Tabela de parâmetros e manejo recomendado

Parâmetro	Faixa ótima	Possíveis manejos
Amônia (TAN)	< 3,00 mg/L (para pH < 7,00)	NH₃ (amônia não ionizada) > 0,5 mg/L: • Reduzir ou interromper a alimentação • Verificar o biofiltro, O.D., pH e alcalinidade • Trocar 20% da água do sistema • Aumentar o tamanho do biofiltro
Nitrito (NO₂⁻)	< 0,25 mg/L	• Reduzir ou interromper a alimentação • Verificar o biofiltro, O.D., pH e alcalinidade • Trocar 20% da água do sistema • Aumentar o tamanho do biofiltro
Nitrato (NO₃⁻)	50 – 150 mg/L	NO₃⁻ < 50 mg/L: • Verificar o biofiltro, O.D., pH e alcalinidade • Aumentar a taxa de arraçoamento ou o número de peixes • Diminuir o número de plantas NO₃⁻ > 150 mg/L: • Reduzir a taxa de arraçoamento ou o número de peixes • Aumentar o número de plantas
Oxigênio dissolvido (O.D.)	> 5,00 mg/L	Oxigênio < 4 mg/L: • Aumentar a aeração/oxigenação • Reduzir a alimentação ou o número de peixes • Remover o excesso de sólidos acumulados no sistema
pH	6,00 – 7,00	pH < 6,00: • Adicionar tampões alcalinos (hidróxido de cálcio, bicarbonato de potássio, cal virgem e calcário) • Reduzir a alimentação • Verificar as concentrações de amônia e nitrito pH > 7,5: • Adicionar ácido fosfórico • Verificar O.D. no biofiltro
Alcalinidade (ALK)	50 – 150 mg/L CaCO ₃	< 50 mg/L CaCO₃: • Adicionar tampões alcalinos (hidróxido de cálcio, bicarbonato de potássio e calcário) • Verificar as concentrações de amônia e nitrito > 150 mg/L CaCO₃: • Não adicionar mais tampões alcalinos • Verificar O.D. no biofiltro
Condutividade elétrica (C.E.)	0,60 – 0,8 mS/cm	< 0,6 mS/cm: • Aumentar a taxa de arraçoamento ou o número de peixes • Reduzir o número de plantas > 0,8 mS/cm: • Reduzir a taxa de arraçoamento ou o número de peixes • Aumentar o número de plantas
Ferro	0,20 – 0,50 mg/L	< 0,20 mg/L: • Suplementar com ferro > 0,50 mg/L: • Não é necessário suplementar ferro

10.1 O que a aquaponia nos ensina?

Nesse livro, exploramos a aquaponia como uma solução para a produção sustentável de alimentos. Mas ela é mais do que isso. É uma ideia poderosa, de que os sistemas de produção de alimentos podem ser projetados com inteligência, assim como na natureza, onde resíduos se tornam insumos e os ciclos naturais se tornam aliados da produtividade. Assim, a aquaponia nos ensina sobre eficiência, equilíbrio, escuta ambiental e coevolução entre conhecimento técnico e sensibilidade ecológica.

10.2 Você agora é parte do sistema

Concluir esta leitura é apenas o começo. O próximo passo é colocar em prática o que aprendeu. Agora você tem os fundamentos necessários para operar, adaptar e aprimorar sistemas de aquaponia com segurança e confiança. Cada sistema bem manejado contribui não apenas para a produção local de alimentos, mas também para um futuro mais sustentável.

10.3 Desafios e oportunidades à frente

- Como integrar a aquaponia a políticas públicas de segurança alimentar urbana?
- Como integrar a nutrição de peixes e plantas de forma eficiente?
- Qual o papel da automação, sensores e inteligência artificial na aquaponia do futuro?

Gostaríamos de terminar com essas perguntas, que convidam não apenas à reflexão, mas à ação.

A prática da aquaponia se sustenta em uma base científica interdisciplinar, envolvendo zootecnia, agronomia, ecologia, microbiologia e engenharia agrícola. Esta seção reúne as principais fontes utilizadas nesse livro e sugere outras leituras que podem ampliar o seu repertório técnico.

A boa ciência é o alicerce da boa prática. Estudar a teoria por trás do sistema ajuda a antecipar problemas e inovar com segurança.

Bibliografia Consultada

CEROZI, B.S. Fulvic acid increases iron bioavailability in aquaponic systems: theoretical designs and practical considerations to prevent iron deficiency in plants. **Aquacultural Engineering**, Amsterdam, v. 90, e. 102091, Aug. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2020.102091>.

CEROZI, B.S. et al. Nutrient release coefficient: a proposed batch reactor assay to determine the elemental composition of aquaponic nutrient solutions. **Aquaculture International**, New York, v. 30, p. 735–746, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10499-021-00817-z>.

DUARTE, S.F.P.; CEROZI, B.S. Enhancing plant growth in aquaponic systems via potassium manipulation in fish feeds: a pilot study of tailored feeds bridging nutritional gaps in aquaponics. *Agricultural Systems*, Amsterdam, v. 218, e104001, June 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2024.104001>

GODDEK, S. et al. (Ed.). **Aquaponics food production systems: combined aquaculture and hydroponic production technologies for the future**. New York: Springer, 2019. 619 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-15943-6>.

PALM, H.W. et al. Hydroponic technologies. In: GODDEK, S. et al. (Ed.). **Aquaponics food production systems: combined aquaculture and hydroponic production technologies for the future**. New York: Springer, 2019. p. 77-112. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-15943-6>.

RAKOCY, J.E.; MASSER, M.P.; LOSORDO, T.M. **Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics; integrating fish and plant culture**. Oklahoma State University, Oklahoma Cooperative Extension Service, 2012. (Southern Regional Aquaculture Center, 454). Disponível em: <<https://extension.okstate.edu/fact-sheets/print-publications/srac/recirculating-aquaculture-tank-production-systems-aquaponics-integrating-fish-and-plant-culture-srac-454.pdf>>. Acesso em: 16 out. 2025.

SANTOS, A.A. dos et al. **Deficiências nutricionais em alface e rúcula**: guia de diagnose visual. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola 2023. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/81025>>. Acesso em: 20 jan. 2026.

YEP, B.; ZHENG, Y. Aquaponic trends and challenges: a review. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 228, p. 1586-1599, Aug. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.290>.

Recursos Online Recomendados

- FAO Aquaculture Gateway - <https://www.fao.org/fishery>
- Google Scholar e ResearchGate

Série Produtor Rural

USP/ESALQ/DIBD

A Série Produtor Rural é editada desde 1997 pela Divisão de Biblioteca da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP e tem como objetivo publicar textos acessíveis aos produtores com temas diversificados e informações práticas, contribuindo para a Extensão Rural.