

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE MESTRADO

PRODUÇÃO DE TILÁPIA-DO-NILO (*Oreochromis niloticus*) E DE ALFACE (*Lactuca sativa*) COM A INTEGRAÇÃO DE SISTEMA AQUAPÔNICO DE JANGADA COM A TECNOLOGIA DE BIOFLOCOS (BFT)

Lorena Cangussu de Melo

Orientador: Prof. Dr. Ruy Alberto Caetano Corrêa Filho

CAMPO GRANDE, MS

2025

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE MESTRADO

PRODUÇÃO DE TILÁPIA-DO-NILO (*Oreochromis niloticus*) E DE ALFACE (*Lactuca sativa*) COM A INTEGRAÇÃO DE SISTEMA AQUAPÔNICO DE JANGADA COM A TECNOLOGIA DE BIOFLOCOS (BFT)

Lorena Cangussu de Melo

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito à obtenção do título de Mestre em Ciência Animal. Área de concentração: Produção Animal

CAMPO GRANDE, MS

2025



Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



Certificado de aprovação

LORENA CANGUSSÚ DE MÉLO

PRODUÇÃO DE TILÁPIA-DO-NILO (*Oreochromis nilocus*) E DE ALFACE (*Lactuca sativa*) COM A INTEGRAÇÃO DE SISTEMA AQUAPÔNICO DE JANGADA COM A TECNOLOGIA DE BIOFLOCOS

NILE TILAPIA (*Oreochromis nilocus*) AND LETTUCE (*Lactuca sativa*) PRODUCTION WITH THE INTEGRATION OF AN FLOATING-RAFT AQUAPONIC SYSTEM WITH BIOFLOC TECHNOLOGY

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito para obtenção do título de Mestra em Ciência Animal.
Área de concentração: Produção Animal.

Aprovado em: 31-07-2025

BANCA EXAMINADORA:

Dr. Ruy Alberto Caetano Corrêa Filho
(UFMS) – Presidente

Dr. Jayme Aparecido Povh
(UFMS)

Dra. Milena Wolff Ferreira
(UCDB)

Dra. Susana Amaral Teixeira Manso
(UFMS)

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Milena Wolff Ferreira, Usuário Externo**, em 05/08/2025, às 06:37, Conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13](#)

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Susana Amaral Teixeira, Professora do Magistério Superior**, em 05/08/2025, às 17:40, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#)

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Ruy Alberto Caetano Corrêa Filho, Professor do Magistério Superior - Voluntário**, em 06/08/2025, às 13:57, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#)

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Jayme Aparecido Povh, Professor do Magisterio Superior**, em 07/08/2025, às 08:17, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autencidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufms.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **5787876** e o código CRC **9B353D15**.

COLEGIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

Av Costa e Silva, s/nº - Cidade Universitária

Fone:

CEP 79070-900 - Campo Grande - MS

Referência: Processo nº 23104.001236/2021-33 SEI nº 5787876

AGRADECIMENTOS

A minha avó Irene Lima Cangussu por seu apoio incondicional durante grande parte do meu mestrado e da minha vida.

A minha irmã Marina Cangussu de Melo por seu ouvido amigo e conselhos inestimáveis para a conclusão do mestrado.

Aos meus pais Hamilton Carlos de Melo e Judina Lilian Lima Cangussu de Melo por permitirem a continuar meus estudos e seguir meus sonhos.

Ao meu orientador, Prof Dr. Ruy Alberto Caetano Corrêa Filho, por seus ensinamentos acadêmicos, profissionais e pessoais durante meu período de pós-graduação, as lições e vivências desses dois anos e meio vão ficar comigo durante toda a vida.

Ao meu coorientador, Prof Dr. Jayme Aparecido Povh, por todo apoio e palavras acolhedoras ao longo do experimento.

A todos os pós-graduandos do setor de piscicultura, principalmente ao mestrando Luis Felipe Arruda Cruz, a doutoranda Adryadine Almeida da Costa e aos doutores Rebeca Maria Sousa e Lucas de Oliveira Brasileiro, por todo apoio, companheirismo e paciência, um simples obrigado nunca será suficiente por tudo o que fizeram.

A técnica de laboratório, Karina Sanches, pelo auxílio no setor todos os dias, pela amizade e conversas inestimáveis.

A todos os integrantes do grupo AquiMS que direta ou indiretamente contribuíram com meu mestrado.

A Universidade Federal de Mato Grosso do Sul e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-Brasil (CAPES), por fornecer toda infraestrutura, parte dos recursos para realização do experimento e pela bolsa de mestrado.

RESUMO

No cenário da aquicultura os sistemas de aquaponia e tecnologia de bioflocos (BFT) se apresentam como alternativas para a sustentabilidade no setor de produção de alimentos, uma vez que ambos os sistemas proporcionam baixa perda de água e também a reciclagem de nutrientes. Entretanto, os estudos sobre a integração desses sistemas são escassos, portanto essa linha de pesquisa se mostra necessária. Considerando tais fatos o presente estudo teve como objetivo avaliar a produção de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) em sistema aquapônico de jangada com tecnologia de bioflocos, analisando o desempenho produtivo dos peixes e da alface crespa (*Lactuca sativa*) em um período experimental de 42 dias. O delineamento escolhido foi o inteiramente casualizado com dois tratamentos: sistema aquapônico de jangada com recirculação (AQ) e sistema aquapônico de jangada com tecnologia de bioflocos (AQBFT). O módulo de aquaponia composto por um tanque de criação de peixes (1000 L), uma cama de cultivo de hortaliças (500 L) e um tanque reservatório (100 L) foi considerado uma repetição, com cinco módulos para cada tratamento e adição de um biofiltro no tanque reservatório do tratamento em sistema aquapônico de jangada com recirculação (AQ). Foram alocados 28 machos de tilápia-do-Nilo de peso médio inicial de 0,330 kg e 32 mudas de alface crespa na cama de cultivo em cada módulo. Foi avaliado o desempenho produtivo da tilápia-do-Nilo e da alface nos dois sistemas de cultivo. No sistema AQ foi observado peso final (0,528 kg), ganho em peso diário (4,73 g/dia), biomassa final (14,80 kg/m³) e ganho em biomassa (5,56 kg) maiores ($P < 0,05$) em relação ao sistema em AQBFT (0,474 kg; 3,37 g/dia; 13,2 kg/m³; e 3,87 kg). Com relação ao desempenho produtivo da alface, também foi observado melhores resultados no sistema AQ observando maior ($P < 0,05$) peso das folhas (186,84 g), peso das raízes (25,13 g) e biomassa total de alface (3,13 kg/m²) em relação ao sistema AQBFT (76,56 g; 10,87 g; 1,22 kg/m²). O sistema aquapônico com tecnologia de bioflocos (AQBFT) proporcionou desempenho zootécnico dos peixes e desempenho produtivo das plantas inferiores ao sistema aquapônico com sistema de recirculação (AQ).

Palavras-chave: aquaponia, aquicultura, sistemas aquícolas, sustentabilidade aquícola

SUMÁRIO

CAPÍTULO I.....	7
1. INTRODUÇÃO	7
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	8
2.1 Aquaponia	8
2.1.1 Sistemas aquapônicos	8
2.1.2 Aquaponia em jangada ou DWC (Deep water culture)	9
2.1.3 Aquaponia em cascalho ou ambiente de cultivo.....	11
2.1.4 Aquaponia em canaletas ou NFT (Nutrient film technique).....	11
2.1.5 Espécies Vegetais em sistemas aquapônicos.....	12
2.2 Tecnologia de Bioflocos (BFT)..	14
2.2.1 Fontes de Carbono	15
2.2.2 Microrganismos	15
2.3 Espécies Aquícolas em sistemas aquapônicos e em tecnologia de bioflocos (BFT)	19
2.3.1 Tilápia-do-Nilo (Oreochromis niloticus)	20
3. OBJETIVOS.....	19
3.1 Objetivo geral.....	19
3.2 Objetivos específicos.....	19
4. REFERÊNCIAS.....	20
CAPÍTULO 2	
Produção de tilápia-do-Nilo (Oreochromis niloticus) e de alface (Lactuca sativa) com a integração de sistema aquapônico de jangada com a tecnologia de bioflocos (BFT)..24	
Resumo	25
1. INTRODUÇÃO	27
2. MATERIAIS e MÉTODOS	28
2.1 Local de estudo, animais e plantas	28
2.2 Delineamento experimental	28

2.3 Unidae experimental.....	34
2.3.1 Aquaponia	34
2.3.2 Integração aquaponia e tecnologia de bioflocos.....	31
2.4 Qualidade de água.....	32
2.5 Alimentação.....	33
2.6 Variáveis de desempenho.....	33
2.7 Análise estatística.....	33
3. RESULTADOS	35
4. DISCUSSÃO	37
5. CONCLUSÃO.....	45
6. AGRADECIMENTOS	45
7. REFERÊNICAS	45

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

O aumento populacional aliado à progressiva demanda por recursos hídricos, fomentam a proposição de alternativas ambientalmente e economicamente sustentáveis para a produção animal, especialmente no que tange ao uso de recursos hídricos. No cenário da aquicultura os sistemas de aquaponia e tecnologia de bioflocos (BFT) se apresentam como alternativas para a sustentabilidade no setor de produção de alimentos, uma vez que ambos os sistemas proporcionam baixa perda de água e também a reciclagem de nutrientes.

Os sistemas aquapônicos conhecidos por proporcionam baixa perda de água e nutrientes, contribuem com a sustentabilidade na produção alimentícia. A aquaponia é a combinação harmoniosa entre aquicultura e hidroponia evidenciando um eficiente uso da água e gerando a produção simultânea de plantas (hortaliças e vegetais) e organismos aquáticos sem que haja maior consumo de recursos hídricos (Hundley e Navarro, 2013).

Neste sistema as plantas ocasionam uma melhor qualidade de água para os organismos aquáticos, devido a sua capacidade de biofiltração (Rocha, H. et al., 2025), reduzindo ou eliminando a necessidade de trocas totais de água do sistema de cultivo dos peixes (EMBRAPA, 2024). Existem inúmeros modelos para sistemas de aquaponia: o sistema MFB (Media-filled bed), ou ambiente de cultivo em cascalho que é o mais utilizado devido a sua praticidade; o sistema DWC (Deep Water Culture), floating-raft, ambiente flutuante ou jangada; o sistema NFT (Nutrient Film Technique) ou sistema de canaletas (Carneiro et al., 2015; EMBRAPA, 2024).

A aquaponia vem ganhando destaque no cenário nacional, evidenciado por Emerenciano et al., (2016) que avaliou a situação atual da pesquisa, ciência e inovação dos sistemas aquapônicos no país, realizada entre outubro de 2015 a fevereiro de 2016. Entretanto, ainda são escassos os estudos a respeito da assimilação desta modalidade com outras tecnologias, a exemplo da tecnologia de bioflocos (BFT).

A tecnologia de bioflocos é um sistema que também ampara a necessidade da sustentabilidade na aquicultura, por meio da reciclagem da matéria orgânica gerada na produção dos organismos aquáticos. Tal degradação é realizada por microrganismos (principalmente bactérias quimioautotróficas e heterotróficas) presentes nos flocos microbianos na água do sistema (Emerenciano et al., 2013).

REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aquaponia

A aquicultura consiste na produção de organismos aquáticos e a hidroponia é a produção de plantas em ambiente aquático (Hundley; Navarro, 2013). Portanto, a aquaponia é a combinação dos sistemas de hidroponia e aquicultura, resultando em dois produtos finais básicos: vegetais e organismos aquáticos (Hundley e Navarro, 2013). A inovação deste sistema é pautada pelo baixo consumo de água e também pelo aproveitamento dos resíduos da aquicultura (compostos nitrogenados tóxicos) pelas plantas (Franco et al., 2024).

Em uma análise comparativa com outros sistemas de produção, a aquaponia não requer troca de água constante e precisa de menos água para o seu abastecimento (EMBRAPA, 2024). Ademais, esse sistema demonstrou ser uma ótima opção para a produção sustentável de alimentos (Franco et al., 2024).

A aquaponia tem ganhado destaque no Brasil nos últimos tempos, conforme demonstrado por Emereniano et al. (2016). Esses autores avaliaram a situação atual da pesquisa, ciência e inovação dos sistemas aquapônicos no país em um estudo realizado de outubro de 2015 a fevereiro de 2016 e verificaram que aos poucos esse sistema vem ganhando espaço no mercado. Entretanto, ainda é necessário um aprofundamento na pesquisa de sistemas aquapônicos, sua eficiência prática e a assimilação com outras tecnologias.

2.1.1 Sistemas aquapônicos

Sistema aquapônico refere-se a um sistema fechado, onde há intensa relação entre o resíduo proveniente do cultivo dos peixes e o vegetal produzido em consórcio, em cada um dos ambientes de cultivo. O sistema aquapônico é formado basicamente por três partes (Figura 1): (i) ambiente de criação de peixe em fluxo contínuo; (ii) dispositivo de biofiltro; e (iii) ambiente hidropônico (Buss et al., 2015). É um sistema onde há implantação de recirculação de água e, assim sendo, a água efluente das unidades da produção de peixes, após ser tratada pelo filtro biológico para retirada de alguns resíduos sólidos e de nutrientes dissolvidos, irrigam as plantas, as quais aproveitam os nutrientes que não são utilizados pelos peixes, antes da água retornar ao ambiente de cultivo de peixes (Buss et al., 2015).

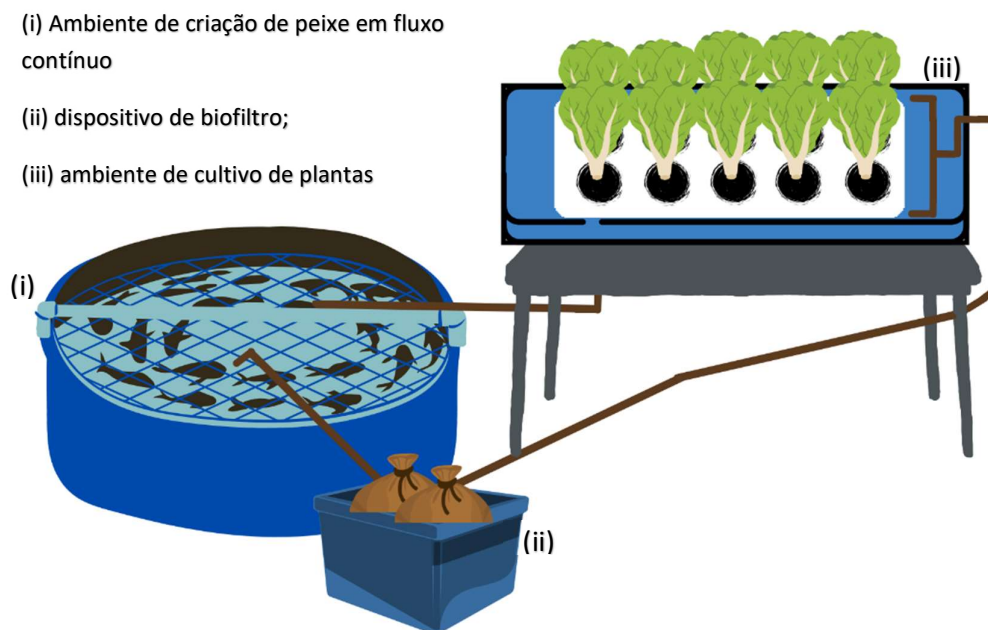


Figura 1. Esquema gráfico representativo de um sistema aquapônico

Fonte: Imagem do autor

Há vários tipos de sistemas de aquaponia, mas todos eles têm três processos essenciais e interdependentes: o cultivo de peixes em tanques, em que os nutrientes são fornecidos por meio da ração; a conversão do nitrogênio em suas diversas formas, realizada em filtros biológicos e mesas de cultivo hidropônicas; e, por último, a absorção desses nutrientes pelas plantas do sistema (Rocha, H. et al., 2025). Em sistemas comerciais de aquaponia, os peixes geralmente são mantidos em alta densidade, com recirculação constante da água e utilização de sistemas de aeração secundária nos tanques (Hundley e Navarro, 2013).

2.1.2 Aquaponia em jangada ou DWC (Deep water culture)

O sistema de aquaponia em ambiente flutuante ou jangada possui uma placa flutuante (Figura 2) com furos onde serão alocadas as mudas das plantas. A placa pode ficar dentro do próprio tanque de criação ou de camas de cultivo conectadas aos tanques por um sistema de recirculação. Esse sistema pode ser utilizado para produção em grandes escalas e apresenta as vantagens de facilidade e simplicidade em seu manejo (Rocha, H. et al., 2025).



Figura 2. Jangadas flutuantes de isopor utilizadas em sistemas aquapônicos.

Fonte: Imagem do autor

As raízes (Figura 3) das plantas ficam continuamente submersas, e por esse motivo uma fonte de aeração deve estar distribuída por todo ambiente de cultivo. Essa fonte de aeração servirá para a manutenção do nível de oxigênio dissolvido na água, adequado e homogêneo, a fim de evitar a formação de áreas 'mortas' e apodrecidas próximas as raízes (Carneiro et al., 2015).



Figura 3. Raízes de alface submersas em sistema aquapônico de jangada.

Fonte: Imagem do autor

Para sistemas produtivos em larga escala não é necessário filtro biológico, uma vez que, a superfície livre para o desenvolvimento das bactérias é suficiente para o aporte do processo de nitrificação (Rocha, H. et al.,2025). A aquaponia de jangada é amplamente utilizada na produção de folhosas, devido ao seu grande volume de água que permite boa estabilidade dos parâmetros físico-químicos (temperatura e pH) (Carneiro et al.,2015; EMBRAPA, 2024).

2.1.3 Aquaponia em cascalho ou ambiente de cultivo

O sistema de aquaponia em cascalho (Figura 4) é formado por um tanque de criação e uma cama de cultivo para plantas, com uso de substrato (cascalho, pedra brita ou argila) para colonização de bactérias nitrificantes e fixação das raízes das hortaliças (Carneiro et al.,2015; EMBRAPA, 2024). Para o cultivo nesse sistema é necessário utilizar bomba d'água submersa para fazer a circulação da água entre a cama de cultivo e o tanque dos organismos aquáticos e seu retorno é feito por gravidade através de um sifão (ALFARO, 2015). A recomendação do dimensionamento da cama de cultivo para que tenha a capacidade de comportar o substrato e as raízes é de pelo menos 30cm de altura (Carneiro et al.,2015).



Figura 4. Cama de cultivo de um sistema aquapônico em cascalho

Fonte: Imagem do autor

2.1.4 Aquaponia em canaletas ou NFT (Nutrient film technique)

O sistema de canaleta é composto por estruturas com canos (PVC) e as plantas ficam dentro de furos localizados na parte superior desses canos, esse sistema tem como vantagens a mínima perda de água e bom aproveitamento do espaço, mas possui uma complexidade em sua técnica de instalação e no manejo (Somerville et al., 2014).

A circulação entre as canaletas de cultivo e os tanques de criação é fechada e permite a absorção de uma água rica em nutrientes pelas plantas. Trata-se do sistema mais indicado para as plantas como ervas aromáticas, rúcula e alface (plantas classificadas como folhosas) devido a facilidade pela comercialização, cultivo e colheita (Carneiro et al.,2015).

No sistema NFT (nutrient film technique), as canaletas formadas por tubos (normalmente de PVC) são alocadas em um desnível entre 8% e 12% paralelamente a fim de facilitar a passagem da água por força da gravidade. Deve existir um sistema de filtragem de sólidos que impede que as partículas se alojem nas raízes das plantas que poderiam ter problemas nutricionais (EMBRAPA, 2024).

2.1.5 Espécies vegetais em sistemas aquapônicos

Em sua grande maioria, qualquer vegetal de porte pequeno a médio, pode ser produzido em um sistema aquapônico. Entretanto, é importante observar as necessidades e limitações das plantas selecionadas, em relação a fatores como espaço, nutrição, aeração (fornecimento de oxigênio), hidratação, temperatura, radiação solar, etc (Diver, 2006).

Em sistemas aquapônicos, recomenda-se o uso de espécies vegetais adaptadas à hidroponia, especialmente as hortaliças. Essa categoria de plantas, apresentam tolerância às flutuações nos teores de nutrientes dissolvidos, sem causar sintomas de deficiência severa de nutrientes e respondem bem a presença de água em abundância em suas raízes (Carneiro et al.,2015). Nesse sentido, os sistemas aquapônicos podem produzir uma variedade muito grande de espécies vegetais, como alface (*Lactuca sativa*), manjerição (*Ocimum basilicum*), agrião (*Nasturtium officinale*), repolho (*Brassica oleracea*), rúcula (*Eruca sativa*), morango (*Fragaria vesca*), pimenta (*Capsicum spp.*), tomate (*Solanum lycopersicum*), etc.

Dentre essas, a alface (Figura 5) é uma das principais hortaliças cultivadas no Brasil (Rocha, H. et al.,2025), e a folhosa mais consumida em todo país, por isso vem recebendo atenção especial na pesquisa científica nos últimos anos (Kist et al.,2024) e por isso existem diversos trabalhos avaliando o desempenho da alface em istemas aquapônicos (Tabela 1).

Tabela 1: Artigos com desempenho produtivo da alface (*Lactuca spp*) em sistemas aquapônicos.

Autores	Tipo de aquaponia	Período de cultivo	Biomassa total final (kg/m ²)
Barbosa et al., (2022)	Cascalho	45 dias	1,1
Yang and Kim (2020)	Cascalho	90 dias	10,5
Pinho et al., (2017)	Jangada	21 dias	1,36
Dediu et al., (2012)	Jangada	21 dias	3,3
Johnson et al., (2017)	Canaletas	70 dias	4,7

Fonte: Arquivo pessoal



Figura 5. Alface crespa produzida em sistema aquapônico de jangada

Fonte: Imagem do autor

Por ser um vegetal herbáceo e exigente em água, a alface apresenta um bom desenvolvimento em hidroponia e aquaponia (Barbosa et al.,2021). No verão, o ciclo produtivo da alface tem duração de 45 a 60 dias, já no inverno pode durar de 60 a 65 dias. As mudas de alface são transplantadas normalmente 30 dias após a semeadura, quando possuem de 4 a 6 folhas (Paulus et al., 2010). E para o seu bom desenvolvimento, é necessário pelo menos de 4 a 6 horas de luz (solar ou artificial) por dia, e seu plantio deve ocorrer em uma distância de pelo menos 10 centímetros entre as mudas (Barbosa et al., 2021).

2.2 Tecnologia de Bioflocos (BFT)

A aquicultura está evoluindo rapidamente e também passando por reformas em resposta ao impulso mundial para a produção sustentável (Emerenciano et al., 2013). A busca por sistemas fechados, vem aumentando devido aos benefícios ambientais de biossegurança, que é limitada nos sistemas abertos. A tecnologia de bioflos (BFT) (Figura 6) atende a tais necessidades na aquicultura e pode ser uma boa alternativa para diminuir o uso dos recursos hídricos, uma vez que quando implementada corretamente, não é necessária a troca constante de água, a reposição é realizada apenas por conta da evaporação (Emerenciano et al., 2013).

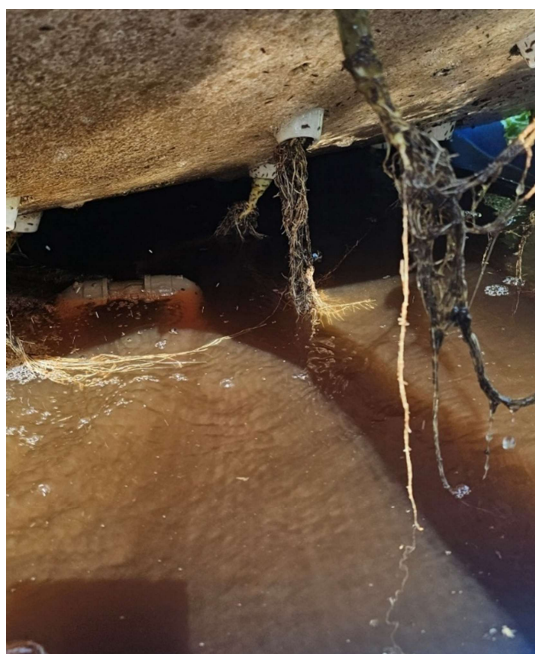


Figura 6. Água em sistema BFT e flocos micorbianos acumulados nas raízes das plantas

Fonte: Imagem do autor

A sustentabilidade deste sistema também é pautada pelo crescimento de microorganismos que realizam a reciclagem de nutrientes, mantendo a qualidade da água e que podem ser aproveitados como fonte de alimento de alto valor proteico para os diversos organismos aquáticos (Azim e Little, 2008). Assim, os custos da produção podem ser reduzidos, permitindo ao produtor o uso de rações com um teor de proteína mais baixo, uma vez que os flocos microbianos (Figura 6) servem como fonte de alimento e contribuem para redução da conversão alimentar. Porém, para a manutenção deste sistema é necessária aeração constante nos tanques de cultivo, uma vez que as bactérias aeróbicas presentes são fundamentais para a formação dos flocos (Azim e Little, 2008).

Tais exigências resultam em maiores custos operacionais, sobretudo com energia elétrica, além de demandarem mão de obra qualificada. Essas condições podem restringir o uso da tecnologia por pequenos produtores ou em regiões com infraestrutura limitada (CRAB et al., 2012).

2.2.1 Fontes de carbono

Diversas fontes de carbono (Tabela 2) podem ser utilizadas para a manutenção da biomassa microbiana e do equilíbrio da relação carbono/nitrogênio (C:N) (Avnimelech, 2011). O melaço, subproduto da cana-de-açúcar, é uma das fontes de carbono mais utilizadas por apresentar em sua composição, características que favorecem o bom desenvolvimento das bactérias heterotróficas (Crab et al., 2012).

Tabela 2: Fontes de carbono usualmente utilizadas na produção de tilápia

Fonte de Carbono	Espécie
Celulose	<i>Oreochomis</i> spp
Melaço	<i>Oreochomis</i> spp
Sorgo	<i>Oreochomis</i> spp
Farinha de trigo	<i>Oreochomis niloticus</i>
Amido	<i>Oreochomis</i> spp

Fonte: Adaptado de Emerenciano et al., 2013

Uma boa fonte com uma alta concentração de carbono, é fundamental para que as bactérias heterotróficas se desenvolvam e realizem todos os processos metabólicos celulares (alimentação, respiração, produção de novas células e digestão), para promover máximo desempenho na formação e manutenção do bioflocos (Avnimelech, 2011).

2.2.2 Microrganismos

Os microrganismos presentes no sistema com tecnologia de bioflocos são essenciais para a manutenção da qualidade de água nesse sistema e além disso, diversos estudos apontam que a adoção da tecnologia de bioflocos promove melhorias significativas no desempenho zootécnico dos organismos cultivados, como maiores taxas de crescimento, aumento na sobrevivência, melhor conversão alimentar e redução da incidência de enfermidades (Maya et al., 2016; Azim e Little, 2008).

Do ponto de vista ambiental, a BFT apresenta benefícios relevantes, principalmente pela significativa redução no consumo de água ao longo do ciclo de cultivo. Isso se deve à atuação dos microrganismos que compõem os bioflocos, os quais promovem a

transformação dos resíduos orgânicos presentes na água, contribuindo para a manutenção da qualidade do ambiente e para a conservação dos recursos hídricos (AVNIMELECH, 2009; EKASARI et al., 2014).

As bactérias quimioautotróficas e heterotróficas compõem os flocos microbianos que necessitam de fontes de carbono, como o melaço, e oxigênio dissolvido em altas concentrações na água para o seu bom desenvolvimento (Avnimelech, 2011). A reciclagem dos compostos nitrogenados como amônia (NH_3) e nitrato (NO_2^-), que são tóxicos para a maioria dos organismos aquáticos, é realizada pelas bactérias quimioautotróficas. As bactérias quimioautotróficas obtêm energia através da oxidação de compostos nitrogenados, consumindo fontes de carbono inorgânicas (dióxido de carbono; CO_2) e oxigênio dissolvido em altas concentrações para realizar a transformação do amônio (NH_4^+) em nitrito (NO_2^-) pelas bactérias Gram negativas do gênero *Nitrosomonas*, *Nitrosococcus*, *Nitrospira*, *Nitrosobulus* e *Nitrosovibrio*, a transformação do nitrito em nitrato (NO_3^-) pelas bactérias Gram negativas do gênero *Nitrobacter*, *Nitrococcus*, *Nitrospira* ou *Nitrospina* e desta forma aumentam a sua biomassa microbiana. Ao mesmo tempo, as bactérias heterotróficas vão utilizar a amônia (NH_3), fontes de carbono orgânicas (carboidratos) e matéria orgânica (biomassa microbiana de bactérias quimioautotróficas e fitoplânctons principalmente) como fonte de energia e alimento, aumentando assim a sua biomassa microbiana e produzindo dióxido de carbono (CO_2) que vai ser aproveitado pelas bactérias quimioautotróficas e organismos autotróficos (fitoplâncton).

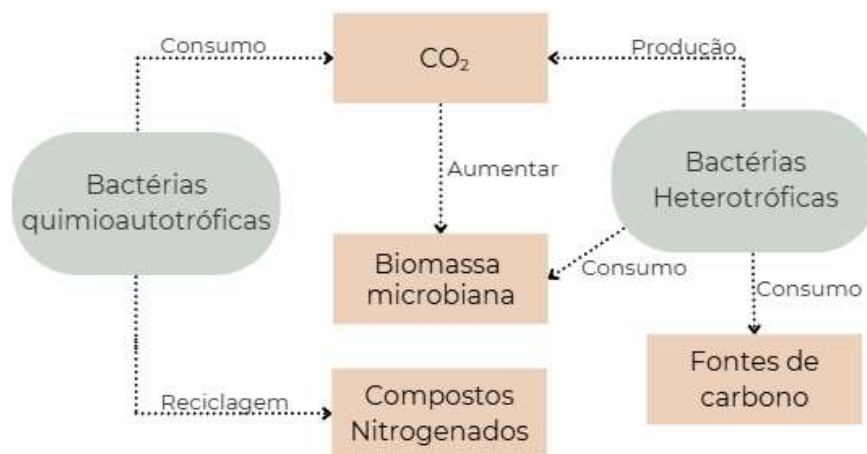


Figura 7. Esquema das atividades das bactérias que compõe o BFT

Fonte: Imagem do autor

Além disso, a qualidade nutricional fornecida pelos microrganismos presentes nos sistemas de bioflocos é comparável, e em muitos casos superior, àquela encontrada em rações comerciais, especialmente em relação aos teores de proteínas e lipídios. Ademais, esses microrganismos contribuem com níveis adequados de carboidratos e minerais, como cinzas, tornando os bioflocos uma fonte alimentar viável na aquicultura. Destaca-se ainda sua riqueza em vitaminas e minerais essenciais, notadamente fósforo, cálcio e magnésio (CRAB et al., 2012; EMERENCIANO et al., 2013).

2.3 Espécies Aquícolas utilizadas em sistemas aquapônicos e em tecnologia de bioflocos (BFT)

Para que uma espécie de organismo aquático se adeque ao cultivo em tecnologia de bioflocos e em aquaponia, é fundamental que a mesma seja capaz de suportar algumas condições como: suportar as oscilações de compostos nitrogenados; tolerar altas concentrações de sólidos solúveis na água; apresentar hábito alimentar onívoro, para melhor aproveitamento dos flocos como fonte de alimento; e que resista a níveis intermediários de 3 a 6 mg L⁻¹ de oxigênio dissolvido (Emerenciano et al., 2013). Assim, espécies de peixes nativos como o pacu (*Piaractus mesopotamicus*), o tambaqui (*Colossoma macropomum*), e exóticas como a tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*), têm sido utilizadas nesse sistema e apresentam bom desempenho (Carneiro et al., 2015).

2.3.1 Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*)

Com cerca de 7 milhões de toneladas produzidas por ano a tilápia-do-Nilo (Figura 8) é o segundo peixe mais cultivado no mundo (PEIXEBR, 2025), ficando atrás apenas do grupo das carpas. No Brasil, a tilápia é o peixe mais cultivado, representando 68.36% da produção nacional de peixes em 2024, com 662.239 toneladas produzidas (PEIXEBR, 2025). Apesar da abundante variedade de espécies adaptadas, a maior parte dos sistemas comerciais aquapônicos no continente americano tem como espécie mais utilizada a tilápia-do-Nilo (Figura 9) (Carneiro et al., 2015).



Figura 9. Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*)

Fonte: Imagem do autor

A tilápia possui hábito alimentar onívoro e filtrador (Rodrigues et al., 2017) e por isso, o cultivo dessa espécie em tecnologia de bioflocos (BFT) afeta positivamente seu desempenho produtivo (Ekasari et al., 2015). Os microrganismos presentes nos flocos podem ser aproveitados como suplemento rico em proteína na dieta, auxiliando na diminuição da conversão alimentar e consequentemente no aumento da eficiência produtiva (Becerril-Cortés et al., 2017), como evidenciado em diversas pesquisas científicas que avaliaram o desempenho produtivo da tilápia em sistemas com tecnologia de Bioflocos (Tabela 3).

Tabela 3: Artigos com desempenho produtivo de tilápia (*Oreochromis spp.*) na fase adulta em sistemas com tecnologia de bioflocos (BFT)

Autores	CA	Tipo de fonte de carbono	Ganho de biomassa
Barbosa et al., (2022)*	1,06	Melaço em pó	8,2 kg
Pinho et al., (2017)*	1,87	Melaço em pó	1,4 kg
Widanarni et al., (2012)	1,76	Melaço líquido	10,8 kg
Pérez-Fuentes et al., (2016)	1,74	Melaço líquido	9,0 kg
Azim e Little, (2008)	3,51	Melaço líquido	4,8 kg
Abduljabbar, A.A. et al. (2015)	1,87	Melaço líquido	-
Lima et al., (2018)	1,74	Melaço em pó	9,3

* Com sistema aquapônico associado

(1) CA: Conversão alimentar.

A tilápia é um peixe bastante resistente sendo tolerante a variações ambientais de qualidade da água como pH, temperatura, oxigênio, e sólidos dissolvidos (Franco et al., 2024). As pesquisas em relação a sua nutrição e reprodução são amplamente difundidas e as tecnologias acessíveis ao produtor, tornando-a uma ótima fonte de alimento segura e saudável para consumo humano (Carneiro et al., 2015).

Essa espécie apresenta um bom preço comercial, boa rusticidade no manejo, ótima conversão alimentar e um desempenho produtivo muito eficiente, assim tem sido o peixe mais utilizado em sistemas de aquaponia (Franco et al., 2024; Marengoni, 2006), ademais existem múltiplos trabalhos avaliando o desempenho produtivo de tilápia em sistemas aquapônicos evidenciando o desenvolvimento desejado para esta espécie (Tabela 4).

Tabela 4: Artigos com desempenho produtivo de tilápia (*Oreochromis spp.*) na fase adulta em sistemas aquapônicos.

Autores	CA ¹	Tipo de aquaponia	Plantas cultivadas	Biomassa inicial
Guimarães et al., (2017)	1,68	Canaletas	Acelga chinesa	7,69 kg/m ³
Hassan et al., (2024)	1,88	Canaletas	Espinafre	9 kg/m ³
Mulyani et al., (2021)	1,36	Cascalho	Alface	-
Shaheen et al., (2022)	1,54	Jangada	Pepino	2 kg/m ³
Félix-Cuencas et al., (2025)	1,62	Canaleta	Tomate	20 kg/m ³
Barbosa et al., (2022)	1,23	Cascalho	Agrião, alface e rúcula	4 kg/m ³
Yang and Kim (2020)	1,76	Cascalho	Alface	20 kg/m ³
Pinho et al., (2017)	4,02	Jangada	Alface	3,2 kg/m ³

(1) CA: Conversão alimentar.

OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral

Avaliar se a associação entre o sistema aquapônico de jangada e tecnologia de bioflocos (BFT) forneceria um melhor desempenho na produção de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) e de alface crespa (*Lactuca sativa*).

3.2. Objetivos Específicos

- a) Avaliar o desempenho produtivo de machos de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) em sistema aquapônico de jangada com a tecnologia de bioflocos (BFT).
- b) Avaliar o desempenho produtivo da alface crespa (*Lactuca sativa*) em sistema aquapônico de jangada com a tecnologia de bioflocos (BFT).

REFERÊNCIAS

ABDULJABBAR, A. A.; ALKHOZAI, S. M.; MOHAMED, S. H.; MAJID, H. F. Intensive Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) production under biofloc technology systems. **Global Journal of Fisheries and Aquaculture Researches**, v. 2, n. 1, p. 64–80, 2015.

ALFARO, C. (2015). **Manual da aquaponia urbana**, 78 p.

KIST, B. B.; BORGES, F. R.; RODRIGUES, C. P. Anuário brasileiro de horti&fruti 2024. **Editora Gazeta Santa Cruz**, Santa Cruz do Sul. 94 p, 2024 Disponível em: <https://editoragazeta.com.br/produto/anuario-brasileiro-do-horti-fruti-2024>. Acesso em: 20 jan. 2025.

AVNIMELECH, Y. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. **Aquaculture**, v. 176, p. 227-235, 2009. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00085-X](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00085-X)

AVNIMELECH, Y. Tilapia production using biofloc technology: saving water, waste recycling improves economics. **Global Aquaculture Advocate**, v. 14, n. 3, p. 66–68, 2011.

AZIM, M. E.; LITTLE, D. C. The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v. 283, p. 29–35, 2008.

BARBOSA, P. T. L. **Produção de tilápia-do-Nilo em sistema aquapônico: diferentes volumes e integração com tecnologia de bioflocos (BFT) em policultivo com camarão**. 2021. 86 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2021.

BARBOSA, P. T. L.; RODRIGUES, R. V.; HENRIQUES, M. B.; LUIZ, R. K.; MARTINS, M. L.; TAVARES-DIAS, M. Nile tilapia production in polyculture with freshwater shrimp using an aquaponic system and biofloc technology. **Aquaculture**, v. 551, art. 737916, 2022.

BECERRIL-CORTÉS, D.; MONROY-DOSTA, M. del C.; COELHO-EMERENCIANO, M. G.; CASTRO-MEJÍA, G.; CIENFUEGOS-MARTÍNEZ, K.; LARA-ANDRADE, R. de. Nutritional importance for aquaculture and ecological function of microorganisms that make up Biofloc: a review. **International Journal of Aquatic Science**, v. 8, n. 2, p. 69–77, 2017.

BUSS, A. B., MEURER, V. N., AQUINI, E. D. N., ALBERTON, J. V., BARDINI, D. S., FRECCIA, A. Desenvolvimento da aquaponia como alternativa de produção de alimentos saudáveis em perímetro urbano. **Anais VI Seminário de Ensino, Pesquisa e Extensão–SENPEX**, p. 1127-1132, 2015.

CARNEIRO, P. C. F.; GARCIA, F.; SILVA, T. S.; SANTOS, C. L.; MATTOS, B. O. **Produção integrada de peixes e vegetais em aquaponia**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. 27 p.

CRAB, R.; DEFOIRDT, T.; BOSSIER, P.; VERSTRAETE, W. Biofloc technology in aquaculture: beneficial effects and future challenges. **Aquaculture**, v. 356, p. 351–356, 2012.

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

DIVER, S. **Aquaponic: integration hydroponic with aquaculture**. Butte: National Center for Appropriate Technology, 2006. 28 p.

EKASARI J., ANGELA, D., WALUYO S.H., BACHTIAR T., SURAWIDJAJA E.H., BOSSIER P. and DE SCHRYVER P. The size of biofloc determines the nutritional composition and the nitrogen recovery by aquaculture animals. **Aquaculture**, v. 426, p. 105-111, 2014.

EKASARI, J.; SUKENDRA, B.; HERAWATI, E.; EFFENDI, I.; MARYAM, S. Biofloc technology positively affects Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) larvae performance. **Aquaculture**, v. 441, p. 72–77, 2015.

EMBRAPA. **Aquaponia residencial**. Brasília, DF: Embrapa, 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produtoservico/6298/aquaponiaresidencial>. Acesso em: 12 jan. 2025.

EMERENCIANO, M. G. C.; PINHO, S. M.; CARNEIRO, P. C. F. Aquaponia no Brasil: o que o futuro nos aguarda. **Aquaculture Brasil**, 2016.

EMERENCIANO, M.; GAXIOLA, G.; CUZON, G. **Biofloc technology (BFT): a review for aquaculture application and animal food industry**. London:

IntechOpen, 2013.

FRANCO, J. R.; SILVA, M. F.; SANTOS, L. V.; REIS, G. A. Implantação de um sistema de aquaponia para pequenos produtores. **Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar**, v. 10, n. 2, p. 1002187, 2024.

FÉLIX-CUENCAS, L.; GARCÍA-TREJO, J. F.; LÓPEZ-TEJEIDA, S.; DE LEÓN-RAMÍREZ, J. J. Nitrogen and phosphorus flow under three productive stages of tilapia (*Oreochromis niloticus*) in a hyperintensive aquaponic system with tomato (*Solanum lycopersicum*). **Aquaculture**. art. 742594, 2025.

GUIMARÃES, D.; SOUSA, C. F.; MOREIRA, A. C.; VASCONCELOS, H. P. Evaluation of a Semi-Intensive Aquaponics System, with and without Bacterial Biofilter in a Tropical Location. **Sustainability**, v. 9, n. 4, p. 592, 2017. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/9/4/592>. Acesso em: 1 jul. 2025.

HASSAN, A. R.; MOHAMED, H. A.; SAAD, A. M.; MAHMOUD, A. A. Sustainability of Growth Performance, Water Quality, and Productivity of Nile Tilapia-Spinach Affected by Feeding and Fasting Regimes in Nutrient Film Technique-Based Aquaponics. **Sustainability**, v. 16, n. 3, p. 135, 2024. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/16/3/1305>. Acesso em: 1 jul. 2025.

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

JOHNSON, G. E.; DUNCAN, M. R.; LEWIS, T. W.; PARKER, R. M. Evaluation of lettuce between spring water, hydroponic, and flow-through aquaponic systems. **International Journal of Vegetable Science**, v. 23, n. 5, p. 456–470, 2017.

LIMA, E. C. R. de; SOUZA, R. L. de; GIRÃO, P. J. M.; BRAGA, I. F. M.; CORREIA, E. D. de Souza. Culture of Nile tilapia in a biofloc system with different sources of carbon. **Revista Ciência Agronômica**, v. 49, n. 3, p. 458–466, 2018.

MARENGONI, N. G. Produção de tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* (linhagem chitralada), cultivada em tanques-rede, sob diferentes densidades de estocagem. **Arquivos de Zootecnia**, v. 55, n. 210, p. 127–138, 2006.

MAYA G.S., MONROY D.M., HANDAM P.A., CASTRO J.C., and RODRÍGUEZ M.G. Effect of two carbon sources in microbial abundance in a Biofloc culture system with *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758). **International Journal of Fisheries and Aquatic Studies**. v. 4, n.3, p. 421-427, 2016.

MULYANI, D.; ZULFIKAR, A.; SAFRUDDIN, S.; RAHMAD, R. Application of aquaponics technology with different substrate combinations on water quality and

growth of tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal**, Lhokseumawe, v. 8, n. 1, p. 17–23, 2021. Disponível em: <https://ojs.unimal.ac.id/acta-aquatica/article/view/3711>. Acesso em: 15 jul. 2025.

PAULUS, D. Produção e indicadores fisiológicos de alface sob hidroponia com água salina. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 1, p. 29–35, 2010.

PEIXE BR. **Anuário 2025 da Associação Brasileira da Piscicultura**. São Paulo: Peixe BR, 2025.

PÉREZ-FUENTES, J. A.; DOMÍNGUEZ, L. S.; LÓPEZ-LÓPEZ, E.; SÁNCHEZ, O. R. C:N ratios affect nitrogen removal and production of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* raised in a biofloc system under high density cultivation. **Aquaculture**, [S.l.], v. 452, p. 247–251, 2016.

PINHO, S. M.; MOLINARI, D.; DE MELLO, G. L.; FITZSIMMONS, K. M.; COELHO EMERENCIANO, M. G. Effluent from a biofloc technology (BFT) tilapia culture on the aquaponics production of different lettuce varieties. **Ecological Engineering**, v. 103, p. 146–153, jun. 2017. DOI: <10.1016/j.ecoleng.2017.03.009>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925857417301520>. Acesso em: 1 jul. 2025.

ROCHA, H. D. C., NASCIMENTO, B. L. M., GOMES, B. R. A., RODRIGUES, A. B., DA SILVA SOUSA, L. B., SILVA, J. M. V., ... & DE SOUSA, I. L. P. A aquaponia como sistema orgânico de produção de alface para a zona urbana. **Caderno Pedagógico**, v. 22, n. 6, p. 1–20, 2025.

RODRIGUES, R. B.; MORAES, V. A.; PEREIRA, L. G.; FERNANDES, M. C. Tecnologia de bioflocos no cultivo de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Acta Tecnológica**, v. 10, n. 2, p. 75–89, 2017.

SHAHEEN, M. R.; ALI, R. A.; AHMED, N. A.; ABDULRAHMAN, H. K. Growth and yield of cucumber and tilapia fish in aquaponics under UAE climatic condition. **Innovations in Agriculture**, Sofia, v. 2, p. 45–52, 2022. Disponível em: <https://innovationsagriculture.pensoft.net/article/32842/>. Acesso em: 1 jul. 2025.

SOMERVILLE, C., COHEN, M., PANTANELLA, E., STANKUS, A., & LOVATELLI, A. Small-scale aquaponic food production: integrated fish and plant farming. **FAO Fisheries and aquaculture technical paper**, n. 589, p. I, 2014.

WIDANARNI, W.; EKASARI, J.; MARYAM, S. Evaluation of Biofloc Technology Application on Water Quality and Production Performance of Red Tilapia *Oreochromis* sp. Cultured at Different Stocking Densities. **HAYATI Journal of Biosciences**, Bogor, v. 19, n. 2, p. 73–80, jun. 2012. DOI: <10.4308/hjb.19.2.73>.

YANG, T.; KIM, H. Comparisons of nitrogen and phosphorus mass balance for

tomato-, basil-, and lettuce-based aquaponic and hydroponic systems. **Journal of Cleaner Production**, v. 274, p. 122619, 2020.

CAPÍTULO 2

**Produção de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) e de alface (*Lactuca sativa*)
com a integração de sistema aquapônico de jangada com a tecnologia de
bioflocos (BFT)**

Resumo

No cenário da aquicultura os sistemas de aquaponia e tecnologia de bioflocos (BFT) se apresentam como alternativas para a sustentabilidade no setor de produção de alimentos, uma vez que ambos os sistemas proporcionam baixa perda de água e também a reciclagem de nutrientes. Entretanto, os estudos sobre a integração desses sistemas são escassos, portanto essa linha de pesquisa se mostra necessária. Considerando tais fatos o presente estudo teve como objetivo avaliar a produção de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) em sistema aquapônico de jangada com tecnologia de bioflocos, analisando o desempenho produtivo dos peixes e da alface crespa (*Lactuca sativa*) em um período experimental de 42 dias. O delineamento escolhido foi o inteiramente casualizado com dois tratamentos: sistema aquapônico de jangada com recirculação (AQ) e sistema aquapônico de jangada com tecnologia de bioflocos (AQBFT). O módulo de aquaponia composto por um tanque de criação de peixes (1000 L), uma cama de cultivo de hortaliças (500 L) e um tanque reservatório (100 L) foi considerado uma repetição, com cinco módulos para cada tratamento e adição de um biofiltro no tanque reservatório do tratamento em sistema aquapônico de jangada com recirculação (AQ). Foram alocados 28 machos de tilápia-do-Nilo de peso médio inicial de 0,330 kg e 32 mudas de alface crespa na cama de cultivo em cada módulo. Foi avaliado o desempenho produtivo da tilápia-do-Nilo e da alface nos dois sistemas de cultivo. No sistema AQ foi observado peso final (0,528 kg), ganho em peso diário (4,73 g/dia), biomassa final (14,80 kg/m³) e ganho em biomassa (5,56 kg) maiores ($P < 0,05$) em relação ao sistema em AQBFT (0,474 kg; 3,37 g/dia; 13,2 kg/m³; e 3,87 kg). Com relação ao desempenho produtivo da alface, também foi observado melhores resultados no sistema AQ observando maior ($P < 0,05$) peso das folhas (186,84 g), peso das raízes (25,13 g) e biomassa total de alface (3,13 kg/m²) em relação ao sistema AQBFT (76,56 g; 10,87 g; 1,22 kg/m²). O sistema aquapônico com tecnologia de bioflocos (AQBFT) proporcionou desempenho zootécnico dos peixes e desempenho produtivo das plantas inferiores ao sistema aquapônico com sistema de recirculação (AQ).

Palavras-chave: aquaponia, aquicultura, sistemas aquícolas, sustentabilidade aquícola

1. INTRODUÇÃO

O aumento populacional aliado à progressiva demanda por recursos hídricos, fomentam a proposição de alternativas ambientalmente e economicamente sustentáveis para a produção animal, especialmente no que tange ao uso de recursos hídricos. No cenário da aquicultura os sistemas de aquaponia e tecnologia de bioflocos (BFT) se apresentam como alternativas para a sustentabilidade no setor de produção de alimentos, uma vez que ambos os sistemas proporcionam baixa perda de água e também a reciclagem de nutrientes.

A aquaponia é a combinação dos sistemas de hidroponia e aquicultura, evidenciando um eficiente uso da água e gerando a produção simultânea de plantas (hortaliças e vegetais) e organismos aquáticos sem que haja maior consumo de recursos hídricos (Hundley e Navarro, 2013). Neste sistema as plantas ocasionam uma melhor qualidade de água para os organismos aquáticos e, ao mesmo tempo, o nitrogênio gerado pelos organismos aquáticos nos tanques de criação é absorvido pelas raízes das plantas na cama de cultivo, auxiliando melhora da qualidade da água antes de retornar ao tanque de cultivo de peixes (Franco et al., 2024; Rocha, H. et al., 2025), reduzindo ou eliminando a necessidade de trocas totais de água do sistema de cultivo dos peixes (EMBRAPA, 2024). Assim, o sistema mantém os níveis de toxidade dos compostos nitrogenados toleráveis para a sobrevivência dos organismos aquáticos (Jordan, 2022).

A aquaponia vem ganhando destaque no cenário nacional, evidenciado por Emereniano et al., (2016) que avaliou a situação atual da pesquisa, ciência e inovação dos sistemas aquapônicos no país, realizada entre outubro de 2015 a fevereiro de 2016. Entretanto, ainda são escassos os estudos a respeito da assimilação desta modalidade com outras tecnologias, a exemplo da tecnologia de bioflocos (BFT).

A sustentabilidade da tecnologia de bioflocos é pautada pelo reaproveitamento e crescimento de microrganismos que realizam a reciclagem de nutrientes, visando manter a qualidade da água, além de poder ser fonte de alimento com alto valor proteico para diversos organismos aquáticos (Azim e Little, 2008). Porém, para a manutenção deste sistema é necessária aeração

constante nos tanques de cultivo, uma vez que as bactérias aeróbicas presentes são fundamentais para a formação dos flocos (Azim e Little, 2008).

Os microrganismos presentes no BFT, além de possuírem função nutricional e probiótica, são essenciais para a manutenção da qualidade de água. As bactérias heterotróficas e quimioautotróficas compõem os flocos microbianos que necessitam de fontes de carbono, como o melaço, e ainda oxigênio dissolvido em altas concentrações na água (Avnimelech, 2011). As bactérias heterotróficas utilizam como fonte de energia matéria orgânica, sendo que fontes de carbono orgânico, como melaço, e nitrogênio na forma amônio (NH_4^+) disponíveis no sistema favorecem essas bactérias; enquanto as bactérias quimioautotróficas utilizam como fonte de energia compostos inorgânicos, consumindo fontes de carbono inorgânicas (dióxido de carbono; CO_2), nitrogênio na forma NH_4^+ e nitrito (NO_2^-) (Jiménez-Ojeda et al., 2018).

O uso de diferentes tecnologias associadas visa reduzir os impactos gerados pelo excesso de descarte de efluentes, que apresentam ainda nutrientes, que ao invés de serem descartados podem ser reaproveitados por outros organismos. Nesse sentido, objetivou-se com esse estudo avaliar a produção de tilápia-do-Nilo em sistema aquapônico de jangada associada com a tecnologia de bioflocos (BFT).

MATERIAIS e MÉTODOS

2.1 Local de estudo, animais e plantas

O estudo foi conduzido na Estação Experimental de Piscicultura da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), localizada no município de Campo Grande, Mato Grosso do Sul-MS. O projeto foi aprovado pelo comitê de ética da instituição (Protocolo 1.357/2025).

Foram utilizados 280 exemplares machos adultos de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) fornecidos por uma piscicultura comercial, localizada no município de Campo Grande, Mato Grosso do Sul-MS, com peso médio inicial de 0,33 kg. Esse peixes foram distribuídos em uma densidade de inicial de 9 kg/m^3 (28 peixes; não houveram diferenças entre os grupos experimentais para as variáveis de peso e biomassa médias iniciais).

As hortaliças utilizadas foram 320 mudas de alface crespa (*Lactuca sativa*)

hidropônica divididas igualmente entre os módulos e transplantadas após cerca de 30 dias do início da germinação. Foram utilizadas mudas de tamanho homogêneo, com os pés possuindo de 3 a 4 folhas.

2.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com cinco repetições para cada um dos dois tratamentos: (i) sistema aquapônico de jangada com recirculação (AQ); e (ii) sistema aquapônico de jangada com tecnologia de bioflocos (AQBFT). O período experimental totalizou 42 dias.

2.3 Unidade experimental

O módulo de aquaponia (Figura 10) foi considerado a unidade experimental. Cada módulo foi formado por três partes: (i) cama de cultivo para as hortaliças (500 L com as dimensões 200x100x40 cm) com jangada flutuante de Isopor T5 de Alta Densidade; (ii) tanque de criação para os peixes (caixa de polietileno de 1000 L); e (iii) tanque da bomba ou do filtro (caixa de polietileno de 100 L) que comportava a bomba d' água submersa (24 W).

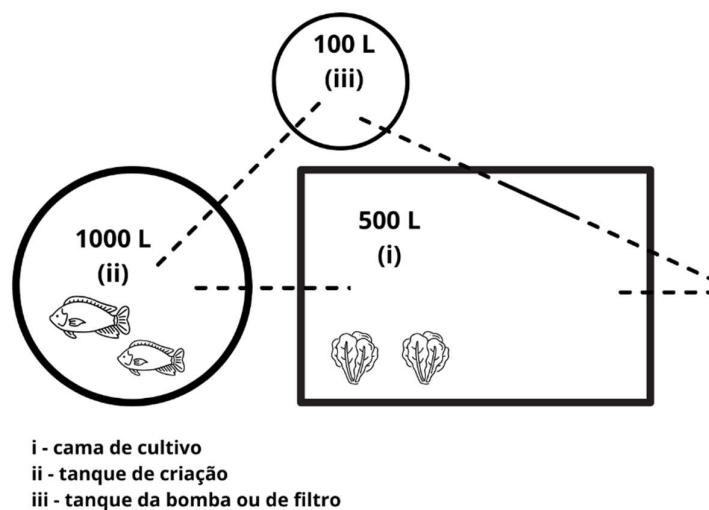


Figura 10. Esquema da unidade experimental

Fonte: imagem do autor

O sistema foi conectado por com um sistema de aeração constante, para os tanques e cama de cultivo, fornecido por um soprador (1,5 CV) através de

mangueira porosa. Os níveis de oxigênio dissolvido foram mantidos sempre em cerca de $5,5 \text{ mg L}^{-1}$ conforme recomendação de Tran-Duy et al, (2012). No tanque de 1000 litros havia um ponto de aerção em arco de 1,2 m de mangueira porosa. Já nas camas de cultivo haviam quatro pontos de aeração em forma tubular (30 cm) distribuídos na cama de cultivo.

Para os módulos do sistema Aqua, o tanque reservatório (iii), além da bomba submersa, comportou o ambiente de filtragem biológica, composto por brita e argila para o aumento da área de contato e fixação das bactérias nitrificantes. Na cama de cultivo da hortalíça, foi construído uma estrutura em arco (Canos de PVC 20 mm) com cobertura de sombrite (35% de sombreamento) (Figura 11) para a proteção das alfaces de alta incidência solar e de pragas.



Figura 11. Proteção em arcos da cama de cultivo

Fonte: imagem do autor

A fim de criar um sistema de inundação e drenagem na cama de cultivo das hortalíças, foi utilizado o sifão em 'U' (cano de PVC de 32 mm) invertido (Figura 12) antes da saída da cama de cultivo. A água do tanque de criação (1000 L) fluía para o tanque da bomba (100 L) por um sistema de vasos comunicantes com dois sifões (sifão de cano de PVC de 32 mm e sifão de mangueira 40 mm). Na cama de cultivo foram distribuídos três pontos de drenagem (Figura 13).



Figura 12. Esquema representativo do sifão em “U” invertido

Fonte: imagem do autor



Figura 13. Três pontos de drenagem conectados ao sifão em “U” invertido

Fonte: imagem do autor

A água proveniente do tanque dos peixes era drenada para o tanque reservatório e depois bombeada para a cama de cultivo das hortaliças utilizando uma bomba submersa de 22 W (2000 L/h). A água da cama de cultivo das hortaliças retornava ao tanque de criação dos peixes por gravidade através de um tubo de drenagem de PVC de 32 mm, conectado ao sifão do tipo “U” invertido.

2.3.1 Aquaponia

Para a maturação da água dos módulos de aquaponia foi inoculado uréia agrícola (5 g/dia/módulo) por cinco dias consecutivos até ser verificado os compostos nitrogenados e o aparecimento de nitrito e nitrato, adaptado segundo Pereira e Mercante, (2005). Quando o filtro foi estabilizado e a ciclagem dos compostos nitrogenados foi constatada, a água foi distribuída e homogeneizada entre todos os módulos.

Foram realizadas quatro trocas parciais de água de todos os módulos durante o período experimental, mediante a concentrações elevadas de nitrogênio amoniacal total e nitrito conforme as orientações de El-sayed (2020) e houve reposição semanal da água perdida por evaporação. A água tanto para troca quando para reposição foi previamente preparada, sendo decolorada com tiossulfato, adicionados sal para manter uma concentração de 2 a 3 g/L (a fim de controlar a toxicidade do Nitrito (mg/L ; NO_2^-), bicarbonato de sódio foi adicionado na concentração de 30 g/m³ por dia até a alcalinidade dos módulos atingir entre 80 e 100 mg/L e ,quando necessário, ácido fosfórico 85% próprio para aquaponia e hidroponia para regulação do pH (A fim de manter os valores de pH próximos a neutralidade; 7). As quantidades adicionadas de ácido, sal e bicarbonato foram testadas previamente e eram adicionadas quando necessário a fim de manter as concentrações desejadas nos módulos.

Quando observadas deficiências por meio da coloração amarelada das folhas e presença de pragas (lagartas) nos pés de alface, foi realizada adubação foliar (Forth hortaliças®) e utilizado inseticida natural (Original Nim®), respectivamente, conforme as orientações do fabricante. Também foi realizado um manejo de “irrigação” dos sombites nas coberturas das camas de cultivo em dias de alta incidência solar e calor, para reduzir as altas temperaturas, que atingiu valores acima de 30 °C em vários dias do período experimental.

2.3.2 Integração aquaponia e tecnologia de bioflocos

No tratamento com BFT (AQBFT) foi inoculado 1000 litros de água de uma matriz de BFT previamente formada e maturada para transferência dos microrganismos para o novo sistema. Quando houve o aumento na produção de bioflocos, foi realizada homogeneização da água entre as unidades

experimentais deste tratamento.

A concentração de sólidos sedimentáveis foi ajustada entre 8 a 10 mL/L e quando necessário aumentar a concentração foi adicionado melaço líquido, conforme Ebeling et al. (2006). Esse controle foi realizado semanalmente em cada unidade experimental com BFT. Para isso, foram coletadas amostras de 1 L (de cada módulo) depois transferidas para cones de *Imhoff* (volume de 1 L) e, após 30 minutos de decantação, registrou-se o volume do floco (mL/L^{-1}), seguindo os procedimentos descritos por Avnimelech (2007).

Mesmo com a aeração constante nas camas de cultivo e o sistema interno de drenagem, nos módulos com tecnologia de bioflocos (BFT), ocorreu decantação e acúmulo excessivo de flocos microbianos em áreas das camas de cultivo e, por isso, diariamente as jangadas eram suspensas por cerca de 1 minuto e era realizada a agitação manual da água para suspensão dos flocos. A suspensão dos flocos decantados levou ao acúmulo dos flocos nas raízes (Figura 14).



Figura 14. Flocos acumulados nas raízes das plantas

Fonte: imagem do autor

2.4 Qualidade de água

Em todas as unidades experimentais as características físico-químicas da água foram monitoradas durante o período experimental. Semanalmente, foram realizados testes comerciais (testes de fita) para a avaliação da concentração de

nitrito (mg/L; NO_2^-), nitrato (mg/L; NO_3^-) e da alcalinidade (mg CaCO_3 /mL) enquanto a concentração de nitrogênio amoniacal total (mg/L; NAT) foi mensurada utilizando reagentes comerciais (Kit colorimétrico). Já a salinidade (g/L) foi mensurada através de um equipamento medidor (Hanna HI98319). Diariamente, foram avaliados os valores da temperatura ($^{\circ}\text{C}$), pH e oxigênio dissolvido (mg/L) utilizando o equipamento multiparâmetro (YSI ProPlus).

2.5 Alimentação

Os peixes foram alimentados duas vezes por dia, no início da manhã e no fim da tarde, com ração extrusada 36% PB específica para tilápia (matéria seca 93,76%, matéria mineral na matéria seca 10,32%, proteína bruta 35,62% e extrato etéreo 3,44%). A taxa de alimentação foi de 3% da biomassa inicial, aumentando o arraçoamento em 10% da quantidade ofertada a cada 7 dias de alimentação completos. Cada alimentação foi pesada em balança digital de precisão. Durante o experimento a alimentação teve que ser suspensa por 12 dias em função de níveis altos de nitrito e antes da biometria final.

2.6 Variáveis de desempenho

Foram realizadas duas biometrias, sendo uma inicial e outra aos 42 dias (final do período experimental). Os peixes foram mantidos em jejum por 24 h antes de cada biometria, e em seguida foram anestesiados utilizando eugenol (solução de 50 mg/L) e pesados. As variáveis de desempenho da tilápia-do-Nilo foram: peso final (kg), ganho de peso diário (g/dia), biomassa final (kg/m^3), ganho de biomassa (kg) conversão alimentar aparente (CAA) e sobrevivência (%). As hortaliças foram pesadas individualmente aos 41 dias de experimento. Foi avaliado a média das folhas de alface (g), raízes de alface (g) e biomassa total de alface (Kg/m^2).

2.7 Análise estatística

As variáveis de desempenho produtivo dos peixes, as análises bromatológicas e de qualidade de água foram submetidas ao teste t de Student para amostras independentes após verificada a normalidade dos dados pelo teste de Shapiro-Wilk. Foi utilizado o teste de Mann-Whitney nas análises de desempenho das hortaliças, pois não foi possível assumir a pressuposição de

normalidade dos dados. O nível de significância utilizado em todos os testes foi de 0,05. Todas as análises foram feitas utilizando o Sistema de Análise Estatística (SAS, 2002) seguindo as recomendações de Zar (2010).

RESULTADOS

Considerando o desempenho produtivo da tilápia-do-Nilo entre os sistemas foi obtida diferença significativa para todas as variáveis exceto para a sobrevivência. Os valores das médias do peso final (kg), ganho de peso diário (g/dia), biomassa final (kg/m³) e ganho de biomassa (kg), ao contrário do esperado, foram maiores no sistema AQ (0,528 kg; 4,73 g/dia; 14,80 kg/m³; 5,56 kg) do que no sistema AQBFT (0,474 kg; 3,37 g/dia; 13,20 kg/m³; 3,87 kg) respectivamente (Tabela 1).

As medianas das variáveis de desempenho das hortaliças apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos, exceto no número de mudas final (u) (Tabela 1). As medianas das variáveis dos pesos das folhas de alface (g), pesos das raízes de alface (g) e biomassa total de alface (Kg/m²) foram maiores (P < 0,05) no sistema AQ (Tabela 1).

Tabela 1. Valores médios das variáveis de desempenho produtivo da tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) e medianas das variáveis de desempenho produtivo da alface crespa (*Lactuca sativa*) nos sistemas aquapônicos de jangada com sistema de recirculação (AQ) e sistemas aquapônicos de jangada com cultivo em tecnologia de bioflocos (AQBFT) em um período experimental de 42 dias

	AQ	AQBFT	¹ CV(%)	² Valor- P
Desempenho tilápia-do Nilo				
Peso Final (kg)	0,52 a	0,47 b	4,47	0,005
Conversão alimentar aparente	1,55 b	2,18 a	12,93	0,003
Ganho de Peso diário (g/dia)	4,73 a	3,37 b	13,05	0,003
Sobrevivência (%)	90	87,71	4,08	0,346
Biomassa final (kg/m ³)	14,80 a	13,20 b	4,71	0,004
Ganho de biomassa (kg)	5,56 a	3,87 b	13,34	0,002
Produção da alface crespa				
Peso da folha (g)	192,47 a	186,84 b	-	0,048
Peso da raíz (g)	25,13 a	10,87 b	-	0,048
Biomassa total alface (Kg/m ²)	3,13 a	1,29 b	-	0,048
Número de mudas final (u)	29,5	29	-	0,408

(1) CV (%): coeficiente de variação.

(2) Valor-P do Teste t de Student (amostras independentes) para as variáveis de desempenho da tilápia-do-Nilo e do Teste de Mann-Whitney para as variáveis de produção da alface, sendo significativo quando $P < 0.05$.

A médias das variáveis físico-químicas da água durante o período de 42 dias do experimento não foram significativamente diferentes para temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e oxigênio dissolvido (mg/L). Contudo, os valores médios de pH foram menores ($P < 0,05$) no sistema de AQ (6,96) em relação aos valores obtidos em sistema de AQBFT (7,3) (Tabela 2).

Em relação aos compostos nitrogenados, a concentração de nitrito (NO_2^- mg/L;) não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos, contudo as concentrações médias de nitrogênio amoniacal total (NAT) foram maiores ($P < 0,05$) no tratamento em sistema AQBFT (1,47 mg/L) em relação ao tratamento AQ (0,17 mg/L) (Tabela 2). Em relação a concentração de nitrato (mg/L; NO_3^-) do tratamento AQ (39,18 mg/L) foi menor ($P < 0,05$) do que a concentração no tratamento AQBFT (63,19 mg/L). Por fim, os valores médios da alcalinidade foram menores ($P < 0,05$) em sistema AQ (80 mg/L) em relação à média em sistema AQBFT (115 mg/L).

Tabela 2. Valores médios das características de qualidade de água no sistema aquapônico de jangada com sistema de recirculação (AQ) e sistema aquapônico de jangada com tecnologia de bioflocos (AQBFT) em um período experimental de 42 dias

	AQ	AQBFT	¹ CV(%)	² Valor- P
Tempeartura ($^{\circ}\text{C}$)	26,6	26,58	1,58	0,896
pH	6,96 a	7,30 b	0,99	< 0,001
Oxigênio dissolvido (mg/L)	6,51	6,3	2,71	0,093
Nitrogênio amoniacal total (mg/L)	0,17 b	1,47 a	79,7	0,001
Nitrito (mg/L)	1,07	0,98	42,55	0,755
Nitrato (mg/L)	63,19 a	39,18 b	20,37	0,005
Alcalinidade (mg/L)	80,00 b	115,00 a	4,51	< 0,001

(1) CV (%): coeficiente de variação.

(2) Valor-P do Teste t de Student para amostras independentes, sendo significativo quando $P < 0,05$.

Embora a sobrevivência tenha sido alta nos dois tratamentos, ocorreram momentos em que a qualidade da água se afastou do intervalo ideal. Nos registros da variação das características de qualidade da água mensuradas ao longo do experimento (Figura 15), observam-se picos elevados nas concentrações de nitrogênio amoniacal total, nitrito e nitrato nas unidades experimentais do sistema aquapônico de jangada com tecnologia de bioflocos (AQBFT). Já em relação a temperatura e concentração de nitrito, houve intensa variação para ambos os tratamentos.

Também pôde ser observada uma variação nos valores de pH ao longo do experimento nas unidades experimentais de ambos os tratamentos, porém nos módulos com sistema aquapônico de jangada com tecnologia de bioflocos (AQBFT) foram registrados valores mais elevados (> 8,00) se comparado aos módulos do sistema aquapônico de jangada com sistema de recirculação (AQ) (entre 6,5 e 7,5).

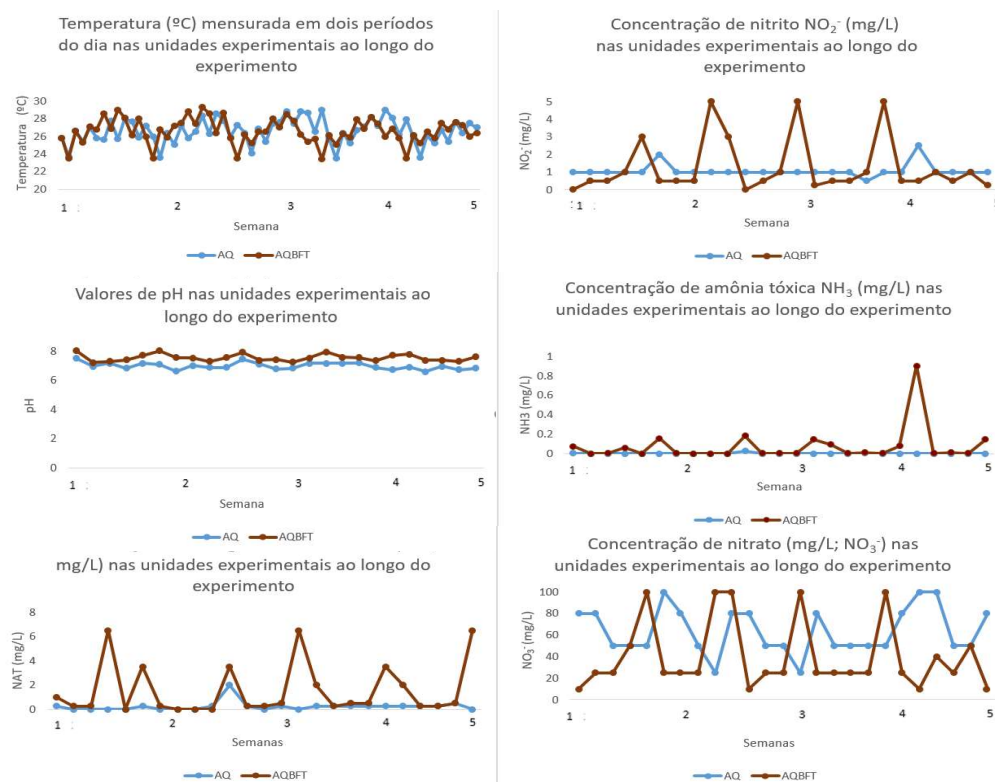


Figura 15. Gráficos das características de qualidade de água nas unidades experimentais ao longo do período experimental

Fonte: imagem do autor

Os resultados das análises bromatológicas dos filés de tilápia (com pele) dos tratamentos em sistema AQ e AQBFT podem ser observados na tabela 3. As variáveis de umidade (%), proteína bruta (%), matéria mineral (%) e extrato etéreo (%) não apresentaram diferenças significativas.

Em relação à análise bromatológica dos pés de alface (Tabela 3), foi observada diferenças significativas entre os tratamentos em relação a fibra bruta (%), a média foi mais baixa no tratamento em sistema de AQBFT (1,99%). Para Umidade e EE, médias maiores ($P < 0,05$) foram obtidas no sistema AQBFT (91,68; 0.46%) e menores valores no sistema AQ (90,02; 0.39%).

Tabela 3. Valores médios das análises bromatológicas dos filés de tilapia-do-Nilo (com pele) e dos pés de alface crespa (*Lactuca sativa*) nos sistemas aquapônicos de jangada com sistema de recirculação (AQ) e sistemas aquapônicos de jangada com cultivo em tecnologia de bioflocos (AQBFT) em um período experimental de 42 dias

	AQ	AQBFT	¹ CV(%)	² Valor-P
Filé de tilápia-do Nilo				
Umidade (%)	73.21	72,84	1,57	0,622
Proteína bruta (%)	20.91	20,58	4,57	0,607
Matéria mineral (%)	0.88	0,9	3,73	0,346
Extrato etéreo (%)	0.83	0,87	11,64	0,557
Alface crespa				
Umidade (%)	90,02 b	91,68 a	0,66	0,002
Proteína bruta (%)	1,22	1,14	4,77	0,062
Matéria mineral (%)	2,12	2,06	10,87	0,696
Fibra bruta (%)	1,99 a	1,88 b	3,75	0,040
Extrato etéreo (%)	0,39 b	0,46 a	8,74	0,015

(1) CV (%): coeficiente de variação.

(2) Valor-P do Teste t de Student para amostras independentes, sendo significativo quando $P < 0.05$.

A composição bromatológica dos flocos microbianos foi de 23,65% proteína bruta, 0,08% lipídeos, 94,12% umidade, e 2,75% de cinza. Em média, a concentração de sólidos sedimentáveis (SS) foi de 8 ml/L e é possível observar a variação da concentração de sólidos sedimentados nos módulos com BFT ao longo do período experimental na Figura 16.



Figura 16. Gráfico da concentração de sólidos sedimentáveis nos módulos AQBFT ao longo do experimento

Fonte: imagem do autor

DISCUSSÃO

A associação de diferentes tecnologias para a produção de alimentos mais sustentáveis, tem ganhado espaço por promover a sustentabilidade e diminuir o uso dos recursos hídricos, assim como reduzir a emissão de efluentes. O presente estudo avaliou a associação do uso da aquaponia com a tecnologia de bioflocos, dois sistemas que valorizam as práticas sustentáveis.

Densidades elevadas em sistemas aquapônicos podem promover desafios tanto aos peixes quanto as plantas. Barbosa et al. (2022) comparando o desempenho da tilápia-do-Nilo em sistemas aquapônicos em cascalho com e sem BFT, utilizaram uma densidade inicial de 4 kg/m³ por um período de 30 dias, e não observaram diferenças entre os tratamentos. Em nosso estudo, o desafio para o sistema aquapônico foi maior, já que utilizamos uma densidade inicial de 9 kg/m³, e o período experimental foi de 41 dias, e o sistema aquapônico com BFT em resultados inferiores. Em ambos os estudos foi possível observar que o acúmulo de flocos em áreas dos sistemas, dificulta o bom desempenho dos peixes, já que uma boa parte dos flocos microbianos ficavam acumulados na cama de cultivo e nas raízes das plantas e não podiam ser acessados pelos peixes o tempo todo.

O acúmulo de flocos nas camas de cultivo e nas raízes pode ter levado a mortalidade dos organismos microbianos, o que geraria um aumento na

concentração de compostos nitrogenados no sistema e consequentemente, ocasionando a piora na qualidade de água. Segundo Kubitza (2022), a amônia tóxica (NH_3) em altas concentrações reduz o apetite e ganho de peso dos peixes, e nesse sentido, com o aumento desse composto no BFT, pode ter influenciado negativamente o desempenho produtivo desses peixes.

Um melhor desempenho foi observado para CAA dos peixes em AQ, que foi expressivamente menor do que a CAA dos peixes em AQBFT. Contudo, os valores obtidos em AQ se mantiveram dentro do esperado para o cultivo de tilápia em sistema aquapônico semelhantes a pesquisas realizadas com sistemas por Shaheen et al. (2022) (CAA: 1,54) e por Félix-Cuencas et al. (2025) (CAA: 1,62) e foram maiores do que os valores encontrados em Barbosa et al. (2022) (CAA: 1,23). Ainda em outros trabalhos com sistemas aquapônicos os autores Guimarães et al. (2017), Hassan et al. (2024), Yang e Kim (2020) e Pinho et al. (2017) encontraram valores de conversão alimentar maiores do que o presente estudo (1,68; 1,88; 1,76; 4,02; respectivamente) em diferentes densidades biomassas (7.69 kg/m^3 ; 9 kg/m^3 ; 20 kg/m^3 ; $3,2 \text{ kg/m}^3$; respectivamente).

No sistema AQBFT a CAA ficou acima do esperado para o cultivo de tilapia, que gira em torno de 1,2 a 1,8 Kg (Kubitza, 2022; Carneiro et al., 2015). Nos trabalhos de Barbosa et al. (2022) e Pinho et al. (2017) foi avaliado o desempenho produtivo da tilápia-do-Nilo em sistemas aquapônicos em cascalho e jangada, respectivamente com o uso da tecnologia de bioflocos. Os valores da CAA registrados pelos autores (1,06; 1,87 respectivamente) foram muito inferiores aos do presente estudo (2,18). Em outros estudos relacionados apenas à produção de tilápia em fase adulta (*Oreochromis spp.*) em sistema com tecnologia de bioflocos Widanarni et al. (2012), Pérez-Fuentes et al. (2016) e Lima et al. (2018) encontraram também valores inferiores (com melhor conversão alimentar) do que o presente estudo em diferentes biomassas iniciais (CAA 1,76 em $3,8 \text{ kg/m}^3$; CAA 1,74 em $9,0 \text{ kg/m}^3$; CAA 1,74 em $2,5 \text{ kg/m}^3$; respectivamente).

Esses fatos demonstram que os peixes podem não ter aproveitado eficientemente os flocos microbianos como fonte de proteína e/ou a proteína dos flocos foi de baixo valor. Ao fim do experimento os flocos foram coletados e após a análise bromatológica constatou-se apenas 23,65% de proteína bruta em sua

composição. Ainda segundo Lyu et al. (2024), no cultivo com tecnologia de bioflocos, flocos formados por partículas menores levam a um melhor desempenho produtivo no cultivo de tilápias, assim, a presença de flocos com partículas maiores pode ter influenciado negativamente no aproveitamento do BFT como fonte de alimento. Outra questão é a variação da concentração de sólidos sedimentáveis durante o experimento, apesar da média das concentrações ter ficado próxima de 8ml/L, houveram muitas variações ao longo das semanas nos módulos, registrando valores de 2 a 14ml/L.

Neste trabalho, mesmo com o sistema de aeração distribuído em quatro pontos, a montagem de um sistema de drenagem e a agitação diária da água das camas de cultivo, não foram suficientes para manter uma eficiente circulação de flocos microbianos. É importante salientar que a recomendação da concentração de sólidos sedimentáveis (SS/L) para o cultivo de tilápias adultas deve ser entre 20 a 50 SS/mL, para que ocorra um melhor aproveitamento como suplemento alimentar (Emerenciano et al., 2017). No presente trabalho, a concentração obtida foi mantida abaixo (5 a 10ml) desta recomendação. Essa concentração foi mantida a fim de evitar o acúmulo de flocos microbianos em excesso nas camas de cultivo e nas raízes das plantas.

Destacamos ainda, que o excesso de sólidos sedimentáveis pode diminuir ainda mais o desempenho produtivo das plantas, o que pode impossibilitar a produção. Assim, é importante encontrar alternativas na montagem do sistema, para melhorar a circulação e drenagem na cama de cultivo de forma que os flocos não se acumulem e não formem áreas sem fluxo de água.

Barbosa et al (2022), avaliando o policultivo de tilapia-do-Nilo e camarão de água doce em sistema aquapônico de cascalho com tecnologia de bioflocos e água clara, observou que aos 30 dias, a associação não apresentou diferença entre os tratamentos para as mesmas variáveis de desempenho das hortaliças. Outro estudo conduzido por Rocha, H. et al. (2025), avaliando o crescimento da alface crespa e da tilápia-do-Nilo em sistema aquapônico no período de 33 dias, demonstrou que apesar de a alface ter apresentado um bom desenvolvimento, houveram muitas variações nas características de desempenho da planta, e os autores concluíram que a qualidade de água teve influência direta no crescimento das alfaces. Portanto, o acúmulo excessivo de flocos microbianos na cama de cultivo pode ter levado a piora da qualidade de água pelo excesso

de nitrogênio no sistema e, conseqüentemente, o subdesenvolvimento e enfraquecimento das alfaces cultivadas no tratamento em sistema AQBFT. As raízes das plantas no sistema AQBFT apresentaram considerável subdesenvolvimento em comparação as raízes do sistema AQ, onde as primeiras ficaram menores, atrofiadas e com flocos acumulados em sua superfície.

Rocha, A. et al. (2025), avaliaram a comparação da produção de alface em sistema aquapônico de jangada com tecnologia de bioflocos (Aquaфло), em água clara com sistema aquapônico (Aqua) de jangada e a produção em sistema hidropônico (Hidro) em um período de 45 dias em baixas densidades de estocagem de peixes. Os autores relatam que as alfaces em sistema hidropônico, atingiram o tamanho desejado em 30 dias, enquanto as alfaces do sistema Aquaфло, precisaram de mais 15 dias para atingir os parâmetros mínimos de desempenho. Já o sistema Aqua não supriu as exigências nutricionais da alface, impossibilitando a produção. No presente estudo, mesmo com altas densidades, os sistemas foram capazes de suprir as necessidades nutricionais da alface em água clara, porém foi aplicada a adubação foliar semanal das alfaces, ao contrário do estudo de Rocha, A. et al. (2025), que não relatou o uso de nenhum tipo de adubação para as plantas em seus sistemas.

É importante destacar que os pés de alface, em ambos os tratamentos, atingiram o peso médio final semelhante ao trabalho de Barbosa et al. (2022). E biomassa total semelhante ao trabalho de Dediu et al. (2012) (3,3 Kg/m²; período de 21 dias) para no sistema AQ e ao trabalho de Pinho et al. (2017) (no sistema AQBFT (1,36 Kg/m²; período de 21 dias). Autores que obtiveram uma biomassa final alta, trabalharam com períodos mais longos de experimento como Yang e Kim, 2020 (10,5 Kg/m²; período de 90 dias) e Johnson et al. 2017 (4,7 Kg/m²; período de 70 dias). Entretanto, essa grande variação, pode ser influenciada por vários fatores ambientais segundo Lenz et al. (2017). No período experimental do presente trabalho houve diversas quedas de energia, mudanças bruscas de temperatura, aparecimento de pragas (lagartas) e muitos dias de incidência solar intensa e calor, que podem ter dificultado o desenvolvimento e tamanho das plantas gerando uma alta variação nos resultados produtivos dos vegetais.

A avaliação do desempenho da associação dos dois sistemas pode ser obtida por meio do desempenho produtivo dos peixes e das hortaliças. Nesse

caso, observou-se que ambos os organismos apresentaram diferenças nos diferentes sistemas. Quando mantidas em AQ, a alface apresentou maiores valores na composição bromatológica dentro da faixa descrita por Barbosa et al. (2021). Ainda segundo estes autores, a aderência dos flocos às raízes, pode impedir a absorção eficiente dos nutrientes pelas mesmas, o que possivelmente atrasou o crescimento e pode ter influenciado no excesso de NAT no sistema. As variáveis de qualidade de água dos sistemas aquapônicos foram similares entre os dois tratamentos (AQ e AQBFT). A temperatura média e oxigênio dissolvido obtidos na aquaponia e na aquaponia integrada com BFT foram adequadas para tilápia-do-Nilo ($> 5 \text{ mg/L}$; entre 25 e 29°C) tanto para BFT (Emerenciano et al., 2017) quanto para demais sistemas de produção (El-Sayed, 2020). Contudo, houve grande variação da temperatura nas unidades experimentais e foram registrados valores acima de 29°C e abaixo de 25°C em momentos pontuais do período experimental. Da mesma forma, embora o pH tenha sido maior na aquaponia integrada com BFT, os valores registrados em ambos os sistemas foi adequado (entre $6,5$ e $8,5$; Emerenciano et al., 2017; El-Sayed, 2020), entretanto, nas unidades experimentais do sistema aquapônico de jangada com tecnologia de bioflocos (AQBFT), foram registrados valores de pH distantes da neutralidade (> 8). Essa questão associada a presença de nitrogênio amoniacal no sistema, com picos de altas concentrações de nitrogênio amoniacal total e amônia tóxica nas unidades experimentais com sistema AQBFT, podem ter contribuído para uma piora na qualidade de água deste sistema e prejudicado o desenvolvimento dos peixes em determinados momentos.

A alcalinidade e salinidade foram ajustadas nos dois sistemas, sendo que uma melhor concentração foi obtida para o sistema AQBFT, inclusive com concentração dentro da faixa considerada adequada para produção em BFT para tilápia-do-Nilo ($> 100 \text{ mg/L}$; Emerenciano et al., 2017). No entanto, a menor concentração de alcalinidade na aquaponia não resultou em uma piora no desenvolvimento das bactérias que realizam o processo de nitrificação, que é a primeira etapa do processo de nitrificação, que consiste na oxidação da amônia ($\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$) para nitrito (NO_2^-); e no processo de nitratação, que é a etapa final da nitrificação e consistem na oxidação do nitrito a nitrato (NO_3^-). Além disso, a alcalinidade para condições de água clara para tilápia-do-Nilo acima de 20 mg/L

podem ser consideradas adequadas (El-Sayed, 2020).

Os compostos nitrogenados, observou-se que houve maior acúmulo de nitrogênio amoniacal total no sistema AQBFT, inclusive com valores maiores ao recomendado para tilápia-do-Nilo em BFT (< 1 mg/L; Emerenciano et al., 2017), situação que foi controlado pela adição de fonte de carbono. O nitrogênio amoniacal total estava presente na água principalmente na forma de NH_4 , tendo em vista o pH próximo a neutralidade, o qual não é tóxico aos peixes, contudo, houveram flutuações nos valores de pH ao longo do experimento atingindo valores acima de 8 no sistema AQBFT, o que pode ter prejudicado o desenvolvimento dos peixes em alguns momentos. No entanto, a conversão do mesmo à nitrito, mediante processo de nitrificação por bactérias nitrificantes, foi semelhante nos dois sistemas, sendo que a concentração ficou próximo da faixa aceitável para tilápia-do-Nilo (< 1 mg/L; Emerenciano et al., 2017, El-Sayed, 2020), mas mesmo com possíveis oscilações ao longo do experimento, a manutenção da salinidade dos sistemas (> 2 g/L) evitou possível formação de metahemoglobina. Por fim, a maior concentração de nitrato no sistema AQ indicou melhor eficiência desse em conversão dos compostos nitrogenados a uma forma menos tóxica aos peixes, tendo em vista que esse é tóxico aos peixes em concentrações extremamente altas (> 100 mg/L; Kubitz, 2022).

De modo geral, é possível inferir que para uma produção de tilapia-do-Nilo em sistema aquapônico de jangada com tecnologia de bioflocos (AQBFT) eficiente e com bom desempenho produtivo, seria necessário um melhor sistema de circulação e agitação dos flocos microbianos nas camas de cultivo das plantas. Um sistema que provocasse um efeito maré mais intenso talvez resolvesse. Uma possibilidade seria o uso de mesas de cultivo mais profundas, assim, os flocos não se acumulariam nas raízes e não prejudicariam as mudas das alfaces. Outra alternativa seria utilizar um dispositivo para trituração dos flocos no sistema, uma vez que flocos formados por menores tamanhos de partícula e consequentemente com densidade reduzida, gerariam um menor acúmulo das camas de cultivo e raízes das plantas e um melhor desempenho produtivo para os peixes. Além disso, o uso de uma proteção para as raízes, que existem para sistemas aquapônicos e hidropônicos e poderiam ser adaptados para limitar a passagem dos flocos, assim, melhorando desenvolvimento das mudas. Nesse sentido, pesquisas adicionais ainda se

mostram necessárias na integração da tecnologia de bioflocos e sistemas aquapônicos de jangada.

CONCLUSÃO

O sistema aquapônico de jangada com tecnologia de bioflocos (AQBFT) proporcionou desempenho zootécnico dos peixes e desempenho produtivo das plantas inferiores ao sistema aquapônico de jangada com recirculação (AQ).

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES); Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ); Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT); e Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS).

7. REFERÊNCIAS

AVNIMELECH, Y. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio flocs technology ponds. **Aquaculture**, v. 264, p. 140–147, 2007.

AVNIMELECH, Y. Tilapia production using biofloc technology: saving water, waste recycling improves economics. **Global Aquaculture Advocate**, v. 14, n. 3, p. 66–68, 2011.

AZIM, M. E.; LITTLE, D. C. The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v. 283, p. 29–35, 2008.

BARBOSA, P. T. L.; RODRIGUES, R. V.; HENRIQUES, M. B.; LUZ, R. K.; MARTINS, M. L.; TAVARES-DIAS, M. Nile tilapia production in polyculture with freshwater shrimp using an aquaponic system and biofloc technology. **Aquaculture**, v. 551, art. 737916, 2022.

BARBOSA, P. T. L. Produção de tilápia-do-Nilo em sistema aquapônico: diferentes volumes e integração com tecnologia de bioflocos (BFT) em policultivo com camarão. 2021. 86 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2021.

CARNEIRO, P. C. F.; GARCIA, F.; SILVA, T. S.; SANTOS, C. L.; MATTOS, B.

O. **Produção integrada de peixes e vegetais em aquaponia**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. 27 p.

CRAB, R.; DEFOIRDT, T.; BOSSIER, P.; VERSTRAETE, W.. Biofloc technology in aquaculture: beneficial effects and future challenges. **Aquaculture**, v. 356, p. 351–356, 2012.

DEDIU, L.; CRISTEA, V.; ZHANG, X. Waste production and valorization in an integrated aquaponic system with baster and lettuce. **African Journal of Biotechnology**, v. 11, n. 9, p. 2349–2358, 2012.

EBELING, J. M.; TIMMONS, M. B.; BISOGNI, J. J. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia–nitrogen in aquaculture systems. **Aquaculture**, v. 257, n. 1-4, p. 346–358, 2006.

EL-SAYED, A. M. Environmental requirements. In: EL-SAYED, Abdel-Fattah M. (ed.). **Tilapia Culture**. 1. ed. Cambridge, MA: Academic Press, 2020. cap. 4, p. 47–61. DOI: 10.1016/B978-0-12-816541-6.00004-0.

EMBRAPA. Aquaponia residencial. Brasília, DF: Embrapa, 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas//produtoservico/6298/aquaponiaresidencial>. Acesso em: 12 jan. 2025.

EMERENCIANO, M. G. C.; PINHO, S. M.; CARNEIRO, P. C. F. Aquaponia no Brasil: o que o futuro nos aguarda. **Aquaculture Brasil**, 2016.

EMERENCIANO, M. G. C.; PEIXOTO, S. R.; SCHVEITZER, R.; BALLERINI, C.; VALLADÃO, G. M. R.. Biofloc technology (BFT): a tool for water quality management in aquaculture. In: TUTU, Hlanganani (ed.). **Water quality**. Rijeka: InTech, 2017. p. 91–109.

FÉLIX-CUENCAS, L.; GARCÍA-TREJO, J. F.; LÓPEZ-TEJEIDA, S.; DE LEÓN-RAMÍREZ, J. J. Nitrogen and phosphorus flow under three productive stages of tilapia (*Oreochromis niloticus*) in a hyperintensive aquaponic system with tomato (*Solanum lycopersicum*). **Aquaculture**, v. 606, art. 742594, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2025.742594>. Acesso em: 4 mar. 2025.

FRANCO, J. R.; OLIVEIRA, M. T.; REZENDE, A. C.; MOURA, R. G. Implantação de um sistema de aquaponia para pequenos produtores. **Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar**, v. 10, n. 2, p. 1002187, 2024.

GUIMARÃES, D.; SOUSA, C. F.; MOREIRA, A. C.; VASCONCELOS, H. P. Evaluation of a Semi-Intensive Aquaponics System, with and without Bacterial Biofilter in a Tropical Location. **Sustainability**, Basel, v. 9, n. 4, p. 592, 2017. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/9/4/592>. Acesso em: 1 jul. 2025.

HASSAN, A. R.; MOHAMED, H. A.; SAAD, A. M.; MAHMOUD, A. A.

Sustainability of Growth Performance, Water Quality, and Productivity of Nile Tilapia-Spinach Affected by Feeding and Fasting Regimes in Nutrient Film Technique-Based Aquaponics. **Sustainability**, Basel, v. 16, n. 3, p. 1305, 2024. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/16/3/1305>. Acesso em: 1 jul. 2025.

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

JIMÉNEZ-OJEDA, Y. K.; COLLAZOS-LASSO, L. F.; ARIAS-CASTELLANOS, J. A. Dynamics and use of nitrogen in Biofloc Technology-BFT. **Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation**, v. 11, n. 4, p. 1107-1129, 2018.

JOHNSON, G. E.; COLLINS, B. H.; HOPKINS, K. D.; MANNING, B.; TAYLOR, E. M. Evaluation of lettuce between spring water, hydroponic, and flow-through aquaponic systems. **International Journal of Vegetable Science**, v. 23, n. 5, p. 456–470, 2017.

JORDAN, R. A. **Manual de aquaponia da UFGD**. Dourados, MS: UFGD, 2022. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/362835773_Manual_de_Aquaponia_da_UFGD. Acesso em: 28 jan. 2025.

KUBITZA, Flávio. **Fundamentos da piscicultura em sistemas de recirculação**. Campinas, SP: F. Kubitza, 2022. 108 p. ISBN 978-85-98541-07-2.

LENZ, G. L., DURIGON, E. G., LAPA, K. R., & EMERENCIANO, M. G. C. Produção de alface (*Lactuca sativa*) em efluentes de um cultivo de tilápias mantidas em sistema BFT em baixa salinidade. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 43, n. 4, p. 614-630, 2017.

LIMA, E. C. R. de; SOUZA, R. L. de; GIRÃO, P. J. M.; BRAGA, Í. F. M.; CORREIA, E. D. de Souza. Culture of Nile tilapia in a biofloc system with different sources of carbon. **Revista Ciência Agronômica**, v. 49, n. 3, p. 458–466, 2018.

LYU, X. et al. Evaluation of long-term operational and production performance of biofloc technology (BFT) system within various particle size. **Aquaculture**, v. 578, p. 74-90, 2024.

PEREIRA, L. P. F.; MERCANTE, C. T. J.. A amônia nos sistemas de criação de peixes e seus efeitos sobre a qualidade da água: uma revisão. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 31, n. 1, p. 81–88, 2005.

PINHO, S. M.; MOLINARI, D.; DE MELLO, G. L.; FITZSIMMONS, K. M.; COELHO EMERENCIANO, M. G. Effluent from a biofloc technology (BFT) tilapia culture on the aquaponics production of different lettuce varieties. **Ecological Engineering**, [S.l.], v. 103, p. 146–153, jun. 2017. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2017.03.009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925857417301520>. Acesso em: 1 jul. 2025.

PÉREZ-FUENTES, J. A.; DOMÍNGUEZ, L. S.; LÓPEZ-LÓPEZ, E.; SÁNCHEZ, Ó. R. C:N ratios affect nitrogen removal and production of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* raised in a biofloc system under high density cultivation. **Aquaculture**, [S.l.], v. 452, p. 247–251, 2016.

ROCHA, A. F. D.; CARDOSO, A. P.; FAVRETO, R.; ROTTA, M. A. Lettuce production in a DWC aquaponic system with and without bioflocs compared to a hydroponic system in southern Brazil. **All Life**, v. 18, n. 1, p. 2410927, 2025.

ROCHA, H. D. C., NASCIMENTO, B. L. M., GOMES, B. R. A., RODRIGUES, A. B., da Silva Sousa, L. B., SILVA, J. M. V., DE SOUSA, I. L. P. A aquaponia como sistema orgânico de produção de alface para a zona urbana. **Caderno Pedagógico**, v. 22, n. 6, p. 1–20, 2025.

ROTTA, M. A. Lettuce production in a DWC aquaponic system with and without bioflocs compared to a hydroponic system in southern Brazil. **All Life**, v. 18, n. 1, p. 2410927, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/26895293.2024.2410927>. Acesso em: 23 abr. 2025

SAS –Statistical Analysis System User's guide. Cary: **SAS Institute**, 2002. 525p. (Version 9.00).

SHAHEEN, M. R.; AL-MARZOUQI, A. H.; HUSSAIN, A.; AL-SHARHAN, A. A.; ELTAYEB, E. E. Growth and yield of cucumber and tilapia fish in aquaponics under UAE climatic condition. **Innovations in Agriculture**, Sofia, v. 2, p. 45–52, 2022. Disponível em: <https://innovationsagriculture.pensoft.net/article/32842/>. Acesso em: 15 jul. 2025.

TRAN-DUY, A.; VAN DAM, A. A.; SCHRAMA, J. W. Feed intake, growth and metabolism of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in relation to dissolved oxygen concentration. **Aquaculture Research**, v. 43, p. 730–744, 2012.

WIDANARNI, W.; EKASARI, J.; MARYAM, S. Evaluation of Biofloc Technology Application on Water Quality and Production Performance of Red Tilapia *Oreochromis* sp. Cultured at Different Stocking Densities. HAYATI **Journal of Biosciences**, Bogor, v. 19, n. 2, p. 73–80, jun. 2012. DOI: 10.4308/hjb.19.2.73.

YANG, T.; KIM, H.. Comparisons of nitrogen and phosphorus mass balance for tomato-, basil-, and lettuce-based aquaponic and hydroponic systems. **Journal of Cleaner Production**, v. 274, p. 122619, 2020.

ZAR, Jerrold H. Biostatistical analysis pearson prentice-hall. **Upper Saddle River, NJ**, 2010.