DESEMPENHO DE PEIXES E HORTALIÇAS EM DIFERENTES ARRANJOS DE UM SISTEMA AQUAPÔNICO

Dayane Vitoria Silva Mello[1], Josemar Braga Senna[1], Davi Lustosa Santunioni[1], Leonardo dos Reis Periard[2], Marcelo Gomes de Araujo[3], Pedro Pierro Mendonça[1].

[1] Instituto Federal do Espírito Santo, Rodovia BR-482 (Cachoeiro-Alegre), Km 47, Fazenda Caixa D'Água, no Distrito de Rive, em Alegre - ES, CEP 29500-000, daymellovitoria@gmail.com, jbsenna3@hotmail.com, davilustosa40@gmail.com, ppierrom@gmail.com.
[2] Universidade Federal do Espirito Santo, Alto Universitário, s/n, Bairro Guararema, Alegre - ES, CEP 29500-000, leozinho.periard@gmail.com.
[3] Instituto Federal do Espírito Santo, Rodovia BR-259 (Colatina-Baixo Guandu), Km 70, zona rural do distrito de Itapina, em Colatina, ES, CEP 29717-000, mgaquicultura@gmail.com.

Resumo

A aquaponia integra a produção de organismos aquáticos e vegetais em sistema de recirculação de água, permitindo o aproveitamento dos resíduos da criação de peixes como fonte de nutrientes para as plantas. O objetivo foi avaliar o desempenho zootécnico de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) e acará-bandeira (*Pterophyllum scalare*), além do desenvolvimento de cebolinha (*Allium fistulosum*) e agrião (*Nasturtium officinale*) em diferentes arranjos produtivos. O experimento foi realizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Campus de Alegre, durante 75 dias. Foram avaliados quatro tratamentos: T1 – tilápia + cebolinha; T2 – tilápia + agrião; T3 – acará-bandeira + cebolinha; e T4 – acará-bandeira + agrião, com três repetições. Os parâmetros zootécnicos e a sobrevivência dos peixes não diferiram significativamente entre os tratamentos. Para as plantas, foram observadas diferenças entre tratamentos e ciclos de cultivo, com respostas distintas entre as espécies. Os resultados indicam que a composição do arranjo produtivo pode influenciar o desenvolvimento vegetal, sem comprometer o desempenho dos peixes.
Palavras-chave: ciclagem de nutrientes. produção integrada. hortaliças. desempenho zootécnico. sustentabilidade.

Área do Conhecimento: Ciências Agrárias – Aquicultura.

Introdução

A busca por sistemas de produção capazes de integrar diferentes atividades e utilizar de maneira mais eficiente os recursos disponíveis têm estimulado o desenvolvimento de alternativas produtivas para a agricultura. Entre essas alternativas, a aquaponia se caracteriza pela integração entre a produção de organismos aquáticos e o cultivo de vegetais, utilizando a recirculação da água entre os componentes do sistema. Nesse processo, os resíduos provenientes da criação dos peixes podem ser transformados e disponibilizados às plantas, estabelecendo uma relação de aproveitamento de nutrientes entre os componentes animal e vegetal (Carneiro et al., 2015). Para a utilização de espécies vegetais em sistemas aquapônicos, além das características agronômicas e do interesse comercial, é necessário considerar a capacidade de adaptação das plantas às condições características do cultivo, como elevada disponibilidade de água na região radicular e variação na oferta de nutrientes. Dessa forma, a escolha das espécies vegetais constitui um dos fatores importantes para o funcionamento adequado do sistema (Emerenciano et al., 2015).

A tilápia-do-Nilo constitui uma das espécies de maior importância na piscicultura brasileira. Características como rusticidade, desempenho produtivo e adaptação às condições de cultivo contribuíram para sua ampla utilização na produção aquícola (Oliveira et al., 2007). A espécie também é frequentemente utilizada em sistemas aquapônicos, nos quais suas características produtivas e o manejo alimentar permitem a geração contínua de resíduos que participam da dinâmica de nutrientes do sistema.

Além de espécies destinadas à produção de alimento, sistemas aquapônicos podem incorporar espécies ornamentais, possibilitando maior diversificação dos produtos obtidos. Nesse contexto, o

acará-bandeira apresenta potencial para utilização em sistemas integrados, permitindo associar a produção de peixes ornamentais ao cultivo vegetal. Entre as hortaliças utilizadas no estudo, a cebolinha apresenta importância como hortaliça condimentar, enquanto o agrião apresenta características compatíveis com ambientes de elevada disponibilidade de água. Neste contexto, o *Nasturtium officinale* é tradicionalmente cultivado em ambientes úmidos e possui importância como hortaliça consumida principalmente fresca (Filgueira, 2013).

Embora a integração entre organismos aquáticos e hortaliças apresentam vantagens relacionadas à diversificação produtiva, diferenças entre as espécies de peixes utilizadas, manejo alimentar adotado e quantidade de resíduos gerados, podem alterar a disponibilidade de nutrientes no sistema e, consequentemente, influenciar o desenvolvimento vegetal. Neste sentido, estudos sobre aquaponia ressaltam a importância da compatibilidade entre os organismos utilizados para que o sistema funcione de forma integrada (Carneiro et al., 2015; Emerenciano et al., 2015). Além disso, a disponibilidade de nutrientes não ocorre necessariamente de forma equilibrada para todas as espécies vegetais. Yang e Kim (2020) demonstraram que a distribuição de nitrogênio e fósforo em sistemas aquapônicos varia conforme a espécie vegetal e o sistema de produção.

A relação entre alimentação e disponibilidade de nutrientes também merece destaque. Em sistemas aquapônicos, a alimentação representa uma das principais entradas de nutrientes, e alterações no manejo alimentar podem modificar simultaneamente a qualidade da água e a produção vegetal. Em um sistema integrado com tilápia e espinafre-d'água, Liang e Chien (2013) observaram que a frequência de alimentação influenciou o crescimento dos peixes e das plantas e a dinâmica dos compostos nitrogenados e fosfatados.

A eficiência do aproveitamento de nutrientes depende do desenho do sistema, do manejo alimentar, da espécie de peixe e da composição da comunidade vegetal. A interação entre esses componentes pode alterar a disponibilidade de nutrientes e o desempenho das culturas (Eck; Körner; Jijakli, 2019).

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho zootécnico de tilápia-do-Nilo e acará-bandeira, bem como o desenvolvimento de cebolinha e agrião submetidos a diferentes arranjos produtivos em sistema aquapônico.

Metodologia

O experimento foi realizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (IFES), Campus de Alegre, no setor de Aquicultura, no Laboratório de Nutrição e Produção de Espécies Ornamentais (LNPEO). A área experimental possuía 108 m², coberta com tela antipássaros e tela de sombreamento de 50%.

O cultivo dos vegetais foi realizado em tubos de PVC com 1,15 m de comprimento e 75 mm de diâmetro. Foram utilizadas 15 mudas de cebolinha por sistema, em espaçamento de 15 × 15 cm, e oito mudas de agrião, em espaçamento de 30 × 30 cm. As canaletas apresentavam declividade de 10%. O cultivo vegetal foi conduzido em dois ciclos. Para a cebolinha, no primeiro ciclo foram colhidas apenas as folhas, mantendo-se o pseudocaule e as raízes para permitir novas brotações; no segundo ciclo, as plantas foram colhidas integralmente. Para o agrião, as plantas foram totalmente colhidas ao final do primeiro ciclo e posteriormente replantadas para o segundo ciclo.

Cada sistema possuía uma caixa com capacidade de 150 L e volume útil de 100 L, três canaletas de cultivo vegetal, duas campânulas, um termostato, filtro biológico com capacidade de 57 L preenchido com brita e filtro mecânico com capacidade de 3 L, contendo camadas de lã perlon e restos de sombrite.

O experimento foi iniciado após aprovação pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA), sob o certificado nº 4/2022 – REI-CEA (11.02.37.15.05).

Foram utilizados juvenis de tilápia-do-Nilo com peso inicial aproximado de 24,7 ± 3,42 g, sendo 30 indivíduos por unidade experimental. Os animais receberam ração comercial extrusada contendo 36% de proteína bruta, com granulometria de 2–4 mm, três vezes ao dia, até a saciedade. Para o acará-bandeira foram utilizados juvenis com peso médio de 2,01 ± 0,09 g, alimentados com ração comercial contendo 40% de proteína bruta e granulometria de 1 mm, também fornecida três vezes ao dia até a saciedade.

Foram avaliados nos peixes o peso final, comprimento total final, comprimento padrão final, altura final, ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar, taxa de crescimento específico, taxa de eficiência proteica e sobrevivência. Para as plantas foram avaliados parâmetros relacionados à massa

fresca, massa seca, área foliar, teor de clorofila, número de folhas, altura e características morfológicas das raízes.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, constituído por quatro tratamentos: T1 – tilápia + cebolinha; T2 – tilápia + agrião; T3 – acará-bandeira + cebolinha; e T4 – acará-bandeira + agrião, com três repetições, totalizando 12 unidades experimentais. O período experimental foi de 75 dias. Os dados foram submetidos à análise estatística conforme o delineamento experimental adotado, com comparação das médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados

Conforme apresentado na Tabela 1, os parâmetros de desempenho dos peixes não diferiram significativamente entre os diferentes arranjos aquapônicos.

Tabela 1 – Peso final, ganho de peso e sobrevivência dos peixes nos diferentes arranjos aquapônicos.

Parâmetro	T1 Tilápia + cebolinha	T2 Tilápia + agrião	T3 Acará-bandeira + cebolinha	T4 Acará-bandeira + agrião
Peso final (g)	100,37	98,44	6,07	6,06
Ganho de peso (g)	75,64	73,74	4,06	4,05
Sobrevivência (%)	91,11	94,44	94,44	94,62

Fonte: Dados do experimento.

Os parâmetros de desempenho avaliados para tilápia-do-Nilo e acará-bandeira não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos. Para a tilápia, o peso final foi de 100,37g no tratamento associado à cebolinha e 98,44 g no tratamento associado ao agrião. Para o acará-bandeira, os valores foram de 6,07 e 6,06 g, respectivamente. O ganho de peso foi de 75,64 e 73,74 g para tilápia associada à cebolinha e ao agrião, respectivamente, enquanto para o acará-bandeira foram registrados 4,06 e 4,05 g. A sobrevivência variou de 91,11 a 94,62%, sem diferença significativa entre os tratamentos.

No primeiro ciclo da cebolinha, o tratamento com tilápia apresentou maiores médias para massa fresca das folhas, área foliar, massa seca e altura das folhas. Para teor de clorofila e número de folhas por planta, não foram observadas diferenças estatísticas significativas. No segundo ciclo, as maiores médias de massa fresca da parte aérea, área foliar, massa fresca total e massa seca da parte aérea foram observadas no tratamento com acará-bandeira.

No primeiro ciclo do agrião, o tratamento com acará-bandeira apresentou maiores médias para massa fresca da parte aérea e massa fresca total, enquanto o tratamento com tilápia apresentou maiores médias para área foliar e número de folhas. No segundo ciclo, o tratamento com tilápia apresentou maiores médias para massa fresca da parte aérea, teor de clorofila, área foliar e número de folhas.

Na avaliação das raízes, foram observadas diferenças entre tratamentos para diferentes características morfológicas. Na cebolinha, o tratamento com tilápia apresentou maiores valores para alguns parâmetros de desenvolvimento radicular no segundo ciclo, enquanto o tratamento com acará-bandeira apresentou maior área superficial. No agrião, o acará-bandeira apresentou maiores valores para comprimento, área projetada e área superficial em diferentes avaliações, enquanto a tilápia apresentou maiores médias de massa fresca e massa seca das raízes no segundo ciclo.

Discussão

A ausência de diferenças significativas nos parâmetros zootécnicos indica que os diferentes arranjos vegetais não foram suficientes para alterar o desempenho dos peixes durante o período experimental. A tilápia apresentou valores de peso final e ganho de peso semelhantes quando associada à cebolinha e ao agrião, assim como o acará-bandeira apresentou respostas semelhantes entre os dois arranjos vegetais.

A manutenção do desempenho dos peixes pode estar relacionada ao manejo alimentar adotado. A alimentação constitui componente importante do desempenho produtivo dos peixes e influencia

variáveis como consumo, crescimento e conversão alimentar (Oliveira et al., 2007).

Por outro lado, as respostas observadas nas plantas foram mais variáveis. No primeiro ciclo da cebolinha, o sistema associado à tilápia apresentou maiores valores para diferentes parâmetros de desenvolvimento da parte aérea. Uma possível explicação está relacionada à maior quantidade de ração fornecida às tilápias e à consequente geração de resíduos no sistema. Na aquaponia, os resíduos provenientes da produção de peixes participam da disponibilização de nutrientes para o cultivo vegetal (Carneiro et al., 2015).

No segundo ciclo da cebolinha, entretanto, ocorreu uma inversão parcial desse comportamento, com maiores médias de massa fresca da parte aérea, área foliar, massa fresca total e massa seca da parte aérea no sistema associado ao acará-bandeira. Essa mudança demonstra que a resposta das plantas não pode ser atribuída exclusivamente à quantidade imediata de ração fornecida aos peixes, uma vez que a dinâmica de nutrientes em sistemas de recirculação envolve transformação e reutilização contínuas.

As características radiculares observadas na cebolinha também demonstraram diferenças entre os arranjos. A maior área superficial observada em determinado tratamento pode estar associada à arquitetura do sistema radicular, porém o experimento não avaliou diretamente a absorção de nutrientes pelas raízes; portanto, não é possível estabelecer uma relação causal entre a morfologia radicular e a disponibilidade nutricional.

Para o agrião, a resposta também variou conforme o ciclo. No primeiro ciclo, o acará-bandeira apresentou maiores valores para massa fresca da parte aérea e massa fresca total, enquanto a tilápia apresentou maiores valores de área foliar e número de folhas. No segundo ciclo, entretanto, o tratamento com tilápia apresentou maiores médias para massa fresca da parte aérea, teor de clorofila, área foliar e número de folhas.

A diferença entre os ciclos evidencia que a resposta do agrião também esteve associada à dinâmica temporal do sistema. A produção vegetal em aquaponia depende da disponibilidade de nutrientes e da capacidade da planta de aproveitá-los, sendo necessário considerar a compatibilidade entre as espécies utilizadas (Emerenciano et al., 2015).

De modo geral, os resultados indicam que a espécie de peixe associada teve maior influência sobre o desempenho vegetal do que sobre o desempenho zootécnico dos peixes. Essa relação é compatível com o funcionamento integrado da aquaponia, no qual os peixes constituem uma fonte de nutrientes para o sistema e as plantas participam da utilização desses nutrientes (Carneiro et al., 2015).

A maior resposta da cebolinha em alguns parâmetros quando associada à tilápia no primeiro ciclo pode estar relacionada à maior entrada de nutrientes decorrente do manejo alimentar, mas essa explicação deve ser tratada como hipótese, pois não foram realizados no presente experimento balanços quantitativos de nitrogênio e fósforo que permitissem atribuir diretamente o efeito à maior disponibilidade desses elementos. Eck, Körner e Jijakli (2019) destacam que os nutrientes em aquaponia passam por diferentes processos de excreção, mineralização e transformação antes de serem disponibilizados às plantas.

Os resultados obtidos para os peixes também podem ser interpretados à luz de estudos que demonstram que a espécie de peixe e o arranjo do sistema podem modificar o desempenho dos organismos, embora a magnitude dessa resposta dependa das condições experimentais. Knaus e Palm (2017), por exemplo, encontraram diferenças de desempenho entre tilápia e carpa em sistemas aquapônicos com características equivalentes. No presente estudo, entretanto, a comparação entre as hortaliças associadas a cada espécie não produziu diferenças significativas nos principais parâmetros zootécnicos, indicando que, nas condições avaliadas, a presença da cebolinha ou do agrião não foi suficiente para alterar o desempenho dos peixes.

A ausência de diferenças significativas nos peixes, associada às diferenças observadas nas plantas, indica que a avaliação de sistemas aquapônicos deve considerar os dois componentes de forma integrada.

Do ponto de vista ambiental, a integração entre produção animal e vegetal favorece a reutilização de nutrientes, embora sua eficiência dependa do manejo e das características do sistema. A eficiência de utilização dos nutrientes também depende da espécie vegetal. Yang e Kim (2020) compararam sistemas aquapônicos e hidropônicos utilizando tomate, manjericão e alface e observaram diferenças na eficiência de uso de nitrogênio e fósforo conforme a cultura. Embora as espécies avaliadas sejam diferentes das utilizadas neste trabalho, o estudo sustenta a interpretação de que diferentes hortaliças podem responder de maneira distinta à mesma base nutricional.

Essa ressalva é importante porque o ciclo de nutrientes da aquaponia é mais complexo que uma relação direta entre quantidade de ração e crescimento vegetal. Eck, Körner e Jijakli (2019) descrevem que nutrientes provenientes da alimentação podem seguir diferentes caminhos no sistema, envolvendo crescimento dos peixes, excreção solúvel, resíduos sólidos, mineralização microbiana e posterior absorção pelas plantas. Portanto, diferenças entre tratamentos podem resultar da combinação desses processos.

Outro ponto importante é a relação entre alimentação e qualidade do sistema. Liang e Chien (2013), trabalhando com tilápia e espinafre-d'água, observaram que alterações na frequência de alimentação influenciaram o crescimento dos peixes e das plantas e a dinâmica de compostos nitrogenados e fosfatados. No presente experimento, os peixes foram alimentados até a saciedade, mas não foi realizado um balanço completo dos nutrientes introduzidos pela ração e posteriormente absorvidos pelas plantas. Assim, a maior oferta de ração não deve ser tratada isoladamente como causa comprovada das diferenças vegetais observadas.

A literatura recente sobre aquaponia no Brasil mostra diversidade de espécies, configurações e objetivos produtivos, reforçando a necessidade de avaliar cada sistema de forma específica (Moraes-Viana et al., 2025). A espécie de peixe também pode influenciar o componente vegetal. Knaus e Palm (2017) observaram diferenças no desempenho das plantas conforme a espécie utilizada, resultado compatível com a variação observada neste estudo.

Conclusão

Os diferentes arranjos produtivos não promoveram diferenças significativas nos parâmetros zootécnicos e na sobrevivência de tilápia-do-Nilo e acará-bandeira, indicando que ambas as espécies puderam ser cultivadas associadas à cebolinha ou ao agrião nas condições experimentais avaliadas.

Em relação às plantas, foram observadas respostas diferenciadas entre tratamentos e ciclos de cultivo. A cebolinha apresentou melhores respostas em diferentes parâmetros de parte aérea no primeiro ciclo quando associada à tilápia, enquanto no segundo ciclo diversos parâmetros apresentaram maiores médias quando associada ao acará-bandeira. O agrião também apresentou respostas distintas entre os ciclos.

Assim, a composição do arranjo produtivo pode modificar o desenvolvimento vegetal sem comprometer o desempenho dos peixes. A escolha das espécies em sistemas aquapônicos deve considerar as características específicas dos organismos e a dinâmica do cultivo ao longo dos ciclos de produção.

Referências

CARNEIRO, P. C. F.; MORAIS, C. A. R. S.; NUNES, M. U. C.; MARIA, A. N.; FUJIMOTO, R. Y. **Produção integrada de peixes e vegetais em aquaponia**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Documento, 189).

ECK, M.; KÖRNER, O.; JIJAKLI, M. H. Nutrient cycling in aquaponics systems. In: GODDEK, S.; JOYCE, A.; KOTZEN, B.; BURNELL, G. M. (org.). **Aqua. Food Prod. Syst.**. Cham: Springer, 2019. p. 231-246. DOI: 10.1007/978-3-030-15943-6_9.

EMERENCIANO, M. G. C.; MELLO, G. L.; PINHO, S. M.; MOLINARI, D.; BLUM, M. N. Aquaponia: uma alternativa de diversificação na aquicultura. **Pan. da Aqui.**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 147, p. 24-35, 2015.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3. ed. rev. e ampl. Viçosa, MG: Editora UFV, 2013.

KNAUS, U.; PALM, H. W. Effects of the fish species choice on vegetables in aquaponics under spring-summer conditions in northern Germany (Mecklenburg Western Pomerania). **Aquac.**, v. 473, p. 62-73, 2017. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2017.01.020.

LIANG, J.-Y.; CHIEN, Y.-H. Effects of feeding frequency and photoperiod on water quality and crop production in a tilapia-water spinach raft aquaponics system. **Int. Biod. & Biod.**, v. 85, p. 693-700, 2013. DOI: 10.1016/j.ibiod.2013.03.029.

MORAES-VIANA, G.; SANTOS, O. A.; SANTOS-SILVA, E. N.; BORDINHON, A. M. Status of aquaponics systems in Brazil: A systematic literature review. **Bol. do Inst. de Pes.**, v. 51, e945, 2025. DOI: 10.20950/1678-2305/bip.2024.51.e945.

OLIVEIRA, E. G.; SANTOS, F. J. S.; PEREIRA, A. M. L.; LIMA, C. B. **Produção de tilápia**: mercado, espécie, biologia e recria. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2007. 12 p. (Embrapa Meio-Norte. Circular Técnica, 45).
YANG, T.; KIM, H.-J. Comparisons of nitrogen and phosphorus mass balance for tomato-, basil-, and lettuce-based aquaponic and hydroponic systems. **Jour. of Clea. Prod.**, v. 274, 122619, 2020. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.122619.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Código de Financiamento 001, e da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES). Os autores agradecem à Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) e ao Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) pelo apoio institucional e infraestrutura concedidos ao Laboratório de Nutrição e Produção de Espécies Ornamentais para a execução desta pesquisa.