VIABILIDADE ECONÔMICA DE SISTEMAS AQUAPÔNICOS COM TILÁPIA ASSOCIADA À CEBOLINHA E AO AGRIÃO

Matheus de Morais Alves; Josemar Braga Senna; Túlio Moraes Carvalho; Ana Amélia Caprioli; Wallace Luís de Lima; Pedro Pierro Mendonça

Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Espírito Santo, Campus de Alegre, Rodovia BR 482, Km 72 – Rive - 29500-000 - Alegre - ES, Brasil, matheusdemoraiis@gmail.com, jbsenna3@hotmail.com, tuliomoraescarvalho@hotmail.com, anaameliacaprioli@gmail.com, wallace@ifes.edu.br, ppierrom@gmail.com

Resumo

A aquaponia integra a produção de organismos aquáticos e vegetais em sistema de recirculação de água, apresentando potencial para diversificação produtiva na agricultura familiar. Este trabalho estimou a viabilidade econômica de sistemas aquapônicos compostos por tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) associada à cebolinha (*Allium fistulosum*) e ao agrião (*Nasturtium officinale*) durante 75 dias de produção, avaliando custos fixos, variáveis, receitas brutas e saldos financeiros. O custo fixo total foi de R$ 1071,80 e os custos variáveis, de R$ 603,05 no arranjo tilápia x cebolinha e R$ 599,39 no arranjo tilápia x agrião. No sistema com cebolinha, a receita bruta foi de R$ 255,00 (saldo de −R$1.419,85); com agrião, alcançou R$ 382,80 (saldo de −R$ 1.288,39). A mão de obra representou cerca de 82,9% dos custos variáveis. Conclui-se que os arranjos não apresentaram viabilidade econômica nas condições avaliadas, sendo necessário reduzir custos de mão de obra, ampliar a escala produtiva ou obter melhores preços de comercialização.
Palavras-chave: Aquaponia. Agricultura familiar. Tilapicultura. Custos de produção. Olericultura.

Área do Conhecimento: Ciências Agrárias – Agronomia.

Introdução

A aquaponia é um sistema integrado de produção que associa a criação de organismos aquáticos ao cultivo de vegetais, utilizando a recirculação da água e o aproveitamento dos nutrientes provenientes dos resíduos dos peixes. Essa estratégia pode contribuir para a diversificação produtiva, para o uso racional da água e para a geração de renda na agricultura familiar.

A tilápia-do-Nilo destaca-se na piscicultura por sua rusticidade, crescimento rápido, boa conversão alimentar e ampla aceitação comercial. A cebolinha e o agrião, por sua vez, são hortaliças de uso alimentar e apresentam adaptação ao cultivo em sistemas sem solo, o que favorece sua associação com a aquaponia.

Entretanto, a adoção de uma tecnologia produtiva depende não apenas do desempenho biológico dos organismos, mas também da rigorosa avaliação da relação entre investimento, custos operacionais e receitas, uma vez que os desafios de implantação frequentemente esbarram na realidade financeira do produtor (Granja, 2018; Dantas e Maia, 2020). Conforme destacam Rover *et al*. (2016), a compreensão detalhada da estrutura de custos de produção é fundamental para mensurar a real viabilidade de sistemas aquapônicos integrados e identificar os verdadeiros gargalos do empreendimento. Nesse sentido, a aplicação de ferramentas de gestão de custos transcende a mera contabilidade, configurando-se como um instrumento estratégico que auxilia diretamente na tomada de decisão, permitindo ao produtor otimizar o uso dos recursos disponíveis e mitigar riscos (Carmo *et al*., 2010).

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi estimar a viabilidade econômica de sistemas aquapônicos com tilápia associada à cebolinha e ao agrião, considerando um período de 75 dias de produção.

Metodologia

O estudo foi realizado no setor de Aquicultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Campus de Alegre, no Laboratório de Nutrição e Produção de Espécies Ornamentais. O período experimental foi de 75 dias, entre 31 de julho e 15 de outubro de 2022.

Foram avaliados dois arranjos produtivos: tilápia e cebolinha e tilápia e agrião. Cada sistema aquapônico possuía uma caixa de polietileno com capacidade de 150 litros e volume útil de 100 litros, canaletas de cultivo vegetal, filtro mecânico, filtro biológico e bomba submersa. Foram utilizados 30 juvenis de tilápia em cada sistema. Para o cultivo vegetal, foram plantadas 15 unidades de cebolinha ou oito mudas de agrião por sistema.

A análise econômica considerou os custos fixos de montagem, os custos variáveis de produção, a receita bruta e o saldo financeiro, em consonância com os três pilares econômicos fundamentais para a avaliação de qualquer empreendimento aquícola: o investimento total necessário para a implantação, os custos operacionais anuais e as estimativas realistas de receita (Engle, 2015). Nos custos fixos foram inclusos os materiais hidráulicos, caixa d'água, estrutura de suporte, bomba, mão de obra de instalação e depreciação, enquanto nos custos variáveis foram considerados energia elétrica, ração, juvenis, mudas e mão de obra operacional, seguindo a metodologia de estruturação de custos de produção em sistemas aquapônicos proposta por Rover *et al*. (2016).

A receita bruta foi calculada com base na comercialização dos peixes e das hortaliças produzidos durante o ciclo. O saldo financeiro foi obtido pela subtração dos custos fixos e variáveis da receita bruta, conforme a expressão:

$$\text{Saldo financeiro} = \text{Receita bruta} - \text{Custos variáveis} - \text{Custos fixos}$$

Essa abordagem de gestão de custos e tomada de decisão na atividade produtiva permite ao produtor identificar os componentes que mais impactam o resultado financeiro e orientar estratégias de viabilização do empreendimento (Carmo *et al.*, 2010).

Resultados

O custo fixo para a montagem de um sistema aquapônico com 100 litros de volume útil foi de R$ 1071,80. Os materiais de montagem totalizaram R$ 828,91, acrescidos de R$ 160,00 de mão de obra de instalação e R$ 82,89 de depreciação anual. A caixa d'água e a mão de obra de instalação foram os itens de maior participação no investimento.

No sistema de tilápia e cebolinha, os custos variáveis totalizaram R$ 603,05. A energia elétrica correspondeu a R$ 68,76, a ração a R$ 30,39, os juvenis a R$ 3,90 e a mão de obra a R$ 500,00. A receita bruta foi de R$ 255,00, formada pela venda de 27 tilápias e de 60 molhos de cebolinha obtidos em duas colheitas. O saldo financeiro foi negativo em R$ 1.259,84.

No sistema de tilápia e agrião, os custos variáveis também foram de R$ 599,39. A ração representou R$ 26,73, os juvenis R$ 3,90, a energia elétrica R$ 68,76 e a mão de obra R$ 500,00. A receita bruta alcançou R$ 382,80, resultante da venda de 28 tilápias e de 60 molhos de agrião. Mesmo com receita superior à observada no sistema com cebolinha, o saldo permaneceu negativo, totalizando R$ 1.132,04.

Tabela 1 – Indicadores econômicos dos sistemas aquapônicos avaliados durante 75 dias

Indicador	Tilápia + cebolinha	Tilápia + agrião
Custos fixos	R$ 1071,80	R$ 1071,80
Custos variáveis	R$ 603,05	R$ 599,39
Receita bruta	R$ 255,00	R$ 382,80
Saldo financeiro	–R$ 1.419,85	–R$ 1.288,39

Fonte: elaborado pelo próprio autor.

Discussão

Os resultados indicam que os dois arranjos aquapônicos com tilápia apresentaram inviabilidade econômica no ciclo de 75 dias, uma vez que a receita bruta obtida não foi suficiente para compensar a soma dos custos fixos e variáveis. Esse achado converge com a literatura internacional, que frequentemente aponta a produção de tilápia em sistemas de pequena escala como um componente

de baixo ou nulo retorno financeiro, cujos custos de produção superam os preços de mercado e geram saldos negativos quando não há ganho de escala (Engle, 2015; Babatunde *et al*., 2023). Ainda que o sistema com agrião tenha alcançado receita superior ao sistema com cebolinha, a diferença de arrecadação não alterou o resultado final, pois a estrutura de custos permaneceu praticamente a mesma nos dois arranjos. Isso corrobora a premissa de que otimizações marginais na escolha da hortaliça são insuficientes para reverter a inviabilidade econômica se a pesada estrutura de custos fixos e operacionais não for diluída por maior volume produtivo ou por estratégias de mercado que agregem valor ao produto (Greenfeld *et al*., 2019).

No investimento inicial, os custos fixos foram influenciados principalmente pelos materiais de montagem, pela mão de obra de instalação e pela depreciação do sistema. Entre esses componentes, a caixa d'água e a mão de obra de instalação concentraram a maior participação relativa no custo fixo total, o que confirma que, mesmo em unidades pequenas, a etapa de implantação pode representar uma barreira importante à adoção da aquaponia por agricultores familiares, conforme observam Dalazen *et al.,* (2020) e Somerville *et al.,* (2023) em seus estudos sobre sistemas de base familiar. Esse comportamento ecoa na literatura internacional, na qual a montagem da estrutura física responde por parcela expressiva do capital necessário para iniciar a atividade, exigindo planejamento rigoroso das despesas de implantação (Engle, 2015). De fato, o alto investimento inicial é reconhecido de forma transversal como um dos principais obstáculos tecnológicos e econômicos à entrada de novos produtores e à expansão do setor de aquaponia em escala comercial (Greenfeld *et al*., 2019).

Nos custos variáveis, o fator dominante foi a mão de obra, com R$ 500,00 em cada sistema, o que correspondeu à maior parte do dispêndio operacional do ciclo. Esse resultado está em consonância com a literatura, que aponta a mão de obra como um dos principais componentes do custo de produção em aquaponia, frequentemente superando energia, ração e insumos biológicos, como observado em análises de viabilidade financeira de sistemas aquapônicos de pequena escala (Kodama, 2015; Castro, 2019). Em estudos que consideram a realidade da agricultura familiar, o peso relativo da mão de obra varia conforme a escala produtiva, a tecnologia empregada e a forma de contabilização do trabalho familiar, mas permanece como elemento crítico para a definição da rentabilidade (Martinelli *et al.*, 2019; Dalazen *et al*., 2020; Rocha *et al*., 2022).

A energia elétrica e a ração tiveram participação secundária quando comparadas à mão de obra, embora continuem relevantes para o funcionamento contínuo do sistema, como também observado em estudos brasileiros que identificaram esses itens entre os principais componentes da despesa operacional em aquaponia de pequena escala (Kodama, 2015; Castro et al., 2019). Em trabalhos internacionais, o bombeamento de água e a alimentação dos peixes aparecem como custos estruturantes e indispensáveis à estabilidade biológica do sistema de recirculação, com a ração representando a maior parcela individual dos custos do componente aquícola e a energia ocupando posição de destaque logo em seguida (Baganz *et al*., 2020; Babatunde *et al.*, 2023). Assim, mesmo que os valores absolutos de energia e ração tenham sido menores que os de mão de obra no presente estudo, eles compõem uma base de despesa recorrente que limita a margem econômica em sistemas de pequena escala, sobretudo porque a produção em ambientes controlados é estruturalmente mais onerosa do que em sistemas abertos (Engle, 2015; Greenfeld *et al.*, 2019).

A diferença de desempenho entre os arranjos com cebolinha e agrião esteve associada principalmente à receita bruta, e não à estrutura de custos. Como os custos fixos foram idênticos e os custos variáveis praticamente equivalentes, o melhor resultado do sistema com agrião decorreu da maior capacidade de geração de receita por esse produto no ciclo avaliado, comportamento que reflete a rigidez da estrutura de custos típica de sistemas aquapônicos, onde a receita vegetal é o componente que mais varia entre arranjos (Baganz *et al.*, 2020). Esse ponto é importante porque mostra que, em sistemas aquapônicos simplificados, a escolha da hortaliça pode influenciar positivamente o retorno econômico, como demonstrado pela maior rentabilidade de espécies como alface e manjericão em comparação com outras culturas (Engle, 2015; Moraes-Viana *et al.,* 2025). No entanto, a simples substituição da espécie vegetal dificilmente será suficiente, sozinha, para reverter um quadro de inviabilidade quando os custos estruturais permanecem elevados, uma vez que a lucratividade da aquaponia é altamente sensível à escala produtiva, aos preços de varejo e à proporção de receita entre plantas e peixes (Greenfeld *et al.,* 2019; Babatunde *et al.*, 2023).

Outro aspecto que contribuiu para o saldo negativo foi a baixa escala de comercialização dos peixes e hortaliças. A venda de 27 tilápias no sistema com cebolinha e 28 tilápias no sistema com agrião, associada à produção de 60 molhos de hortaliça em cada arranjo, gerou receita insuficiente para diluir

o investimento inicial e o custo operacional do período, comportamento típico de sistemas aquapônicos familiares cuja produção não atinge o volume necessário para absorver a estrutura de custos (Dalazen *et al.,* 2020; Somerville *et al.*, 2023; Babatunde *et al.,* 2023). Estudos sobre aquaponia familiar e de pequena escala mostram que a viabilidade tende a melhorar quando há ampliação do volume produzido, melhor aproveitamento da infraestrutura e comercialização em canais que agreguem mais valor ao produto, como feiras, venda local e circuitos curtos, uma vez que a lucratividade da aquaponia é altamente sensível à escala produtiva e aos preços de varejo alcançados pelo produtor (Engle, 2015; Greenfeld *et al.,* 2019).

Dessa forma, a interpretação econômica dos resultados sugere que a inviabilidade observada não deve ser atribuída apenas à combinação entre tilápia e cebolinha ou entre tilápia e agrião, mas sobretudo à relação entre pequena escala, elevado peso da mão de obra e baixa diluição dos custos fixos, comportamento amplamente documentado na literatura internacional, que identifica a escala produtiva e a sensibilidade aos preços de varejo como os principais determinantes da lucratividade em aquaponia (Greenfeld *et al.,* 2019; Babatunde *et al.,* 2023). Em termos práticos, a viabilidade desses arranjos poderia ser favorecida por estratégias como uso de mão de obra familiar sem remuneração direta no fluxo de caixa, conforme o modelo de "self labor" adotado em operações de pequena escala (Babatunde *et al.,* 2023; Engle, 2015), reaproveitamento de materiais já existentes na propriedade (Somerville *et al.*, 2023), aumento da escala produtiva para diluição dos custos fixos (Baganz *et al.,* 2020), maior número de ciclos de cultivo e venda direta ao consumidor final, estratégia que pode multiplicar o lucro em relação à comercialização via intermediários (Baganz *et al.,* 2020). Isso é particularmente relevante para a agricultura familiar, em que a rentabilidade do sistema depende não apenas da produtividade biológica, mas também da organização do trabalho e da forma de inserção no mercado (Martinelli et al., 2019; Dalazen et al., 2020; Rocha et al., 2022; Somerville *et al.*, 2023).

Conclusão

Os sistemas aquapônicos de tilápia associada à cebolinha e ao agrião não apresentaram viabilidade econômica durante o ciclo de 75 dias. Os saldos financeiros foram negativos em R$ 1.259,84 e R$ 1.132,04, respectivamente. A mão de obra foi o principal componente dos custos variáveis, enquanto o investimento inicial representado pelos custos fixos amplificou o saldo negativo e, em uma projeção de múltiplos ciclos, prolongaria significativamente o período de recuperação do capital. Recomenda-se, para novos estudos, avaliar sistemas de maior escala, reduzir os custos operacionais por meio do uso de mão de obra familiar sem remuneração direta no fluxo de caixa, utilizar materiais disponíveis na propriedade e testar estratégias de venda direta com maior valor agregado.

Referências

BABATUNDE, Adeleke *et al*. Economic viability of a small scale low-cost aquaponic system in South Africa. **Journal of Applied Aquaculture**, [S. l.], v. 35, n. 2, p. 285-304, 2023. DOI: 10.1080/10454438.2021.1958729.

BAGANZ, Gösta *et al*. Profitability of multi-loop aquaponics: year-long production data, economic scenarios and a comprehensive model case. **Aquaculture Research**, [S. l.], v. 51, p. 2711-2724, 2020. DOI: 10.1111/are.14610.

CARMO, Carlos Roberto Souza *et al*. Planejamento de gastos financeiros no segmento da avicultura do estado de Minas Gerais: um estudo baseado na análise de regressão linear e no comportamento dos custos de produção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS, 17., 2010, [S. l.]. **Anais** [...]. [S. l.]: [s. n.], 2010.

CASTRO, Marcial Pereira Saboya de. **Plano de negócio para uma empresa de aquaponia no Rio de Janeiro**. 2019. 78 f. Projeto de Graduação (Curso de Engenharia de Produção) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

DALAZEN, Gabrielle Batista *et al*. A avaliação econômica do sistema de aquaponia familiar em Santarém, Oeste do Pará. **Revista Agroecossistemas**, [S. l.], v. 11, n. 2, p. 40-56, set. 2020. DOI: 10.18542/ragros.v11i2.9077. ISSN 2318-0188.

DANTAS, Natália Carla Fernandes de Medeiros; MAIA, Ivanilson de Souza. Custos e oportunidades para implantar sistema aquapônico em tempos de isolamento social. In: CONGRESSO VIRTUAL DE AGRONOMIA, 8., 2020, São Paulo. **Anais** [...]. São Paulo: Convibra, 2020.

ENGLE, Carole R. **Economics of aquaponics**. [S. l.]: Southern Regional Aquaculture Center, jul. 2015. (SRAC Publication, n. 5006).

GRANJA, R. **Análise de viabilidade econômica de implantação de uma aquaponia no município de Santa Cruz das Palmeiras, São Paulo**. [S. l.]: [s. n.], 2018.

GREENFELD, Asael *et al*. Economically viable aquaponics? Identifying the gap between potential and current uncertainties. **Reviews in Aquaculture**, [S. l.], v. 11, n. 3, p. 848-862, 2019. DOI: 10.1111/raq.12269.

KODAMA, Goro. **Viabilidade financeira em sistema de aquaponia**. 2015. 62 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Animais) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

MARTINELLI, Gabrielli do Carmo *et al*. Viabilidade econômica de sistema de aquaponia, no município de São José dos Pinhais, Paraná. **Revista Acadêmica da UFRGS**, [S. l.], dez. 2019. ISSN 2359-1048.

MORAES-VIANA, Gabriela de *et al*. Status of aquaponics systems in Brazil: a systematic literature review. **Boletim do Instituto de Pesca**, [S. l.], v. 51, e945, 2025. DOI: 10.20950/1678-2305/bip.2024.51.e945.

ROCHA, Luan Freitas *et al*. **Aquaponia**: uma alternativa produtiva para a agricultura familiar. Castanhal: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, 2022. 29 p.

ROVER, Suélin *et al*. Viabilidade econômica da implantação de sistema de cultivo de alface hidropônica. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 15, n. 3, p. 169-179, 2016.

SOMERVILLE, Christopher *et al*. **Produção de alimentos em aquaponia de pequena escala**: cultivo integrado de peixes e plantas. Porto Alegre: SEAPI/DDPA, 2023. E-book. Título original: *Small-scale aquaponic food production: integrated fish and plant farming*. Rome: FAO, 2014. (FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, n. 589).

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