



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP

**Viabilidade técnica da produção de tilápia-do-nilo
(*Oreochromis niloticus*) em cultivo integrado com
o camarão-da-malásia (*Macrobrachium
rosenbergii*) e curimbatá (*Prochilodus lineatus*)**

Ana Luíza Lima Rocha

Jaboticabal, SP

2024



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP

**Viabilidade técnica da produção de tilápia-do-nilo
(*Oreochromis niloticus*) em cultivo integrado com
o camarão-da-malásia (*Macrobrachium
rosenbergii*) e curimatá (*Prochilodus lineatus*)**

Ana Luíza Lima Rocha

Orientadora: Profa. Dra. Patricia Maria Contente Moraes Valenti

Co-orientadora: Profa. Dra. Michelle Roberta Dos Santos

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura do Centro de Aquicultura da UNESP – CAUNESP, como partes dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Aquicultura.

Jaboticabal, SP

2024

R672v	Rocha, Ana Luiza Lima Viabilidade técnica da produção de tilápia-do-nylo (<i>Oreochromis niloticus</i>) em cultivo integrado com o camarão-da-malásia (<i>Macrobrachium rosenbergii</i>) e curimatá (<i>Prochilodus lineatus</i>) / Ana Luiza Lima Rocha. -- Jaboticabal, 2024 48 p. : tabs., fotos Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Centro de Aquicultura da Unesp, Jaboticabal Orientadora: Patricia Maria Contente Moraes Valenti Coorientadora: Michelle Roberta Dos Santos 1. IMTA. 2. Sistemas integrados. 3. tilápia-do-nylo. 4. Prochilodus. 5. Macrobrachium. I. Título.
-------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Dados fornecidos pelo autor(a).



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Unidade Complementar - Jaboticabal

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Viabilidade técnica da produção de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) em cultivo integrado com o camarão-da-malásia (*Macrobrachium rosenbergii*) e curimatá (*Prochilodus lineatus*).

AUTORA: ANA LUÍZA LIMA ROCHA

ORIENTADORA: PATRICIA MARIA CONTENTE MORAES VALENTI

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em Ciências, área de Aquicultura, pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. PATRICIA MARIA CONTENTE MORAES VALENTI (Participação Virtual)
Setor de Carcinicultura / Centro de Aquicultura da UNESP, CAUNESP, Jaboticabal-SP

Pesquisador Científico MARCELLO VILLAR BOOCK (Participação Virtual) 
Unidade de P&D de Pirassununga / Agência Paulista de tecnologia dos agronegócios - APTA, Pirassununga-SP

Dr ANDRE ZUFFO BOARATTI (Participação Virtual)
/ AZB Environment Sampling, Jaboticabal-SP

Jaboticabal, 29 de julho de 2024

“Seja-te feito conforme tua fé. ”

Revelação Divina de 15 de janeiro de 1931, Seicho No Ie

APOIO FINANCEIRO E INSTITUCIONAL

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico CNPq e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

Centro de Aquicultura – UNESP - (CAUNESP).

AGRADECIMENTOS

À Deus, por sempre me guiar e me auxiliar. Por mostrar os caminhos que devo seguir e por sempre estar ao meu lado. Durante a realização desse Mestrado, pude senti-lo em cada passo que dei, cada desafio que superei e a cada lágrima que derramei. Sou extremamente abençoada por você e o agradeço todos os dias pela família amorosa que me deu e por nunca soltar a minha mão.

À minha mãe, Adriana, e ao meu pai, Antônio Marcos, por todo amor e carinho. Por me apoiar e me dar forças mesmo estando distantes. Vocês nunca duvidaram de mim e, por isso, também não duvidarei. Tudo que sou hoje é graças a vocês, por seu amor e apoio. Eu os amo muito, e vou deixá-los orgulhosos!

À minha orientadora profa. Dra. Patricia Maria Contente Moraes Valenti, por todo o conhecimento, apoio, orientação e palavras de incentivo. Estudar no Caunesp e com a senhora foi uma oportunidade única da qual nunca vou esquecer.

À minha co-orientadora Michelle Roberta dos Santos, por todo auxílio, preocupação e pela amizade. Você me salvou em diversas situações e eu sempre serei grata por isso. Eu a admiro muito como profissional e pessoa.

Aos meus amigos que me ajudaram e me apoiaram durante todo o caminho. Obrigada por permanecerem ao meu lado e acreditarem em mim. Jaboticabal me presenteou com pessoas incríveis da qual sempre serei grata.

Em especial, gostaria de agradecer à Janaina, por toda ajuda, parceria e nossa amizade única. Temos muitas histórias juntas e poder compartilhar parte da vida com você é um presente.

À Heloise, por todo amor e carinho, pelas madrugadas juntas e pela alegria de poder te chamar de amiga. Sua amizade foi escolhida por Deus especialmente para mim.

Ao Hugo, por estar lá sempre que eu preciso e por alegrar nossos dias de maneira que só você consegue fazer.

À Marina, por nossa amizade inesperada e abençoada, por todo apoio e amor, por me fazer feliz, me socorrer e me acolher. Nossas conversas me salvaram de maneira que você nem imagina. Obrigada por acreditar em mim.

À Franciele, pela amizade linda que construímos e por ser luz. Conversar contigo sempre me deixa feliz e nunca esquecerei do dia que até aprender coreano você tentou, apenas para me fazer sorrir.

À Gabriely, minha parceira de experimento, minha amiga especial que chegou na hora certa para alegrar a minha vida. Sinto sua falta todos os dias e espero poder vê-la logo em um dos nossos rolês culturais.

Ao Caunesp e a todos os funcionários que possibilitaram a realização desse trabalho. Em especial, quero agradecer a todos os estagiários do setor de Carcinicultura, pois sem vocês eu não conseguiria finalizar esse experimento. Sua ajuda foi essencial.

SUMÁRIO

APOIO FINANCEIRO E INSTITUCIONAL.....	vi
AGRADECIMENTOS.....	vii
RESUMO.....	12
ABSTRACT	13
1. INTRODUÇÃO	14
2. MATERIAL E MÉTODOS	18
2.1. Povoamento	19
2.2. Manejo alimentar.....	20
2.3. Dados de desempenho zootécnico	21
2.4. Análise de Qualidade da Água.....	23
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4. CONCLUSÃO.....	40
5. REFERÊNCIAS.....	41
Anexos.....	46

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Utilização de redes de proteção nos canos de abastecimento....	19
Figura 2. Linha do tempo apresentando as ações para estocagem e despesca.....	20
Figura 3. Biometria mensal. (a) retirada dos animais do viveiro com o uso de rede; (b) pesagem do animal <i>O. niloticus</i> ; (c) medição de comprimento do animal <i>P. lineatus</i>	22
Figura 4. Crescimento da tilápia-do-nilo nos diferentes tratamentos ao longo das biometrias. TM = monocultivo de tilápia; TP = cultivo integrado de tilápia e camarão-da-malásia; TC = cultivo integrado de tilápia e curimbatá; TPC = cultivo integrado de tilápia, camarão-da-malásia e curimbatá.....	30
Figura 5. Crescimento do camarão-da-malásia nos diferentes tratamentos ao longo das biometrias. TP = cultivo integrado de tilápia e camarão-da-malásia; TPC = cultivo integrado de tilápia, camarão-da-malásia e curimbatá.	31
Figura 6. Crescimento do curimbatá nos diferentes tratamentos ao longo das biometrias. TC = cultivo integrado de tilápia e curimbatá; TPC = cultivo integrado de tilápia, camarão-da-malásia e curimbatá.	31
Figura 7. BoxPlot dos parâmetros físicos e químicos da água nos diferentes tratamentos durante o período da manhã. OD = oxigênio dissolvido; Cond. Elétrica = condutividade elétrica; TM = monocultivo de tilápia; TP = cultivo integrado de tilápia e camarão-da-malásia; TC = cultivo integrado de tilápia e curimbatá; TPC = cultivo integrado de tilápia, camarão-da-malásia e curimbatá.	37
Figura 8. BoxPlot dos parâmetros físicos e químicos da água nos diferentes tratamentos durante o período da tarde. OD = oxigênio dissolvido; Cond. Elétrica = condutividade elétrica; TM = monocultivo de tilápia; TP = cultivo integrado de tilápia e camarão-da-malásia; TC = cultivo integrado de tilápia e curimbatá; TPC = cultivo integrado de tilápia, camarão-da-malásia e curimbatá.....	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Médias ($\pm$ desvio padrão) dos indicadores de desempenho produtivo nos quatro sistemas de cultivo estudados. A produtividade total é a soma das produtividades obtidas para cada espécie em cada sistema; a conversão alimentar aparente total representa a quantidade de alimento fornecido dividido pela produtividade total. TM = monocultivo de tilápia; TP = cultivo integrado de tilápia e camarão; TC = cultivo integrado de tilápia e curimbatá; TPC = cultivo integrado de tilápia, camarão e curimbatá. A massa média inicial no povoamento da tilápia-do-nylo foi $2,80 \pm 1,19$ g, do camarão-da-malásia $0,03 \pm 0,01$ g e do curimbatá $15,54 \pm 7,79$ g.26

Tabela 2. Médias ($\pm$ desvio padrão) das variáveis da qualidade de água, mensuradas durante o período da manhã. TM = monocultivo de tilápia; TP = cultivo integrado de tilápia e camarão-da-malásia; TC = cultivo integrado de tilápia e curimbatá; TPC = cultivo integrado de tilápia, camarão e curimbatá. Transp. = transparência, OD = oxigênio dissolvido, Temp. = temperatura, Cond. = condutividade, S = superfície, F = fundo.34

Tabela 3. Médias ($\pm$ desvio padrão) das variáveis da qualidade de água, mensuradas durante o período da tarde. TM = monocultivo de tilápia; TP = cultivo integrado de tilápia e camarão-da-malásia; TC = cultivo integrado de tilápia e curimbatá; TPC = cultivo integrado de tilápia, camarão-da-malásia e curimbatá. *Transp.* = *transparência*, OD = oxigênio dissolvido, Temp. = temperatura, Cond. = condutividade, S = superfície, F = fundo.35

Tabela 4. Médias ($\pm$ desvio padrão) dos parâmetros da qualidade de água: fósforo total (P_{total}; mg.L⁻¹), amônia total (NH₃ + NH₄⁺; mg.L⁻¹), nitrito (NO₂⁻; mg.L⁻¹) e nitrato (NO₃⁻; mg.L⁻¹), clorofila a (µg.L⁻¹) e sólidos totais em suspensão (STS; mg.L⁻¹) em cada tratamento. TM = monocultivo de tilápia; TP = cultivo integrado de tilápia e camarão; TC = cultivo integrado de tilápia e curimbatá; TPC = cultivo integrado de tilápia, camarão e curimbatá.35

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo realizar o estudo da viabilidade técnica da produção de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) em cultivo integrado com o camarão-da-malásia (*Macrobrachium rosenbergii*) e curimbatá (*Prochilodus lineatus*). Parte-se do princípio de que os sistemas integrados podem aumentar a biomassa final e representam sistemas mais alinhados aos princípios da sustentabilidade e os conceitos da economia circular. O experimento foi conduzido no Setor de Carcinicultura do Centro de Aquicultura da Universidade Estadual Paulista (CAUNESP), em Jaboticabal – SP, Brasil. Foram utilizados 12 viveiros experimentais retangulares de fundo natural (0,1 ha) em delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) com quatro tratamentos e três repetições. Os tratamentos consistiram em: TM - monocultivo de tilápias (3 ind.m⁻²); TP - cultivo integrado de tilápia (3 ind.m⁻²) e camarão-da-malásia (5 ind.m⁻²); TC - cultivo integrado de tilápia (3 ind.m⁻²) e curimbatá (5 ind.m⁻²); TPC - cultivo integrado de tilápia (3 ind.m⁻²), camarão-da-malásia (5 ind.m⁻²) e curimbatá (5 ind.m⁻²). Apenas as tilápias foram alimentadas duas vezes ao dia nos períodos da manhã e tarde. Foram realizadas biometrias mensais para coleta de dados de massa (g) e comprimento (cm) e ao final do experimento, foram calculados, em todos os tratamentos, para cada espécie, a sobrevivência, ganho em massa média, taxa de crescimento específico, produtividade, conversão alimentar aparente e fator de condição. O cultivo de tilápia-do-nilo, camarão-da-malásia e curimbatá nas densidades de 3, 5 e 5 ind.m⁻², respectivamente não resultou em aumento efetivo de produtividade e redução da conversão alimentar em relação ao monocultivo de tilápia. O curimbatá na densidade de 5 ind.m⁻² afetou negativamente o desenvolvimento da tilápia-do-nilo e do camarão-da-malásia. O cultivo integrado da tilápia-do-nilo na densidade de 3 ind.m⁻² com o camarão-da-malásia na densidade de 5 ind.m⁻² resultou em aumento da produtividade e redução da conversão alimentar aparente total.

Palavras-chave: IMTA, Sistemas Integrados, tilapia-do-nilo, *Prochilodus*, *Macrobrachium*.

ABSTRACT

This work aimed to carry out a study of the technical feasibility of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) production in an integrated system with giant river prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) and curimbatá (*Prochilodus lineatus*). It is assumed that integrated systems can increase the final biomass and represent systems that are more aligned with the principles of sustainability and the concepts of the circular economy. The experiment was conducted at Crustacean Sector of Aquaculture Center of the São Paulo State University (CAUNESP), Jaboticabal, SP, Brazil. Twelve rectangular experimental earth ponds (0.1 ha) were used in a completely randomized experimental design with four treatments and three replications each (ponds): TM - monoculture of tilapia (3 ind.m⁻²); TP - integrated cultivation of tilapia (3 ind.m⁻²) and prawn (5 ind.m⁻²); TC - integrated cultivation of tilapia (3 ind.m⁻²) and curimbatá (5 ind.m⁻²); TPC - integrated cultivation of tilapia (3 ind.m⁻²), prawn (5 ind.m⁻²) and curimbatá (5 ind.m⁻²). Only tilapia was fed twice a day with an extruded commercial diet. The experiment lasted 176 days. Monthly biometrics were carried out to collect data on mass (g) and length (cm) and at the end of the experiment, for each specie, survival, average mass gain (AMG), specific growth rate, productivity, biomass gain (BG), feed conversion ratio (FCR) and condition factor were calculated for all treatments. The culture of Nile tilapia, giant river prawn and curimbata at densities of 3, 5 and 5 ind.m⁻², respectively, did not result in an effective increase in productivity and reduction in feed conversion in relation to tilapia monoculture. Curimbata at a density of 5 ind.m⁻² negatively affected the development of Nile tilapia and giant river prawn. The integrated culture of Nile tilapia at a density of 3 ind.m⁻² with giant river prawn at a density of 5 ind.m⁻² resulted in increase of productivity and a reduction in total apparent feed conversion.

Keywords: IMTA, Integrated Systems, Nile tilapia, curimbata, *Macrobrachium* e *Prochilodus*,

1. INTRODUÇÃO

A aquicultura é um dos sistemas de produção de alimento que mais crescem no mundo. Entretanto, essa ainda é uma atividade muito criticada por ambientalistas (Froehlich et al., 2017; Naylor et al., 2000). Um dos motivos é o fato da aquicultura, em sua maioria, ser realizada em sistema de monocultivo intensivo arraçoado. Esse método de cultivo gera grande descarga de efluentes, que contribuem para a poluição dos corpos de água (Naylor et al., 2000). Além disso, o crescimento da aquicultura demanda um maior uso de terra, água e fontes naturais, além de lançar poluentes no meio ambiente (Valenti et al., 2018). Por essa razão, existe a necessidade de maximizar a utilização dos recursos naturais e minimizar os impactos ambientais.

O Brasil possui condições favoráveis para ser um dos maiores produtores mundiais de peixes de cultivo. Entre os sistemas de aquicultura realizados no Brasil, a piscicultura destaca-se, pois teve um desempenho positivo no ano de 2023, com um crescimento de 3,1% sobre a produção de 2022. A produção total de peixes de cultivo, incluindo espécies nativas, foi de 887.029 toneladas (PEIXE BR, 2024). Dessa produção brasileira de 2023, a tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) é a espécie mais produzida, com participação em 65,30% da produção nacional total de peixes de cultivo, atingindo 579.080 toneladas. Sua produção cresceu 5,28% em relação ao ano anterior e coloca o país como quarto maior produtor mundial de tilápias, atrás apenas de China, Indonésia e Egito (PEIXE BR, 2024).

A tilápia-do-nilo é uma espécie que possui características favoráveis ao cultivo, apresentando boa aceitação de mercado e bom valor comercial. Além disso, essa espécie possui uma boa conversão alimentar, boa adaptabilidade, crescimento rápido, alta produtividade, além de não precisar de grande espaço para ser cultivada (Siqueira et al., 2021). Pode ser considerada como uma espécie rústica, com hábitos alimentares diversos, possuindo carne de boa qualidade para consumo humano e o restante da carcaça pode ser aproveitada para vários usos comerciais (Henry-Silva et al., 2015). Como exemplo, a pele de tilápia pode ser utilizada em cirurgias para recuperação de peles de queimados (Ghosh et al., 2023).

A maior parte da produção de tilápia, nacional e mundial, é realizada em monocultivo intensivamente arraçoado (Valenti et al., 2021a; Valenti et al., 2021b). Prática que se mostra pouco eficiente, uma vez que a dieta fornecida aos animais é um dos insumos com maior custo de produção. Em monocultivos, os animais conseguem assimilar pouco menos de 20% de matéria seca da dieta fornecida, ocasionando em grande perda de nutrientes por lixiviação, material não absorvido, aumento de resíduos poluidores, além de uma maior despesa financeira aos produtores (Boyd et al., 2020).

Sabe-se que o meio aquático é tridimensional, podendo ter uma área de cultivo melhor aproveitada se comparada a ambientes terrestres. Esse ambiente permite a criação de duas ou mais espécies em uma mesma unidade de área, podendo-se utilizar diferentes nichos ecológicos no mesmo meio de cultivo (Boyd et al., 2020). Por isso, sistemas integrados surgem como uma boa opção quando comparados aos monocultivos intensivamente arraçados e se adequam ao conceito de “aquicultura multitrófica integrada” (Integrated Multi-trophic Aquaculture - IMTA), no qual ocorre o cultivo de espécies de diferentes níveis tróficos com funções complementares no ecossistema (Marques et al., 2016). Em sistemas integrados, os subprodutos gerados pelo cultivo de uma espécie alvo são reciclados para se transformarem em insumos (i.e. fertilizantes, alimentos e energia) para outras espécies, por isso, aproveitam as interações sinérgicas das mesmas (Barrington et al., 2009; Chopin, 2023; Chopin et al., 2013), com isso possibilita que uma das espécies, presente no mesmo ambiente se alimente dos resíduos de ração, nutrientes e subprodutos gerados pela espécie alvo, que está recebendo este alimento (Chopin, 2013; Chopin et al., 2013).

Desse modo, podem otimizar o uso de recursos naturais, das instalações e mão de obra, possibilitando a realização de uma atividade dentro dos conceitos de sustentabilidade. Esse sistema é capaz de transformar poluentes em biomassa de alto valor econômico (Marques et al., 2016). Sistemas integrados também podem ser realizados em cultivo consorciado de arroz com peixe (rizipiscicultura) ou arroz com camarão (rizicarcinicultura) (Troell et al., 2009; Boock et al., 2016), estes últimos são realizados há muitos anos em vários países da Ásia. Outros tipos de sistemas integrados também são realizados como aquaponia e cultivo consorciados de espécies aquáticas e terrestres (Marques et al., 2016). Para

implantação dos sistemas integrados no Brasil seria preciso uma mudança gradativa a médio e longo prazo dos sistemas atuais utilizados (Boyd et al., 2020).

Para compor um sistema integrado de aquicultura, a escolha das espécies deve ser feita com cautela para atender a compatibilidade e interdependência interespecífica (Henares et al., 2020), visando contemplar o uso das três dimensões no meio aquático, garantindo assim, uma boa adaptação das mesmas. No caso da escolha de espécies utilizadas para montar o sistema integrado, o camarão-da-malásia (*Macrobrachium rosenbergii*), seria uma das opções, pois é uma espécie aquática bentônica que habita áreas tropicais e subtropicais de vários países da Ásia (New et al., 2010). Pode ser encontrada em lagos, rios, áreas de irrigação, canais, viveiros e, também, em áreas estuarinas (New et al., 2010). Possui tecnologia de cultivo desenvolvida e é uma das espécies mais produzidas no mundo, tendo a China como o maior produtor mundial (New et al., 2010). No Brasil, é o único camarão de água doce produzido em escala comercial (Marques & Moraes-Valenti, 2012; Valenti et al., 2021a).

Para sistemas integrados com tilápia-do-nilo, o camarão-da-malásia se tornam uma boa alternativa para o cultivo, tendo a tilápia-do-nilo como espécie alvo, o que significa que somente esta vai receber ração comercial enquanto os camarões, por serem bentônicos, podem se alimentar de resíduos de ração e, também, das fezes da tilápia, bem como o alimento produzido nos viveiros (Marques et al., 2016). Cultivos em sistema integrado com tilápia-do-nilo e camarão-da-malásia já são realizados no Paraná, transformando poluentes da ração em biomassa de alto valor econômico (Santos & Valenti, 2002; Marques et al., 2016). Essa tecnologia vem contribuindo para a redução do impacto ambiental no sul do Brasil (Santos & Valenti, 2002; Marques et al., 2016). Além de tilápias e camarão-da-malásia, estudos com algumas espécies aquáticas nativas do Brasil também já apresentaram bons resultados em sistemas integrados. Dantas et al. (2020) mostraram a viabilidade técnica em sistemas integrados de cultivos com tambaqui (*Colossoma macropomum*) e camarão-da-amazônia (*Macrobrachium amazonicum*), na fase de recria do tambaqui.

Outra espécie também já testada em sistemas integrados, foi o curimatã (*Prochilodus lineatus*), também conhecido como curimba. De hábito alimentar iliófago, o curimatã se alimenta de sedimentos, detritos e diatomáceas. Assim, o

curimbatá poderia ser uma terceira espécie para ser usada em sistemas integrados, pois observou-se que mesmo em cultivos com duas espécies como tilápias e camarões de água doce, ainda sobra uma grande quantidade de alimento nos viveiros. Existe um grande acúmulo de matéria orgânica no substrato, que contribui para a produção de detritos orgânicos e perifíton (Fugi et al., 1996). Este último é um alimento natural bastante utilizado por algumas espécies aquícolas. Franchini et al. (2020) obtiveram bons resultados em cultivo integrado entre as espécies *Colossoma macropomum*, curimbatá (*P. lineatus*) e *Macrobrachium amazonicum*, bem como Marques et al. (2021) com o cultivo integrado das espécies *Astyanax lacustris*, *M. amazonicum* e *P. lineatus*.

Assim, tendo em vista o potencial de um cultivo integrado com três espécies, este trabalho teve como objetivo comparar a produção de tilápia-do-nilo (*O. niloticus*) em sistema de monocultivo e em sistema integrado com camarão-da-malásia (*M. rosenbergii*) e curimbatá (*P. lineatus*), visando o aumento da biomassa final e o desenvolvimento de um sistema de cultivo mais alinhado aos princípios da sustentabilidade e aos conceitos da economia circular.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no setor de Carcinicultura do centro de Aquicultura da UNESP (CAUNESP), na cidade de Jaboticabal, São Paulo (21°15'22``S, 48°18'48``W), com duração de 176 dias. Foram utilizados doze viveiros experimentais retangulares de fundo natural (0,1 ha) com profundidade média de 1 m. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC) com quatro tratamentos e três repetições. Os tratamentos consistiram em:

- TM – Monocultivo de tilápias (3 ind.m⁻²);
- TP – Cultivo integrado de tilápia (3 ind.m⁻²) e camarão-da-malásia (5 ind.m⁻²);
- TC – Cultivo integrado de tilápia (3 ind.m⁻²) e curimbatá (5 ind.m⁻²);
- TPC – Cultivo integrado de tilápia (3 ind.m⁻²), camarão-da-malásia (5 ind.m⁻²) e curimbatá (5 ind.m⁻²).

Este trabalho fez parte do Projeto CNPq: 407772/2021-9, Chamada CNPq/MCTI/FNDCT N 18/2021, intitulado: Cultivo de tilápia-do-nilo em sistemas integrados com base nos princípios da economia circular, o qual teve participação de vários pesquisadores e diferentes instituições de pesquisas, que realizaram análises de qualidade de água, balanço de nutrientes, análises econômicas, análises de indicadores de sustentabilidade de aquicultura entre outras.

Para o preparo dos viveiros, inicialmente, estes foram drenados e secos ao ar livre. Em seguida, foram preenchidos com água eutrófica, previamente submetida à filtração mecânica, em filtros de brita, proveniente de duas represas de abastecimento (Marques et al., 2021). As represas utilizadas para o abastecimento possuem estruturas em disposição sequencial, tendo fluxo contínuo de água, recebendo efluentes de outros sistemas de aquicultura (Kimpura et al., 2011; Sipaúba-Tavares, 2013). Como a água de abastecimento já é eutrófica, não houve necessidade de adubação dos viveiros no processo de preparação antes do experimento, devido à presença de grande quantidade de nutrientes. Durante todo o período experimental os viveiros foram mantidos com fluxo contínuo da água de abastecimento apenas para repor as perdas por infiltração e evaporação. Para reduzir a entrada de predadores e competidores, foram utilizadas telas com malha

de 1 mm e 5 cm nas entradas de água dos viveiros e redes de proteção nos canos de abastecimento, que foram sendo trocadas no decorrer do experimento (Figura 1).



Figura 1. Utilização de redes de proteção nos canos de abastecimento.

Aeradores de emergência da marca Bernauer, modelo B-500 Aquahobby, monofásico – água doce (6,18) eram acionados em situações de emergência em cada viveiro, para manter os níveis de oxigênio dissolvido na faixa ideal para o cultivo dessas espécies (Moraes-Valenti & Valenti, 2010). Esses aeradores foram programados durante o dia e durante a madrugada, em intervalos entre as 2h-6h da manhã para os dias em que o oxigênio dissolvido apresentava com concentrações abaixo de 2,5 mg/L. Devido à queda de oxigênio durante a madrugada na fase final do experimento, os aeradores foram programados para os horários de 21h-00h e 2h-6h por um período de 30 dias antes da biometria final.

2.1. Povoamento

No povoamento, uma amostra de 10% do total de cada espécie analisada foi pesada por meio de uma balança (GEHAKA BG2000), com precisão 0,01 g para a obtenção da massa média inicial. Foram estocados em viveiros de fundo natural, 4.873 alevinos de tilápias, 3.817 juvenis de camarão-da-malásia e 4.243 alevinos de curimbatá distribuídos entre os viveiros de acordo com o tratamento e área, com massa média inicial de $2,80 \pm 1,19$ g, $0,03 \pm 0,01$ g e $15,54 \pm 7,79$ g, respectivamente. Para as tilápias e os curimbatás, além da massa média também foram obtidos dados de comprimento médio total inicial, nos valores de $5,22 \pm 0,69$

cm e $10,90 \pm 1,67$ cm, respectivamente. O povoamento foi realizado inicialmente com os camarões no fundo dos viveiros e, após sete dias, com os peixes na coluna d'água (Figura 2). Esse manejo foi realizado com objetivo do camarão se adaptar previamente ao fundo do viveiro e evitar comportamento agonísticos entre as espécies. A despesca total das três espécies foi realizada após 176 dias.

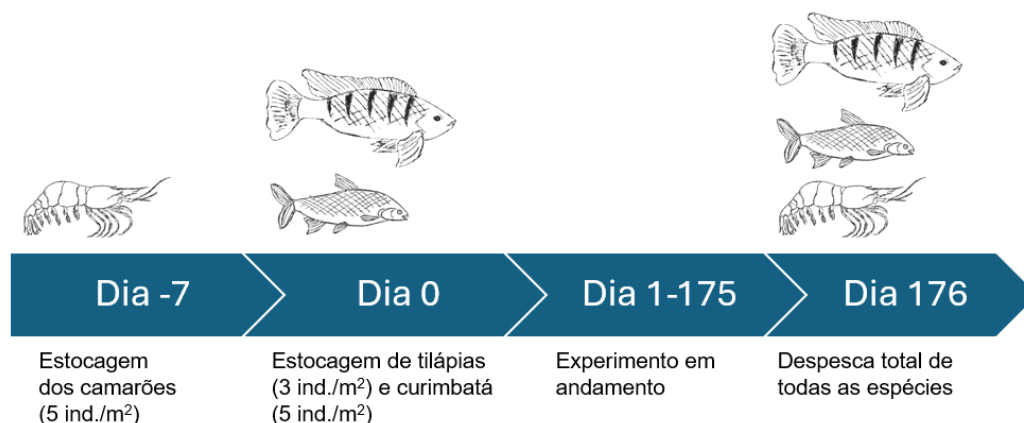


Figura 2. Linha do tempo apresentando as ações para estocagem e despesca.

2.2. Manejo alimentar

Durante o experimento, apenas as tilápias, por serem a espécie alvo, foram alimentadas duas vezes ao dia nos períodos da manhã e tarde, com 10% da biomassa total estocada para todos os tratamentos. Estas receberam a dieta comercial Pirá Evolution Juvenil (2-3 mm) da marca Guabi, com teor proteico de 36%, ração extrusada indicada para juvenis de todas as espécies de peixes onívoros de água doce. Quando as tilápias atingiram a massa média de 80 g, foi ofertada, na quantidade de 5% da biomassa, a dieta comercial Pirá Acabamento (4-5 mm) da marca Guabi com 32% de proteína, ração extrusada indicada para peixes. O ajuste da quantidade da ração foi realizado a partir dos dados obtidos nas biometrias mensais. Devido a níveis constantes de baixo oxigênio dissolvido da água nos viveiros, a oferta de ração foi reduzida para 3% da biomassa nos últimos 40 dias de experimento. O curimatá e o camarão-da-malásia se alimentaram da biota natural, utilizando os nutrientes, subprodutos e resíduos da dieta fornecida às tilápias.

Foram realizadas biometrias mensais para controle do arraçoamento e a saúde geral dos animais também foi avaliada para identificação de possíveis patógenos e parasitas por outro grupo de pesquisa deste mesmo projeto. O arraçoamento diário foi reduzido pela metade, em dias que o OD variou pela manhã entre 2,5 e 3,5 mg/L e suspenso quando esta concentração apresentou nível abaixo de 2,5 mg/L.

2.3. Dados de desempenho zootécnico

Após o primeiro mês de cultivo, biometrias mensais foram realizadas até o final do experimento, retirando-se, com o auxílio de uma rede de arrasto, uma amostra aleatória de 50 animais de cada espécie de cada réplica por tratamento (Figura 3a). Após a coleta, os animais foram colocados em baldes e mantidos sob aeração durante toda a biometria até o final do manejo. A seguir, foram devolvidos aos respectivos viveiros.

A massa total dos animais (MT; g) foi obtida por meio de uma balança (GEHAKA BG2000), com precisão 0,01 g (Figura 3b). O comprimento total (CT; cm) do *M. rosenbergii*, determinado pela distância entre a margem distal do rostro até a extremidade distal do telson (Moraes-Riodades & Valenti, 2002), e o comprimento total (CT; cm) e padrão (CP; cm) dos peixes foram determinados respectivamente, com o uso de régua plástica transparente e com ictiômetro de madeira, ambos com precisão de 0,1 cm (Figura 3c). O comprimento total dos peixes corresponde à distância entre a boca e a extremidade do lobo mais comprido da nadadeira caudal, enquanto o comprimento padrão refere-se à distância entre a boca e a extremidade do pedúnculo caudal (Holden & Raitt, 1974).



Figura 3. Biometria mensal. (a) retirada dos animais do viveiro com o uso de rede; (b) pesagem do animal *O. niloticus*; (c) medição de comprimento do animal *P. lineatus*.

Após 176 dias, foi realizada a despesca total de cada viveiro, com o esvaziamento gradual e coleta dos animais com auxílio de rede de arrasto. Os animais coletados de cada espécie foram contabilizados para cálculo de sobrevivência. Amostras de 10% do total de cada espécie foram separadas em caixas plásticas com água e gelo para abate por choque térmico para realização imediata da biometria final (massa, g; comprimento total e padrão, cm).

Para avaliar o desempenho zootécnico entre os tratamentos, foram calculadas as médias e desvios padrão dos dados obtidos para cada espécie por tratamento, assim como os índices:

Sobrevivência (%), dada pela equação:

$$\text{Sobrevivência (\%)} = \frac{\text{número final de indivíduos}}{\text{número inicial de indivíduos}} * 100$$

Ganho em Massa Média Individual (GMM), pela equação:

$$\text{GMM (g)} = \text{massa média final} - \text{massa média inicial}$$

Taxa de crescimento específico (TCE), calculada pela equação

$$\text{TCE (\%/dia)} = \frac{\ln \text{ massa individual final} - \ln \text{ massa individual inicial}}{\text{tempo final} - \text{tempo inicial}} * 100$$

Produtividade de cada espécie, determinada pela equação:

$$\text{Produtividade da espécie (t ha}^{-1}\text{)} \\ = \frac{n^{\circ} \text{ final de indivíduos} * \text{massa média final (t)}}{\text{área do viveiro (ha)}}$$

Para cálculo da produtividade total por viveiro (t.ha⁻¹) foram somadas as produtividades de cada espécie.

Conversão Alimentar Aparente (CAA), dada pela equação:

$$CAA = \frac{\text{Quantidade de ração fornecida durante o cultivo}}{\text{ganho de massa total da espécie}}$$

A conversão alimentar aparente total, foi calculada usando no denominador a soma do ganho em massa total de todas as espécies presentes em cada viveiro.

Fator de condição (FC), dado pela equação:

$$FC = \frac{\text{Massa individual}}{(\text{Comprimento individual total})^3} * 100$$

Análise estatística

Os dados de desempenho zootécnico foram testados quanto a normalidade e homocedasticidade a 5% pelo teste de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. Os dados em porcentagem foram submetidos à transformação arco-seno raiz quadrada, antes da aplicação dos testes. Como as premissas foram satisfeitas, nos testes comparativos de mais de duas médias, os dados foram submetidos a *one-way* ANOVA e, em caso de diferença significativa, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey. As comparações de duas médias foram feitas pelo teste *t* de Student. As diferenças foram consideradas significativas quando $p \leq 0,05$.

2.4. Análise de Qualidade da Água

Para as análises físicas e químicas da água, foram mensurados, diariamente, nos horários 7h da manhã e 4h da tarde, os parâmetros de oxigênio dissolvido (mg.L⁻¹), temperatura (°C) e condutividade elétrica (µS.cm⁻²) com auxílio da sonda YSI Professional Plus (Yellow Springs Instruments Company); e pH, com o

peagômetro EcoSense pH 100^a. A transparência foi verificada semanalmente com auxílio do disco de Secchi às 7h da manhã. A cada 15 dias foi coletada uma amostra de água de cada viveiro, na profundidade de 1 m, com auxílio de garrafa de Van Dorn, para determinar as concentrações de clorofila-a, fósforo total (P_{total}), compostos nitrogenados: amônia total ($NH_3 + NH_4^+$), nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-) e sólidos suspensos totais (SST) de acordo com os métodos do APHA (2017). As amostras foram acondicionadas em frascos plásticos de 1 L, congeladas e posteriormente analisadas no Laboratório de Análises de Água “Margarete Mallasen”, localizado no Centro de Pesquisa Avançado do Pescado Continental, em São José do Rio Preto, SP.

Os dados de transparência, oxigênio dissolvido, temperatura, pH e condutividade elétrica foram submetidos ao teste de Kruskal-Wallis com 5% de significância e ao teste de comparação múltipla de Dunn. As diferenças foram consideradas significativas quando $p \leq 0,05$.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Variáveis Zootécnicas

Não foi observada diferença significativa na sobrevivência das três espécies em nenhum dos tratamentos (Tabela 1). No entanto, em alguns casos, apresentaram diferenças elevadas. A sobrevivência média das tilápias-do-nilo no tratamento TP (tilápia e camarão) foi 86,7% e no TPC (tilapia + camarão + curimbatá) foi 72%, mas não mostraram significância estatística ao nível de 5%. Isso pode ser decorrente da elevada variabilidade que reduz o poder do teste (Sokal & Rolf, 1995) ou que tanto o camarão-da-malásia como o curimbatá não afetaram a sobrevivência das tilápias. Esse resultado está de acordo com os que vêm sendo obtidos na literatura científica, nos quais a inclusão de camarões e outros peixes nos viveiros de tilápias, em densidades adequadas não afetam a sobrevivência das tilápias (Marques et al.,2016; New & Valenti, 2017).

Tabela 1. Médias ($\pm$ desvio padrão) dos indicadores de desempenho produtivo nos quatro sistemas de cultivo estudados. A produtividade total é a soma das produtividades obtidas para cada espécie em cada sistema; a conversão alimentar aparente total representa a quantidade de alimento fornecido dividido pela produtividade total. TM = monocultivo de tilápia; TP = cultivo integrado de tilápia e camarão; TC = cultivo integrado de tilápia e curimatã; TPC = cultivo integrado de tilápia, camarão e curimatã. A massa média inicial no povoamento da tilápia-do-nilo foi $2,80 \pm 1,19$ g, do camarão-da-malásia $0,03 \pm 0,01$ g e do curimatã $15,54 \pm 7,79$ g.

	TM	TP	TC	TPC
Produtividade Total (t.ha⁻¹)	11,0 $\pm$ 0,4	12,9 $\pm$ 1,5	10,2 $\pm$ 1,5	11,4 $\pm$ 0,9
Conversão Alimentar Aparente Total	2,1 $\pm$ 0,4	1,8 $\pm$ 0,1	2,0 $\pm$ 0,2	2,0 $\pm$ 0,05
<i>Oreochromis niloticus</i>				
Sobrevivência (%)	78,9 $\pm$ 15,1	86,7 $\pm$ 8,3	76,9 $\pm$ 3,8	72,0 $\pm$ 0,9
Massa Média Final Individual (g)	474,5 $\pm$ 143,8 ^a	471,0 $\pm$ 83,4 ^a	380,4 $\pm$ 96,2 ^c	434,1 $\pm$ 87,4 ^b
Ganho em Massa Média Individual (g)	471,7 $\pm$ 143,2 ^a	468,2 $\pm$ 83,0 ^a	377,6 $\pm$ 95,8 ^c	431,3 $\pm$ 87,0 ^b
Taxa de Crescimento Específico (%/dia)	2,88 $\pm$ 0,22 ^a	2,90 $\pm$ 0,11 ^a	2,77 $\pm$ 0,16 ^b	2,85 $\pm$ 0,12 ^a
Produtividade (t.ha⁻¹.ciclo⁻¹)	11,0 $\pm$ 0,3 ^{ab}	12,3 $\pm$ 0,9 ^a	8,8 $\pm$ 1,3 ^b	9,4 $\pm$ 0,4 ^b
Conversão Alimentar Aparente	2,1 $\pm$ 0,3	1,9 $\pm$ 0,1	2,0 $\pm$ 0,2	2,2 $\pm$ 0,02
Fator de Condição	2,06 $\pm$ 0,33	2,12 $\pm$ 0,43	2,02 $\pm$ 0,26	2,06 $\pm$ 0,20
<i>Macrobrachium rosenbergii</i>				
Sobrevivência (%)		51,6 $\pm$ 25,8		65,1 $\pm$ 19,9
Massa Média Final Individual (g)		22,0 $\pm$ 8,9 ^a		16,6 $\pm$ 7,2 ^b
Ganho em Massa Média Individual (g)		21,9 $\pm$ 8,9 ^a		16,6 $\pm$ 7,2 ^b
Taxa de Crescimento Específico (%/dia)		3,55 $\pm$ 0,26 ^a		3,39 $\pm$ 0,29 ^b
Produtividade (t.ha⁻¹.ciclo⁻¹)		0,6 $\pm$ 0,3		0,6 $\pm$ 0,3
Fator de Condição		1,01 $\pm$ 0,19		0,96 $\pm$ 0,19
<i>Prochilodus lineatus</i>				
Sobrevivência (%)			88,5 $\pm$ 7,4	74,2 $\pm$ 7,9
Massa Média Final Individual (g)			31,0 $\pm$ 15,4 ^b	39,2 $\pm$ 14,4 ^a
Ganho em Massa Média Individual (g)			15,5 $\pm$ 15,4 ^b	23,7 $\pm$ 14,8 ^a
Taxa de Crescimento Específico (%/dia)			0,34 $\pm$ 0,24 ^b	0,49 $\pm$ 20 ^a

Produtividade (t.ha⁻¹ciclo⁻¹)	1,4 ± 0,2	1,5 ± 0,2
Fator de Condição	1,30 ± 0,17	1,33 ± 0,23

Diferentes letras na mesma linha indica diferença a 5% de significância entre tratamentos por ANOVA (tilápia-do-nilo) ou teste *t* de Student (curimbatá e camarão-da-malásia).

O camarão-da-malásia apresentou sobrevivência média de 51,6% no tratamento TP. Esse valor foi bastante afetado por um dos viveiros que apresentou sobrevivência muito baixa, ao redor de 15%. A baixa sobrevivência nesse viveiro, pode ter sido por vários fatores, entre eles, mortalidade durante a estocagem, ou mesmo pela ação de predadores e competidores durante o cultivo, como aves aquáticas que podem entrar nos viveiros, mesmo com presença de redes de proteção para pássaros. Além disso, foram encontrados cágados nos viveiros de cultivo. A média dos dois outros viveiros resultou em 69,5%, o que é muito próximo do valor 65,1% observado no tratamento TPC. Desse modo, os resultados sugerem que a introdução do curimbatá não reduziu a sobrevivência dos camarões. Por outro lado, a sobrevivência do curimbatá diminuiu de 88,5% no sistema TC (tilápia e curimbatá) para 74,2% no sistema TPC, mas essa diferença não foi estatisticamente significativa. Portanto, não se pode afirmar que a presença do camarão afetou negativamente a sobrevivência do curimbatá. Esta foi observada em ~6 meses de cultivo e por isso foi superior ao observado no sistema integrado do curimbatá com o lambari-do-rabo-amarelo (*A. lacustris*) e o camarão-da-amazônia (*M. amazonicum*) que foi 70% em apenas 2 meses (Marques et al., 2021). Isso sugere que as condições de cultivo foram adequadas e provavelmente o camarão-da-malásia teve pouca influência na sobrevivência do curimbatá na densidade praticada.

O crescimento da tilápia não foi afetado pela presença dos camarões, mas foi reduzido com a presença do curimbatá nos tratamentos TC e TPC (Tabela 1). A tilápia-do-nilo e camarões de água doce possuem características favoráveis ao seu cultivo integrado, já que possuem exigências de temperatura e oxigênio dissolvido semelhantes, toleram baixa qualidade de água e com cinco meses de cultivo, ambas conseguem atingir tamanho comercial (Rouse & Kahn, 1998; Santos & Valenti, 2002). Segundo New & Valenti (2017). Interações positivas de organismos aquáticos dentro de um sistema de produção, dependem principalmente de suas características biológicas e da densidade de estocagem utilizada. Por isso, camarões de água doce e tilápia-do-nilo no cultivo integrado em densidades adequadas atendem a esses requisitos por possuírem hábitos alimentares onívoros semelhante, mas distribuição espacial e nichos diferentes.

De forma inesperada, a adição dos camarões ao cultivo da tilápia-do-nylo e curimbatá pode ter melhorado significativamente o desempenho das tilápias em relação ao cultivo destas apenas com o curimbatá. Os camarões apresentam grande capacidade de bioturbação (David et al., 2017; Flickinger et al., 2019a; Flickinger et al., 2019b). Eles revolvem o fundo, ressuspensando o sedimento, aumentando a disponibilidade de nutrientes na coluna de água com o consequente aumento do fitoplâncton e, por efeito cascata, aumentando o zooplâncton. A tilápia-do-nylo pode filtrar o fitoplâncton e ingerir diretamente o zooplâncton (Ibrahim et al., 2015; New & Valenti, 2017). No entanto, esse processo não se refletiu em um aumento na condutividade na coluna de água (Tabelas 2 e 3) ou nas concentrações de compostos nitrogenados, fósforo total, clorofila a ou sólidos totais em suspensão (Tabela 4). Por outro lado, a transparência foi mais baixa nos viveiros do TC, indicando que o curimbatá deve gerar até maior suspensão de sedimentos do fundo do que os camarões. Pesquisas futuras precisam ser realizadas para esclarecer como os camarões melhoram o desempenho das tilápias.

A variação da massa média das tilápias ao longo do cultivo nesse experimento mostrou pequenas variações entre os viveiros do mesmo tratamento (Figura 4). Também mostrou um padrão típico de crescimento com taxa menor no início, seguida por uma fase exponencial e uma fase tendendo para a estabilização a partir do quarto mês. Essa redução da taxa de crescimento nesses dois últimos meses de cultivo pode ser decorrente de uma redução na taxa de oxigênio dissolvido. Embora durante a maioria do experimento o oxigênio estivesse na faixa adequada para a aquicultura de água doce (Tabelas 2 e 3) de acordo com Boyd et al. (2020), nos últimos dois meses ocorreram valores muito baixos de oxigênio dissolvido pela manhã.

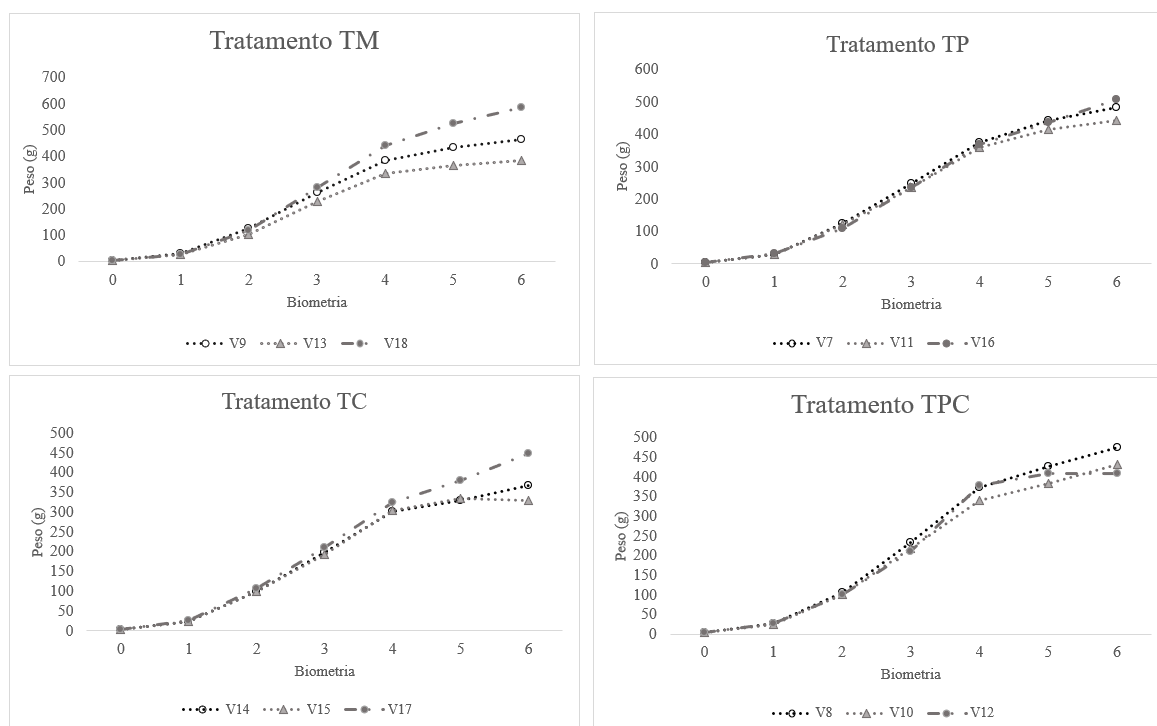


Figura 4. Crescimento da tilápia-do-nylo nos diferentes tratamentos ao longo das biometrias. TM = monocultivo de tilápia; TP = cultivo integrado de tilápia e camarão-da-malásia; TC = cultivo integrado de tilápia e curimbatá; TPC = cultivo integrado de tilápia, camarão-da-malásia e curimbatá.

O crescimento dos camarões, foi aparentemente mais diverso do padrão geral, com uma fase de crescimento mais contínuo do que as tilápias (Figura 5). Os curimbatás apresentaram uma curva de crescimento com inclinação bem menos acentuada (Figura 6). Esses padrões ficam bem caracterizados pelas taxas de crescimento específico. Observa-se que essa é maior nos camarões com cerca de 3,5%/dia, seguido das tilápias com aproximadamente 2,9%/dia (Tabela 1). Os curimbatás mostraram valores bem mais baixos, com taxas inferiores a 0,5%/dia. O baixo de crescimento observado para os curimbatás está de acordo com o que tem sido observado anteriormente para *P. lineatus* (Franchini et al., 2020; Marques et al., 2021; Negri et al., 2024). A redução no crescimento dos camarões de 21,9 g para 16,6 g quando os curimbatás são cultivados junto com os camarões e as tilápias indica uma competição interespecífica com vantagem para os curimbatás. Marques et al. (2021) supõe que o curimbatá pode competir com o camarão de água doce por comida no fundo do viveiro, o que pode ter acarretado menor ganho em massa para o camarão-da-malásia. Além disso, é possível supor que houve competição por espaço, bem como níveis críticos de oxigênio dissolvido devido à

alta densidade de estocagem utilizada. Este é um dos primeiros estudos com essas três espécies juntas em sistemas integrados.

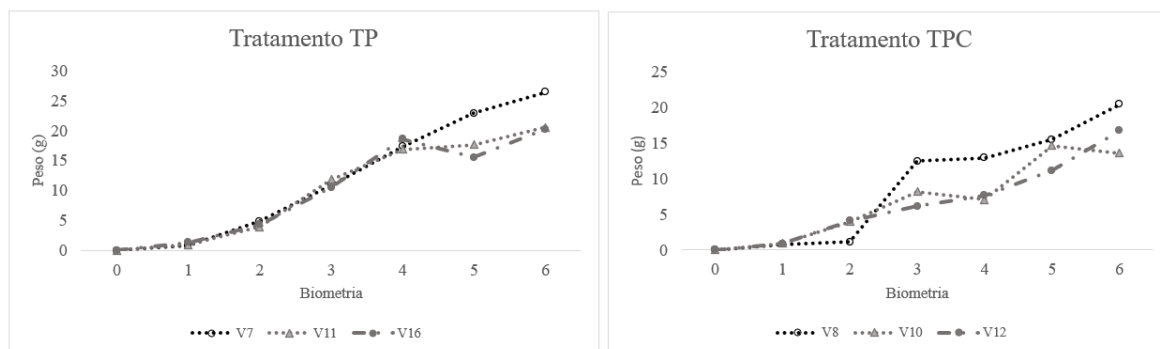


Figura 5. Crescimento do camarão-da-malásia nos diferentes tratamentos ao longo das biometrias. TP = cultivo integrado de tilápia e camarão-da-malásia; TPC = cultivo integrado de tilápia, camarão-da-malásia e curimatá.

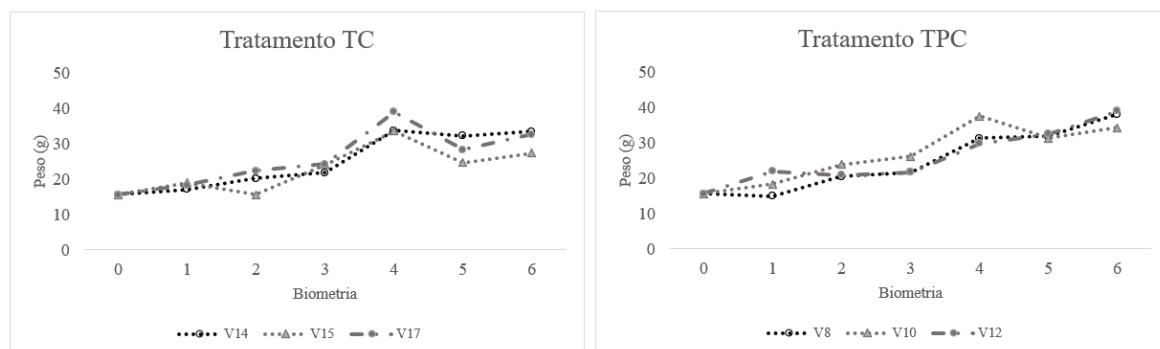


Figura 6. Crescimento do curimatá nos diferentes tratamentos ao longo das biometrias. TC = cultivo integrado de tilápia e curimatá; TPC = cultivo integrado de tilápia, camarão-da-malásia e curimatá.

Os curimatás atingiram uma massa média final de 39,2 g ao final do cultivo quando cultivados junto com os camarões e as tilápias e esta é reduzida para 31 g quando cultivado apenas em conjunto com a tilápia (Tabela 1). Aparentemente, os camarões melhoraram as condições do sistema para o crescimento dos curimatás e das tilápias quando estas estão em conjunto com os curimatás. Pesquisas futuras precisam ser realizadas para investigar as causas dessa interação positiva.

A produtividade das tilápias foi próxima de 12 t/ha por ciclo de 5 meses no monocultivo de tilápias e no cultivo integrado destas com camarões (Tabela 1), caindo para aproximadamente 9 t/ha/ciclo nos cultivos com a introdução do curimatá. Isso sugere que o curimatá na densidade de 5 ind.m⁻² pode prejudicar o desempenho produtivo das tilápias. A produtividade dos camarões foi de

aproximadamente 0,6 t/ha/ciclo nos sistemas TC e TPC, não sendo afetado pela presença dos curimbatás. A produtividade dos curimbatás variou de 1,4 a 1,5 ton/ha e parece que também não é afetada pela presença dos camarões. A integração das tilápias com os camarões aumentou a produtividade de 11 para 12,9 t/ha/ciclo, ou seja, cerca de 17%. Por outro lado, a adição do curimbatá gerou uma redução de 7% devido a uma redução no crescimento das tilápias que não foi compensada pela biomassa extra de 1,5 t/ha/ciclo, adicionadas pelo curimbatá. As tilápias ocupam a coluna de água e se alimentam de plâncton, perifíton e eventualmente detritos. Por outro lado, os curimbatás ocupam a região bentopelágica e se alimentam de detritos finos e organismos bentônicos (Wright & Flecker, 2004). Portanto, não há sobreposição de nicho espacial e nicho trófico para essas duas espécies. Assim, estudos precisam ser realizados para avaliar as causas desse efeito negativo do curimbatá sobre o crescimento da tilápia. O crescimento dos camarões foi prejudicado pela presença dos curimbatás. Provavelmente está havendo uma competição ao nível do fundo pelos alimentos da biota natural e os resíduos de dieta comercial que vem da superfície.

A conversão alimentar aparente variou de 1,9 (TP) a 2,2 (TPC) e não diferiu entre os tratamentos. Quando consideramos a soma da biomassa de todas as espécies produzidas no mesmo viveiro, a conversão alimentar aparente decresce para 1,8 no sistema TP e para 2,0 no TPC. Embora haja um ganho na conversão alimentar nos sistemas integrados, este foi muito pequeno. Marques et al. (2021), observou uma redução muito maior quando realizou o cultivo integrado de lambari-do-rabo-amarelo, camarão-da-amazônia e curimbatá. A conversão alimentar aparente decresceu de 2,5 no monocultivo de lambaris para 1,4 quando as três espécies são cultivadas juntas.

O fator de condição mede o estado geral de um animal. Assim, ele foi calculado nesse trabalho para avaliar o bem-estar dos animais quando cultivados em sistemas integrados. No entanto, observou-se que este não diferiu entre os tratamentos, mas diferiu entre as espécies. De um modo geral, o fator de condição ficou ao redor de 2,0 para as tilápias, 1,3 para os curimbatás e 1,0 para os camarões.

Nos cultivos integrados de tilápia-do-nilo e camarão-da-malásia juntamente com o monocultivo de tilápia-do-nilo obtiveram-se os valores mais elevados de ganho em massa, e produtividade ($t \cdot ha^{-1}$) para a tilápia-do-nilo (Tabela 1).

Segundo Valenti et al., (2021a), a produção de tilápia-do-nilo no estado do Paraná, considerado o maior produtor dessa espécie no país, está concentrada em pequenos viveiros escavados (0,1 a 0,5 ha); os juvenis são estocados com 1-15 g e massa média final variando de 0,7 a 1,2 kg após 6-10 meses. No presente estudo, a massa média final em ambos os tratamentos ficou abaixo de 500 g com seis meses de cultivo. Entretanto, embora no presente trabalho todos os peixes e camarões tenham sido despescados juntos, em condições práticas de cultivo, há ainda a possibilidade de se despescar apenas os camarões antes da entrada do inverno e continuar a engorda dos peixes até que esses atinjam o tamanho mais adequado para a comercialização. O crescimento dos peixes depende das condições ambientais sobretudo a temperatura, alimentação, características genéticas dos animais, densidade de estocagem entre outros fatores. No presente estudo, as variáveis ambientais estiveram com valores adequadas (Tabelas 2 e 3), exceto o oxigênio dissolvido que apresentou valores baixos pela manhã em algumas ocasiões, o que pode ter reduzido o crescimento. A alimentação foi adequada e em quantidade suficiente para o desenvolvimento dos animais. A densidade de estocagem também pode ter sido elevada, podendo ter contribuído para um menor crescimento. Na aquicultura em geral, altas densidades podem causar estresse nos animais e, conseqüentemente, afetar seu desenvolvimento.

No presente estudo, a integração do camarão-da-malásia não afetou o crescimento e a sobrevivência da tilápia e a produtividade do tratamento TP, que atingiram valores significativamente mais altos que nos tratamentos TC e TPC. Para o camarão-da-malásia, os maiores valores para ganho em massa (g) e taxa de crescimento específico (%) foram para o tratamento TP. Santos & Valenti (2002) mostraram que o cultivo em sistema integrado com tilápia-do-nilo e camarão-da-malásia foi capaz de transformar poluentes em biomassa de alto valor econômico. Marques et al. (2016) afirmaram que os camarões de água doce não afetaram o desempenho da tilápia-do-nilo em viveiros escavados e seu cultivo junto a espécie pode aumentar o lucro final. Além disso, este cultivo integrado pode influenciar positivamente na qualidade de água dos viveiros, podendo diminuir a necessidade de realizar trocas parciais de água. Isso ocorre porque a tilápia consome o excesso de algas, diminuindo o consumo de oxigênio durante a noite e o excesso de

fotossíntese durante o dia, enquanto os camarões consomem os detritos, diminuindo então o consumo de oxigênio do fundo do viveiro (New & Valenti, 2017).

As médias e desvios padrão dos parâmetros físicos e químicos da água nos períodos de manhã e tarde, para cada tratamento, se encontram nas Tabelas 2 e 3, respectivamente. Já os valores de fósforo total, amônia, nitrito, nitrato e sólidos totais em suspensão (STS; mg.L⁻¹) são apresentados na Tabela 4.

Tabela 2. Médias ($\pm$ desvio padrão) das variáveis da qualidade de água, mensuradas durante o período da manhã. TM = monocultivo de tilápia; TP = cultivo integrado de tilápia e camarão-da-malásia; TC = cultivo integrado de tilápia e curimbatá; TPC = cultivo integrado de tilápia, camarão e curimbatá. Transp. = transparência, OD = oxigênio dissolvido, Temp. = temperatura, Cond. = condutividade, S = superfície, F = fundo.

		TM	TP	TC	TPC
Transp. (cm)		42,6 $\pm$ 14,5 ^a	40,0 $\pm$ 16,8 ^{ab}	30,1 $\pm$ 15,9 ^c	34,8 $\pm$ 18,4 ^{bc}
OD (mg.L ⁻¹)	S	4,1 $\pm$ 1,9 ^a	4,0 $\pm$ 1,9 ^a	3,4 $\pm$ 1,8 ^b	3,8 $\pm$ 1,7 ^a
	F	4,1 $\pm$ 1,9 ^a	4,0 $\pm$ 1,9 ^a	3,4 $\pm$ 1,7 ^b	3,8 $\pm$ 1,7 ^a
Temp. (°C)	S	27,3 $\pm$ 1,4	26,8 $\pm$ 1,4	26,9 $\pm$ 1,4	26,7 $\pm$ 1,8
	F	26,7 $\pm$ 1,4	26,8 $\pm$ 1,4	26,9 $\pm$ 1,4	27,2 $\pm$ 1,8
pH	S	7,2 $\pm$ 0,3 ^a	7,1 $\pm$ 0,4 ^b	7,3 $\pm$ 0,3 ^a	7,1 $\pm$ 0,3 ^b
	F	7,2 $\pm$ 0,3 ^b	7,1 $\pm$ 0,4 ^c	7,3 $\pm$ 0,3 ^a	7,1 $\pm$ 0,4 ^d
Cond. (μ S.cm ⁻¹)	S	160,5 $\pm$ 57,6	161,5 $\pm$ 56,3	160,6 $\pm$ 54,1	163,7 $\pm$ 56,3
	F	162,1 $\pm$ 57,4	161,7 $\pm$ 56,1	161,8 $\pm$ 54,3	168,9 $\pm$ 104,2

Médias seguidas de diferentes letras indicam diferença significativa entre os tratamentos por Kruskal-Wallis seguido de teste de Dunn ($P < 0,05$).

Tabela 3. Médias ($\pm$ desvio padrão) das variáveis da qualidade de água, mensuradas durante o período da tarde. TM = monocultivo de tilápia; TP = cultivo integrado de tilápia e camarão-da-malásia; TC = cultivo integrado de tilápia e curimatá; TPC = cultivo integrado de tilápia, camarão-da-malásia e curimatá. *Transp.* = *transparência*, OD = oxigênio dissolvido, Temp. = temperatura, Cond. = condutividade, S = superfície, F = fundo.

		TM	TP	TC	TPC
OD (mg.L ⁻¹)	S	9,4 $\pm$ 2,7 ^a	9,3 $\pm$ 2,6 ^a	8,2 $\pm$ 2,5 ^b	8,6 $\pm$ 2,4 ^b
	F	8,5 $\pm$ 2,8 ^a	8,0 $\pm$ 2,4 ^a	7,2 $\pm$ 2,6 ^b	7,5 $\pm$ 2,5 ^b
Temp. (°C)	S	29,9 $\pm$ 2,3	29,8 $\pm$ 1,8	30,0 $\pm$ 1,8	29,7 $\pm$ 1,8
	F	29,0 $\pm$ 1,9	28,9 $\pm$ 3,3	29,1 $\pm$ 1,9	28,8 $\pm$ 2,2
pH	S	8,4 $\pm$ 0,6 ^a	8,2 $\pm$ 0,8 ^b	8,2 $\pm$ 0,7 ^b	8,1 $\pm$ 0,6 ^b
	F	8,2 $\pm$ 0,6 ^a	8,0 $\pm$ 0,7 ^b	8,2 $\pm$ 0,5 ^a	8,1 $\pm$ 0,6 ^b
Cond. (μS.cm ⁻¹)	S	153,7 $\pm$ 47,3	154,1 $\pm$ 46,1	153,7 $\pm$ 46,4	155,7 $\pm$ 44,9
	F	153,9 $\pm$ 47,7	154,4 $\pm$ 46,7	154,6 $\pm$ 46,5	156,7 $\pm$ 46,0

Médias seguidas de diferentes letras indicam diferença significativa entre os tratamentos por Kruskal-Wallis seguido de teste de Dunn ($P < 0,05$).

Tabela 4. Médias ($\pm$ desvio padrão) dos parâmetros da qualidade de água: fósforo total (P_{total}; mg.L⁻¹), amônia total (NH₃ + NH₄⁺; mg.L⁻¹), nitrito (NO₂⁻; mg.L⁻¹) e nitrato (NO₃⁻; mg.L⁻¹), clorofila a (μg.L⁻¹) e sólidos totais em suspensão (STS; mg.L⁻¹) em cada tratamento. TM = monocultivo de tilápia; TP = cultivo integrado de tilápia e camarão; TC = cultivo integrado de tilápia e curimatá; TPC = cultivo integrado de tilápia, camarão e curimatá.

Parâmetros	TM	TP	TC	TPC
P _{total} (mg.L ⁻¹)	0,174 $\pm$ 0,125	0,166 $\pm$ 0,096	0,182 $\pm$ 0,075	0,160 $\pm$ 0,072
NH ₃ + NH ₄ ⁺ (mg.L ⁻¹)	0,150 $\pm$ 0,126	0,163 $\pm$ 0,210	0,184 $\pm$ 0,177	0,237 $\pm$ 0,268
NO ₂ ⁻ (mg.L ⁻¹)	0,012 $\pm$ 0,012	0,014 $\pm$ 0,021	0,018 $\pm$ 0,020	0,020 $\pm$ 0,018
NO ₃ ⁻ (mg.L ⁻¹)	0,003 $\pm$ 0,003	0,003 $\pm$ 0,003	0,004 $\pm$ 0,005	0,005 $\pm$ 0,004
Clorofila a (μg.L ⁻¹)	73,7 $\pm$ 63,3	87,3 $\pm$ 82,4	74,3 $\pm$ 50,8	64,1 $\pm$ 36,6
STS (mg.L ⁻¹)	31,6 $\pm$ 18,1	45,7 $\pm$ 25,6	52,8 $\pm$ 23,7	48,4 $\pm$ 19,4

Nas figuras 7 e 8, é possível observar os gráficos BoxPlot dos parâmetros físicos e químicos da água nos diferentes tratamentos nos períodos da manhã e

tarde. As linhas superior, inferior e intermediária do BoxPlot representam, respectivamente, os quartis superior e inferior e a mediana.

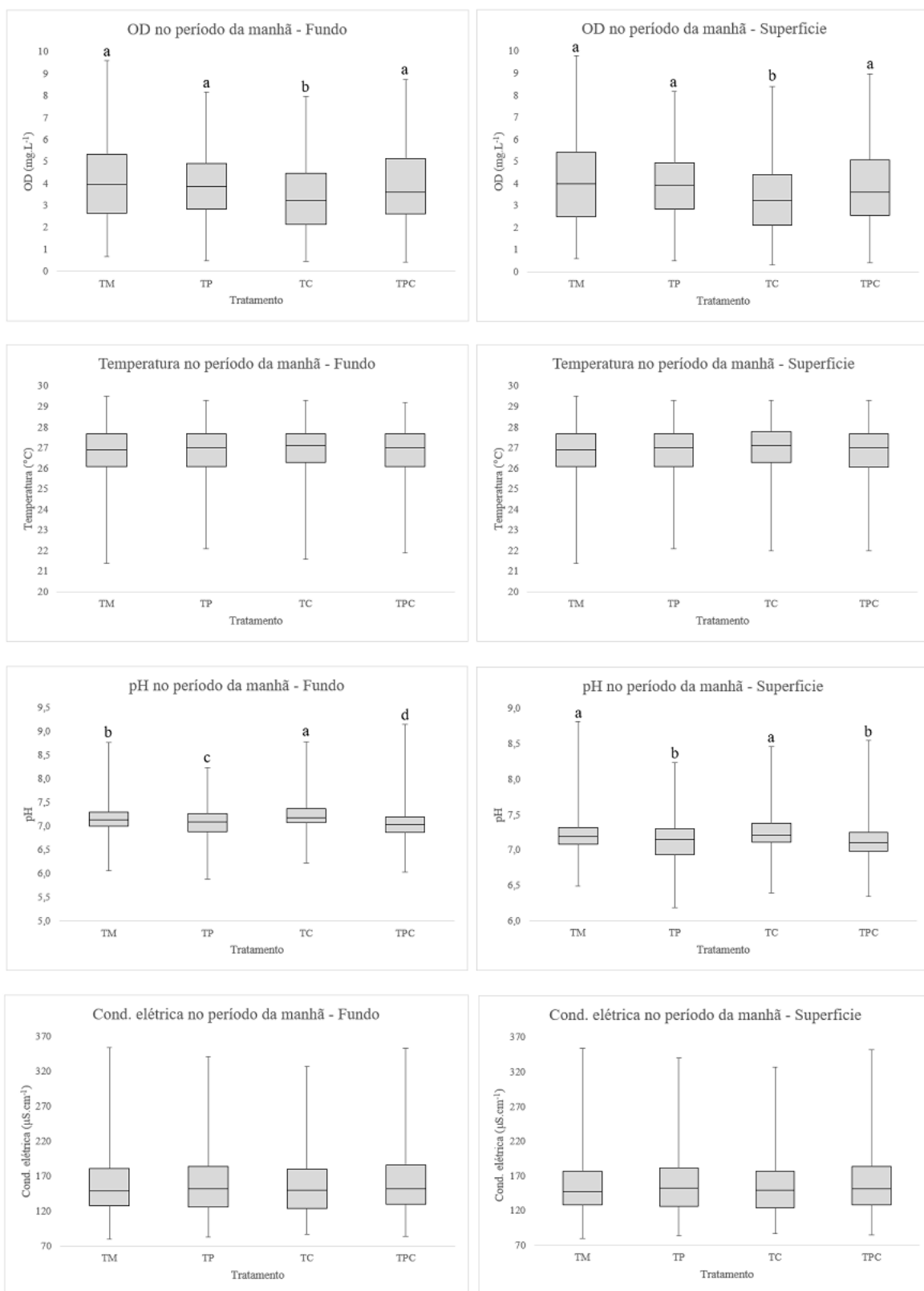


Figura 7. BoxPlot dos parâmetros físicos e químicos da água nos diferentes tratamentos durante o período da manhã. OD = oxigênio dissolvido; Cond. Elétrica = condutividade elétrica; TM = monocultivo de tilápia; TP = cultivo integrado de tilápia e camarão-da-malásia; TC = cultivo integrado de tilápia e curimatá; TPC = cultivo integrado de tilápia, camarão-da-malásia e curimatá.

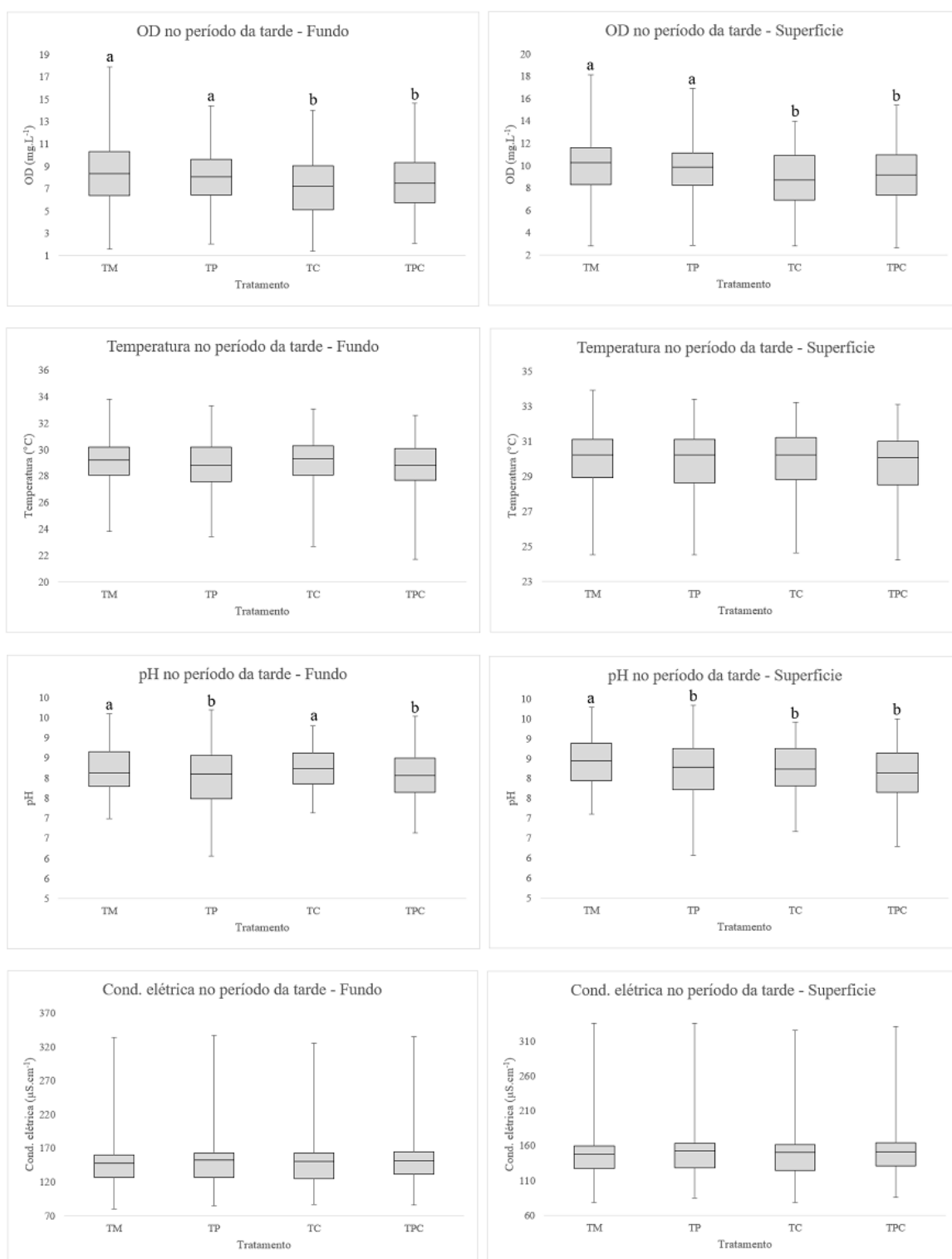


Figura 8. BoxPlot dos parâmetros físicos e químicos da água nos diferentes tratamentos durante o período da tarde. OD = oxigênio dissolvido; Cond. Elétrica = condutividade elétrica; TM = monocultivo de tilápia; TP = cultivo integrado de tilápia e camarão-da-malásia; TC = cultivo integrado de tilápia e curimatá; TPC = cultivo integrado de tilápia, camarão-da-malásia e curimatá.

Foram observadas diferenças significativas somente nos parâmetros de oxigênio dissolvido e pH. No período da manhã, apenas o tratamento TC obteve

valores significativamente inferiores aos outros com relação ao oxigênio dissolvido, mas no período da tarde os melhores valores foram para os tratamentos TM e TP. Todavia, é possível observar pelas Figuras 7 e 8, que ambos os parâmetros da água apresentaram padrões semelhantes em todos os tratamentos. Henry-Silva et al. (2015) verificaram que a variação do oxigênio dissolvido se dava pelo aumento da biomassa animal no meio de cultivo e pela decomposição da matéria orgânica presente no fundo dos viveiros. Além disso, os aeradores utilizados no período do experimento começaram a apresentar mal funcionamento e muito deles precisaram passar por manutenção, o que facilitou a queda dos níveis de oxigênio dissolvido durante a noite.

No presente estudo, não foi observado ganho em termos de produtividade e menor conversão alimentar aparente com o cultivo integrado das três espécies, conforme esperado. Por outro lado, também não foi observado nenhum efeito negativo ou positivo sobre as variáveis da água quando duas ou três espécies são estocadas em conjunto. Esses resultados provavelmente são devidos às densidades de estocagem de cada espécie e tamanho dos juvenis e pós-larvas e ao tempo de cultivo. Possivelmente, a densidade de curimatás foi elevada e por isso essa espécie pode ter afetado o desenvolvimento da tilápia e do camarão. Portanto, estudos devem ser realizados para otimizar as densidades de estocagem, tamanhos dos animais estocados e tempo de cultivo.

4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos no presente trabalho mostraram que:

1. O cultivo de tilápia-do-nylo, camarão-da-malásia e curimbatá nas densidades de 3, 5 e 5 ind.m⁻², respectivamente não resultou em aumento efetivo de produtividade e redução da conversão alimentar em relação ao monocultivo de tilápia.
2. O curimbatá na densidade de 5 ind.m⁻² afeta negativamente o desenvolvimento da tilápia-do-nylo e do camarão-da-malásia.
3. O cultivo integrado da tilápia-do-nylo na densidade de 3 ind.m⁻² com o camarão-da-malásia na densidade de 5 ind.m⁻² resulta em aumento da produtividade e redução da conversão alimentar aparente total.
4. Aparentemente, a presença do camarão-da-malásia melhorou o desempenho das tilápias e dos curimbatás. Estudos futuros precisam ser realizados para confirmar essa hipótese e esclarecer quais são os mecanismos dessa interação.
5. O curimbatá apresenta crescimento lento; as taxas de crescimento são bastante inferiores às taxas de crescimento das tilápias-do-nylo e do camarão-da-malásia. Assim, estudos visando aumentar a taxa de crescimento dessa espécie são muito importantes para melhorar o desempenho do sistema como um todo.

5. REFERÊNCIAS

APHA (American Public Health Association)., 2017. Standard methods for the examination of water and waste water. **APHA**, Washington, DC, USA.

Barrington, K., Chopin, T., Robinson, S., 2009. Integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) in marine temperate Waters, in: Soto, D. (ed.), Integrated mariculture: a global review. **FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper**. No. 529, Rome, FAO, p.7-46.

Boock, M. V., Marques, H. L. A., Mallasen, M., Barros, H. P., Moraes-Valenti, P., Valenti, W. C., 2016. Effects of prawn stocking density and feeding management on rice-prawn culture. **Aquaculture**, 451, 480-487, <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.10.009>.

Boyd, C. E., D'Abramo, L. R., Glencross, B. D., Huyben, D. C., Juarez, L. M., Lockwood, G. S., Mcnevin, A. A., Tacon, A. G. J., Teletchea, F., Tomasso Jr, J. R., Tucker, C. S., Valenti, W. C., 2020. Achieving sustainable aquaculture: Historical and current perspectives and future needs and challenges. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 51, n. 3, p. 578-633.

Chopin, T., 2013. Integrated multi-trophic aquaculture—ancient, adaptable concept focuses on ecological integration. **Global Aquaculture Advocate**, 16(2), 16-19.

Chopin, T., MacDonald, B., Robinson, S., Cross, S., Pearce, C., Knowler, D., Noce, A., Reid, G., Cooper, A., Speare, D., BurrIDGE, L., Crawford, C., Sawhney, M., Ang, K.P., Backman, C., Hutchinson, M., 2013. The Canadian Integrated Multi-Trophic Aquaculture Network (CIMTAN)—A network for a new era of ecosystem responsible aquaculture. *Fisheries* 38, 297–308. <https://doi:10.1080/03632415.2013.791285>.

Dantas, D. P., Flickinger, D. L., Costa, G. A., Batlouni, S. R., Moraes-Valenti, P., Valenti, W. C., 2020. Technical feasibility of integrating Amazon river prawn culture during the first phase of tambaqui grow-out in stagnant ponds, using nutrient-rich water. **Aquaculture**, 734611. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734611>.

David, F. S., Proença, D. C., Valenti, W. C., 2017. Nitrogen budget in integrated aquaculture systems with Nile tilapia and Amazon River prawn. **Aquaculture International**, 25:1733–1746.

Flickinger, D. L., Dantas, D. P., Proença, D. C., David, F. S., Valenti, W. C. 2019a. Phosphorus in the culture of the Amazon river prawn (*Macrobrachium amazonicum*) and tambaqui (*Colossoma macropomum*) farmed in monoculture and in integrated multitrophic systems. **Journal of the World Aquaculture Society**, 2020;51:1002–1023.

Flickinger, D. L., Costa, G. A., Dantas, D. P., Moraes-Valenti, P., Valenti, W. C., 2019b. The budget of nitrogen in the grow-out of the Amazon river prawn (*Macrobrachium amazonicum* Heller) and tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier) farmed in monoculture and in integrated multitrophic aquaculture systems. **Aquaculture Research**, 50:3444–3461.

Franchini, A. C., Costa, G. A., Pereira, S. A., Valenti, W. C., Moraes-Valenti, P., 2020. Improving production and diet assimilation in fish-prawn integrated aquaculture, using iliophagus species. **Aquaculture**, (2020) 735048. [https://doi: 10.1016/j.aquaculture](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture).

Froehlich, H. E., Gentry, R. R., Rust, M. B., Grimm, D., Halpern, B. S., 2017. Public Perceptions of Aquaculture: Evaluating Spatiotemporal Patterns of Sentiment around the World. **PLOS ONE**, 12(1), e0169281. [https://doi: 10.1371/journal.pone.0169281](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169281).

Fugi, R., Hahn, N. S., Agostinho, A. A., 1996. Feeding styles of five species of bottom-feeding fishes of the high Paraná River. **Environmental biology of fishes**, v. 46, n. 3, p. 297-307.

Ghosh, B., Sánchez-Velazco, D. F., Prem, P., Ali, A. S. M., Dominique, O., Shah, S. A., Ojeda, L. M., Obeysekera, D., 2023. Use of Nile tilapia fish skin in treatment for burn victims. *International Journal of Surgery: Global Health*, 6:e0257, p. 1-7. <https://dx.doi.org/10.1097/GH9.0000000000000257>.

Henares, M. N., Medeiros, M. V., Camargo, A. F., 2020. Overview of strategies that contribute to the environmental sustainability of pond aquaculture: rearing systems, residue treatment, and environmental assessment tools. **Reviews in Aquaculture**, v. 12, n. 1, p. 453-470.

Henry-Silva, G. G., Maia, C. S. P., Moura, R. S. T., Bessa Junior, A. P., Valenti, W. C., 2015. Cultivo multi-trófico integrado de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) e camarão da Amazônia (*Macrobrachium amazonicum*) em água salobra. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 67, p. 265-273.

Holden, M. J., Raitt, D. F. S., 1974. Manual of Fisheries Science Part 2 - Methods of Resource Investigation and their Application. **FAO Fisheries Technical Paper No.115**, Rome, FAO, 255p.

Ibrahim, A. N. A. F., Noll, M. S. M. C., Valenti, W. C., 2015. Zooplankton capturing by Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* (Teleostei: Cichlidae) throughout post-larval development. **Zoologia: an international journal for zoology**. 32:469-475.

Kimpara, J. M., Rosa, F. R. T., Preto, B. L., Valenti, W. C., 2011. Limnology of *Macrobrachium amazonicum* Grow-out ponds subject to high inflow of nutrient-rich water and different stocking and harvest management. **Aquaculture Research**, 42, 1289-1297.

Marques, H. L. A., New, M. B., Boock, M. V., Barros, H. P., Mallasen, M., Valenti, W. C., 2016. Integrated Freshwater Prawn Farming: State-of-the-Art and Future Potential. **Reviews in Fisheries Science & Aquaculture**, 24(3), 264–293. [https://doi: 10.1080/23308249.2016.1169245](https://doi.org/10.1080/23308249.2016.1169245).

Marques, A. M., Boaratti, A. Z., Belmudes, D., Ferreira, J. R., Mantoan, P. V., Moraes-Valenti, P., Valenti, W. C., 2021. Improving the efficiency of lambari production and diet assimilation using integrated aquaculture with benthic species. **Sustainability**, 13(18), 10196. [https://doi: 10.3390/su131810196](https://doi.org/10.3390/su131810196).

Marques, H. L. A., Moraes-Valenti, P. M. C., 2012. Current status and prospects of farming the giant river prawn (*Macrobrachium rosenbergii* (De Man 1879) and the

Amazon river prawn *Macrobrachium amazonicum* (Heller 1862)) in Brazil. **Aquaculture Research**, 43, 984-992.

Moraes-Riodades, P. M. C., Valenti, W. C., 2002. Crescimento relativo do camarão canela *Macrobrachium amazonicum* (Heller) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) em viveiros. **Revista Brasileira de Zoologia**. 19, 1181–1214.

Moraes-Valenti, P., Valenti, W. C., 2010. Culture of the Amazon river prawn *Macrobrachium amazonicum*, in: New, M. B., Valenti, W. C., Tidwell, J. H., D'Abramo, L. R., Kutty, M. N. (Eds), Freshwater prawns: biology and farming. **Oxford, Wiley-Blackwell**, p. 485-501.

Naylor, R. L., Goldburg, R. J., Primavera, J. H., Kautsky, N., Beveridge, M. C. M., Clay, J., Folke, C., Lubchenco, J., Mooney, H., Troell, M., 2000. Effect of aquaculture on world fish supplies. **Nature**, 405(6790), 1017–1024. [https://doi: 10.1038/35016500](https://doi.org/10.1038/35016500).

Negri, M., Romera, D. M., Garcia, F., 2024. Integrated multitrophic aquaculture in ponds using substrate for periphyton as natural source of food. **Boletim do Instituto de Pesca**, 49: e783. doi: <https://doi.org/10.20950/1678-2305/bip.2023.49.e783>.

New, M. B., Valenti, W. C., Tidwell, J. H., D'Abramo, L. R., Kutty, M. N., 2010. Freshwater prawns: biology and farming. **Oxford, Wiley-Blackwell**.

New, M. B., Valenti, W. C., 2017. Tilapia-*Macrobrachium* polyculture, in: Perschbacher, P. W., Stickney, R. R. (Eds.), Tilapia in intensive co-culture. **Chichester: Wiley**, p. 156-185. [https://doi: 10.1002/9781118970652](https://doi.org/10.1002/9781118970652).

Peixe BR, 2024. Anuário Brasileiro da Piscicultura Peixe BR 2024. **Associação Brasileira da Piscicultura**. São Paulo, 124p.

Rouse, D. B., Kahn, B. M., 1998. Production of Australian Red Claw *Cherax quadricarinatus* in Polyculture with Nile Tilapia *Oreochromis niloticus*. **Journal of the World Aquaculture Society**, 29(3), 340–344. [https://doi:10.1111/j.1749-7345.1998.tb00656.x](https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.1998.tb00656.x).

Santos, M. J. D., Valenti, W. C., 2002. Production of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* and freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* stocked at different densities in polyculture systems in Brazil. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 33, n. 3, p. 369-376.

Sipaúba-Tavares, L. H., 2013. Uso racional da água em Aquicultura. **Jaboticabal**: Maria de Lourdes Brandel – ME. 190p. ISBN: 978-85-88805-48-4.

Siqueira, R. P., Mello, S. C. R. P., Jorge, T. B. F., Seixas Filho, J. T., Pereira, M. M., 2021. Economic viability of Nile tilapia production as a secondary activity in rural properties in the State of Rio de Janeiro. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 2, p. e38010212502. [https://doi: 10.33448/rsd-v10i2.12502](https://doi.org/10.33448/rsd-v10i2.12502).

Sokal, R. R., Rohlf, F. J., 1995. Biometry: The principles and practice of statistics in biological research. **Freeman, New York**, 887 p.

Troell, M., Joyce, A., Chopin, T., Neori, A., Buschmann, A. H., Fang, J. G., 2009. Ecological engineering in aquaculture—potential for integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) in marine offshore systems. **Aquaculture**, 297(1-4), 1-9.

Valenti, W. C., Kimpara, J. M., Preto, B. L., Moraes-Valenti, P., 2018. Indicators of sustainability to assess aquaculture systems. **Ecological Indicators**, 88, 402-413.

Valenti, W. C., Barros, H. P., Moraes-Valenti, P., Bueno, G. W., Cavalli, R. O., 2021a. Aquaculture in Brazil: past, present and future. **Aquaculture Reports**, 19, 100611. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100611>.

Valenti, W. C., Barros, H. P., Moraes-Valenti, P., Bueno, G. W., Cavalli, R. O., 2021b. Aquicultura no Brasil: uma indústria de 1 bilhão de dólares. **Panorama da Aquicultura**, v. 30, n. 182.

Wright, J. P., Flecker, A. S., 2004. Deforesting the riverscape: the effects of wood on fish diversity in a Venezuelan piedmont stream. **Biological Conservation**. 120, 439–447.

Anexos

A tilápia-do-nilo representa, atualmente, a maior produção nacional de peixes de cultivo no Brasil, é uma espécie considerada rústica por se adaptar facilmente as condições de cultivo, além de apresentarem boa aceitação de mercado, bom valor comercial e sua carne possuir sabor único e suave.

Em cultivo integrado, a tilápia-do-nilo pode ser a espécie a ser alimentada com ração comercial, enquanto espécies como o camarão-da-malásia e o curimatá se alimentarão do resto de ração, da biota natural do viveiro e sedimentos. Assim, temos o aumento de biomassa produzida e diminuição da degradação do meio ambiente.

ODS:

Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU

O ano de 2015 foi marcado pelo compromisso dos líderes mundiais com a Agenda 2030 que busca um mundo mais sustentável e justo, trazendo dignidade e qualidade de vida para a população mundial. Essa ação estabeleceu 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável tendo como meta de acabar com a pobreza, proteger o meio ambiente e o clima e garantir que as pessoas possam desfrutar da paz e prosperidade.

ODS
1

ERRADICAÇÃO DA POBREZA



ODS
2

FOME ZERO E AGRICULTURA SUSTENTÁVEL



ODS
8

TRABALHO DECENTE E CRESCIMENTO ECONÔMICO



ODS
9

INDÚSTRIA, INOVAÇÃO E INFRAESTRUTURA



ODS
12

CONSUMO E PRODUÇÃO RESPONSÁVEIS



ODS
14

VIDA NA ÁGUA



O cultivo integrado da tilápia-do-nilo, camarão-da-malásia e curimatá consegue atender seis desses objetivos e, ainda, a possibilidade de certificação da sua fazenda por sua contribuição. Assim, seus produtos conseguem ter maior valor de mercado.

Como implementar esse cultivo?

A partir do preparo dos viveiros, que pode ser realizado da mesma maneira que em monocultivo, o povoamento é feito de maneira progressiva, sendo o camarão-da-malásia o primeiro a ser estocado, seguido pela tilápia-do-nilo e curimatá juntos. O sistema é feito sem renovação de água, apenas para a reposição de perdas por evaporação e infiltração.

Para o povoamento:

- Alevinos de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) – 3 indivíduos/m²;
- Juvenis de camarão-da-malásia (*Macrobrachium rosenbergii*) – 5 indivíduos/m²;
- Alevinos de curimatá (*Prochilodus lineatus*) – 3 indivíduos/m².



Alimente somente a tilápia-do-nilo com ração comercial com **36%** de proteína bruta e granulometria de 2-3 mm. Esta é ofertada duas vezes ao dia e a quantidade diária deve ser **10%** da biomassa total da tilápia até elas atingirem 80 gramas. Após isso, alimentar com 5% da biomassa até alcançarem 300 gramas e a **3%** até a despesca. Monitore diariamente a qualidade de água e a saúde geral dos animais. A despesca pode ser realizada após 180 dias.

CULTIVO INTEGRADO

Uma alternativa sustentável e econômica

camarão-da-malásia



curimatá



tilápia-do-nilo



Cultivo integrado

O meio aquático é tridimensional e nos possibilita utilizar espécies de diferentes hábitos alimentares com intuito de otimizar a alimentação e o uso de recursos naturais. Na aquicultura, o cultivo integrado surge como uma boa opção para o aumento de biomassa produzida e redução dos custos de produção, uma vez que ocorre o cultivo de duas ou mais espécies na mesma área no qual apenas uma espécie será alimentada.

Realização

unesp

Parceria

