



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
CURSO DE ZOOTECNIA

ELLEN CRISTINA DE CARVALHO SÁ

**SISTEMA INTEGRADO DE PRODUÇÃO ENTRE CAPIM-ELEFANTE (*Pennisetum
purpureum*) CULTIVAR BRS KURUMI, TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*) E
PANGASIUS (*Pangasius hypophthalmus*)**

FORTALEZA

2025

ELLEN CRISTINA DE CARVALHO SÁ

SISTEMA INTEGRADO DE PRODUÇÃO ENTRE CAPIM-ELEFANTE (*Pennisetum purpureum*) CULTIVAR BRS KURUMI, TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*) E PANGASIUS (*Pangasius hypophthalmus*)

Monografia apresentada ao Curso de Zootecnia, do Departamento de Zootecnia, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Zootecnista.

Orientadora: Prof.^a Dra. Elenise Gonçalves de Oliveira.

Fortaleza

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

D32s Carvalho Sá, Ellen Cristina de.
 SISTEMA INTEGRADO DE PRODUÇÃO ENTRE CAPIM-ELEFANTE (*Pennisetum
 purpureum*) CULTIVAR BRS KURUMI, TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*) E
 PANGASIUS (*Pangasius hypophthalmus*) / Ellen Cristina de Carvalho Sá. – 2025.
 47 f.: il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências
Agrárias, Curso de Zootecnia, Fortaleza, 2025.

Orientação: Profa. Dra. Elenise Gonçalves de Oliveira.

1. Produção integrada. 2. Reuso da água. 3. Piscicultura. 4. Efluente. 5. Pastagem. I. Título.
CDD 636.08

ELLEN CRISTINA DE CARVALHO SÁ

SISTEMA INTEGRADO DE PRODUÇÃO ENTRE CAPIM-ELEFANTE (*Pennisetum
purpureum*) CULTIVAR BRS KURUMI, TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*) E
PANGASIUS (*Pangasius hypophthalmus*)

Monografia apresentada ao Curso de
Zootecnia, do Departamento de Zootecnia, do
Centro de Ciências Agrárias, da Universidade
Federal do Ceará, como parte dos requisitos
para obtenção do título de Zootecnista.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Elenise Gonçalves de Oliveira (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Luciano Pinheiro da Silva (Membro)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Suzete Roberta da Silva (Membro)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, à professora Elenise, pela orientação dedicada e atenciosa não apenas na elaboração deste trabalho, mas também durante todo o processo de montagem do sistema experimental. Sua presença constante, suas sugestões e o apoio técnico e acadêmico foram fundamentais para a realização deste projeto. Sou igualmente grata pelo tempo dedicado à orientação de outros trabalhos e pela oportunidade de estágio em seu laboratório, que muito contribuiu para minha formação.

Agradeço também ao senhor Antônio e ao Wallisson, que estiveram presentes desde o início, dividindo conosco as responsabilidades e colaborando ativamente em todas as etapas. Em especial, ao Wallisson, meu parceiro durante o experimento, por compartilhar comigo os manejos diários ao longo dos dois meses de cultivo. A parceria e o comprometimento de vocês tornaram o trabalho mais leve e me deram mais segurança durante o processo.

Aos professores Luciano Pinheiro e Suzete Roberta que gentilmente aceitaram compor a banca avaliadora e dedicaram parte do seu tempo para ler, analisar e contribuir com este trabalho, deixo minha sincera gratidão.

Por fim, agradeço aos meus pais Elany Cristina e José Valdimiro (Junior), e a toda a minha família pelo apoio constante ao longo da minha trajetória acadêmica. A presença e o incentivo de vocês foram essenciais para que eu pudesse me dedicar aos estudos e concluir esta etapa.

RESUMO

A integração entre piscicultura e agricultura é uma alternativa de produção sustentável, na qual se utiliza a água residual dos tanques de criação de peixes na fertirrigação de culturas vegetais, promovendo o uso eficiente dos recursos hídricos. Este trabalho teve como objetivo avaliar a produção do capim-elefante-anão (*Pennisetum purpureum*), cultivar BRS Kurumi, em um sistema integrado com tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) e pangásio (*Pangasius hypophthalmus*). O experimento foi conduzido entre outubro e dezembro de 2024, no Laboratório de Aquicultura e Sistema Integrado de Produção, do Departamento de Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará, em Fortaleza, Ceará. O sistema de produção integrado envolveu a criação de tilápia-do-Nilo e pangásio, cujos efluentes foram utilizados na fertirrigação do capim. A estrutura experimental compreendeu seis tanques de fibra de vidro de 1000 L para criação dos peixes e um tanque adicional para armazenamento do efluente. A qualidade da água foi monitorada semanalmente utilizando uma sonda multiparamétrica e kits colorimétricos. O capim foi cultivado em quatro canteiros de 1,92 m² cada, divididos em dois blocos: dois fertirrigados com efluente e dois irrigados com água limpa. A biometria dos peixes e do capim foi feita a cada 14 dias. O capim elefante apresentou melhor desenvolvimento quando regado com efluente da piscicultura; a tilápia cresceu mais que o pangásio; a qualidade da água sofreu alterações durante o cultivo, com o pH se tornando ácido nos tanques de tilápia e as concentrações de amônia tóxica e nitrito atingindo valores acima e transparência abaixo do recomendado para peixes. Conclui-se que é possível produzir peixes e reutilizar o efluente da piscicultura na produção de capim-elefante, de forma a melhorar o uso da água e reduzir impactos ambientais.

Palavras-chave: Efluente, Pastagem, Peixe, Reuso de água, Sustentabilidade.

ABSTRACT

The integration of fish farming and agriculture is a sustainable production alternative, using wastewater from fish-rearing ponds for fertigation of plant crops, promoting the efficient use of water resources. This study aimed to evaluate the production of dwarf elephant grass (*Pennisetum purpureum*), cultivar BRS Kurumi, in an integrated system with Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and pangasius (*Pangasius hypophthalmus*). The experiment was conducted between October and December 2024 at the Aquaculture and Integrated Production System Laboratory of the Fisheries Engineering Department of the Federal University of Ceará, in Fortaleza, Ceará. The integrated production system involved the raising of Nile tilapia and pangasius, whose effluents were used for fertigation of the grass. The experimental structure comprised six 1000-L fiberglass tanks for raising the fish and an additional tank for effluent storage. Water quality was monitored weekly using a multiparameter probe and colorimetric kits. The grass was grown in four 1.92 m² plots, divided into two blocks: two fertigated with effluent and two irrigated with clean water. Fish and grass biometrics were performed every 14 days. Elephant grass developed better when irrigated with fish farm effluent; tilapia grew more than pangasius. Water quality changed during cultivation, with the pH becoming acidic in the tilapia tanks and toxic ammonia and nitrite concentrations reaching values above and transparency below those recommended for fish. The conclusion is that it is possible to produce fish and reuse fish farm effluent for elephant grass production, thus improving water use and reducing environmental impacts.

Keywords: Effluent, Pasture, Fish, Water reuse, Sustainability.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Materiais utilizados no preparo dos canteiros e suas respectivas quantidades.....	17
Tabela 2 – Programa alimentar utilizado e como referência para definir o teor de Proteína Bruta a ser empregada na alimentação dos peixes onívoros e estimar a quantidade de ração a ser ofertada	24
Tabela 3 – Dados do capim elefante (<i>P. purpureum</i>), cultivar BRS Kurumi, regado com água da rede de abastecimento (água limpa) ou com efluente da piscicultura, por ocasião da colheita.....	31
Tabela 4 – Desempenho de tilápia do Nilo (<i>O. niloticus</i>) e pangasius (<i>P. hypophthalmus</i>) ao longo de 70 dias de cultivo em um sistema integrado com capim elefante (<i>P. purpureum</i>), cultivar BRS Kurumi. Os dados são expressos como Média $\pm$ Desvio padrão da média.....	33
Tabela 5 – Dados limnológicos da água de tanques de cultivo de tilápia do Nilo (<i>O. niloticus</i>), pangasius (<i>P. hypophthalmus</i>) e de efluente, no horário da manhã. Os dados são expressos como Média $\pm$ Desvio padrão da média, dos valores registrados semanalmente, ao longo do cultivo	39

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Áreas destinadas para o cultivo de peixes (A) e plantas (B)	15
Figura 2 – Desenho esquemático da área onde foi conduzido o estudo	16
Figura 3 A – D – Área destinada ao plantio das culturas vegetais antes (A) e após a limpeza (B) e durante a demarcação dos canteiros (C e D)	17
Figura 4 – Preparação dos canteiros para plantio das culturas vegetais onde pode-se observar: escavação dos canteiros (A), colocação da camada drenante feita com restos de poda triturada (B), colocação da camada de solo (C), nivelamento do solo dos canteiros (D), calagem (E), fertilização com esterco bovino (F) e rega dos canteiros (G)	18
Figura 5 - colmos do capim elefante em processo de corte (A), já no solo no dia do plantio (B) e após cobertura com uma camada de solo (C)	19
Figura 6 – Tratos culturais do capim elefante: capina (A) e adição de cobertura morta após a brotação (B) e rega manual (C)	19
Figura 7 – Análises biométricas das plantas (A e B) e corte do capim elefante (C e D), pesagem (E) e fragmentação da planta para posterior determinação de matéria seca (F)	20
Figura 8 - Desenho esquemático indicando a distribuição por sorteio dos peixes nos tanques experimentais (A) e imagem dos tanques experimentais (B)	21
Figura 9 - Área destinada aos tanques de cultivo de peixes (TCP) protegido por tela sombrite e tanque de efluente (TE), localizado em posição central entre o Bloco A (BLA) e Bloco B das culturas vegetais (BLB)	21
Figura 10 – Tanques circulares de fibra de vidro com capacidade para 1.000 L utilizados para o cultivo de peixes e onde é possível observar no centro do tanque o sistema hidráulico (A) e lateralmente ao tanque o sistema de aeração dos tanques (B)	22
Figura 11 - Biometria para determinação do comprimento total (cm) e peso (g) do panga (A e B) e da tilápia (C e D)	23
Figura 12 – Kits colorimétricos utilizados para determinação de amônia (A) e nitrito (B) e amostras de água em procedimento de análise (C) com os kits colorimétricos	26
Figura 13 - Procedimento de sifonagem da água dos tanques de cultivo de peixes (A) e monitoramento e correção do pH da água (B)	27
Figura 14 – Curva de crescimento para a maior folha do capim elefante (<i>P. purpureum</i>), cultivar BRS Kurumi, regado com água da rede de abastecimento (água limpa) ou com efluente da piscicultura	29

Figura 15 – Número de perfilhos por colmo de capim elefante (<i>P. purpureum</i>), cultivar BRS Kurumi, regado com água da rede de abastecimento (água limpa) ou com efluente da piscicultura.....	30
Figura 16 – Curva de crescimento da tilápia do Nilo (<i>O. niloticus</i>) e pangasius (<i>P. hypophthalmus</i>) ao longo de 70 dias de cultivo em um sistema integrado com capim elefante (<i>P. purpureum</i>), cultivar BRS Kurumi.....	33
Figura 17 – Temperatura (°C) da água dos tanques de pangasius (<i>P. hypophthalmus</i>), tanques de tilápia do Nilo (<i>O. niloticus</i>) e tanque de efluente. A variável foi monitorada no horário da manhã.....	35
Figura 18 – Salinidade (ppt) da água dos tanques de pangasius (<i>P. hypophthalmus</i>), tanques de tilápia do Nilo (<i>O. niloticus</i>) e tanque de efluente. A variável foi monitorada no horário da manhã.....	36
Figura 19 – Transparência (cm) da água dos tanques de pangasius (<i>P. hypophthalmus</i>), tanques de tilápia do Nilo (<i>O. niloticus</i>) e tanque de efluente. A variável foi monitorada no horário da manhã.....	36
Figura 20 – Oxigênio dissolvido da água dos tanques de pangasius (<i>P. hypophthalmus</i>), tanques de tilápia do Nilo (<i>O. niloticus</i>) e tanque de efluente. A variável foi monitorada no horário da manhã.....	37
Figura 21 – pH da água dos tanques dos tanques de pangasius (<i>P. hypophthalmus</i>), tanques de tilápia do Nilo (<i>O. niloticus</i>) e tanque de efluente. A variável foi monitorada no horário da manhã.....	37
Figura 22 – Condutividade elétrica da água dos tanques de pangasius (<i>P. hypophthalmus</i>), tanques de tilápia do Nilo (<i>O. niloticus</i>) e tanque de efluente. A variável foi monitorada no horário da manhã.....	38
Figura 23 –NH ₃ (mg/L) da água dos tanques de pangasius (<i>P. hypophthalmus</i>), tanques de tilápia do Nilo (<i>O. niloticus</i>) e tanque de efluente. A variável foi monitorada no horário da manhã.....	39
Figura 24 – NO ₂ ⁻ (mg/L) da água dos tanques de pangasius (<i>P. hypophthalmus</i>), tanques de tilápia do Nilo (<i>O. niloticus</i>) e tanque de efluente. A variável foi monitorada no horário da manhã.....	39

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	15
2.1 Período e local de estudo.....	15
2.2 Estrutura do sistema integrado	15
2.3 A cultura do capim elefante	15
2.4 O sistema de cultivo dos peixes	21
2.5 Monitoramento limnológico da água do cultivo de peixe e efluente.....	26
2.6 Análises estatísticas	27
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
3.1 Desempenho do capim-elefante-anão	29
3.2 Desempenho dos peixes	32
3.3 Variáveis limnológicas.....	34
4 CONCLUSÃO	42
REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

O Semiárido brasileiro abrange 1.477 municípios, distribuídos entre os nove estados do Nordeste e os estados de Minas Gerais e Espírito Santo (IBGE, 2024). A região caracteriza-se, principalmente, pela intensa insolação, altas temperaturas anuais e pela escassez e irregularidade das chuvas — fatores que impõem desafios significativos aos agricultores locais (Silva *et al.*, 2010; Araújo Filho *et al.*, 2019). No entanto, o Semiárido não se resume às suas fragilidades: também apresenta diversas potencialidades que viabilizam o desenvolvimento sustentável, tendo como uma das principais atividades socioeconômicas a produção animal (Porto, 2002; Voltolini, 2010). Trata-se de uma região com vocação natural e tradição na criação de diversos animais, como ruminantes, aves, suínos, peixes e abelhas (Voltolini, 2010).

Entre essas atividades, destaca-se a piscicultura, segmento da aquicultura com maior participação na produção mundial. Essa prática consiste na criação comercial de peixes em tanques, rios, lagoas, lagos e oceanos (SEBRAE, 2015). No Semiárido, a piscicultura pode ser desenvolvida tanto para subsistência quanto em sistemas superintensivos. A escolha do modelo de produção deve considerar diferentes aspectos, como os objetivos do produtor rural e sua aptidão para a atividade e, principalmente a disponibilidade e qualidade da água (Campeche; Guilherme, 2019).

No semiárido, as principais fontes de água para a criação de peixes são a água da chuva, de poços e de rios. Embora todas possam ser utilizadas, cada uma apresenta limitações. A água da chuva é adequada para piscicultura e pode abastecer açudes, barragens e viveiros; no entanto, seu uso é comprometido pela irregularidade e curta duração do período chuvoso. A água de poços exige atenção quanto à salinidade, além do alto custo de perfuração. Já a água de rios pode ter sua qualidade comprometida pela proximidade de áreas urbanas ou industriais (Campeche; Guilherme, 2019).

Além de representar uma fonte de renda, a piscicultura também contribui para a segurança alimentar. Segundo a FAO (2023), os alimentos aquáticos são fontes importantes de nutrientes e, por serem mais acessíveis, desempenham um papel relevante no enfrentamento da insegurança alimentar, especialmente em comunidades vulneráveis. Ademais, a adoção de práticas e técnicas sustentáveis nessa atividade, contribui para mitigar os impactos das mudanças climáticas (FAO, 2023).

Nesse contexto, o crescimento da piscicultura brasileira é notável. Em 2024, o Brasil produziu aproximadamente 968.745 toneladas de peixes cultivados, um aumento de 67,37% em relação a 2014. Esse crescimento na oferta deve-se, principalmente, à elevação do consumo interno, com destaque para a tilápia, a espécie mais consumida no país (Peixe BR, 2024; 2025). A região Nordeste produziu 184.480 toneladas de peixes de cultivo em 2024, registrando um aumento de 7,93% em relação ao ano anterior. Com esse volume, tornou-se a terceira região maior produtora de peixes de cultivo no Brasil (Peixe BR, 2025). Em 2015, o estado do Ceará foi responsável por aproximadamente 33% da produção de peixes da região, concentrando os principais polos de piscicultura no entorno dos açudes estaduais e federais. Por outro lado, ao final de 2015, a significativa redução do volume de água armazenado nos açudes do Ceará, Paraíba e Pernambuco — que operavam com menos de 12% da capacidade total — resultou na queda da produção aquícola em todo o Nordeste (Vidal, 2016).

Paralelamente à piscicultura, a agricultura também se destaca como atividade fundamental para garantir a segurança alimentar e a geração de renda das comunidades, sendo responsável por 21% dos empregos formais no Brasil (EMBRAPA, 2023). Essa atividade passou por mudanças significativas, principalmente com a chamada Revolução Verde e a consequente modernização da agricultura. Contudo, observou-se não apenas um aumento na produtividade, mas também diversos impactos negativos que persistem até os dias de hoje. Entre eles, destacam-se o desmatamento da vegetação nativa, a redução da biodiversidade, o uso intensivo de agrotóxicos e fertilizantes sintéticos, a contribuição para o aquecimento global e a exclusão de pequenos agricultores, resultante da crescente concentração fundiária (Campagnolla; Macêdo, 2022).

Diante desses desafios, têm-se intensificado os debates e as iniciativas voltadas à adoção de práticas agrícolas mais sustentáveis. Uma das estratégias iniciais para promover uma agricultura mais resiliente é o reúso da água, que pode ser proveniente de diversas fontes — incluindo a piscicultura. Essa prática contribui para a redução da dependência de água para irrigação e diminui os custos com insumos externos, como adubos e fertilizantes químicos (Oliveira; Santos, 2011; 2015; Saraiva; Preto, 2023).

A integração da agricultura com a piscicultura, ou com outros sistemas de produção, configura-se como uma alternativa viável para promover a sustentabilidade. Essa abordagem permite otimizar o uso do espaço e utilizar de forma racional e eficiente os recursos naturais (Oliveira; Santos, 2011; 2015; Alípio, 2015). Além disso, possibilita a recuperação e o reúso da água e dos nutrientes, ajudando a reduzir a poluição ambiental causada pelo descarte inadequado de efluentes da piscicultura nos corpos hídricos (Castellani; Abimorad, 2012;

Saraiva; Preto, 2023; Silva, 2023). Assim, trata-se de uma estratégia promissora para pequenos, médios e grandes produtores (Bungenstab, 2012).

Estudar sistemas integrados entre a piscicultura e a agricultura, utilizando a água residual proveniente dos tanques de criação de peixes, como fonte de irrigação para o cultivo agrícola, é um passo importante para reduzir as demandas de água para produção de alimentos (Santos *et al.*, 2025). Estudos como estes são importantes para avaliar a viabilidade da reutilização da água oriunda da piscicultura e promover um uso eficiente dos recursos hídricos. Também é de igual valor, para explorar seu potencial como estratégia sustentável, para mitigação dos impactos ambientais provenientes das descargas de efluentes da piscicultura, sem um tratamento prévio e, ainda, avaliar o potencial de redução do uso de fertilizantes na agricultura. Sistemas de produção como estes podem promover práticas agrícolas mais integradas, resilientes e ambientalmente responsáveis.

Considerando o exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar a produção do capim-elefante-anão (*Pennisetum purpureum*), cultivar BRS Kurumi, em um sistema integrado com tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) e pangásio (*Pangasius hypophthalmus*).

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Período e local de estudo

O experimento foi conduzido de outubro a dezembro de 2024, no Laboratório de Aquicultura e Sistema Integrado de Produção (LASIP), do Departamento de Engenharia de Pesca, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Ceará, localizado no *Campus* do Pici, em Fortaleza, Ceará.

2.2 Estrutura do sistema integrado

Para a montagem do sistema integrado entre peixes e plantas, foi utilizada uma área total de aproximadamente 72 m², cercada com tela de arame galvanizado tipo galinheiro e, em uma das laterais, por tela plástica tipo sombrite. Destes 72 m², cerca de 16 m² foram destinados à instalação dos tanques para o cultivo dos peixes (Figura 1A) e 56 m² destinado ao cultivo de culturas vegetais (Figura 1B).

Figura 1- Áreas destinadas para o cultivo de peixes (A) e plantas (B)



Fonte: Autoral (2024)



Fonte: Autoral (2024)

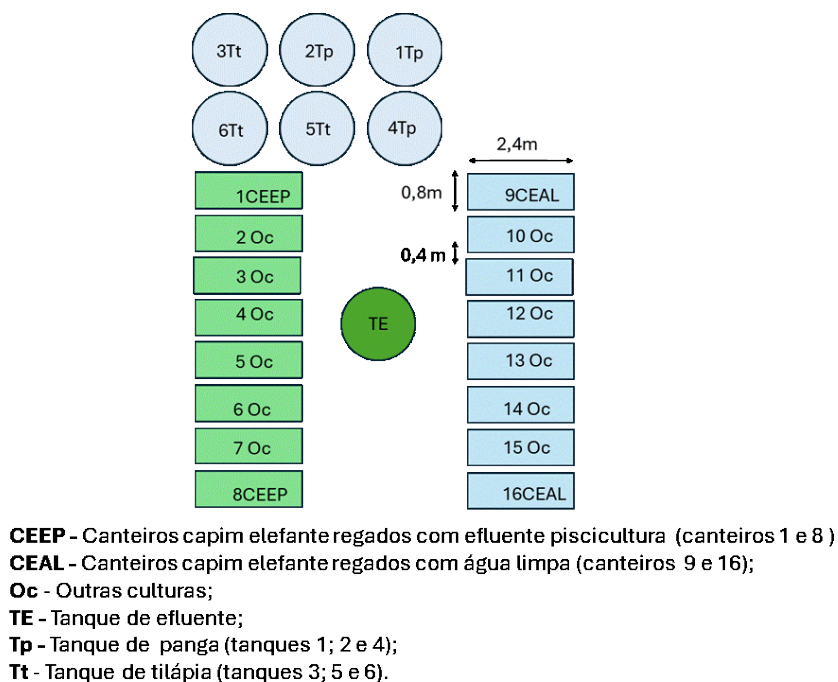
2.3 A cultura do capim elefante

Na área destinada às culturas vegetais (56 m²) foram plantadas as culturas do capim elefante anão (*Pennisetum purpureum*), cultivar BRS Kurumi, alface crespa verde (*Lactuca sativa*), coentro (*Coriandrum sativum*) e couve manteiga da Geórgia (*Brassica oleracea*). No

presente estudo será abordado apenas a parte relativa à cultura do capim elefante que ocupou 7,68 m² da área.

A área destinada às culturas vegetais foi dividida em dois blocos paralelos (Bloco A e B), com oito canteiros consecutivos em cada Bloco (Figura 2). O Bloco A compreendeu os canteiros de 1 a 8, sendo estes regados com água efluente proveniente dos tanques de criação de peixes (EP). Já o Bloco B abrangeu os canteiros de 9 a 16, que foram irrigados com água oriunda da rede de abastecimento, aqui denominada de “água limpa” (AL). A definição dos tipos de água nos Blocos foi feita por sorteio. Os canteiros das extremidades (canteiros 1 e 8 no Bloco A e canteiros 9 e 16 no Bloco B) foram previamente destinados ao cultivo da cultivar BRS Kurumi (capim-elefante-anão), com a finalidade de atuar como cerca viva e barreira contraventos, protegendo as demais culturas. Os seis canteiros centrais de cada lado foram utilizados para o cultivo das demais culturas.

Figura 2 – Desenho esquemático da área onde foi conduzido o estudo



Fonte: Autoral (2025)

Para a preparação dos canteiros foi feito inicialmente a limpeza, incluindo a remoção de vegetação e retirada de restos de material de construção, entre outros resíduos sólidos. Com o terreno limpo foi realizada demarcação da área de cada canteiro com dimensões de 1,92 m² (2,40 m x 0,80 m) e 0,4 m de distância entre canteiros (Figura 2 e 3A - D).

Figura 3 A – D – Área destinada ao plantio das culturas vegetais antes (A) e após a limpeza (B) e durante a demarcação dos canteiros (C e D)



Fonte Imagens A-D: Autoral (2024)

Os canteiros foram escavados até cerca de 15 cm de profundidade e preparados com colocação de uma camada drenante de material vegetal (restos de poda de plantas trituradas) e solo ($0,056 \text{ m}^3/\text{m}^2$). Após a colocação do solo e nivelamento do canteiro, foi feito calagem com calcário dolomítico ($0,20 \text{ kg}/\text{m}^2$) e aração manual para incorporar o corretivo ao solo. Uma semana depois foi feito adubação com esterco bovino ($3,0 \text{ kg}/\text{m}^2$) e aração manual para incorporar o esterco ao solo (Tabela 1 e Figura 4A - G).

Tabela 1 – Materiais utilizados no preparo dos canteiros e suas respectivas quantidades

Material	Quantidade
Camada de restos de poda triturados	$4,8 \text{ kg}/\text{m}^2$
Camada de solo	$0,056 \text{ m}^3/\text{m}^2$
Calcário dolomítico	$0,20 \text{ kg}/\text{m}^2$
Esterco bovino	$3,0 \text{ kg}$
Camada de cobertura morta	$0,5 \text{ kg}/\text{m}^2$

Fonte: Autoral (2025)

Figura 4 – Preparação dos canteiros para plantio das culturas vegetais onde pode-se observar: escavação dos canteiros (A), colocação da camada drenante feita com restos de poda triturada (B), colocação da camada de solo (C), nivelamento do solo dos canteiros (D), calagem (E), fertilização com esterco bovino (F) e rega dos canteiros (G)



Fonte Imagens A - G: Autoral (2024)

Foi feito plantio direto do capim elefante por meio de colmos doados pelo Núcleo de Ensino e Estudos em Forragicultura do Departamento de Zootecnia, seguindo as especificações de Pereira *et al.* (2021). Assim, foram preparados colmos com comprimento de cerca de 15 cm e distribuídos em doze berços (cova) por canteiro, formando duas linhas, com espaçamento de 30 × 40 cm (Figura 5A - D). Após a brotação dos colmos, foi feita remoção manual de ervas daninhas colocação de uma camada de cobertura morta (0,5 kg/m²), proveniente de restos de

culturas vegetais trituradas (Figura 6A e B), de modo a diminuir as perdas de água por evaporação.

Figura 5 - colmos do capim elefante em processo de corte (A), já no solo no dia do plantio (B) e após cobertura com uma camada de solo (C)



Fonte imagens A - C: Autoral (2024)

A partir do plantio, o capim foi regado duas vezes ao dia, nos períodos da manhã e da tarde, utilizando um volume de 16 a 24 litros por canteiro por dia (Figura 6C). Foi feito controle inicial de formigas e durante todo o período experimental, foram realizados tratos culturais essenciais, incluindo capinas manuais, afofamento do solo e remoção de plantas daninhas, garantindo condições adequadas para o desenvolvimento das plantas.

Figura 6 – Tratos culturais do capim elefante: capina (A) e adição de cobertura morta após a brotação (B) e rega manual (C)



Fonte: Autoral (2024)

Fonte: Autoral (2024)

Fonte: Autoral (2024)

A cada 15 dias, foram realizadas avaliações biométricas do capim elefante, com o objetivo de comparar o efeito dos dois tipos de água (EP e AL). Assim, em cada canteiro, foram selecionadas 12 folhas para mensuração do comprimento (uma folha por colmo plantado), além da contagem do número de perfilhos por colmo plantado (Figura 7A). Ao final do ciclo de cultivo, por ocasião da colheita (corte) (Figura 7B) foram determinados: a altura média das plantas (cm), o comprimento das folhas (cm); a quantidade total de perfilhos e o peso total da parte aérea das plantas por canteiro (g). O corte do capim foi realizado 61 dias após o plantio, mantendo-se uma altura de 30 cm em relação ao solo. Por ocasião do corte, amostras em triplicata da parte aérea de cada canteiro foram obtidas para determinação da matéria seca (MS), fazendo uso de forno microondas, seguindo metodologia descrita por Oliveira *et al.*, (2015).

Figura 7 – Análises biométricas das plantas (A e B) e corte do capim elefante (C e D), pesagem (E) e fragmentação da planta para posterior determinação de matéria seca (F)



Fonte: Autoral (2024)



Fonte: Autoral (2024)



Fonte: Autoral (2024)



Fonte: Autoral (2024)



Fonte: Autoral (2024)

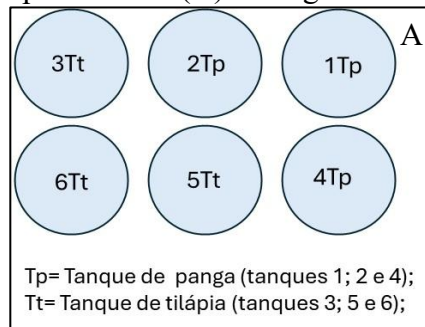


Fonte: Autoral (2024)

2.4 O sistema de cultivo dos peixes

Foram utilizadas duas espécies de peixes: tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) e panga (*Pangasius hypophthalmus*). Os peixes foram distribuídos por sorteio em seis tanques circulares de fibra de vidro, com capacidade volumétrica de 1.000 litros e regulada para comportar 800 litros de água (Figura 8A-B). Além desses, foi instalado um sétimo tanque, com capacidade para 1.000 litros, utilizado para armazenamento do efluente gerado nos tanques de criação de peixes. O tanque de efluente (TE) foi posicionado na área central do terreno, de modo a otimizar a rega dos canteiros (Figura 9) e, o efluente nele armazenado foi utilizado na rega das plantas do Bloco A.

Figura 8 - Desenho esquemático indicando a distribuição por sorteio dos peixes nos tanques experimentais (A) e imagem dos tanques experimentais (B)



Fonte: Autoral (2025)



Fonte: Autoral (2024)

Figura 9 - Área destinada aos tanques de cultivo de peixes (TCP) protegido por tela sombrite e tanque de efluente (TE), localizado em posição central entre o Bloco A (BLA) e Bloco B das culturas vegetais (BLB)



Fonte: Autoral (2025)

A montagem do sistema de cultivo dos peixes começou com a instalação dos tanques de fibra de vidro, seguida da montagem do sistema de drenagem do tipo *overflow* e de aeração. O sistema de aeração foi composto por compressor radial (soprador) de 2 HP, tubos de PVC de 60 mm de diâmetro de onde partia ramificações feitas com tubos de polietileno de ½" para transporte do oxigênio e mangueiras microporosas para difusão do ar (Figuras 10A e B).

Figura 10 – Tanques circulares de fibra de vidro com capacidade para 1.000 L utilizados para o cultivo de peixes e onde é possível observar no centro do tanque o sistema hidráulico (A) e lateralmente ao tanque o sistema de aeração dos tanques (B)



Fonte: Autoral (2024)



Fonte: Autoral (2024)

Os seis tanques destinados ao cultivo de peixes foram instalados sobre uma plataforma de alvenaria com área aproximada de 16 m², coberta e cercada lateralmente por uma tela sombrite preta, com o objetivo de reduzir a incidência de radiação solar e conferir proteção contra ação de predadores. O sétimo tanque, utilizado para o armazenamento do efluente, foi posicionado no centro do terreno, apoiado sobre palete de madeira e protegido também com tela sombrite preta.

Para o experimento foram utilizados 120 peixes, sendo 60 juvenis masculinizados de tilápia do Nilo (*O. niloticus*), linhagem GIFT, e 60 pangas (*P. hypophthalmus*). Em cada tanque foram estocados 20 tilápias ou 20 pangas. Os peixes foram oriundos da empresa Bomar Piscicultura, com sede em Icarai de Amontada/CE. A empresa havia doado os peixes à Estação de Aquicultura Professor Raimundo Saraiva do Costa, do Departamento de Engenharia de Pesca do CCA/UFC e esta, por sua vez, cedeu parte dos peixes para o experimento. Assim, os peixes foram transportados da Estação de Aquicultura para o LASIP, em baldes plásticos, contados e pesados em lotes para cálculo da biomassa inicial (kg). Uma amostra composta por 10 peixes a ser estocado em cada tanque (50% da população de cada tanque), foi separada e acondicionada em balde com água adicionada de sal (3 g/L), mantendo aeração nos baldes durante todo

procedimento. Posteriormente, 3 a 4 peixes por vez foram colocados em recipiente contendo água, sal (3 g/L) e solução anestésica de óleo de cravo-da-Índia. O óleo de cravo-da-Índia contém o princípio ativo eugenol que atua como anestésico para os peixes. Para preparar a solução de anestésico, 1,0 mL de óleo de cravo-da-Índia foi tomado e diluído em 10 mL de álcool. Desta solução foi tomado 0,5 mL para cada 2,0 L de água salina à 3,0 ppt. Os peixes ficaram em banho de imersão na solução anestésica por cerca de 1 min, até identificação de condição de sedação (redução de movimentos natatórios e operculares). Após a sedação foi feito a determinação do comprimento total (cm) e peso corporal individual (g) dos peixes.

Encerrada a biometria inicial, os peixes foram estocados nos respectivos tanques. A distribuição dos peixes nos tanques foi definida por sorteio, sendo três tanques para os pangas (tanques 1; 2 e 4) e três para as tilápias (tanques 3; 5 e 6), conforme já indicado na Figura 8.

O procedimento biométrico foi repetido a cada duas semanas em 50% da população de peixes de cada tanque (Figura 11). Ao final do cultivo, os peixes de cada tanque foram capturados, contados e pesados e uma amostra de 50% da população foi submetida a biometria, seguindo o mesmo protocolo das biometrias feitas no decorrer do estudo.

Figura 11 - Biometria para determinação do comprimento total (cm) e peso (g) do panga (A e B) e da tilápia (C e D)



Fonte: Autoral (2024)



Fonte: Autoral (2024)



Fonte: Autoral (2024)



Fonte: Autoral (2024)

Os peixes experimentais foram alimentados 4 vezes por dia (08h:00min; 10h:00min; 14h:00min e 16h:00min), com ração extrusada com 40 e 32% de PB, granulometria de 1,0 mm e 3 a 4 mm, respectivamente, e taxa alimentar de 8 a 5% do peso vivo/dia, conforme especificado na Tabela 2.

Tabela 2 – Programa alimentar utilizado e como referência para definir o teor de Proteína Bruta (PB) a ser empregada na alimentação dos peixes onívoros e estimar a quantidade de ração a ser ofertada

Proteína tipo de ração	Fase	Peso Peixe (g)		Semanas	Trato/dia	Taxa alimentar (% do p.v./dia)
		De	Até			
40% 1 a 2mm	Alevino	10	20	4	6	12
		20	30	5	6	9
		30	45	6	5	8
36% 3 a 4mm	Recría	45	70	7	5	6
		70	100	8	5	6
		100	130	9	4	5
32% 4 a 5mm	Recría	130	165	10	4	5
		165	200	11	4	5
		200	240	12	3	4
		240	285	13	3	4

Fonte: modificado pela autora (2025)

Com os dados da biometria dos peixes, foi possível estimar as seguintes variáveis:

a) Peso médio = O peso médio foi determinado somando o peso individual (g) dos peixes da amostra (ΣPa) e dividindo o resultado pelo número de peixes da amostra ($N^{\circ} PA$), conforme indicado na fórmula 1.

$$\text{Peso médio (g)} = \left(\frac{\Sigma Pa}{N^{\circ} PA} \right) \quad (1)$$

b) Ganho em peso - GPD (mg dia^{-1}) - O cálculo foi realizado utilizando a fórmula 2:

$$GP = \left(\frac{Pf - Pi}{t} \right) \quad (2)$$

Onde: Pi = peso corporal dos peixes no início do período experimental; Pf = peso corporal dos peixes no final do período experimental; t = tempo de experimento (dias).

c) Biomassa inicial (Bi) e final (Bf) - (kg em 0,8 m³) – A biomassa inicial (Bi) foi obtida pesando os peixes que foram estocados em cada tanque no início de cada fase do cultivo e a biomassa final (Bf) pesando os peixes que restaram ao final de cada fase.

d) Biomassa líquida – BL (kg em 0,8 m³) – O cálculo foi realizado utilizando a fórmula 3:

$$BL = Bf - Bi \quad (3)$$

Onde: Bi = Biomassa dos peixes no início de cada fase do cultivo; Bf = biomassa dos peixes no final de cada fase do cultivo.

e) Produtividade (g m⁻³): calculada a partir da diferença entre biomassa final (Bf) e biomassa inicial (Bi), conforme indicado na fórmula 4 e extrapolando os valores para um volume (V) de um m³

$$P = \frac{Bf - Bi}{V} \quad (4)$$

f) Comprimento total médio = O comprimento total médio foi determinado somando o comprimento total individual (cm) dos peixes da amostra (ΣCa) e dividindo o resultado pelo número de peixes da amostra (Nº PA), conforme indicado na fórmula 5:

$$\text{Comprimento total médio (g)} = \left(\frac{\Sigma Ca}{N^{\circ} PA} \right) \quad (5)$$

h) Ganho em comprimento - GCD (cm dia⁻¹) - O cálculo foi realizado utilizando a fórmula 6:

$$GP = \left(\frac{Cf - Ci}{t} \right) \quad (6)$$

Onde: Ci = comprimento total (cm) dos peixes no início do período experimental; Cf = comprimento total (cm) no final do período experimental; t = tempo de experimento (dias).

g) Taxa de sobrevivência (%) - A sobrevivência foi determinada multiplicando o número de indivíduos no final do experimento (Nf) por 100, e dividindo esse resultado pelo número de indivíduos no início do experimento (Ni), conforme indicado na fórmula 7.

$$S(\%) = \frac{Nf \times 100}{Ni} \quad (7)$$

g) Fator de conversão alimentar - FCA – foi obtida dividindo a quantidade de ração fornecida (Rf) pelo ganho em biomassa (GB = Bf-Bi), conforme indicado na fórmula 8.

$$FCA = \frac{RF}{Bf - Bi} \quad (8)$$

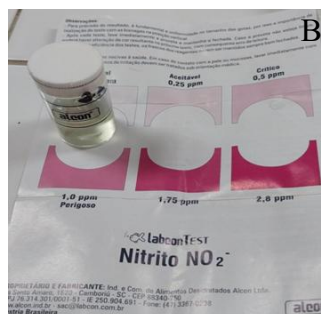
2.5 Monitoramento limnológico da água do cultivo de peixe e efluente

Antes da instalação do cultivo e a cada sete dias, pela manhã (08h00min), foram monitoradas nos seis tanques de cultivo de peixes as variáveis: transparência (cm) com disco de Secchi; temperatura (°C), oxigênio dissolvido (mg/L e percentual de saturação), pH (unidade padrão), condutividade elétrica (µS/cm) e salinidade (ppt), com sonda multiparamétrica AKSO, modelo AK88. Também foram coletadas amostras de água para análise de amônia (mg/L) e nitrito (mg/L), com kits comerciais (Figura 12). Completada uma semana do início do cultivo, as mesmas variáveis limnológicas passaram a ser monitoradas também no tanque de efluente.

Figura 12 – Kits colorimétricos utilizados para determinação de amônia (A) e nitrito (B) e amostras de água em procedimento de análise (C) com os kits colorimétricos



Fonte: Autorial (2024)



Fonte: Autorial (2024)



Fonte: Autorial (2024)

Para manter a qualidade da água nos tanques de cultivo de peixes, foi adotado o procedimento de sifonagem da água do fundo dos tanques (Figura 13), realizado a cada dois dias. Após a sifonagem foi feita a reposição da água sifonada, utilizando-se água proveniente

de uma caixa d'água que abastece as instalações do Laboratório de Aquicultura e Sistema Integrado de Produção, caixa esta alimentada pela rede pública de abastecimento. O volume sifonado e posteriormente repostado, correspondeu a 20% do volume total de água de cada tanque. A água retirada durante o processo de sifonagem foi então denominada de efluente e armazenada no tanque de efluente para uso na rega das plantas do Bloco A.

Quando foi registrado pH abaixo do recomendado para o cultivo de peixes, foi feita adição de calcário dolomítico para correção do pH da água dos tanques de cultivo dos peixes.

Figura 13 - Procedimento de sifonagem da água dos tanques de cultivo de peixes (A) e monitoramento e correção do pH da água (B)



Fonte: Autoral (2024)



Fonte: Autoral (2024)

2.6 Análises estatísticas

O estudo com as plantas foi instalado com dois tratamentos (plantas regadas com efluente da piscicultura - EP e plantas regadas com água limpa AL) e duas repetições (canteiros). O estudo dos peixes foi instalado em delineamento inteiramente casualizado com dois tratamentos (tilápia e panga) e três repetições (tanques).

Os dados obtidos do capim por ocasião da colheita foram submetidos à análise estatística no software R. As médias $\pm$ desvio padrão foram comparadas por meio do teste t de Welch, adotando-se um nível de significância de 5%. Além disso, foi realizada uma regressão linear para avaliar o desenvolvimento do capim ao longo dos 61 dias de cultivo, com base nos dados coletados em cada biometria. O teste t de Welch foi adotado em razão da diferença na variabilidade entre os tratamentos. Verificou-se que, em alguns canteiros, os valores individuais de certas plantas apresentavam maior dispersão em relação à média. Sendo assim, o teste t de Welch foi considerado mais adequado, uma vez que não pressupõe homogeneidade de variâncias entre os grupos, ao contrário do teste t de Student tradicional (Anderson, 2023).

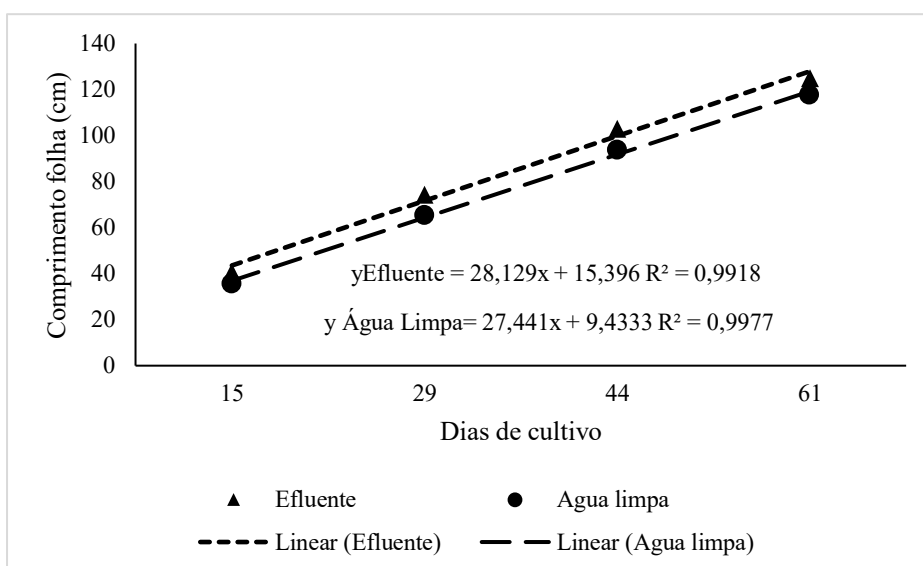
Em relação aos dados de desempenho dos peixes e à qualidade da água, foram calculadas as médias $\pm$ desvio padrão e elaborados gráficos com o objetivo de acompanhar o crescimento dos peixes cultivados e a variação dos parâmetros limnológicos da água dos tanques de criação e do efluente ao longo das biometrias. O peso dos peixes também foi submetido a regressão linear, para avaliar o comportamento da curva de crescimento ao longo de 70 dias de cultivo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Desempenho do capim-elefante-anão

A análise estatística para a variável comprimento da folha indicou que houve diferença significativa entre tratamentos, sendo os valores registrados para o capim regado com efluente maior ($p < 0,05$), que quando regado com água limpa. Ainda, conforme pode ser observado na Figura 14, o crescimento das folhas foi representado por uma regressão linear, indicando que houve um desenvolvimento contínuo das plantas.

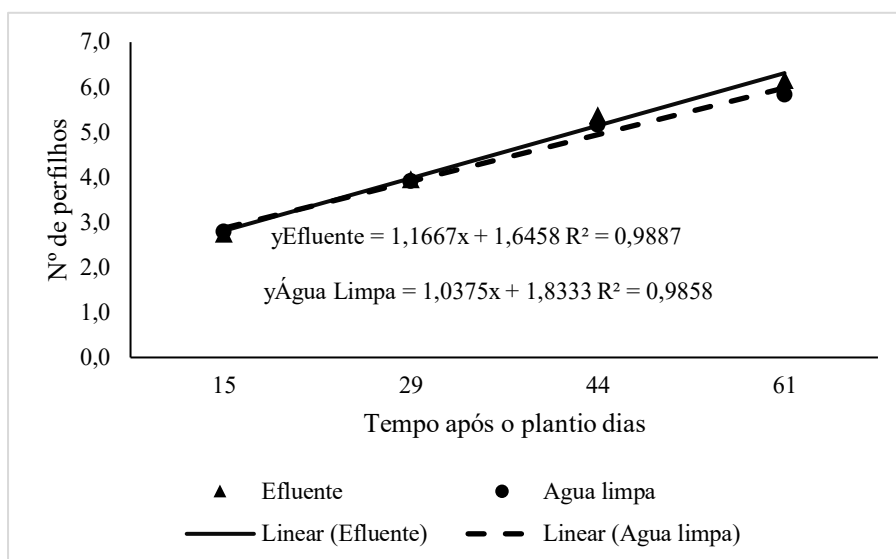
Figura 14 – Curva de crescimento para a maior folha do capim elefante (*P. purpureum*), cultivar BRS Kurumi, regado com água da rede de abastecimento (água limpa) ou com efluente da piscicultura



Fonte: Autoral (2025)

Foi registrado aumento significativo ($p < 0,05$) no número de perfilhos por planta ao longo dos 61 dias de observação para ambos os tratamentos, sendo que o capim regado com efluente da piscicultura apresentou médias ligeiramente superiores ao capim regado com água limpa, partir dos 44 dias do plantio.

Figura 15 – Número de perfilhos por colmo de capim elefante (*P. purpureum*), cultivar BRS Kurumi, regado com água da rede de abastecimento (água limpa) ou com efluente da piscicultura



Fonte: Autoral (2025)

O corte da planta foi realizado aos 61 dias pós-plantio, mantendo-se um resíduo de 30 cm de altura, valor que corresponde à altura recomendada para a retirada dos animais do pasto (Pereira *et al.*, 2021). De conformidade com a análise estatística o capim elefante regado com efluente apresentou maior altura ($p < 0,05$) que os regados com água limpa.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 4, a altura média das plantas, no momento da colheita, ultrapassou os 80 cm, limite recomendado para o ingresso dos animais em sistemas de pastejo rotacionado (Pereira *et al.*, 2021). Nos canteiros irrigados com água da rede de abastecimento, a altura média foi de $84,08 \pm 11,42$ cm, enquanto nos irrigados com efluente da piscicultura, a média foi de $92,38 \pm 11,08$ cm, uma diferença de 8,98%, evidenciando o efeito positivo do efluente sobre o crescimento do capim elefante.

O peso médio da matéria fresca por planta ficou entre $454,06 \pm 294,13$ g e $528,83 \pm 226,48$ g, apresentando diferença significativa ($p < 0,05$) entre tratamentos. Extrapolando a produção obtida para toneladas por hectare (t/ha/ano), verifica-se que, em 61 dias, o efluente gerou uma produção de matéria fresca de $33,05 \pm 6,93$ t/ha/ano, contra $28,38 \pm 1,91$ t/ha/ano gerado pela rega com água limpa, sendo significativamente maior ($p < 0,05$) para o efluente.

Tabela 3 – Dados do capim elefante (*P. purpureum*), cultivar BRS Kurumi, regado com água da rede de abastecimento (água limpa) ou com efluente da piscicultura, por ocasião da colheita

Variáveis	Tipo de água utilizada na rega das plantas		Diferença (%) prol efluente
	Água limpa	Efluente da piscicultura	
Altura da planta (cm)	84,08 ± 11,42b	92,38 ± 11,08a*	8,98
Comprimento maior folha (cm)	117,6 ± 16,87b	124,99 ± 11,85a	5,91
Número de perfilhos/planta	5,83 ± 2,55b	6,17 ± 2,51a	5,51
Peso fresco/planta (g)	454,06 ± 294,13b	528,83 ± 226,48a	14,14
Produção matéria fresca (kg/1,92 m ²)	5,45 ± 0,37b	6,35 ± 1,33a	14,17
Produção matéria fresca (t/ha/ano)	172,64 ± 11,62a	201,07 ± 42,16a	14,13
Teor de matéria seca (%)	17,50 ± 0,20a	16,75 ± 0,42a	-4,48
Produção matéria seca (kg/1,92 m ²)	0,95 ± 0,01b	1,05 ± 0,03a	9,48
Produção matéria seca (t/ha/ano)	30,15 ± 0,35b	33,31 ± 0,93a	9,49

Fonte: Autorial (2025); * Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste t de Welch ao nível de 5%

No que se refere ao teor de matéria seca (MS), o capim-elefante-anão irrigado com efluente da piscicultura apresentou média de $16,75 \pm 0,42\%$, enquanto aquele irrigado com água limpa apresentou média de $17,50 \pm 0,20\%$, não havendo diferenças significativas entre eles ($p > 0,05$). Já a produção média por canteiro foi de $1,05 \pm 0,03$ kg para o tratamento com efluente e $0,95 \pm 0,01$ kg para o tratamento com água limpa, sendo estatisticamente diferente ($p < 0,05$). Considerando a conversão da produção para toneladas de matéria seca por hectare por ano, os valores estimados foram de $33,31 \pm 0,93$ t/ha/ano para as plantas regadas com efluente, sendo significativamente maior ($p < 0,05$) que as $30,15 \pm 0,35$ t/ha/ano registradas para as plantas regadas com água limpa. Ambos os tratamentos atingiram a média de 30 t/ha/ano, que é o esperado, conforme relatado por Pereira *et al.* (2021). Os autores também relatam que a irrigação da cultivar BRS Kurumi, além de garantir a produção de forragem nos períodos de seca, pode aumentar a capacidade de produção em mais três toneladas de matéria seca/ano. No presente estudo, o efluente garantiu esse incremento de 3 t/ha/ano, o que equivale a 9,49% de diferença em relação ao capim elefante regado com água limpa.

As gramíneas forrageiras, de modo geral, quando irrigadas, tornam os sistemas de produção animal mais estáveis e menos vulneráveis às mudanças nas condições ambientais, e a utilização do efluente da piscicultura constitui uma fonte alternativa de água (Ângelo, 2009). No caso da cultivar BRS Kurumi, conforme ressaltado por Oliveira *et al.*, (2021), a irrigação além de garantir a produção de forragem nos períodos de seca, pode aumentar a capacidade de produção em mais três toneladas de matéria seca/ha/ano.

No estudo realizado por Ângelo (2009), a irrigação com efluente de viveiros da piscicultura proporcionou maior produção de peso de massa verde para as culturas do sorgo, capim elefante, cana-de-açúcar e milho, quando comparado com outras fontes de água. No

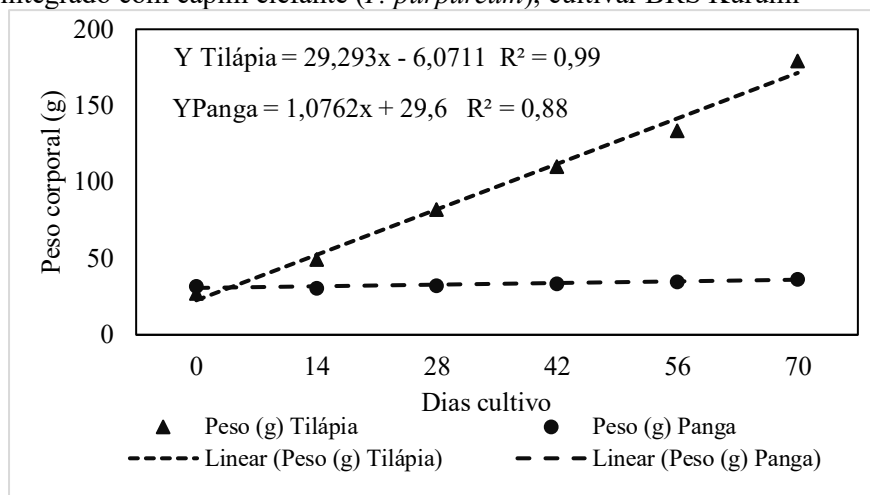
presente estudo, o efluente garantiu um incremento de 3 t/ha/ano para a cultivar BRS Kurumi, o que equivale a 9,49% de diferença em relação ao regado com água limpa.

Nos resultados apresentados por Miranda *et al.* (2010), as cultivares de *Panicum maximum*, Tanzânia e Mombaça, apresentaram maior altura quando foram irrigadas com efluente da carcinicultura (95,57 cm e 96,21 cm, respectivamente), em comparação à irrigação com água de rio (91,66 cm e 93,91 cm). Esses resultados reforçam o potencial do reaproveitamento de efluentes aquícolas para produção sustentável de forragem. O potencial de uso de efluentes da piscicultura também foi estudado por Santos *et al.*, (2025), desta feita na cultura do feijão-caupi. Segundo os autores, a água residuária da piscicultura é uma alternativa viável para substituir integralmente as águas subterrâneas e/ou de rios na irrigação durante o desenvolvimento das plantas de feijão-caupi.

3.2 Desempenho dos peixes

Com respeito aos peixes, conforme observado na Tabela 5, as tilápias com peso médio inicial de $27,23 \pm 0,67$ g, cresceram $2,2 \pm 0,18$ g/dia, vindo a acumular um ganho de peso de $152 \pm 12,68$ g nos 70 dias de cultivo, e atingir um peso médio de $179,47 \pm 13,32$ g. No período em questão o comprimento total da tilápia aumentou de $11,09 \pm 0,03$ cm para $20,01 \pm 0,46$ cm, a biomassa aumentou de $0,68 \pm 0,02$ para $4,13 \pm 0,19$ kg de peixes/m³, a sobrevivência foi $98,3 \pm 2,89\%$, com mortalidade de apenas um peixe. Já o fator de conversão alimentar foi $1,21 \pm 0,15:1$. Ainda conforme pode ser observado na Tabela 5, no mesmo período experimental e sob as mesmas condições de cultivo, os pangásius com peso médio inicial de $31,80 \pm 3,36$ g e comprimento total de $15,5 \pm 0,57$ cm, apresentaram desenvolvimento inexpressivo.

Figura 16 – Curva de crescimento da tilápia do Nilo (*O. niloticus*) e pangasius (*P. hypophthalmus*) ao longo de 70 dias de cultivo em um sistema integrado com capim elefante (*P. purpureum*), cultivar BRS Kurumi



Fonte: Autoral (2025)

Tabela 4 – Desempenho de tilápia do Nilo (*O. niloticus*) e pangasius (*P. hypophthalmus*) ao longo de 70 dias de cultivo em um sistema integrado com capim elefante (*P. purpureum*), cultivar BRS Kurumi. Os dados são expressos como Média $\pm$ Desvio padrão da média

VARIÁVEL	Tilápia		Pangasius	
	Inicial	Final	Inicial	Final
Peso médio (g)	27,23 $\pm$ 0,67	179,47 $\pm$ 13,32	31,80 $\pm$ 3,36	36,57 $\pm$ 4,30
Comprimento total médio (g)	11,09 $\pm$ 0,03	20,01 $\pm$ 0,46	15,5 $\pm$ 0,57	16,6 $\pm$ 0,65
Biomassa média (kg/m ³)	0,68 $\pm$ 0,01	4,03 $\pm$ 0,19	0,82 $\pm$ 0,05	0,88 $\pm$ 0,08
Ganho peso (g/peixe/dia)	2,2 $\pm$ 0,18		0,07 $\pm$ 0,06	
Ganho peso (g/peixe em 70 dias)	152 $\pm$ 12,68		4,77 $\pm$ 4,53	
Sobrevivência (%) aos 70 dias	98,3 $\pm$ 2,89		100,0 $\pm$ 0,0	
Conversão alimentar aos 70 dias	1,21 $\pm$ 0,15: 1		0,48 $\pm$ 0,03	

A tilápia é um peixe passível de ser criada em sistemas que vai do extensivo (Vicente; Jatobá; Silva, 2021), aos mais intensivos (Khalil; Nasr-Allah, 2025). A criação de tilápia em caixa d'água também tem sido muito usada em unidades experimentais (Silva; Bezerra; Melo, 2022) ou familiares. Essa fácil adaptação a diferentes sistemas de produção e tipos de instalação e manejo, justifica a tilápia ser um dos peixes mais produzidos em todo o mundo (FAO, 2024) e no Brasil ter atingido a produção de 662.230 toneladas em 2024, ou 68,36% da produção total de peixes cultivados (Peixe Br, 2025). Já o pangasius vem ganhando destaque na categoria de “outras espécies” e tem sido apontado como uma alternativa promissora, com potencial para competir com a tilápia (Peixe Br, 2023). No entanto, esse potencial não se confirmou no presente estudo. No presente estudo o pangasius se mostrou mais sensível, parando de se alimentar por dias seguidos após o manejo de captura, realizado por ocasião das biometrias; também se mostrou sensível a luminosidade e barulho. Por outro lado,

embora não tenha apresentado crescimento expressivo e tenha consumido pouca ração, o pangasius demonstrou elevada resistência, uma vez que não foram registradas mortalidades ao longo do cultivo.

Durante a condução do experimento, o pangasius não demonstrou voracidade pela ração, como é típico da tilápia, e apresentou consumo de ração muito baixo ou mesmo nulo, de forma que a maior parte do alimento ofertado, permanecia na superfície da água e chegava a desenvolver bolores, sendo necessária a remoção frequente de sobras de ração deteriorada. Esse fator certamente comprometeu o desempenho zootécnico da espécie, refletindo em baixo ganho de peso e biomassa final. Em diferentes ocasiões foi observado os pangasius raspando com a boca o perifíton aderido as paredes dos tanques, fato que pode justificar o peixe ter se mantido ativo durante o período experimental. Pavão (2020) também relatou resultados semelhantes, associando o baixo consumo alimentar e a menor biomassa final do panga ao estresse provocado pelo manejo e pela aeração forçada. Comportamentos típicos de desconforto, como pulos, natação agitada e choques contra as paredes das caixas descritos por Pavão (2020), também foram observados durante os 70 dias de cultivo do presente trabalho.

3.3 Variáveis limnológicas

A temperatura foi uma das variáveis físicas monitoradas ao longo do experimento, devido à sua importância na fisiologia dos organismos cultivados. O monitoramento contínuo da temperatura é essencial, pois ela influencia diretamente o metabolismo dos peixes, impactando o consumo alimentar, as taxas de crescimento e a susceptibilidade a doenças (Moro *et al.*, 2013).

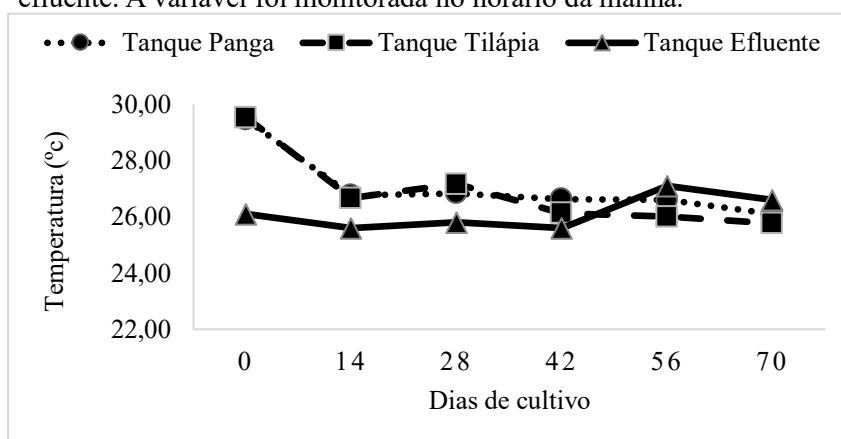
Conforme pode ser observado na Figura 17, no início do cultivo, foram registradas temperaturas acima dos 29 °C. No entanto, após o reforço da cobertura superior e das laterais dos tanques com telas de sombreamento, observou-se uma redução nas temperaturas, que passaram a se manter entre 26 e 27 °C. Essa medida foi eficaz na redução da incidência de radiação solar direta, contribuindo para a estabilização térmica da água dos tanques.

Moro *et al.* (2013), afirmam que a faixa térmica ideal para espécies tropicais situa-se entre 26 e 30 °C. Logo, é possível dizer que a temperatura da água se manteve dentro do recomendado às espécies.

A menor temperatura observada na água do tanque do efluente pode ser atribuída à sua origem no fundo dos tanques de criação. Segundo Meneses (2021), devido à incidência da

radiação solar, as camadas superficiais da água tendem a ser mais aquecidas, enquanto, com o aumento da profundidade, a intensidade da radiação diminui, resultando em temperaturas mais baixas nas camadas inferiores. Destaca-se ainda que essa água não permanecia estocada por longos períodos, uma vez que era utilizada diariamente na irrigação dos canteiros do Bloco A e reposta a cada dois dias, durante o processo de sifonagem dos tanques de cultivo de peixes, realizado para a remoção de resíduos sólidos acumulados no fundo e para a manutenção da qualidade da água destinada aos peixes.

Figura 17 – Temperatura (°C) da água dos tanques de pangasius (*P. hypophthalmus*), tanques de tilápia do Nilo (*O. niloticus*) e tanque de efluente. A variável foi monitorada no horário da manhã.



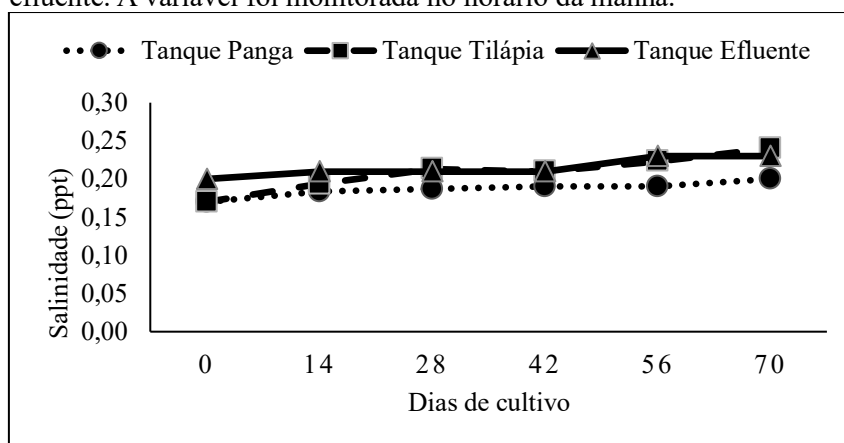
Fonte: Autoral (2025)

A salinidade da água (Figura 18) manteve-se abaixo de 0,5 ppt (partes por mil) ao longo do cultivo, valor compatível com as recomendações para espécies tropicais de água doce (Kubitza; Kubitza, 2000) e para a cultura do capim elefante (Cordeiro, 2001). A salinidade representa a concentração de sais dissolvidos na água; enquanto a média nos oceanos é de aproximadamente 35 ppt, em rios essa média é consideravelmente menor, em torno de 0,12 ppt. Manter a salinidade dentro da faixa de conforto osmótico é essencial para o bem-estar dos peixes, pois são organismos osmorreguladores. Quando expostos a valores fora dessa faixa, os peixes direcionam parte significativa de sua energia para a osmorregulação, comprometendo funções vitais como o crescimento corporal e a manutenção da integridade do sistema imunológico (Sá, 2023).

A transparência da água permaneceu praticamente sem alteração nos tanques de cultivo do pangasius, refletindo o baixo consumo de ração e baixa eliminação de nutrientes pelas excretas dos peixes. Já nos tanques de tilápia e do efluente a diminuição da transparência

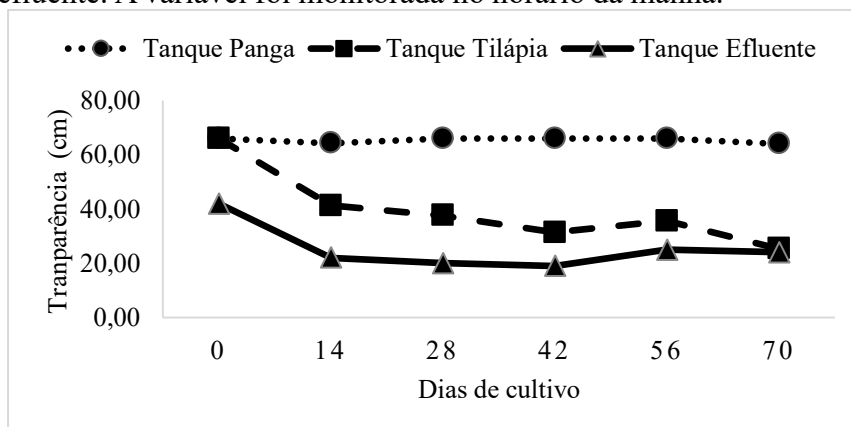
foi mais acentuada (Figura 19), devido ao acúmulo de matéria orgânica em suspensão. Transparência reduzida pode afetar os níveis de oxigênio dissolvido, sendo, portanto, essencial o monitoramento semanal (Moro *et al.*, 2013), especialmente em sistemas sem aeração contínua.

Figura 18 – Salinidade (ppt) da água dos tanques de pangasius (*P. hypophthalmus*), tanques de tilápia do Nilo (*O. niloticus*) e tanque de efluente. A variável foi monitorada no horário da manhã.



Fonte: Autoral (2025)

Figura 19 – Transparência (cm) da água dos tanques de pangasius (*P. hypophthalmus*), tanques de tilápia do Nilo (*O. niloticus*) e tanque de efluente. A variável foi monitorada no horário da manhã.



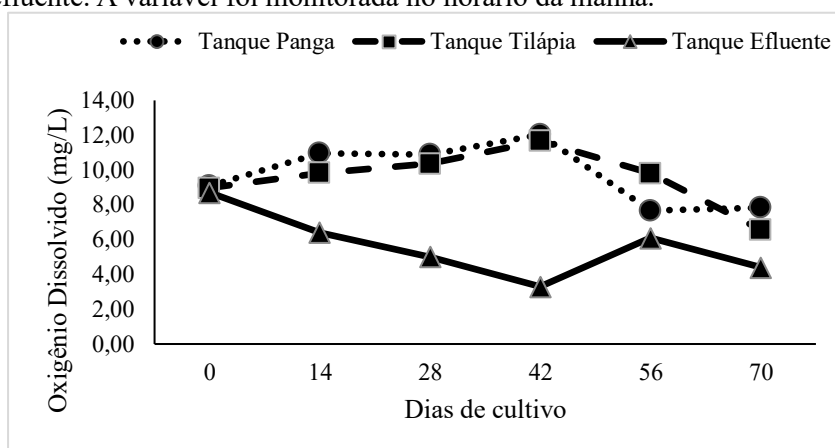
Fonte: Autoral (2025)

O oxigênio dissolvido nos tanques de cultivo de peixes atingiu valores próximos a 5 mg/L durante o cultivo (Figura 20). Para espécies tropicais, recomenda-se manter esse parâmetro sempre acima de 3 mg/L, a fim de garantir bom desempenho zootécnico. Embora os peixes possam sobreviver a concentrações inferiores, essas condições comprometem o

crescimento e a saúde dos animais. Valores abaixo de 1,0 mg/L são considerados letais para a maioria das espécies, quando a exposição se prolonga por várias horas (Moro *et al.*, 2013).

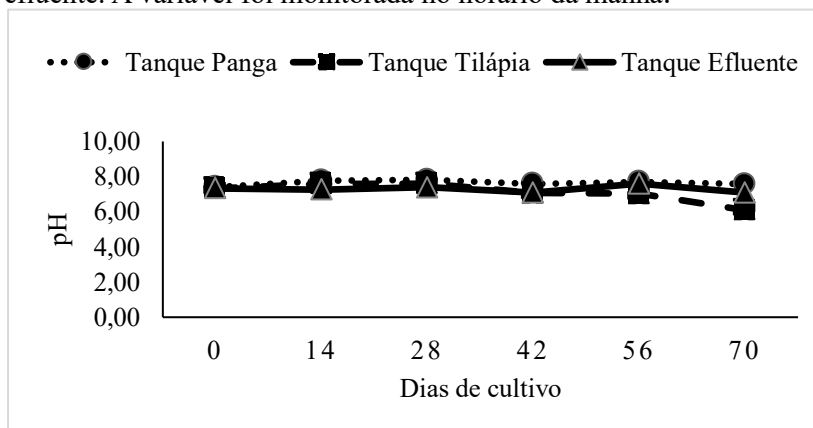
Nos tanques de tilápia, a partir dos 35 dias de cultivo o pH atingiu valores próximos ou abaixo de 6,0 (Figura 21), quando o recomendado é ficar entre 6,0 e 9,0 (Sá, 2023). Em ocasiões em que o pH atingiu valores abaixo do recomendado, foi realizado calagem com calcário dolomítico. No ambiente aquático, valores de pH entre 4,0 e 6,0 provocam estresse ácido nos organismos, enquanto pH abaixo de 4,0 pode levar à morte por acidose. Por outro lado, pH entre 9,0 e 11,0 causa estresse alcalino, e valores acima de 11,0 podem resultar em morte por alcalose (Sá, 2023). Do ponto de vista das culturas vegetais é possível dizer que o pH do efluente se manteve dentro do recomendado para as culturas vegetais (6,5 a 7,0 - Carneiro *et al.*, 2015).

Figura 20 – Oxigênio dissolvido da água dos tanques de pangasius (*P. hypophthalmus*), tanques de tilápia do Nilo (*O. niloticus*) e tanque de efluente. A variável foi monitorada no horário da manhã.



Fonte: Autoral (2025)

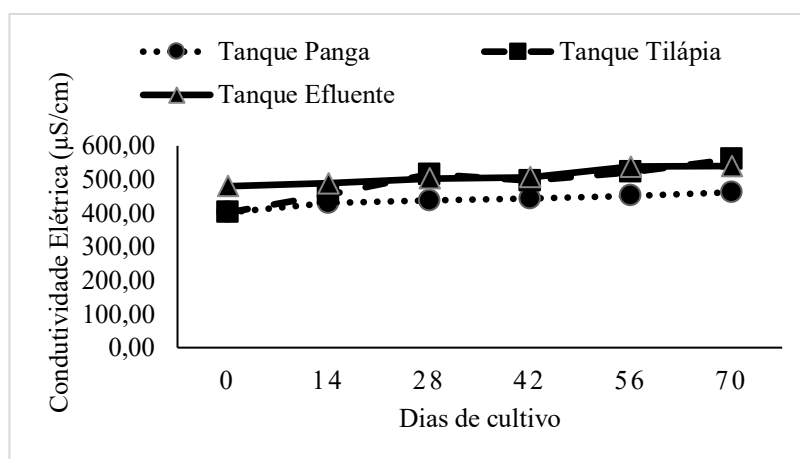
Figura 21 – pH da água dos tanques dos tanques de pangasius (*P. hypophthalmus*), tanques de tilápia do Nilo (*O. niloticus*) e tanque de efluente. A variável foi monitorada no horário da manhã.



Fonte: Autoral (2025)

A condutividade elétrica apresentou aumento mais acentuado nos tanques de tilápia, atingindo valores de até 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ em alguns monitoramentos, conforme ilustrado na Figura 22. Essa variável possui relação diretamente proporcional com a salinidade e matéria orgânica na água (Sá, 2023). Apesar das variações mais expressivas nos tanques de tilápia, os sistemas de cultivo de ambas as espécies se mantiveram dentro dos limites recomendados por Sá (2023), com valores inferiores a 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

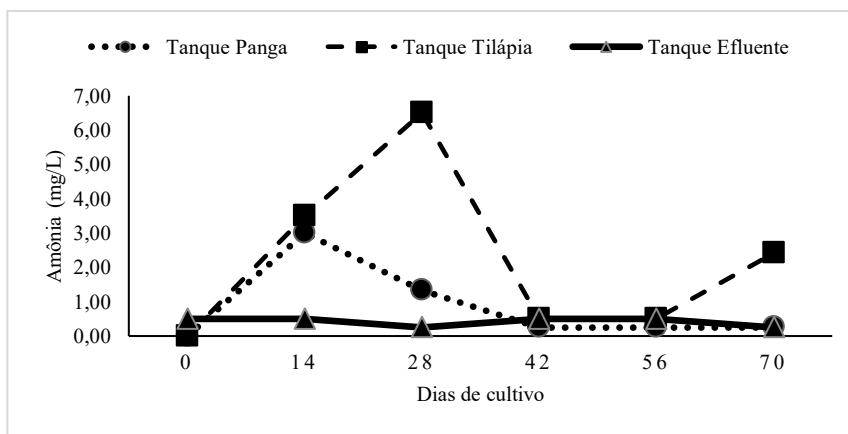
Figura 22 – Condutividade elétrica da água dos tanques de pangasius (*P. hypophthalmus*), tanques de tilápia do Nilo (*O. niloticus*) e tanque de efluente. A variável foi monitorada no horário da manhã.



Fonte: Autoral (2025)

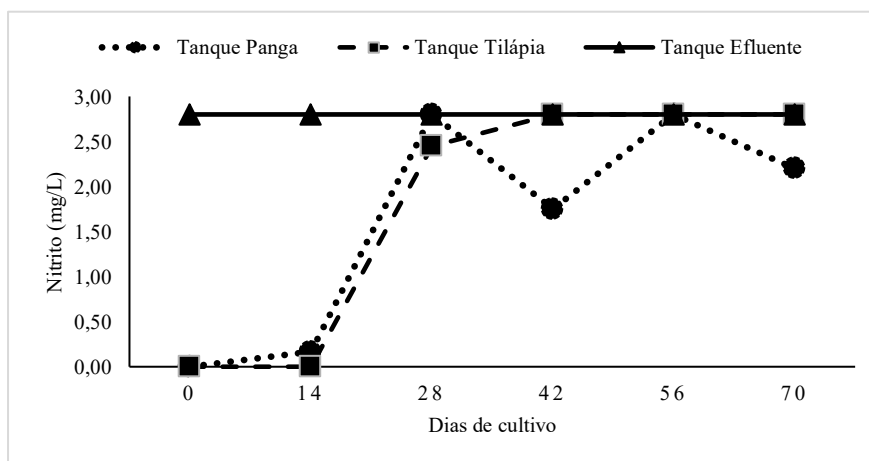
Tanto a amônia quanto o nitrito apresentaram alterações nas suas concentrações ao longo do cultivo (Figuras 23 e 24), ultrapassando em alguns momentos, os níveis recomendados por Moro *et al.* (2013). Nessas situações, a adoção de medidas corretivas, como o aumento da frequência e do volume das trocas de água, é essencial para restabelecer a qualidade do meio e garantir o bem-estar dos peixes. O aumento nos compostos nitrogenados certamente foi o responsável pelo melhor desenvolvimento do capim regado com efluentes da piscicultura. As alterações foram atribuídas ao acúmulo de matéria orgânica.

Figura 23 –NH₃ (mg/L) da água dos tanques de pangasius (*P. hypophthalmus*), tanques de tilápia do Nilo (*O. niloticus*) e tanque de efluente. A variável foi monitorada no horário da manhã



Fonte: Autoral (2025)

Figura 24 – NO₂⁻ (mg/L) da água dos tanques de pangasius (*P. hypophthalmus*), tanques de tilápia do Nilo (*O. niloticus*) e tanque de efluente. A variável foi monitorada no horário da manhã



Fonte: Autoral (2025)

Tabela 5 – Dados limnológicos da água de tanques de cultivo de tilápia do Nilo (*O. niloticus*), pangasius (*P. hypophthalmus*) e de efluente, no horário da manhã. Os dados são expressos como Média ± Desvio padrão da média, dos valores registrados semanalmente, ao longo do cultivo

VARIÁVEL	MÉDIA NO PERÍODO ± DESVIO PADRÃO		
	Tanque Tilápia	Tanque Panga	Tanque Efluente
Temperatura (°C)	26,50 ± 0,09	26,64 ± 0,21	26,06 ± 0,60
Transparência (cm)	26,42 ± 8,26	57,79 ± 0,99	23,25 ± 9,45
Cond. elétrica (µS/cm)	521,18 ± 16,81	434,91 ± 4,12	489,13 ± 43,29
Salinidade (ppt)	0,22 ± 0,01	0,18 ± 0,00	0,21 ± 0,02
Oxigênio dissolvido (mg/L)	7,73 ± 0,44	8,09 ± 0,53	5,05 ± 2,03
pH	6,60 ± 0,19	7,62 ± 0,08	7,26 ± 0,32
Amônia (mg/L)	1,63 ± 0,47	0,58 ± 0,39	0,38 ± 0,13
Nitrito (mg/L)	1,62 ± 0,23	1,19 ± 0,23	2,32 ± 1,01

Os resultados do presente estudo, apontam para a viabilidade da integração da piscicultura com a produção de forragens destinadas a alimentação animal. O potencial é contabilizado quando se dá mais um uso a uma água que cumpriu sua função na produção de pescado, uma proteína animal nobre; quando reaproveita os nutrientes da água em um segundo sistema de produção animal, que é a produção de forragens; e quando evita o lançamento dos efluentes da piscicultura sem tratamento prévio. O efluente serve assim, não apenas como fonte de recurso hídrico para a forrageira, mas também como um fator promotor de incremento na produção (cerca de 14% no incremento da produção de massa fresca e 9,5 de massa seca para as plantas regadas com efluente da piscicultura, em relação as plantas regadas com água sem uso prévio (água limpa).

Em um mundo com demandas de água e alimento em constante ascensão e mudanças climáticas e conflitos que levam a escassez de água em vasto território em todo o mundo, buscar ampliar a presença de sistemas sustentáveis de produção de alimento é uma necessidade urgente. Comprovando essas premissas a Organização das Nações Unidas para as questões da água (UN-WATER, 2021), afirmam que a agricultura é o setor econômico que mais consome água no mundo (UN-WATER, 2021) e, conforme aponta a FAO (2020), configura-se simultaneamente como causa e vítima da escassez hídrica. As retiradas de água cresceram quase duas vezes mais rapidamente que a população no século XXI, e estima-se que a demanda por alimentos aumente em 50% até 2050 (FAO, 2020).

A escassez de água representa um dos principais desafios globais, afetando de forma mais severa comunidades vulneráveis, especialmente em regiões onde a infraestrutura deficiente compromete o acesso adequado ao recurso, prejudicando diretamente a manutenção da saúde, a segurança das famílias e os meios de subsistência locais (FAO, 2020; UN-WATER, [s.d.]). Nesse cenário, a adoção de práticas sustentáveis de gestão dos recursos hídricos, como a irrigação mais eficiente, torna-se essencial para a elevação da produtividade agrícola, a garantia da segurança alimentar e a promoção da sustentabilidade ambiental (FAO; UN-WATER, 2024).

A FAO (2010) já lembrava que os sistemas integrados de produção surgem como uma estratégia promissora para fortalecer a sustentabilidade do setor agropecuário. Eles consistem no aproveitamento sinérgico entre os setores produtivos (agricultura, pecuária e floresta) que, quando manejados de forma racional, promovem maior sustentabilidade social, econômica e ambiental. Esses sistemas contribuem para a melhoria dos meios de subsistência dos agricultores e para o aumento da segurança alimentar e nutricional, ao mesmo tempo em que atendem às preferências e demandas dos consumidores. A produção integrada oferece

diversas vantagens, como o aumento da biodiversidade, a reciclagem eficiente de nutrientes, a melhoria da saúde do solo e a contribuição para a adaptação e mitigação das mudanças climáticas. Além disso, permite a otimização e diversificação da produção, reduzindo os riscos associados às atividades agropecuárias.

Santos *et al.*, (2025) reforçam essas tratativas, ao afirmar que, a utilização de águas residuárias urbanas e rurais pelo setor primário, tem aumentado consideravelmente em várias partes do mundo, com o propósito de reduzir a quantidade de água doce necessária para irrigar lavouras, moderar o uso de fertilizantes e reduzir o descarte nos corpos de água.

A integração entre peixes e pastagens é acessível aos pequenos produtores, e os que tem maiores áreas de criação, promovendo diversidade na produção, segurança alimentar e sustentabilidade ambiental.

4 CONCLUSÃO

O capim irrigado com o efluente apresentou desenvolvimento e produção próximos ou superiores aos obtidos com irrigação realizada com água da rede de abastecimento.

A integração entre o cultivo de peixes e de capim-elefante BRS Kurumi, estabeleceu uma relação sinérgica, se apresentando como um sistema onde a cultura do capim reduz o impacto ambiental da piscicultura, ao aproveitar o efluente rico em nutriente na fertirrigação da cultura, reduzindo assim as demandas de água, de nutrientes e contribuindo para aumentar a produção da forrageira.

Entre os peixes cultivados, a tilápia apresentou melhor desempenho que o pangassius.

Durante o cultivo, a temperatura da água se manteve dentro dos valores recomendados para a criação dos peixes, houve aumento nos níveis de amônia, nitrito e condutividade elétrica, enquanto pH, transparência e oxigênio dissolvido diminuíram.

REFERÊNCIAS

- ALÍPIO, M. A. S. **O sistema de produção de mandalas implantado no Assentamento Acauã no município de Aparecida – PB**. 2015. 55 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Geografia) – Centro de Formação de Professores, Unidade Acadêmica de Ciências Sociais, Universidade Federal de Campina Grande, Cajazeiras, 2015. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/7837>. Acesso em: 23 jul. 2025.
- ANDERSON, B. **Teste t de Welch**: Quando usar + Exemplos. Statorials, 29 jul. 2023. Disponível em: <https://statorials.org/pt/teste-t-de-welch>. Acesso em: 4 ago. 2025.
- ÂNGELO, F. A. **Qualidade da água para irrigação no desempenho de gramíneas forrageiras no semiárido paraibano**. 2009. 55f. 55 f. Tese (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2009.
- ARAÚJO FILHO, J. C. de; CORREIA, R. C.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA NETO, M. B. de; ARAÚJO, J. L. P.; SILVA, M. M. de L. Ambientes e solos do semiárido: potencialidades, limitações e aspectos socioeconômicos. In: XIMENES, L. F.; SILVA, M. S. L.; BRITO, L. T. L. (Org.). **Tecnologias de convivência com o semiárido**. Fortaleza: Embrapa; Banco do Nordeste, 2019. p. 17–84. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1111289>. Acesso em: 23 jul. 2025.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA PISCICULTURA – PEIXE BR. **Anuário Brasileiro da Piscicultura**: 2024. Brasília: Peixe BR, 2024. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/anuario/anuario-da-piscicultura-2024.pdf>. Acesso em: 23 jul. 2025.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA PISCICULTURA – PEIXE BR. **Anuário brasileiro da piscicultura**: 2025. Brasília: Peixe BR, 2025. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/anuario-2025/>. Acesso em: 23 jul. 2025.
- BUNGENSTAB, D. J. **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta**: a produção sustentável. 2. ed. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2012. 239 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/938814>. Acesso em: 23 jul. 2025.
- CAMPAGNOLLA, C.; MACÊDO, M. M. C. Revolução verde: passado e desafios atuais. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, v. 39, n. 1, p. e26952, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.35977/0104-1096.cct2022.v39.26952>. Acesso em: 23 jul. 2025.
- CAMPECHE, D. F. B.; GUILHERME, L. C. Piscicultura na agricultura familiar. In: MELO, R. F. de; VOLTOLINI, T. V. (Ed.). **Agricultura familiar dependente de chuva no Semiárido**. Brasília: Embrapa, 2019. p. 363–393. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1118519>. Acesso em: 23 jul. 2025.
- CARNEIRO, P. C. F.; MORAIS, C. A. R. S.; NUNES, M. U. C.; MARIA, A. N.; FUJIMOTO, R. Y. **Produção de peixes e vegetais em aquaponia**. Aracajú: EMBRAPA Tabuleiros costeiros, 2015. 27p. (Documento 189).

CASTELLANI, D.; ABIMORAD, E. G. Sistemas integrados em aquicultura. **Pesquisa e Tecnologia**, v. 9, n. 1, p. 1–4, jan./jun. 2012. Disponível em: <https://repositorio-apta regional.agricultura.sp.gov.br/bitstreams/3816fb5b-7295-40d1-860f-7e1760d0d818/download>. Acesso em: 23 jul. 2025.

CORDEIRO, G. G. **Qualidade de água para fins de irrigação** (Conceitos básicos e práticas). Petrolina, PE: Embrapa Semi Árido, 2001. 32 p.; il.; 21 cm - (Embrapa Semi-Árido. Documentos; 167) ISSN 1516-1633. Acesso em: 30 jul. 2025.

EMBRAPA. **A evolução da agricultura no Brasil**. Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/81665485/artigo---a-evolucao-da-agricultura-do-brasil>. Acesso em: 12 jun. 2025.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **An international consultation on integrated crop-livestock systems for development: the way forward for sustainable production intensification**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2010. (Integrated Crop-Livestock Systems for Development – ICLSD, v. 13, p. 1–4). Disponível em: https://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/images/iclsd/documents/crop_livestock_proceedings.pdf. Acesso em: 23 jul. 2025.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **The global framework on water scarcity in agriculture**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2020. Disponível em: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/042706b2-05e8-49be-b8d4-b7dd367a0029/content>. Acesso em: 23 jul. 2025.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **Blue transformation in brief: advancing aquatic food systems for prosperity and well-being**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2023. Disponível em: <http://www.fao.org/3/cc6646en/cc6646en.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2025.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **The state of world fisheries and aquaculture 2024: blue transformation in action**. Rome: FAO, 2024. 232p. Disponível em: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/a4151f1e-3130-4504-a7d7-4b066de59030/content>. Acesso em: 14 jun. 2025.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO; UN-WATER. **Progress on change in water-use efficiency – Mid-term status of SDG Indicator 6.4.1 and acceleration needs, with special focus on food security and climate change, 2024**. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cd2023en>. Acesso em: 23 jul. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Semiárido Brasileiro**. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15974-semiarido-brasileiro.html>. Acesso em: 23 jul. 2025.

KHALIL, H.S., NASR-ALLAH, A. Comparative study on the effect of Raceway and In-Pond Raceway Systems on different Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* strains fed diets replacing soybean meal by poultry byproduct meal on: Water quality, growth performance and

production efficiency. **Aquaculture International**, v. 33, n. 4, p. 258, 2025.
<https://doi.org/10.1007/s10499-025-01920-1>

KUBITZA, F.; KUBITZA, L. M. M. Tilápias: qualidade da água, sistemas de cultivo, planejamento da produção, manejo nutricional e alimentar e sanidade. Parte I. **Panorama da Aquicultura**, v. 59, n. 10, p. 44-53, 2000.

MENESES, J. **Inversão térmica em tanques, viveiros, lagos, açudes e represas**. Pisciculturas e Pesqueiros, 09 jun. 2021. Disponível em:
<https://pisciculturasepesqueiros.blogspot.com/2021/06/inversao-termica-em-tanques-viveiros.html>. Acesso em: 03 ago. 2025.

MIRANDA, F. R. CAVALCANTE, R. R. R.; RIBEIRO, E. M.; LIMA, R. N. Uso de efluentes da carcinicultura na irrigação de *Panicum maximum* cvs. Tanzânia e Mombaça. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 1, p. 46-52, 2010.

MORO, G. V.; TORATI, L. S.; LUIZ, D. de B.; MATOS, F. T. de. Monitoramento e manejo da qualidade da água em pisciculturas. In: RODRIGUES, A. P. O.; LIMA, A. F.; ALVES, A. L.; ROSA, D. K.; TORATI, L. S.; SANTOS, V. R. V. dos (Eds). **Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimentos**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. p. 141-169. cap. 5. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1083545/1/cap.5.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2025.

OLIVEIRA, E. G.; SANTOS, F. J. S. Conservação e uso racional de água: Integração aquicultura-agricultura. In: MEDEIROS, S. S.; GHEYI, H. R.; GALVÃO, C. O.; PAZ, V. P. S. (Eds). **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, 2011. p. 113- 161. Disponível em:
file:///C:/Users/eleni/Downloads/2011_recursos_hidricos_regioes_aridas_semiaridas-1.pdf. Acesso em: 27 jul. 2025.

OLIVEIRA, E. G.; SANTOS, F. J. S. Piscicultura e os desafios de produzir em regiões com escassez de água. **Ciência Animal**, v. 1, n.25, p. 133-154, 2015.

OLIVEIRA, J. S.; MIRANDA, J. E. C. de; CARNEIRO, J. C.; D'OLIVEIRA, P. S.; MAGALHÃES, V. M. A. **Como medir a matéria seca (MS%) em forragem utilizando forno de micro-ondas**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2015. (Comunicado Técnico, n. 77). Disponível em:
<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1034878/1/COT77Teormatsec a.pdf>. Acesso em: 23 jul. 2025.

PAVÃO, P. R. O. **Desempenho zootécnico do peixe panga (*Pangasianodon hypophthalmus*) alimentado com ração enriquecida a base de farinha de *Spirulina* sp.** 2020. 21f. Monografia (Bacharelado em Engenharia de Pesca) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2020. Disponível em:
<https://repositorio.ufersa.edu.br/server/api/core/bitstreams/f3214469-fc60-4f0f-82e6-2867576d2771/content>. Acesso em: 03 ago. 2025.

PORTO, E. R. Abordar o semiárido pelas potencialidades e não pelas fragilidades. In: SPITZ, A.; PEITER, G. (Coord.). **A questão social e as saídas para a pobreza**. Rio de Janeiro: Oficina Social; Centro de Tecnologia, Trabalho e Cidadania, 2002. p. 75–80. (Cadernos da

Oficina Social, v. 11). Disponível em:
<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/147464>. Acesso em: 23 jul. 2025.

SÁ, M. **Limnocultura**: limnologia para aquicultura. 2. Ed. Blucher, 2023. São Paulo, 2023. 345p.

SANTOS, F. J. de S.; MAGALHÃES, J. A.; OLIVEIRA, E. G. de; GHEYI, H. R.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; SOUZA, V. F. de; RODRIGUES, B. H. N.; COSTA, N. de L. Avaliação da água residuária da piscicultura e adubação na produção do feijão-caupi (*Vigna unguiculata*). **Contribuciones a las Ciencias Sociales**, v. 18, n. 4, p. e17081, 2025. DOI: 10.55905/revconv.18n.4-188. Disponível em:
<https://ojs.revistacontribuciones.com/ojs/index.php/clcs/article/view/17081>. Acesso em: 20 jul. 2025.

SARAIVA, V. S.; PRETO, B. de L. Uso de efluentes da piscicultura na agricultura irrigada. **Observatório de la Economía Latinoamericana**, v. 21, n. 12, p. 26505–26518, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.55905/oelv21n12-164>. Acesso em: 23 jul. 2025.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS – SEBRAE. **Aquicultura no Brasil**: série de estudos mercadológicos. Brasília: SEBRAE, 2015. Disponível em: <https://bis.sebrae.com.br/bis/conteudoPublicacao.zhtml?id=5403>. Acesso em: 23 jul. 2025.

SILVA, J. S. **Análise da implantação e produtividade de uma mandala**: sistema integrado de produção entre tilapia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e hortaliças. 2023. 42 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Pesca) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2023.

SILVA, P. C. G. *et al.* Caracterização do Semiárido brasileiro: fatores naturais e humanos. In: SÁ, I. B.; SILVA, P. C. G. **Semiárido brasileiro**: pesquisa, desenvolvimento e inovação. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. p. 17–49. Disponível em:
<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/861895>. Acesso em: 23 jul. 2025.

SILVA, R. R. DA; BEZERRA, V. A.; MELO, J. D. Zootechnical performance of Imperial Gift tilapia reared in a biofloc system under different densities. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 9, p. e37111931958, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i9.31958. Disponível em: <https://rsdjournal.org/rsd/article/view/31958>. Acesso em: 5 aug. 2025. Research, Society and Development, v. 11, n.9, e37111931958, 2022(CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i9.31958>.

UN-WATER. **UN-Water, 2021**: Summary Progress Update 2021 – SDG 6 – water and sanitation for all. Version: July 2021. Geneva, Switzerland. Disponível em:
https://www.unwater.org/sites/default/files/app/uploads/2021/12/SDG-6-Summary-Progress-Update-2021_Version-July-2021a.pdf. Acesso em: 23 jul. 2025.

UN-WATER. **Water Scarcity**. Geneva: United Nations, [s.d.]. Disponível em:
<https://www.unwater.org/water-facts/water-scarcity>. Acesso em: 23 jul. 2025.

VICENTE, L. R. M.; JATOBÁ, A.; SILVA, L. R. da. Caracterização da produção de tilápia-do-Nilo *Oreochromis niloticus* em diferentes sistemas de cultivo no Sul de Santa Catarina.

Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, v. 14, n. 2, p. 455–468, 2021. DOI: 10.17765/2176-9168.2021v14n2e7906. Disponível em: <https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/7906>. Acesso em: 5 ago. 2025.

VIDAL, M. F. Panorama da piscicultura no Nordeste. **Caderno Setorial ETENE**, v. 1, n. 3, nov. 2016. Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/handle/123456789/1105>. Acesso em: 23 jul. 2025.

VOLTOLINI, T. V. *et al.* Alternativas alimentares e sistemas de produção animal para o Semiárido brasileiro. In: SÁ, I. B.; SILVA, P. C. G. **Semiárido brasileiro**: pesquisa, desenvolvimento e inovação. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. p. 199–242. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/861895>. Acesso em: 23 jul. 2025.