



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ – UFOPA
INSTITUTO DE BIODIVERSIDADE E FLORESTAS - IBEF
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOCÊNCIAS – PPGBIO**

JOCINEI DOS SANTOS

**CRESCIMENTO DO TAMBAQUI (*COLOSSOMA MACROPOMUM*) (CUVIER,
1818) EM SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA ASSOCIADO AO CULTIVO
DE JAMBU (*ACMELLA OLERACEA* L.) PARA REDUÇÃO DE AMÔNIA**

**ORIXIMINÁ – PARÁ
2024**

JOCINEI DOS SANTOS

**CRESCIMENTO DO TAMBAQUI (*COLOSSOMA MACROPOMUM*) (CUVIER, 1818)
EM SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA ASSOCIADO AO CULTIVO DE
JAMBU (*ACMELLA OLERACEA* L.) PARA REDUÇÃO DE AMÔNIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biociências da Universidade Federal do Oeste do Pará, como requisito para obtenção do título de mestre.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Hallwass

Coorientador: Prof. Dr. Gustavo da Silva Claudiano

**ORIXIMINÁ – PARÁ
2024**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/UFOPA

S237c Santos, Jocinei dos
Crescimento do Tambaqui (*Colossoma Macropomum*) (Cuvier, 1818) em sistema de recirculação de água associado ao cultivo de jambu (*Acmella Oleracea L.*) para redução de amônia. / Jocinei dos Santos. - Oriximiná, 2024.
65 p. : il.
Inclui bibliografias.

Orientador: Gustavo Hallwass.

Coorientador: Gustavo da Silva Claudiano.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto de Biodiversidade e Florestas, Programa de Pós-Graduação em Biociências.

1. Recirculação de água. 2. Aquaponia. 3. Confinamento. 4. Densidade. I. Hallwass, Gustavo, *orient.* II. Claudiano, Gustavo da Silva, *coorient.* III. Título.

CDD: 23 ed. 639.3

Bibliotecária - Documentalista: Cátia Alvarez – CRB/2 843

JOCINEI DOS SANTOS

**CRESCIMENTO DO TAMBAQUI (*COLOSSOMA MACROPOMUM*) (CUVIER, 1818)
EM SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA ASSOCIADO AO CULTIVO DE
JAMBU (*ACMELLA OLERACEA* L.) PARA REDUÇÃO DE AMÔNIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biociências da Universidade Federal do Oeste do Pará, como requisito para obtenção do título de mestre.

Conceito: Aprovado
Data de aprovação: 13/03/2024
Banca examinadora:

Prof. Dr. Gustavo Hallwass – Orientador.
Universidade Federal do Oeste do Pará

Documento assinado digitalmente
 GUSTAVO HALLWASS
Data: 13/03/2024 16:41:42-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. FERNANDA MAYARA NOGUEIRA
Universidade de São Paulo

Documento assinado digitalmente
 FERNANDA MAYARA NOGUEIRA
Data: 13/03/2024 17:51:29-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. PAULA EVELYN RUBIRA PEREYRA
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Documento assinado digitalmente
 PAULA EVELYN RUBIRA PEREYRA
Data: 13/03/2024 16:52:40-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. PRISCILA SAIKOSKI MIORANDO
Universidade Federal do Oeste do Pará

Documento assinado digitalmente
 PRISCILA SAIKOSKI MIORANDO
Data: 13/03/2024 16:45:35-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dedico este trabalho à minha família pelo apoio, carinho e incentivo e ao meu orientador Prof. Dr. Gustavo Hallwass, sem o qual eu não teria concluído esse projeto.

AGRADECIMENTO

Em primeiro lugar, a Deus, por ter feito com que meus objetivos fossem alcançados, durante todos os meus anos de estudos sem me deixar desistir. Aos meus familiares que me incentivaram nos momentos difíceis e compreenderam a minha ausência enquanto eu me dedicava à realização deste trabalho. Aos amigos, que sempre estiveram ao meu lado, pela amizade incondicional e pelo apoio demonstrado ao longo de todo o período de tempo em que me dediquei a este projeto. Ao professor Dr. Gustavo Hallwass, por ter sido meu orientador e ter desempenhado tal função com dedicação e amizade e que muito contribuiu para o meu melhor desempenho no meu processo de formação profissional ao longo do curso. A todos que participaram, direta ou indiretamente do desenvolvimento deste trabalho de pesquisa, enriquecendo o meu processo de aprendizado. Às pessoas com quem convivi ao longo desses anos de curso, que me incentivaram e que certamente tiveram impacto na minha formação acadêmica. Aos meus colegas de curso Júlio Cezar Vinente da Cruz e Janaína Tavares, com quem convivi intensamente durante os últimos anos, pelo companheirismo e pela troca de experiências que me permitiram crescer não só como pessoa, mas também como profissional. Aos meus colegas de graduação em Ciências Biológicas do Campus UFOPA de Oriximiná, alunos do curso técnico em Meio Ambiente da Escola Estadual de Educação Tecnológica do Pará, alunos do Programa de Ação Interdisciplinar (PAI), ao corpo docente, técnico e toda a equipe de apoio da UFOPA. Ao Programa de Pós-graduação em Biociências pela disponibilização de recursos financeiros para aquisição de materiais que foram fundamentais para o desenvolvimento da pesquisa que possibilitou a realização deste trabalho.

“As irregularidades na biologia, nas formas e tamanhos e na assimetria apresentam diversidade e complexidade. E por essa diversidade a natureza prova que nada é realmente igual, mesmo havendo um padrão tão perfeito, e assim a natureza brinca com nosso entendimento, e expõe a simplicidade na complexidade.”
(EDILSON GOMES DE LIMA)

RESUMO

O tambaqui (*Colossoma macropomum*) (Cuvier, 1818) é o segundo maior peixe de escamas de água doce da América do Sul. A produção do tambaqui é bastante difundida principalmente nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste do Brasil por conta de sua rusticidade e fácil adaptação em condições extremas de qualidade de água. A duração do ciclo de produção que varia de 8 a 12 meses depende da densidade de estocagem, tipo de alimentação e qualidade de água. O cultivo de vegetais integrado com a piscicultura possibilita a reutilização da água para a produção de hortaliças e retirada de excesso de nutrientes da produção do pescado. A qualidade da água em aquicultura caracteriza-se pelo equilíbrio dinâmico de todas as variáveis físicas, químicas e biológicas, que tornam possível o cultivo de organismos aquáticos, minimizando os impactos ambientais e potencializando a produção. Este trabalho teve como objetivo a produção de tambaqui associado ao cultivo de jambu (*Acemella oleracea* L.), como ferramenta para absorção e redução de amônia. Foram construídos quatro tanques elevados, em formato circular com capacidade de 20 metros cúbicos de água. Cada tanque recebeu 500 alevinos de tambaquis que foram alimentados com dieta a base de ração comercial 32% de proteína. Foram utilizados dois grupos com duas réplicas cada, sendo dois experimentais (com associação ao jambu) e dois controles (sem associação). Os parâmetros de qualidade de água (pH, oxigênio e temperatura), foram monitorados manualmente com aparelhos portáteis e os compostos nitrogenados foram monitorados semanalmente por fotometria. A biometria dos peixes foi realizada quinzenalmente entre os meses de maio e agosto de 2022, somando 700 registros. A associação com jambu não foi suficiente para remover nutrientes da água residual dos sistemas de produção, especialmente amônia (média de $0,65 \pm 1,15$ mg/l nos tanques sem jambu e $0,67 \pm 0,63$ mg/l nos tanques com jambu) que não diferiram entre os tanques ($t = 0,056$; $gl = 42$; $p = 0,955$). Assim, os peixes do grupo experimental obtiveram um menor ganho de peso médio de $72,7 \pm 33,01$ g em comparação aos peixes do grupo controle $97,85 \pm 52,11$ g no período do experimento ($t = 7,608$; $gl = 698$; $p < 0,05$). A criação de tambaqui em sistema de recirculação em alta densidade, não apresentou resultados satisfatórios em relação a produção da espécie quando associado ao jambu.

Palavras-Chave: Recirculação de água, Aquaponia, Confinamento, Densidade.

ABSTRACT

The tambaqui (*Colossoma macropomum*) (Cuvier, 1818) is the second-largest freshwater fish in South America. The production of tambaqui is quite widespread, mainly in Brazil's northern, northeast, and Central-western regions due to its rusticity and easy adaptation to extreme water quality conditions. The duration of the production cycle, which varies from to 12 months, depends on storage density, type of feed, and water quality. Vegetable cultivation associated with fish farming makes it possible to reuse water for vegetable production and remove excess nutrients from fish production. Water quality in aquaculture is characterized by the dynamic balance of all physical, chemical, and biological variables, which enable the cultivation of aquatic organisms, minimizing environmental impacts and enhancing production. This work aimed to produce tambaqui associated with the cultivation of jambu (*Acmella oleracea* L.), as a tool for absorbing and reducing ammonia. Four elevated tanks were built, circular in shape, with a capacity of 20 cubic meters of water. Each tank received 500 tambaquis fry that were fed with a diet based on commercial feed with 32% protein. Two groups were used with two replications, two experimental (with association with jambu) and two controls (without association). Water quality parameters (pH, oxygen, and temperature) were monitored manually with portable devices and nitrogen compounds were monitored weekly by photometry. Fish biometrics were carried out biweekly between May and August 2022, totaling 700 records. The association with jambu was not sufficient to remove nutrients from wastewater from production systems, mainly ammonia (average of 0.65 ± 1.15 mg/l in tanks without jambu and 0.67 ± 0.63 mg/l in tanks with jambu) that did not differ between tanks ($t = 0.056$; $df = 42$; $p = 0.955$). Thus, the fish in the experimental group achieved a lower average weight gain of 72.7 ± 33.01 g compared to the fish in the control group, 97.85 ± 52.11 g during the experiment period ($t = 7.608$; $df = 698$; $p < 0.05$). The creation of tambaqui in a high-density recirculation system did not present satisfactory results in relation to the production of the species when associated with jambu.

Keywords: *Water recirculation, Aquaponics, Confinement, Density.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema simples de aquaponia.	20
Figura 2 – Juvenil de tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>).	22
Figura 3 – plantação do jambu (<i>Acmella oleracea</i>) no sistema de aquaponia.	24
Figura 4 – Mapa dos limites geográficos do município de Oriximiná-Pará.	26
Figura 5 – Localização da área de estudo.	28
Figura 6 – a) fase inicial de construção dos tanques; b) implantação da caixa de jambu, decantador e filtro biológico; c) mudas de jambu introduzidas nas caixas hidropônicas; d) vista área dos tanques.	29
Figura 7 – Identificação dos grupos controle e experimental.	29
Figura 8 – Sistema de aeração adaptado com tubo de PVC e bomba d’água.	30
Figura 9 – a) alevinos de tambaqui; b) sistema overflow; c) caixa de decantação de resíduos; d) estrutura interna do filtro biológico.	31
Figura 10 - Cama de cultivo do jambu (<i>A. oleracea</i>) e sistema de entrada e drenagem da solução nutritiva.	33
Figura 11 - Figura esquemática de um sifão de Bell.	34
Figura 12 – a) medidor de oxigênio dissolvido Hanna HI9146; b) medidor de pH Hanna HI8314; c) medidor de temperatura Hanna HI93510; d) disco de secchi; e) medidor de turbidez Hanna modelo HI9828.	35
Figura 13 – Análise de amônia com auxílio do fotômetro Hanna HI 83314.	36
Figura 14 – a) ração comercial extrusada, 32 % de proteína; b) rede de arrastão para camarão; c) régua utilizada para medir o peixe; d) balança digital utilizada para pesar a massa do peixe.	37
Figura 15 – Método de captura do peixe para biometria utilizando rede de arrastão para camarão.	38
Figura 16 – Média dos valores de amônia registrado no grupo controle e experimental, meses antes do início e durante a biometria.	48
Figura 17 – Média mensal do ganho de peso e comprimento do tambaqui durante os meses de biometria.	49

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Valores médios da temperatura registrada entre os meses de maio a agosto de 2022.....	39
Gráfico 2 – Valores médios de oxigênio dissolvido registrado entre os meses de maio a agosto de 2022.....	40
Gráfico 3 – Valores médio do potencial hidrogeniônico (pH) registrado entre maio a agosto de 2022.....	41
Gráfico 4 – Valores médios da transparência registrada entre os meses de maio a agosto de 2022.....	42
Gráfico 5 – Valores médios de amônia registrada entre os meses de maio a agosto de 2022.	43
Gráfico 6 - Valores médios de nitrito registrado entre os meses de maio a agosto de 2022.	44
Gráfico 7 - Valores médios de condutividade registrada entre os meses de maio a agosto de 2022.....	45
Gráfico 8 – Valores médios de peso do tambaqui registrado entre os meses de maio a agosto de 2022.....	46
Gráfico 9 - Valores médios de comprimento do tambaqui registrado entre os meses de maio a agosto de 2022.	47

LISTA DE SIGLAS

ATP	Adenosina Trifosfato
DFT	Desp Film Technique
FAO	Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
SRA	Sistema de Recirculação de Água

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL.....	12
1.1	OBJETIVOS	14
1.1.1	Objetivo Geral	14
1.1.2	Objetivos Específicos	14
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1	Aquicultura	15
2.1.1	Sistema de aquicultura	17
2.1.2	Aquaponia	18
2.1.3	Sistema aquapônico.....	19
2.1.4	Qualidade da água e nutrientes na aquaponia.....	20
2.1.5	Tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>) (Cuvier, 1818).....	22
2.1.6	Jambu (<i>Acmella oleracea</i> L.)	23
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	26
3.1	Localização da área experimental.....	26
3.2	Projeto experimental e Sistema de Aquaponia	28
3.3	Sistema de aeração	30
3.4	SISTEMA DE FILTRAÇÃO	31
3.5	CAIXA DE CULTIVO	32
3.6	Parâmetros da água.....	34
3.7	Parâmetros do peixe	36
3.8	Análise Estatística.....	38
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.1	Parâmetros da água.....	39
4.2	Desenvolvimento do Tambaqui.....	45
5	CONCLUSÃO.....	51
	REFERÊNCIAS.....	52

1 INTRODUÇÃO GERAL

A aquicultura pode ser definida como a reprodução e o crescimento de organismos aquáticos em ambientes controlados, tendo como finalidade o aumento da produção visando suprir as necessidades de alimentos da população (SIQUEIRA, 2017).

Segunda a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, 2022), a produção global de animais aquáticos foi estimada em 178 milhões de toneladas em 2020, sendo cerca de metade oriundo da pesca de captura selvagem (90 milhões de toneladas) e metade da aquicultura (88 milhões de toneladas). Em 2017, os principais grupos de espécies que contribuíram para 75% da produção aquícola mundial incluíram algas marinhas, carpas, bivalves, tilápias e bagres (NAYLOR *et al.*, 2021).

A tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) é uma das espécies mais cultivadas no mundo, devido sua alta capacidade de adaptação a diversos sistemas de cultivos e crescimento rápido. Contudo, a tilápia é uma espécie exótica no Brasil com alto potencial invasor, que pode gerar diversos impactos nos ecossistemas aquáticos (CHARVET *et al.*, 2021).

O tambaqui (*Colossoma macropomum*) (Cuvier, 1818) é o segundo maior peixe de escamas de água doce da América do Sul e vem sendo amplamente difundido em diversas regiões do país e do continente sul-americano devido ao crescimento e desenvolvimento da piscicultura (DAIRIKI *et al.*, 2011; HILSDORF *et al.*, 2021).

O tambaqui destaca-se por seu valor comercial, sendo este muito apreciado na Região Amazônica, vem sendo explorado pela pesca desde o século XIX. Esse peixe tem grande importância na piscicultura continental em todo o Brasil (MORAIS e O'SULLIVAN, 2017).

Para uma produção aquícola eficiente, os peixes cultivados dependem, entre muitos fatores, da qualidade de água e de rações de potencial nutritivo significativo que garantam o desempenho produtivo e a saúde desses animais. Além do desempenho produtivo, o potencial poluente oriundo das rações deve fazer parte das preocupações de piscicultores e fabricantes, visando minimizar a carga de agentes poluentes lançados no ambiente (MARENGONI *et al.*, 2013).

O Sistema de Recirculação de Água (SRA) vem sendo cada vez mais utilizado devido a sua alta capacidade de cultivo de organismos aquáticos em grandes

quantidades com aproveitamento máximo de água e controle total sobre os parâmetros de qualidade de água (YOGEV *et al.*, 2019).

A utilização do cultivo de vegetais integrado com a piscicultura, sistema este conhecido como aquaponia, é aplicado em SRA que além de possibilitar a reutilização da água no sistema, pode ser aproveitada para a produção de hortaliças e retirada de excesso de nutrientes (HUNDLEY, 2013).

O cultivo de herbáceas em sistemas de aquaponia reduz a utilização de mão-de-obra na produção, aumentando o aproveitamento de nutrientes e reduzindo o desperdício de água. O jambu (*Acmella oleracea* L.), quando submetido em cultivo hidropônico, pode absorver maiores quantidades de nitrogênio, intensificando sua produtividade (FARIAS *et al.*, 2011; SILVA, 2016).

Os sistemas de recirculação de água na aquicultura oferecem vantagem pela redução de consumo de água, aumento da densidade de organismos cultivados e aproveitamento dos resíduos nitrogenados (LIMA *et al.*, 2015).

O presente estudo se propôs a estudar a associação de duas espécies nativas da região amazônica (tambaqui e jambu) em sistemas de cultivo fechado por meio da recirculação de água. Para isso, um sistema de aquicultura de recirculação para a produção de tambaqui associada ao cultivo de jambu em aquaponia foi montado de forma experimental para avaliar os resultados da associação na qualidade de água e crescimento dos peixes.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar o crescimento do tambaqui (*Colossoma macropomum*) (Cuvier, 1818) em Sistema de Recirculação de Água associado ao cultivo de jambu (*Acmella oleracea* L.) como possível redutor de amônia.

1.1.2 Objetivos Específicos

Monitorar indicadores bióticos e abióticos de qualidade da água em sistema de recirculação de água com e sem o cultivo do jambu.

Avaliar a taxa de crescimento do tambaqui em função da disponibilidade de amônia em sistemas com e sem associação ao cultivo de jambu.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 AQUICULTURA

A aquicultura surge como alternativa produtiva que pode colaborar com a segurança alimentar da população, especialmente de populações pobres em todo o mundo (BÉNÉ *et al.*, 2016). O crescimento populacional apresenta desafios ao desenvolvimento sustentável, uma vez que pressiona a exploração dos recursos naturais já sobrecarregados. Um dos questionamentos frequentes é como manter o equilíbrio da alta demanda alimentar mediante às mudanças climáticas, à economia e aos recursos naturais (ABREU *et al.*, 2023).

Muitas tecnologias têm contribuído significativamente na produção do pescado, sustentabilidade e redução dos custos de produção (BRANDÃO, 2018). Tecnologias reprodutivas aprimoradas permitiram que produtores fechassem os ciclos de vida das espécies de peixes, desde à alevinagem até a idade reprodutiva promovendo diversificação de espécies na aquicultura (SHEN e YUE, 2022).

A China é o maior produtor de pescado do mundo, tendo produzido 50 milhões de toneladas de animais aquáticos em 2020 ficando à frente de países como: Índia, Indonésia, Vietnã e Bangladesh (SÁ, 2023). Com o aumento significativo da população ao longo dos anos, a demanda pelo pescado também aumentou, com isso a aquicultura desponta como uma atividade viável para garantir a oferta de pescado a nível global (FAO, 2014).

É importante ressaltar que a taxa de conversão de alimento consumido em peso ganho é alta na piscicultura quando comparada a produções de animais terrestres como gado e porco (FRY *et al.*, 2018). Além disso, a pressão sobre a demanda e conversão no uso da terra também são menores quando se compara a aquicultura a produção de outras formas de proteína terrestre (FROELICH *et al.*, 2018).

A sobrepesca é uma problemática mundial que causa impactos diretos na redução da biomassa de peixes, destruição de habitats e mudanças na biodiversidade (ROJAS, 2023). A aquicultura é uma alternativa de manter o consumo do pescado e, minimizar os impactos ao meio ambiente (BÉNÉ *et al.*, 2016). Contudo, a aquicultura deve ser pautada em uma interação harmônica e duradoura entre os ecossistemas e comunidades locais e ser perene no tempo, além disso, deve ser produtiva e lucrativa e com foco no uso racional dos recursos naturais e na preservação do ambiente (BORGES e JIACOMETI, 2023).

A aquicultura brasileira produziu 629.341 toneladas de pescado em 2020, sendo 87,7% desse total resultante da aquicultura continental e outros 12,3% oriundo da pesca marinha. A tilápia do Nilo e o tambaqui (*Colossoma macropomum*) (Cuvier, 1818) são as duas principais espécies de água doce mais cultivadas no Brasil, sendo o tambaqui cultivado nas regiões do Norte, Nordeste e Centro-oeste (ROUTLEDGE *et al.*, 2022).

Em 2013, o tambaqui foi a segunda espécie mais produzida nacionalmente com uma produção de 139,21 mil toneladas, ou seja 29,3% do total nacional (MORAIS e O'SULLIVAN, 2017). A produção do tambaqui além de apresentar bons resultados, é bastante promissora por se tratar de um peixe nativo da Bacia Amazônica, não predador, portanto, com menores demandas de dieta proteica e menor potencial invasor em outras bacias hidrográficas do Brasil (HILSDORF *et al.*, 2021).

Uma das limitações relacionadas ao desenvolvimento das atividades aquícolas estão na geração de águas residuais produzindo compostos azotados (amônia, nitrito e nitrato), fósforo, sólidos e matéria orgânica. Esses nutrientes surgem principalmente como subprodutos da alimentação animal. Enquanto 30% da ração é absorvida pelo organismo dos peixes em produção, 70% não é consumida ou é excretada, contribuindo para o acúmulo de nutrientes em tanques de criação (CARGNIN, 2021).

De acordo com as espécies cultivadas e o tipo de sistema de cultivo adotado na atividade aquícola, os efluentes gerados diferem quanto a qualidade e quantidade de seus componentes. Os alimentos não consumidos e as fezes dos animais contribuem para o aumento da contaminação de viveiros, sendo necessário adotar boas práticas de manejo e monitoramento da qualidade da água (CAMPOS *et al.*, 2008).

Sistemas de cultivo que utilizam filtros biológicos para remoção de elementos tóxicos e cultivos com bioflocos integrando entre esses sistemas à produção de hortaliças são alternativas que amenizam os problemas relacionados à escassez de água e à liberação de efluentes para o meio ambiente natural, através da recirculação de água de boa qualidade (FERRI *et al.*, 2018).

2.1.1 Sistema de aquicultura

Visando a sustentabilidade da atividade aquícola e a escassez de água no mundo, os sistemas de produção em relação ao uso da água podem ser definidos em: **a)** sistema de água parada ou estático, em que não há renovação de água, apenas complementação em caso de perdas por evaporação ou infiltração; **b)** sistema com renovação de água, em que a troca de água acontece periodicamente, geralmente em áreas em que há uma disponibilidade maior de recursos hídricos; e **c)** sistema de recirculação de água, utilizado quando se objetiva produzir um volume elevado de peixes, em locais onde não há grande disponibilidade de área e ou água para o cultivo. O SRA vem sendo bastante empregado na produção de peixes por possibilitar a minimização ou eliminação de lançamento de efluentes da atividade no meio ambiente (EMBRAPA, 2013).

A piscicultura possui diferentes tipos de criação, que varia conforme a espécie criada e condições ambientais. Os sistemas de criação da piscicultura podem ser classificados em: extensivo, semi-intensivo e intensivo. O Sistema extensivo não utiliza de tecnologia, podendo aproveitar poços e tanques já existentes na propriedade (DE FARIA *et al.*, 2013).

Na Amazônia o cultivo extensivo é visto como uma alternativa para famílias de baixa renda, pois as técnicas de manejo são simples e pouco especializadas, o tambaqui é uma espécie que se adapta às condições de cultivo, sendo bastante utilizada em sistemas extensivos. (CAMPOS SOUZA *et al.*, 2021).

No sistema semi-intensivo, o foco é a criação comercial e é comum a criação de várias espécies. O sistema deve possuir controle de escoamento e abastecimento de água, a alimentação é regular e balanceada com ração de qualidade, mantendo a qualidade da água (LIMA *et al.* 2018).

Atualmente, o pirarucu (*Arapaima gigas*) é produzido principalmente em sistemas semi-intensivo, os viveiros são fertilizados para aumentar a produtividade dos organismos planctônicos, que constituem fontes de alimento para o pirarucu durante a primeira fase de crescimento reduzindo os custos de manutenção. O pirarucu também pode ser cultivado em sistemas intensivos, nos quais os peixes são alimentados apenas com ração industrial (HELENA *et al.*, 2013; OLIVEIRA *et al.*, 2023).

No sistema intensivo, os viveiros possuem renovação da água, e aplica-se o monocultivo. Nesse sistema, a alimentação acontece com maior frequência e a ração

possui qualidade superior, aumentando a produtividade da espécie cultivada. Em muitos países a aquicultura intensiva tem destruído a vegetação costeira, tornando o solo salino e poluindo os cursos d'água adjacentes aos cultivos (CAVALCANTE JUNIOR *et al.*, 2021; DA SILVA *et al.*, 2022).

O monocultivo é caracterizado pela criação de apenas uma espécie de peixe em um determinado tanque. Em geral, é utilizado em águas correntes, onde existe limitação de alimento natural e em locais onde não existe oferta de alevinos de diferentes espécies (PAIXÃO FILHO, 2003). Já o policultivo proporciona um melhor aproveitamento da área de cultivo, uma vez que os resíduos gerados por uma espécie podem ser aproveitados por outra, aumentando o crescimento dos animais e a eficiência do sistema (EMBRAPA, 2013).

A policultura enquadra-se nos princípios da aquicultura sustentável, uma vez que visa reduzir o impacto ambiental da atividade através da melhoria da eficiência alimentar e do rendimento do produtor através da criação conjunta de duas ou mais espécies que não competem pelos mesmos recursos alimentares (HENRY-SILVA *et al.*, 2015; MELO *et al.*, 2016).

2.1.2 Aquaponia

Desde o século XII há evidências da aquaponia na América Central e do Sul. Os Astecas criavam pequenas ilhas flutuantes feitas de plantas, denominadas chinampas, junto às quais criavam peixes. Nessa mesma época, os chineses já criavam peixes em arrozais, utilizando o mesmo princípio aquapônico. A aquaponia moderna se difundiu já na segunda metade do século XX, em que se tem indícios de produção de tilápias associada a colheita de plantas (MARTINS, 2017).

A aquaponia é uma atividade sustentável capaz de garantir benefícios para a criação de peixes e de vegetais. Esta integração permite às plantas a utilização de nutrientes provenientes da água do cultivo de peixes, melhorando os parâmetros de qualidade da água no sistema (HUNDLEY e NAVARRO, 2013).

É uma associação de tecnologias agrícolas e de piscicultura intensiva integrados em sistema de recirculação de água com hidroponia. É uma relação simbiótica, de forma que os peixes, através de seus resíduos, fornecem nutrientes para o cultivo de plantas (HEIMBACH *et al.*, 2022).

Essas plantas, por sua vez, removem os metabólitos prejudiciais aos peixes, presentes na água. Este método torna-se sustentável, pois diminui os impactos

ambientais causados pela liberação da água proveniente da criação de peixes em cativeiro para os corpos d'água (MARQUES, 2017).

A aplicação de novas técnicas visando à manutenção da qualidade da água, a sustentabilidade do cultivo e a preservação de recursos hídricos torna-se necessária para o desenvolvimento responsável da aquicultura (FERRI *et al.*, 2018).

A aquaponia prioriza a reutilização total da água, evitando seu desperdício e diminuindo a liberação do efluente no meio ambiente. O volume de água necessário para um sistema de aquaponia é muito baixo se comparado aos sistemas tradicionais de agricultura e aquicultura (LISBÔA, 2019).

Uma vez abastecido e em perfeito funcionamento, um sistema aquapônico pode ficar por tempo indefinido sem a necessidade de troca de água, sendo necessária somente a reposição da água perdida pela evaporação e pelas colheitas. O cultivo de herbáceas em sistemas de aquaponia reduz a utilização de mão-de-obra na produção, aumentando o aproveitamento de nutrientes e reduzindo o desperdício de água (EMBRAPA, 2015).

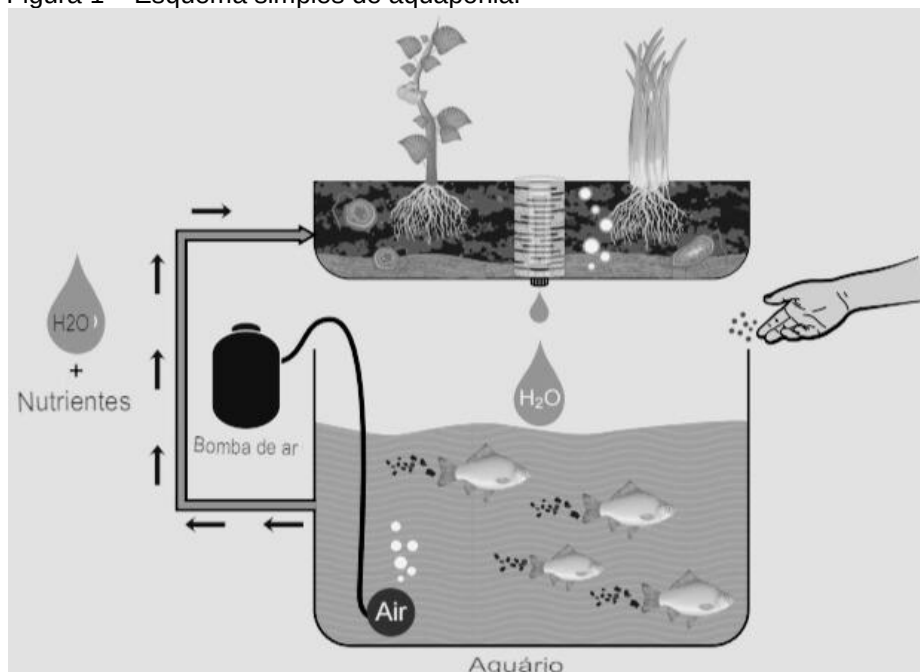
2.1.3 Sistema aquapônico

A aquaponia é um sistema aperfeiçoado de recirculação de água, em que diferentemente do sistema de recirculação convencional (RAS), a unidade de biofiltro utilizado para o processo de nitrificação é substituído por uma unidade hidropônica (

Figura 1). Esse sistema consiste na utilização dos nutrientes dos resíduos dos peixes reciclados para o crescimento das plantas reduzindo os impactos negativos ao ambiente (FERREIRA *et al.*, 2020).

Existem diversos modelos de sistemas aquapônicos, desde pequena escala voltadas para o uso doméstico e modelos de grande escala para fins comerciais (CARNEIRO *et al.*, 2015). Sistemas de produção comercial de pequeno e médio porte vem sendo usados em restaurantes, fazendas agroturísticas, com produções destinadas para comercialização ao consumidor final, assim como, fazendas com produção comercial em larga escala, que fazem uso de equipamentos mais eficientes e tecnológicos, que requerem maior valor de investimento devido à tecnologia empregada e com alto grau de automação do sistema (GUIMARÃES, 2022).

Figura 1 – Esquema simples de aquaponia.



Fonte: adaptado de FAO, 2014.

2.1.4 Qualidade da água e nutrientes na aquaponia

Qualidade da água são todas as características físico-químicas e biológicas da água, que podem desempenhar um papel significativo no crescimento e sobrevivência de qualquer organismo aquático que nela viva. A observação dos parâmetros da água e seu monitoramento em um viveiro de peixes se faz necessário afim de garantir o fornecimento de água de boa qualidade, bem como produtos pesqueiros de excelência para o consumo humano (MASOOD *et al.*, 2023).

Os parâmetros abióticos como temperatura, transparência, oxigênio dissolvido, pH e amônia, fornecem uma série de informações de extrema importância aos sistemas de criação, desde como o ambiente está se comportando até como as possíveis consequências para a produtividade do sistema em função dessa água, (AMARAL *et al.*, 2020).

A baixa qualidade de água na piscicultura pode influenciar na saúde dos peixes, comprometendo seu crescimento e reprodução, bem como inviabilizar muitas vezes o cultivo. Dentre os inúmeros processos relacionados a baixa qualidade da água em

viveiros, destaca-se a amônia por ser o principal produto da excreção dos peixes (FARIAS *et al.*, 2011).

O nitrogênio resultante do metabolismo do peixe e dos restos de alimentos que permanecem nos sistemas de criação é decomposto em amônia por microrganismos heterotróficos presentes na água (HUNDLEY, 2013; SILVA, 2016).

O aumento da amônia em sistemas de criação pode causar degeneração na pele dos peixes, danos às brânquias e aos rins dos animais, além de retardar o crescimento e causar mortalidade desses animais (NASCIMENTO *et al.*, 2020).

A amônia é um composto que resulta do catabolismo de proteínas, sendo encontrada em quantidades baixas no início das criações, quando a biomassa de peixes é pequena (PEREIRA e MERCANTE, 2005). Com o aumento da biomassa de peixes, o nível de amônia aumenta proporcionalmente ao aumento da quantidade de alimento que é fornecido. O controle da qualidade do alimento e da quantidade que é ofertada aos peixes, bem como o controle adequado do fluxo da água, são de fundamental importância para a manutenção da qualidade da água de um sistema artificial de criação (CICIGLIANO, 2009).

É designado o termo “amônia” para a forma não ionizada (NH_3), e íon amônio para a forma ionizada (NH_4^+), e amônia total, ou nitrogênio amoniacal, para a soma das duas primeiras formas (HORDONES, 2022). Altas concentrações do íon amônio podem influenciar na dinâmica do oxigênio dissolvido no sistema de criação de peixes, uma vez que para oxidar 1,0 mg do íon amônio são necessários aproximadamente 4,3 mg de oxigênio, o que, por sua vez, influi sobre a comunidade de peixes. Em pH básico o íon amônio se transforma em amônia (NH_3), que pode ser tóxica para esses organismos (TRUSSEL, 1972).

A amônia na forma não-ionizada (NH_3) e em elevada concentração nos sistemas de criação de peixes pode prejudicar a transformação da energia dos alimentos em adenosina trifosfato (ATP), influenciando nas atividades metabólicas dos peixes. Isso impede a assimilação dos aminoácidos para a formação de proteínas, elemento essencial no crescimento dos animais (CAVERO *et al.*, 2004).

Os valores de NH_3 acima de 0,20 mg/L podem induzir à toxicidade crônica e levar à diminuição do crescimento dos peixes tornando-os mais suscetíveis a doenças. Níveis de amônia entre 0,70 e 2,40 mg/L podem ser letais para os peixes, quando expostos por curto período de tempo (KUBITZA, 1999). Além disso, a amônia pode ser acumulada nos tecidos dos peixes, causando alteração do metabolismo. O

efeito desse acúmulo pode ainda estar relacionado com a perda de equilíbrio, aumento da atividade respiratória, aumentos de batimentos cardíacos e bloqueio de funções vitais (BELLIDO, 2003).

2.1.5 Tambaqui (*Colossoma macropomum*) (Cuvier, 1818)

O tambaqui (Figura 2) é o segundo maior peixe de escamas de água doce da América do Sul e vem sendo amplamente difundido em diversas regiões do país e do continente sul-americano devido ao crescimento e desenvolvimento da piscicultura (HILSDORF *et al.*, 2021). Por questões climáticas, seu cultivo no país se concentra nas regiões Norte, Centro-Oeste e Nordeste do Brasil, onde encontra ampla aceitação pelo mercado (KUBTIZA, 2004; DAIRIKI *et al.*, 2011).

O tambaqui apresenta picos de excreção de amônia influenciado pelo peso corporal e pela temperatura ambiente. O ciclo de produção do tambaqui pode durar de oito a doze meses, para despesca de peixes de um a dois quilos e de doze a dezoito meses para despesca de peixes com mais de dois quilos (CORRÊA, 2018).

O tambaqui pode ser cultivado em todos os sistemas de criação, a duração do ciclo depende da densidade de estocagem, qualidade e tipo de alimento fornecido, quantidade de ração, frequência alimentar, qualidade da água, entre outros (ISMIÑO-ORBE *et al.*, 2003). O tambaqui tem seu crescimento potencializado em condições de ambiente aquecido sugerindo maior aproveitamento e incorporação da proteína (CANTO, 2015).

Figura 2 – Juvenil de tambaqui (*Colossoma macropomum*).



Fonte: Autor (2024)

Espécie de hábito alimentar onívoro, em seu ambiente natural alimenta-se preferencialmente de frutos e semente. Apresentando aspectos zootécnicos interessantes ao cultivo, como: aceitação de ração, rusticidade, adaptabilidade ao cativeiro, além de boa qualidade de carne e alto valor comercial (GARCEZ *et al.*, 2021)

O tambaqui, por ser espécie nativa da Amazônia e amplamente utilizada na piscicultura, desponta como uma espécie promissora para a aquaponia devido a sua rusticidade já comprovada em estudos de diversos aspectos, tais como: recirculação, estresse quanto aos níveis de nitrito, exposição a hipóxia e sobrevivência a diferentes tempos de transporte (HILSDORF *et al.*, 2021; GUIMARÃES, 2022).

2.1.6 Jambu (*Acmella oleracea* L.)

O jambu, também conhecido como agrião-do-pará, agrião-do-norte, agrião-do-brasil, abecedária e jambuassu, é uma planta autóctone da América do Sul (Brasil, Colômbia, Guianas e Venezuela), onde pode ser encontrada cultivada ou subespontânea. Há relatos de seu cultivo também na Índia, na América Central, e em alguns países da Europa (CARDOSO e GARCIA, 1997).

É uma herbácea de pequeno porte com hastes rastejantes e ramificadas, amplamente cultivada como hortaliça na culinária de pratos típicos na região Amazônica (

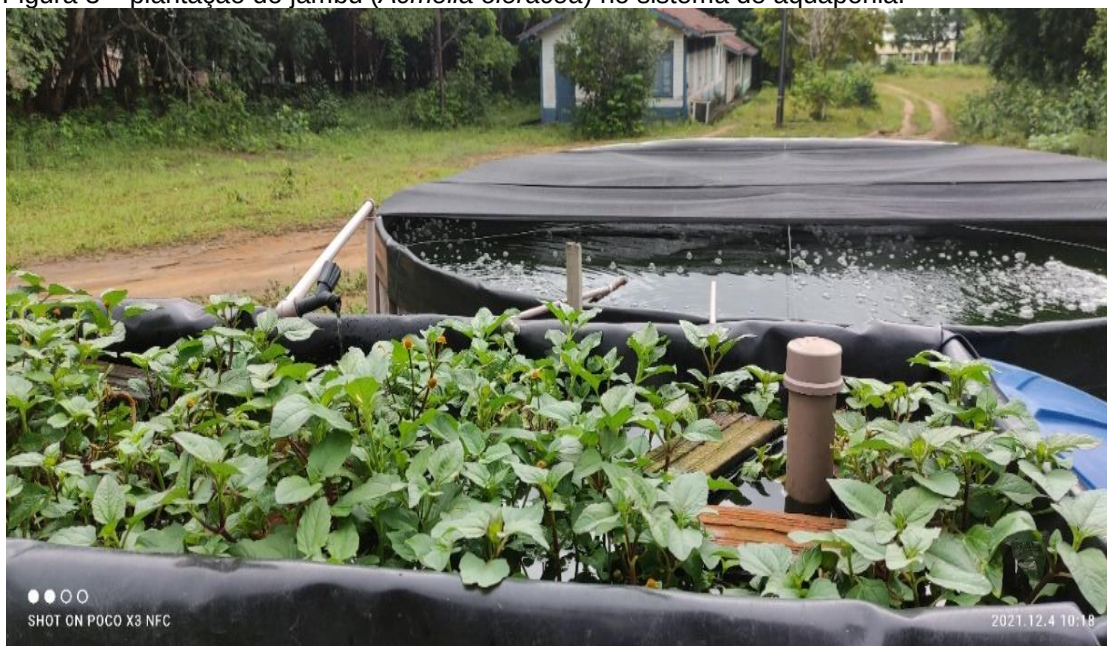
Figura 3). O jambu promove sensação de formigamento e, por isso, a população do Norte do Brasil utiliza o chá de suas folhas no tratamento de males da boca e da garganta (LORENZI e MATOS, 2002).

O jambu tem sido bem documentado pelos seus usos populares como tempero, antibacteriano, antifúngico, antimalárico, e como remédio para dor de dentes, gripe, inseticida, tosses, além de raiva e tuberculose (GILBERT e FAVORETO, 2010).

As inflorescências do jambu apresentam maior concentração do alcaloide sendo a sua exploração como fonte de matéria-prima para uso medicinal e cosmético, potencialmente, mais importante que ramos e folhas (HOMMA *et al.*, 2011).

Em ambientes com teor de compostos nitrogenados elevados o jambu pode ter o seu desenvolvimento acelerado com maior produção de material vegetal e quando submetido em cultivo hidropônico pode absorver maiores quantidades de nitrogênio, intensificando sua produtividade (FARIAS *et al.*, 2011).

Figura 3 – plantação do jambu (*Acmella oleracea*) no sistema de aquaponia.



Fonte: Autor (2024).

O jambu passou a ser cultivado em sistemas hidropônicos no estado do Pará, o qual se encontra em crescimento no estado. Por meio da hidroponia, o vegetal é alimentado por meio de uma solução nutritiva, ou seja, em água onde são dissolvidos os sais contendo todos os nutrientes essenciais à sua sobrevivência e desenvolvimento (ALMEIDA, 2016).

Os cultivos hidropônicos possibilitam a obtenção de produtos de boa qualidade quando comparados aos sistemas convencionais, devido à maior uniformidade na colheita e eficiência no uso da água para fins de irrigação (SILVA *et al.*, 2020).

No cultivo em solo, tanto convencional quanto em sistemas orgânicos, estudos demonstraram maior produtividade e qualidade do jambu devido ao aumento da oferta de nitrogênio através da adubação nitrogenada indicando a importância deste elemento na produção e na qualidade da colheita (SAMPAIO *et al.*, 2021).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O município de Oriximiná, localizado no estado do Pará, pertence à zona fisiográfica do Baixo Amazonas, e microrregião de Óbidos. A sede municipal apresenta as seguintes coordenadas geográficas: 01° 45' 56" S e 55° 51' 58" W. O município ocupa uma área de 107.602,99 Km² e possui uma população estimada em 76.140 habitantes (IBGE, 2022). A sede municipal limita-se ao norte: com a Guiana Francesa e Suriname; ao sul: com o município de Óbidos; a leste: como os municípios de Juruti e Terra Santa; e a oeste: com o município de Faro e o Estado de Roraima (Figura 4).

O município dispõe de grandes cursos d'água, sendo que os principais são os rios: Trombetas, que banha a sede do município pelo lado esquerdo; Amazonas, que delinea a fronteira sul do município; Erepecuru, importante afluente pela margem esquerda e que serve de limite natural com o município de Óbidos; Nhamundá, que serve de limite natural para fronteira do estado do Pará com estado do Amazonas; e Cuminá, importante acesso ao extremo norte do município e a algumas comunidades quilombolas.

Figura 4 – Mapa dos limites geográficos do município de Oriximiná-Pará.



Fonte: <https://orixi.files.wordpress.com/2010/02/mapa-oriximina-com-fronteiras.jpg>

Mantendo as características climáticas da região amazônica, a temperatura do ar é sempre elevada, com média anual de 25,6°C e valores médios para as máximas e mínimas entre 21°C e 22,5°C. Quanto à umidade relativa, esta apresenta valores acima de 80%, em quase todos os meses do ano. A pluviosidade se aproxima dos

2.000 mm anuais. Entretanto é um tanto irregular durante o ano. As estações chuvosas coincidem com os meses de dezembro a junho e, as menos chuvosas, de julho a novembro. Clima tropical úmido, cuja média mensal de temperatura mínima é superior a 18°C. Tem uma estação seca de pequena duração e amplitude térmica inferior a 5°C, entre as médias do mês mais quente e do mês menos quente. O excedente de água no solo, segundo o balanço hídrico, corresponde aos meses de fevereiro a julho, com um excedente de mais de 750 mm, sendo março o mês de maior índice. A deficiência de água se intensifica entre agosto e dezembro, sendo setembro o mês de maior carência, ao se constatar em menos de 90 mm.

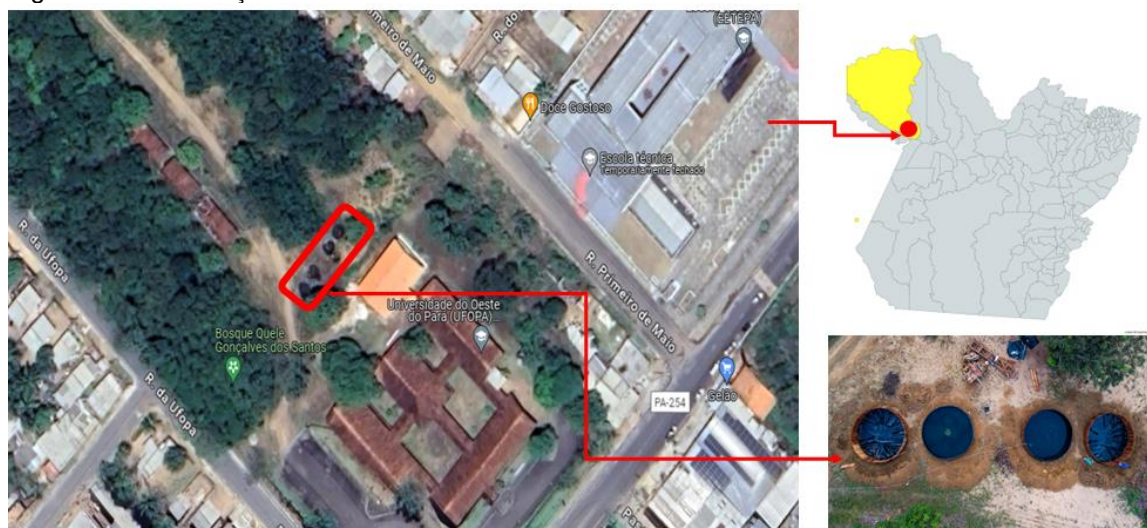
Em 2022, o município de Oriximiná conseguiu produzir apenas 20 toneladas de tambaqui em cativeiros segundo o IBGE. Colocando o município em 55º lugar no ranking estadual de produção. A piscicultura desenvolvida na região é majoritariamente realizada em pequena escala com pouca mão de obra contratada e organização comercial e, portanto, desempenhada para fins de subsistência, pois a principal fonte de renda é oriunda da pecuária e da agricultura.

O método de produção predominante no município é o sistema intensivo de criação em tanque-rede. Priorizando a criação de tambaquis e seus híbridos (tambatinga, tambacu) e pirapitinga (*Piaractus brachypomus*). A ausência de novos modelos de sistemas de criação de organismos aquáticos no município, aumenta a importância deste trabalho para a inovação na região.

3.2 PROJETO EXPERIMENTAL E SISTEMA DE AQUAPONIA

A pesquisa foi realizada no Campus Universitário de Oriximiná-UFOPA, na área destinada para a construção dos tanques (Figura 5).

Figura 5 – Localização da área de estudo.



Fonte: Autor (2024).

Foram construídos quatro tanques elevados utilizando lona de 1000 micras de espessura ou um milímetro, com capacidade para 20 m³ de água e madeira para sustentação das lonas em formato circular (

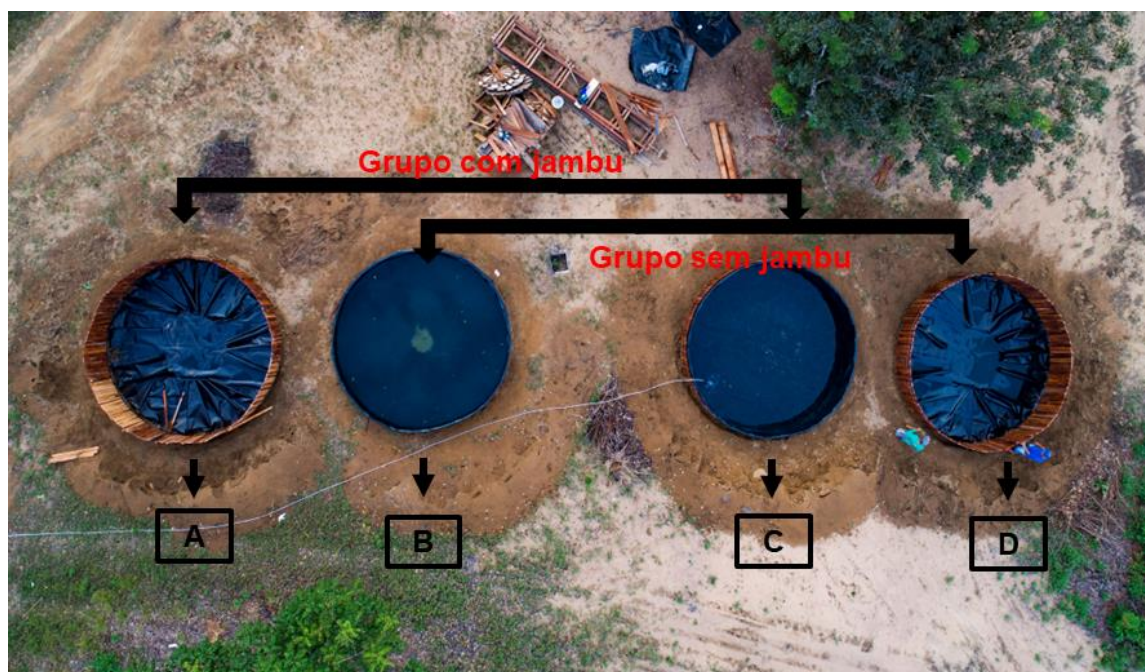
Figura 6). Para facilitar o manejo dos tanques, estes foram identificados com as letras A, B, C e D (Figura 7). Os tanques A e C foram os tanques experimentais que continham o jambu (*Acmella oleracea* L.) associado e os tanques B e D foram os tanques controles ou grupo sem jambu que tinha apenas a recirculação sem hidroponia.

Figura 6 – a) fase inicial de construção dos tanques; b) implantação da caixa de jambu, decantador e filtro biológico; c) mudas de jambu introduzidas nas caixas hidropônicas; d) vista área dos tanques.



Fonte: Autor (2024), Ediego Souza.

Figura 7 – Identificação dos grupos controle e experimental.



Fonte: Autor (2024).

Em junho de 2021, cada tanque foi povoado com 1000 alevinos de tambaqui com idades de aproximadamente um mês oriundos da fazenda Dona Anália Pires, localizada no município de Alenquer – Pará. Em março de 2022 a quantidade de alevinos foi ajustada para 500 indivíduos para cada tanque.

3.3 SISTEMA DE AERAÇÃO

Na aquaponia, a aeração é crucial não apenas pelos peixes, mas também pelas raízes das plantas e pelas bactérias nitrificantes do filtro biológico. Para que a aeração fosse fornecida diretamente na água do tanque de criação dos peixes e também no ambiente de cultivo de vegetais, foi adaptado uma espécie de aerador do tipo “Samuca”

Figura 8. A ferramenta consistia na adaptação de tubos de PVC em formato de “T” conectada a uma bomba d’água. A porta de sucção do equipamento suga o oxigênio do ar que, junto à água, são empurrados para o tanque, o que proporciona a sua aeração.

Figura 8 – Sistema de aeração adaptado com tubo de PVC e bomba d’água.



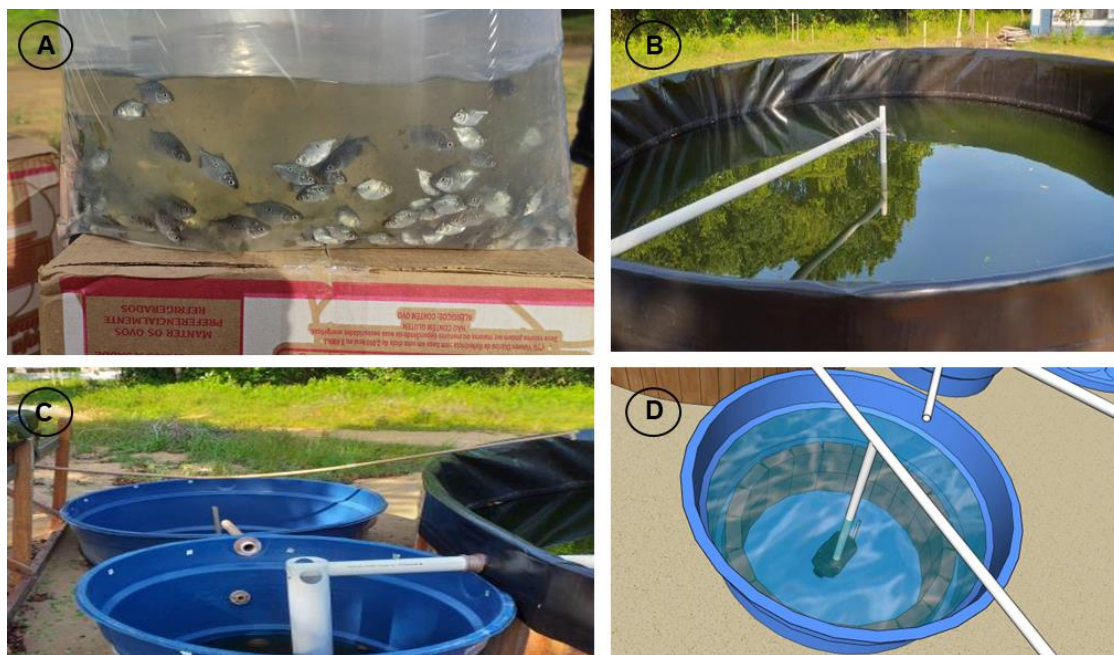
Fonte: Autor (2024).

3.4 SISTEMA DE FILTRAÇÃO

Foram implantados sistemas “overflow” (conexões de tubo plástico em formato de “L” que permitiu retirar os resíduos acumulados no fundo do tanque circular sem a necessidade do uso de bombas). Próxima a saída de cada overflow foi implantado um decantador para retenção de partículas em suspensão e separação do líquido.

Os filtros biológicos foram construídos ao lado dos decantadores. Para a construção dos decantadores foram utilizadas caixa d’agua de 250 litros e para a construção dos filtros biológicos foram utilizadas caixas d’agua de 500 litros preenchidas com tijolos de seis furos para possibilitar a fixação de bactérias nitrificantes (Figura 9).

Figura 9 – a) alevinos de tambaqui; b) sistema overflow; c) caixa de decantação de resíduos; d) estrutura interna do filtro biológico.



Fonte: Autor (2024).

3.5 CAIXA DE CULTIVO

Para testar a hipótese desse estudo, sobre a absorção da amônia, foram acopladas em cada tanque do grupo experimental, uma caixa de cultivo com as seguintes medidas: 1,48 m x 0,65 m x 0,20 m. Com capacidade para aproximadamente 92 litros de água contendo jambu (*Acmella oleracea*) sobre a superfície. A caixa de cultivo recebeu a água proveniente do filtro biológico através de bombas d'água instaladas nos e com sistema mecânico de gotejamento de água, a cada 20 minutos eram descarregados 92 litros de água tratados nos tanques do grupo experimental.

Foi adotado para o cultivo de jambu um sistema similar ao sistema Desp film technique (DFT) ou cultivo na água ou "floating": em que a solução nutritiva forma uma lâmina profunda (5 a 20 cm) na qual as raízes ficam submersas (

Figura 10). A solução nutritiva circula por meio de um sistema de entrada e drenagem característico.

Figura 10 - Cama de cultivo do jambu (*A. oleracea*) e sistema de entrada e drenagem da solução nutritiva.



Fonte: Autor (2024).

Na aquaponia, é importante que as raízes das plantas passem por um período rápido de alagamento para que possa haver tempo de absorção de nutrientes na cama de cultivo, e outro período rápido de drenagem, permitindo a respiração das mesmas. Essa ação foi implantada por um sifão de Bell (

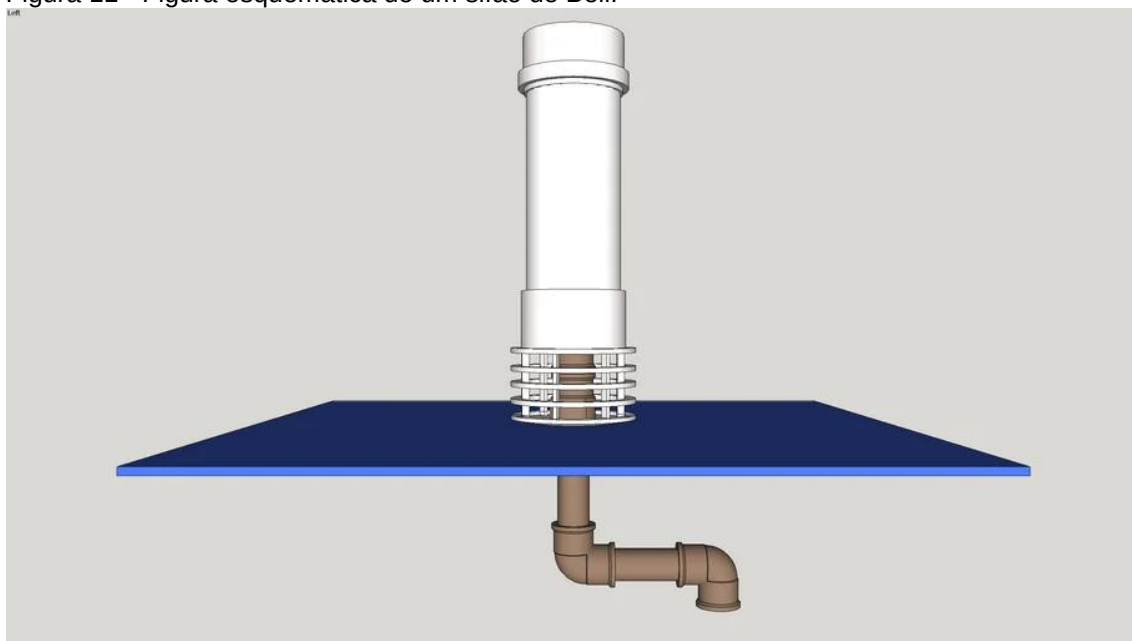
Figura 11).

Os sifões são capazes de transportar líquidos de cotas maiores para cotas menores, passando por um ponto mais alto. Começa a funcionar quando a gravidade puxa a coluna de água do lado de fora para baixo, criando uma diferença de pressão que direciona o fluxo para dentro do cano, dando continuidade ao ciclo até que todo o fluído no interior do recipiente mais elevado seja transferido.

A diferença de pressão entre os pontos considerados na mangueira é igual ao produto da massa específica da água, da aceleração da gravidade e do desnível das superfícies da água nos dois recipientes. Para cada caixa de cultivo foi inserido um

sifão de Bell para que houvesse o controle de fluídos da caixa para o tanque de criação.

Figura 11 - Figura esquemática de um sifão de Bell.



Fonte: <https://3dwarehouse.sketchup.com/model/ua1c8b151-4d32-491c-9f1c-2892fdd5d776/Sif%C3%A3o-Bell-Affnan?hl=pt-BR>

3.6 PARÂMETROS DA ÁGUA

Os parâmetros físico-químicos devem ser monitorados para que os nutrientes possam ser absorvidos pelas plantas bem como o desempenho zootécnico do peixe. As análises para mensurar oxigênio, pH, temperatura, transparência e turbidez foram realizadas na superfície da água, no período da tarde utilizando os respectivos instrumentos: oxímetro, pHmetro, termômetro, disco de secchi e turbidímetro (

Figura 12). As coletas foram realizadas semanalmente nos tanques controles e experimentais entre os meses de maio e julho de 2022.

Figura 12 – a) medidor de oxigênio dissolvido Hanna HI9146; b) medidor de pH Hanna HI8314; c) medidor de temperatura Hanna HI93510; d) disco de secchi; e) medidor de turbidez Hanna modelo HI9828.



Fonte: Autor (2024).

Para as análises de amônia e nitrito, foram usados frascos de coletas de polipropileno de 100 ml. As amostras eram coletadas na superfície da água, identificadas e encaminhadas para o laboratório, analisadas através de fotometria com auxílio do fotômetro Hanna 83314, seguindo todas as recomendações do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (

Figura 13). As coletas de água foram realizadas no período da tarde a cada 15 dias entre os meses de maio a julho de 2022.

Figura 13 – Análise de amônia com auxílio do fotômetro Hanna HI 83314.



Fonte: Autor (2024).

3.7 PARÂMETROS DO PEIXE

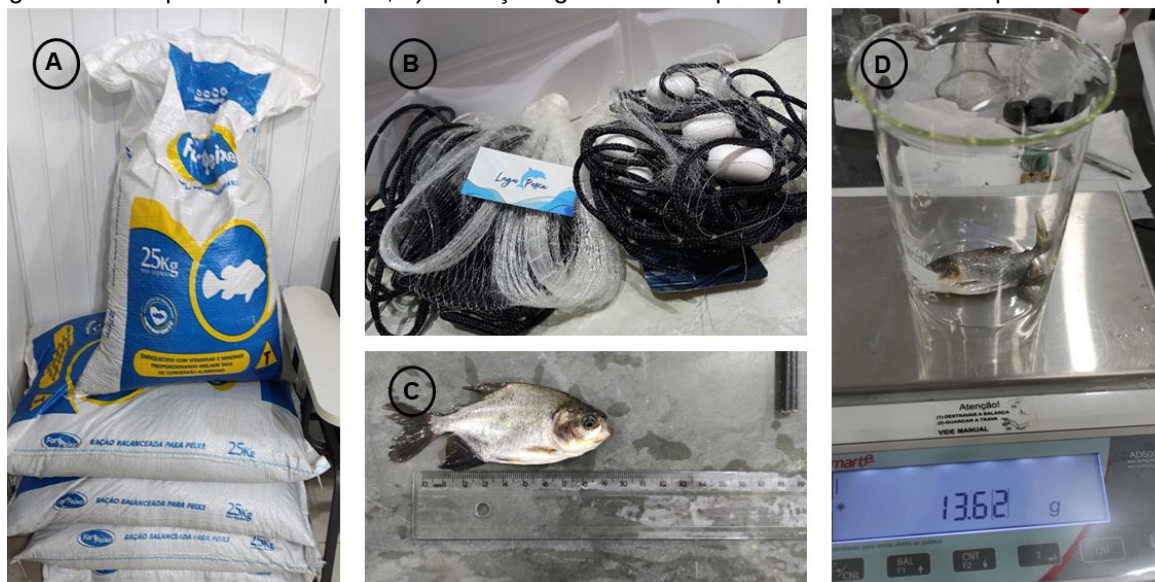
O alimento foi ofertado duas vezes ao dia baseado no cálculo da biomassa total, não excedendo 4% do peso total, sendo realizado ajustes a cada 15 dias ou a

cada biometria realizada nos tanques. Esta metodologia seguiu padrões aplicados por LIMA (2013). A ração utilizada no experimento foi a ração comercial extrusada à base de 32% de proteína nos tanques controles e nos tanques experimentais (Figura 14).

A primeira coleta de amostras para a biometria de peixes aconteceu na segunda quinzena do mês de maio do ano de 2022, com a coleta de 25 animais aleatório por tanque, correspondendo a 5% do total de indivíduos, encerrando-se na primeira quinzena do mês de agosto do ano de 2022. Totalizando seis biometrias ao longo desse período.

A captura do peixe consistia na utilização de rede de arrasto para camarão medindo 3 cm de malha inteira (Figura 15). Os peixes foram pesados em uma balança digital e medidos com a utilização de régua para avaliação do desempenho de crescimento.

Figura 14 – a) ração comercial extrusada, 32 % de proteína; b) rede de arrastão para camarão; c) régua utilizada para medir o peixe; d) balança digital utilizada para pesar a massa do peixe.



Fonte: Autor (2024).

A biometria envolveu cerca de 700 registros para posterior análise dos dados. Todos os indivíduos eram devolvidos para seus respectivos tanques de origem após o registro de peso e comprimento.

Figura 15 – Método de captura do peixe para biometria utilizando rede de arrastão para camarão.



Fonte: Autor (2024).

3.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Todos os dados incluindo dados de qualidade de água e biometria dos peixes, foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk e homocedasticidade das variâncias pelo teste de Levene. Posteriormente, utilizou-se o teste t-Student para amostras independentes, com o propósito de comparar as médias de qualidade de água, peso e comprimento dos peixes observados nos tanques experimentais (com jambu) e tanques controle. Foi utilizado o programa GraphPad Prism 6 for Windows®.

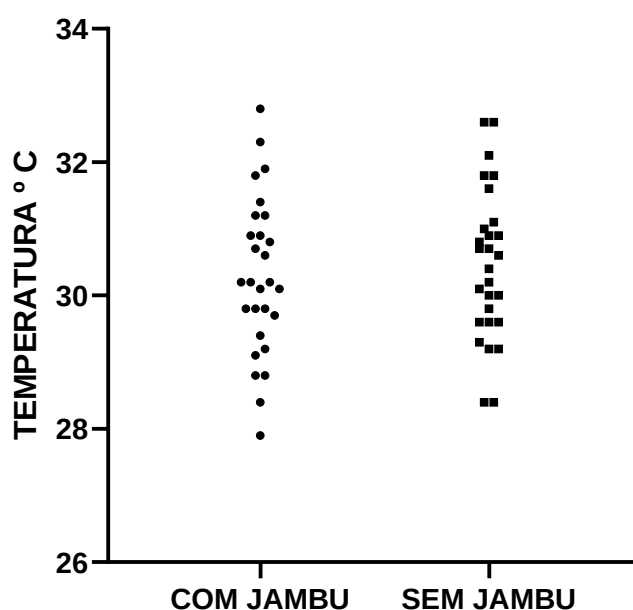
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 PARÂMETROS DA ÁGUA

A temperatura, o oxigênio dissolvido, o pH e a transparência, apresentaram valores médios aceitáveis para os cultivos de peixes e plantas.

A temperatura da água submersa obteve média na faixa de $30,2 \pm 1,1$ e $30,4 \pm 1,1$ °C nos tanques com jambu e nos tanques sem jambu respectivamente (Gráfico 1). A temperatura do tanque estava dentro da faixa ideal para a criação do tambaqui, onde a faixa de 25 a 32 °C é considerada ótima para o crescimento do peixe (NASCIMENTO *et al.*, 2020). As pequenas variações de temperatura observadas nas diferentes medições do tanque podem ser atribuídas a variação da transparência da água, em que a temperatura pode variar de 2 a 4 °C em tanques com 1 metro de profundidade com transparência de 20 a 25 cm (LEIRA *et al.*, 2017).

Gráfico 1 – Valores médios da temperatura registrada entre os meses de maio a agosto de 2022.



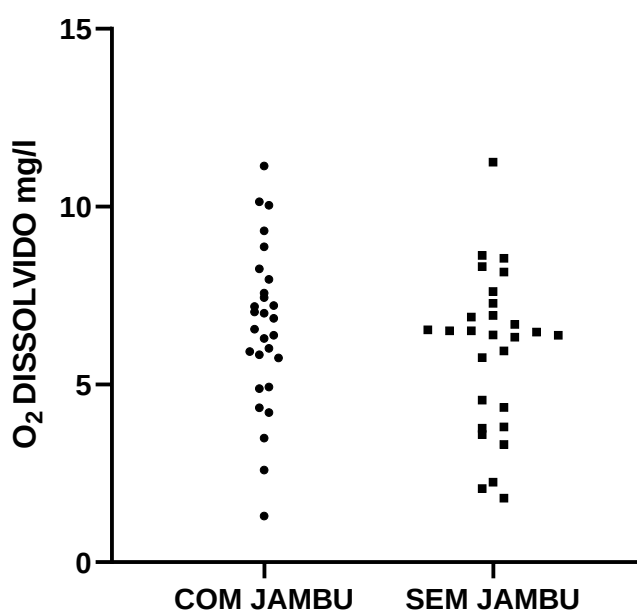
Fonte: Dados da pesquisa

O oxigênio dissolvido (OD), para esse estudo, apresentou médias de $6,5 \pm 2,2$ mg/l, e $5,9 \pm 2,2$ mg/l. Pelo menos 5,0 mg/l de OD devem ser fornecidos para suprir peixes e plantas no sistema de recirculação (Gráfico 2). Para o cultivo de peixes tropicais e especificamente para o tambaqui, esses resultados estão dentro dos valores esperados. Valores entre 1 e 5 mg/l, os peixes sobrevivem com a redução da sua taxa de crescimento e valores inferiores a 1 mg/l, pode ser letal, quando os

animais são expostos por tempo prolongado (OSTRENSKI e BOEGER, 1998; SOUZA, 2021).

A falta ou a baixa concentração de oxigênio prejudica a respiração celular, podendo levar o tambaqui a morte, embora apresente uma adaptação morfológica quando exposto a hipóxia. As oscilações encontradas nos teores de O.D. na água podem ter sido influenciadas pela transparência, temperatura e quantidade de substâncias dissolvidas.

Gráfico 2 – Valores médios de oxigênio dissolvido registrado entre os meses de maio a agosto de 2022.

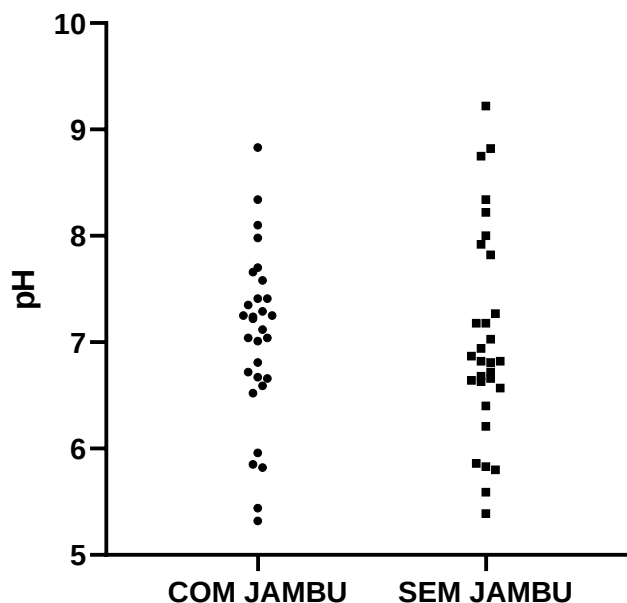


Fonte: Dados da pesquisa.

O aumento da temperatura eleva o consumo de OD pelos peixes e resulta em sua diminuição na água. No início da manhã, os valores de OD aumentam e as maiores taxas podem ser encontradas no período da tarde em razão da fotossíntese realizada pelo fitoplâncton, enquanto a noite as concentrações de OD são baixas devido à interrupção do processo de fotossíntese e podem atingir níveis críticos durante a madrugada (RODRIGUES *et al.*, 2013; FARIA *et al.*, 2013; SOUSA *et al.*, 2016; LEIRA *et al.*, 2017).

O potencial hidrogeniônico (pH), influencia os demais parâmetros de qualidade de água e no sistema aquapônico deve ser mantido entre valores de 6,4 a 7,4. Sendo esses valores toleráveis para todos os três componentes do sistema (peixes, plantas e bactérias nitrificantes).

Gráfico 3 – Valores médio do potencial hidrogeniônico (pH) registrado entre maio a agosto de 2022.



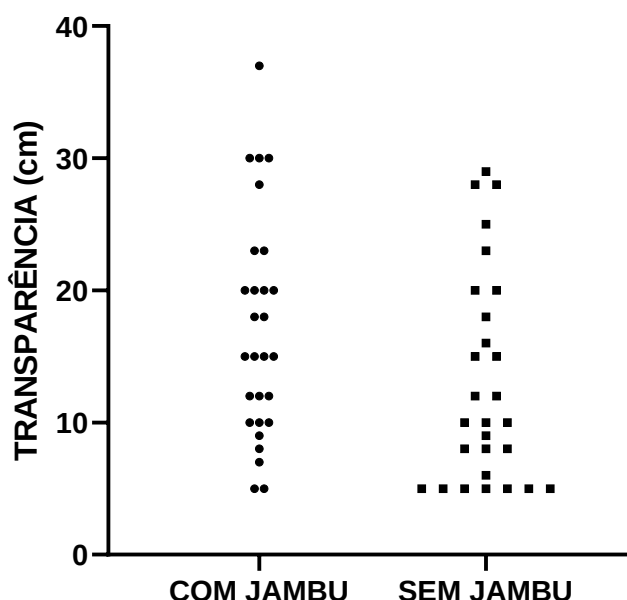
Fonte: Dados da pesquisa.

Os valores médios mensurados neste estudo apresentaram médias de $7,0 \pm 0,8$ e $7,0 \pm 0,9$, estiveram dentro do ideal para o cultivo, não sendo prejudicial para os animais e o vegetal (SALLENAVE, 2016) (Gráfico 3). O bom desenvolvimento do tambaqui situa-se com pH em torno de 4,0 a 6,5, em decorrência de sua tolerância relativa ao ambiente de água ácida com estratégias adaptativas que envolvem ajustes hematológicos, regulação iônica e produção de muco (NASCIMENTO, 2020).

Observou-se que a média de transparência mensurado nos tanques com jambu foi de $17,04 \pm 8,4$ cm de profundidade e $13,04 \pm 7,99$ cm de profundidade nos tanques sem jambu (

Gráfico 4). Esses resultados não afetaram o teor de O.D. na água, o que pode ser atribuído a constante oxigenação realizada a partir dos aeradores presentes no tanque. Altas faixas de transparência podem representar a baixa produtividade primária do fitoplâncton, implicando na produção de alimentos de origem natural para o desenvolvimento dos peixes (LEIRA *et al.*, 2017).

Gráfico 4 – Valores médios da transparência registrada entre os meses de maio a agosto de 2022.



Fonte: Dados da pesquisa.

A profundidade do disco de Secchi adotável para o equilíbrio dos plânctons está em torno de 20 a 40 cm. As medidas inferiores a faixa mínima podem resultar na falta de OD durante a noite em razão da ausência de luz para a fotossíntese, sendo o fitoplâncton apenas consumidor de oxigênio e produtor de gás carbônico nesse período. Para determinar a transparência ideal da água para a piscicultura, deve-se levar em consideração os diversos fatores que podem interferir nesse parâmetro, como a profundidade e a turbidez (RODRIGUES *et al.*, 2013).

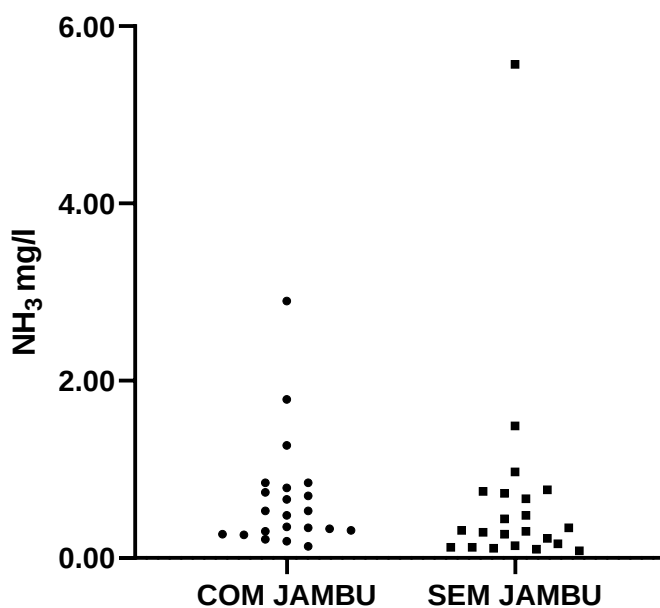
Os valores para amônia, nitrito e condutividade elétrica apresentaram médias acima do padrão estabelecido para criação de peixes.

A associação com jambu não foi suficiente para remover nutrientes da água residual dos sistemas de produção, especialmente amônia (média de $0,65 \pm 1,15$ mg/l nos tanques sem jambu e $0,67 \pm 0,63$ mg/l nos tanques com jambu) que não diferiram entre os tanques ($t = 0,056$; $gl = 42$; $p = 0,955$) (

Gráfico 5).

Por tanto não apresentou valores adequados para piscicultura, visto que o peixe submetido a exposição contínua ou frequente a concentrações de amônia tóxica acima de 0,02 mg/l pode causar intensa irritação e inflamação nas brânquias e com isso comprometer a produção (PEREIRA e MERCANTE, 2005; MORO *et al.*, 2013).

Gráfico 5 – Valores médios de amônia registrada entre os meses de maio a agosto de 2022.



Fonte: Dados da pesquisa.

Contudo, com o aumento da temperatura e do pH elevam-se as concentrações de amônia, de modo que, acima de 0,15 mg/l, são suficientes para induzir toxicidade levando a uma diminuição do crescimento e da resistência às doenças (FARIA *et al.*, 2013).

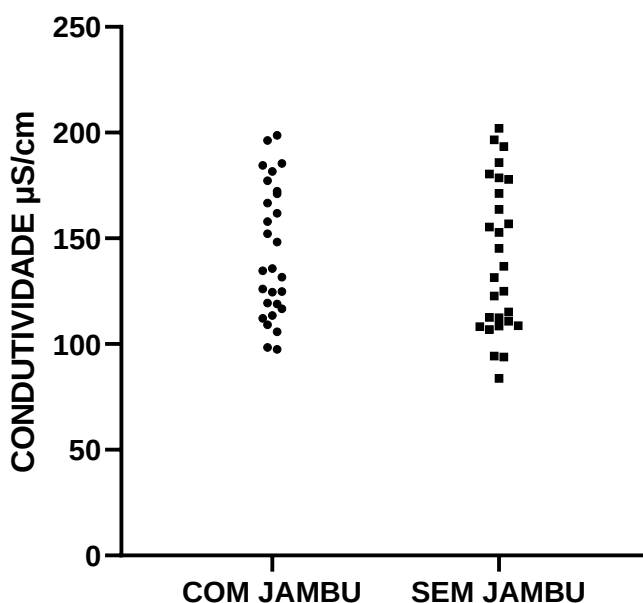
Níveis de amônia acima de 3,0 mg/l, podem ser letais para os peixes, quando expostos por curto período de exposição contínua ou frequente (AIUB, 2012; RODRIGUES *et al.*, 2013; AZEVEDO; LIMA *et al.*, 2013).

Foram registradas médias de concentrações de nitrito acima de 2 mg/l nos tanques controles e nos tanques experimentais (

Valores acima de 1,9 mg/l de amônia, foram encontrados em tanques com sistema de recirculação de água mantido com filtros biológicos e sistema de aeração para criação de alevinos de tambaqui. Por ser uma espécie que tem como características a tolerância à baixa concentração de oxigênio dissolvido, variações de pH, altas concentrações de amônia e nitrito, o tambaqui é favorável à adaptação ao sistema (LIMA *et al.*, 2019; WOYNÁROVICH e ANROOY, 2019).

Para condutividade elétrica (CE), obtivemos média de $143,7 \pm 31,31 \mu\text{S/cm}$ nos tanques com jambu e $140,4 \pm 35,42 \mu\text{S/cm}$ nos tanques sem jambu (Gráfico 7). O Conselho Nacional de Meio Ambiente, por meio da Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005 (BRASIL, 2005), estabelece que a CE não deve ultrapassar $100 \mu\text{S/cm}$ para piscicultura.

Gráfico 7 - Valores médios de condutividade registrada entre os meses de maio a agosto de 2022.



Fonte: Dados da pesquisa.

A alta desses valores pode estar associada ao aumento da matéria orgânica na água, proveniente das excretas dos peixes e resto de ração não consumida, contribuindo para o acúmulo de íons no ambiente de cultivo (ITUASSU *et al.*, 2004).

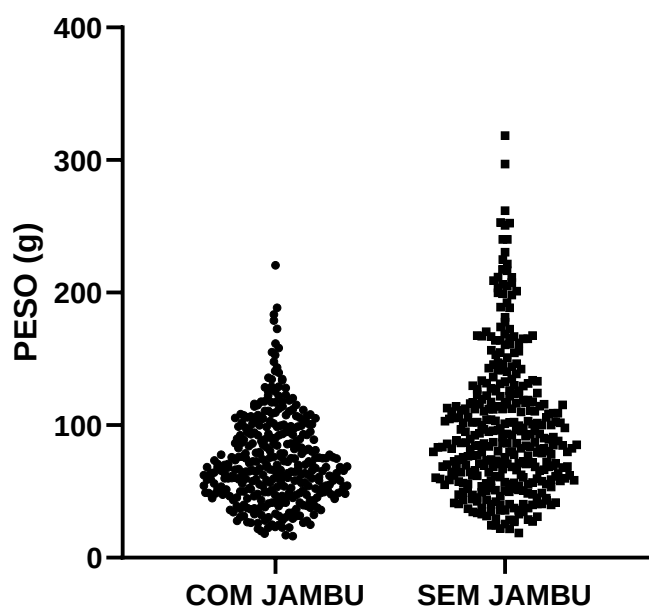
4.2 DESENVOLVIMENTO DO TAMBAQUI

A avaliação do desempenho zootécnico do tambaqui é o principal fator para determinar a eficiência na produção em sistema de recirculação associado a

hidroponia. A observação contínua desses parâmetros contribui para um melhor controle da produção e minimização de possíveis erros durante o cultivo.

Assim, os peixes do grupo experimental obtiveram um menor ganho de peso médio de $72,7 \pm 33,01$ g em comparação aos peixes do grupo controle $97,85 \pm 52,11$ g no período do experimento ($t = 7,608$; $gl = 698$; $p < 0,05$) (Gráfico 8).

Gráfico 8 – Valores médios de peso do tambaqui registrado entre os meses de maio a agosto de 2022.



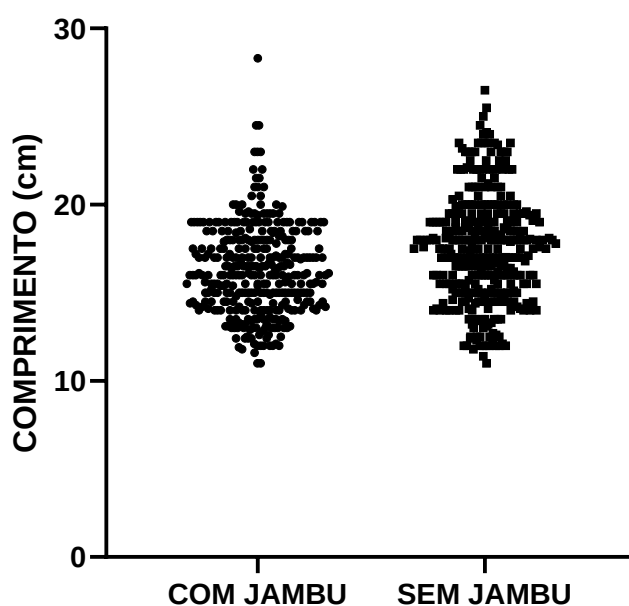
Fonte: Dados da pesquisa.

Os peixes do grupo experimental também obtiveram um menor comprimento médio de $16,23 \pm 2,52$ cm e comparação aos peixes do grupo controle $17,49 \pm 3,05$ cm em 90 dias de cultivo ($t = 5,929$; $gl = 698$; $p < 0,05$), com 95% de sobrevivência (

Gráfico 9).

BRABO *et al.*, 2016, obtiveram em um experimento similar, um ganho de peso de 50,0 g ao final de 3 meses para o tambaqui cultivado em tanque-rede. O estudo mostra a utilidade desse tipo de produção, pois mesmo ambos se tratando de sistema intensivo, no sistema de recirculação, os animais não tinham acesso a alimento natural, como no caso do sistema de tanque-rede.

Gráfico 9 - Valores médios de comprimento do tambaqui registrado entre os meses de maio a agosto de 2022.



Fonte: Dados da pesquisa.

O peso final dos animais foi inferior ao observado por CUNHA e SANTOS JÚNIOR, (2011), em um experimento que manteve a mesma proporção de densidade de estocagem em um período de quatro meses. O crescimento em peso é um importante variável que deve ser monitorada e considerada para manter a taxa de alimentação ótima (SILVA e FUJIMOTO, 2015).

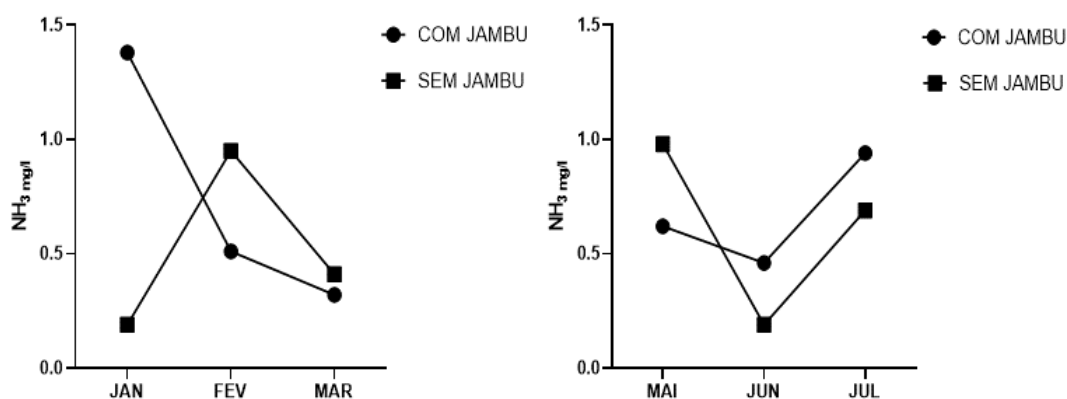
O baixo desempenho na produtividade do tambaqui nos tanques experimentais e controle pode estar interligado com a baixa disponibilidade de oxigênio durante a noite nos tanques, submetendo os animais ao efeito de hipóxia. LAMÊGO, (2001), obteve taxas de 0,7 e 1 mg/l de oxigênio dissolvido durante as noites em tanques de criação de alevinos de tambaqui que tiveram sistemas de aeração desligados. Tendo diferença de ganho de massa ao final do experimento em comparação aos tanques em que as taxas de oxigênio ideais foram mantidas.

O acúmulo interno de amônia pode ser um problema particular para peixes endêmicos da Amazônia, pois geralmente são mais sensíveis à toxicidade da amônia do que espécies de outras regiões, talvez porque evoluíram em águas mais ácidas, onde as concentrações de NH_3 seriam baixas (WOOD *et al.*, 2018).

Durante os meses que antecederam o início da biometria nos tanques (Figura 16), é possível identificar uma variação da amônia entre os meses de janeiro a março com flutuações, tendo o grupo tratado com jambu alcançado o valor máximo de 1,38 mg/l de NH_3 e valor mínimo de 0,32 mg/l de NH_3 .

Durante a coleta de amostras de peixes para peso e altura, o grupo tratado com jambu obteve o valor máximo de amônia igual a 0,94mg/l e valor mínimo igual a 0,46 mg/l.

Figura 16 – Média dos valores de amônia registrado no grupo controle e experimental, meses antes do início e durante a biometria.



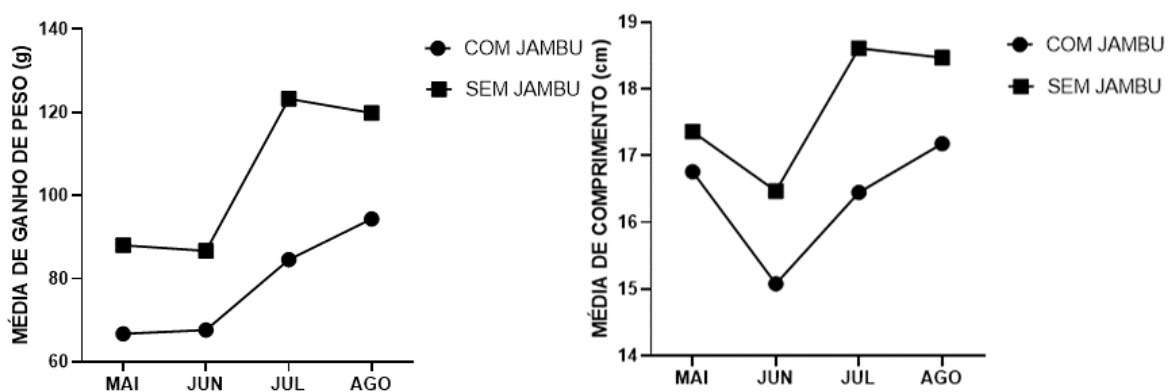
Fonte: Dados da pesquisa.

GUIMARÃES (2022), realizou um estudo com diferentes densidades de coentro (*Coriandrum sativum* L.) associado com criação de tambaqui em sistema de aquaponia para redução de amônia, encontrando menores valores de NH_3 para maiores densidades de coentro, uma redução significativa em relação a outras densidades.

SOUZA (2022), realizou um estudo com diferentes densidades de muda do tomate cereja (*Solanum lycopersicon* L.) associado com criação de tambaqui em sistema de aquaponia e obteve valores aceitáveis de amônia para o desenvolvimento do peixe para densidades mais elevadas do vegetal.

Durante a coleta de dados biométricos, foi possível acompanhar (Figura 17), maior desempenho produtivo nos peixes dos tanques sem jambu. Tendo ambos os tratamentos uma ligeira queda na média de crescimento no mês de junho. Nesse mesmo mês, houve queda nos valores de amônia para os dois grupos.

Figura 17 – Média mensal do ganho de peso e comprimento do tambaqui durante os meses de biometria.



Fonte: Dados da pesquisa.

JESUS (2022), realizou um estudo utilizando cebolinha (*Allium fistulosum* L.) associado à criação de tambaqui em sistema aquapônico, verificando que os parâmetros de desempenho zootécnico do animal foram eficientes quanto ao seu crescimento e ganho de massa.

5 CONCLUSÃO

Embora os parâmetros: temperatura, pH, oxigênio dissolvido e transparência estivessem dentro do ideal necessário para produção do tambaqui, os níveis de amônia e nitrato não foram satisfatórios para o desenvolvimento adequado do peixe.

A recria de tambaquis em sistema de recirculação com hidroponia neste trabalho, obteve um desempenho zootécnico inferior ao de tambaquis criados em tanques-rede ou em viveiros, sendo necessário novos estudos com densidades menores de estocagem nesse sistema intensivo de criação.

Os resultados observados neste experimento, permitiu concluir que o cultivo do tambaqui na fase de recria em Sistema de Recirculação de Água (SRA) associado a hidroponia é possível, porém, é necessário utilizar outras espécies de vegetais para avaliar a capacidade de absorção de amônia no sistema.

A criação de tambaqui em sistema de recirculação em alta densidade, não apresentou resultados satisfatórios em relação a produção da espécie quando associado ao jambu.

REFERÊNCIAS

ABREU, W. F. de, SILVA, K. C. L. da, BARBAS, L. A. L., & ROCHA, C. A. M. da. (2023). **Estudo Prospectivo Sobre a Aplicação da Biorremediação na Aquicultura**. *Cadernos De Prospecção*, 16(1), 262–277. <https://doi.org/10.9771/cp.v16i1.49089>

ALMEIDA, P. C. **Diferentes métodos de cultivo hidropônicos e seus manejos**. In: ENCONTRO, 11; E SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROPONIA, 3. Anais. Florianópolis, 2016.

AMARAL, M. A. do, MORAES, R. S., SILVA, W. P. da, ALBUQUERQUE, D. M., HONORATO, C. A., & NEU, D. H. (2020). **Qualidade de água como alicerce para a produção sustentável de peixes à pequenos produtores**. *Revista on Line De Extensão E Cultura - RealizAção*, 7(13), 131–144. <https://doi.org/10.30612/realizacao.v7i13.11387>

BELLIDO, N. **Tratamento de efluentes contendo amônia**. 2003. 103 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Materiais e Metalurgia) - PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2003.

BÉNÉ, Christophe; ARTHUR, Robert; NORBURY, Hannah; ALLISON, Edward H.; BEVERIDGE, Malcolm; BUSH, Simon; CAMPLING, Liam; LESCHEN, Will; LITTLE, David; SQUIRES, Dale. **Contribution of Fisheries and Aquaculture to Food Security and Poverty Reduction: assessing the current evidence**. World Development, [S.L.], v. 79, p. 177-196, mar. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.worlddev.2015.11.007>.

BORGES, F. de F.; JIACOMETI, V. **CERTIFICAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE DA AQUICULTURA: uma análise de mercado com consumidores**. *Ciência & Tecnologia*, [S. l.], v. 15, n. 1, p. e1516, 2023. DOI: 10.52138/citec.v15i1.268. Disponível em: <https://citec.fatecjab.edu.br/index.php/citec/article/view/268>. Acesso em: 16 out. 2023.

BRABO, M. F.; VERAS, G. C.; CAMPELO, D. A. V.; PAIXÃO, D. J. M. R.; COSTA, M. W. M. **Piscicultura no estado do Pará: planejamento e estratégias de produção**. Bragança/Pará: Cartilha, 2016.

BRANDÃO, C.S. **Perspectivas do desenvolvimento da piscicultura no Brasil: um enfoque na produção de tilápias nos últimos dez anos**. TCC (Bacharel em Ciências Econômicas) – Universidade Federal da Bahia. Salvador, p.58.2018. Disponível em: <http://repositorio.ufba.br/ri/handle/ri/25945>. Acesso em: 19 fev. 2024.

BRASIL, Resolução CONAMA nº357, de 17 de março de 2005. **Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional**. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcd_a_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf. Acesso em: 26 abr. 2024.

CAMPELO, D. A. V; SOUZA, M. L. R; MOURA, L. B. **Addition of different tuna meal levels to pizza dough**. Brazilian Journal of Food Technology, V. 20, Campinas, 2017.

CAMPOS SOUSA, P.H., M. De L. SOUZA SANTOS, R.A. LOBÃO SOUZA, V.A. DOS SANTOS, R. MACHADO SANTOS, and A.L. De LIMA SARAIVA. **"Influência Da Substituição Da Proteína Animal Na Qualidade Da água Em Viveiros Do Tambaqui Colossoma Macropomum (Cuvier, 1818)." Archivos De Zootecnia** 70.271 (2021): 252-58. Disponível em: <https://www.uco.es/ucopress/az/index.php/az/article/view/5506/3446>. Acesso em: 22 nov. 2023.

CAMPOS, A. A. de B.; MAIA, E. de P.; COSTA, W. de M.; BRITO, L. O.; GALVEZ, A. O. **QUALIDADE DA ÁGUA EM FAZENDA DE CAMARÃO MARINHO Litopenaeus vannamei COM SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO PARCIAL**. Ciência Animal Brasileira / Brazilian Animal Science, Goiânia, v. 9, n. 4, p. 819–826, 2008. DOI: 10.5216/cab.v9i4.522. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/vet/article/view/522>. Acesso em: 17 nov. 2023.

CANTO, M. A. O; **Efeitos da adição do fruto de *Myrciaria dubia* em dieta hiperproteica no crescimento do *Colossoma macropomum* submetido a exercício físico em ambiente aquecido**. Dissertação de Mestrado em Biociências, Universidade Federal do Oeste do Pará, Oriximiná-Pará, 2015.

CARBALLO, E.; EER, A. V.; SCHIE, T. V.; HILBRANDS, A. **Piscicultura de água doce em pequena escala**. Fundação Agromisa e CTA, Digigraf, Wageningen, 2008. 8 p.

CARDOSO, M.O.; GARCIA, L.C. Jambu (*Spilanthus oleracea* L.). In: CARDOSO, M.O. (Coord.) Hortaliças não convencionais da Amazônia. Ed. EMBRAPA-SPI, Brasília & EMBRAPA-CPAA, Manaus, p.136-139, 1997.

CARGNIN, JMR; JOÃO, JJ. **Remoção de nutrientes das águas residuais da aquicultura: uma revisão**. Revista Ambiente & Água, v. 6, pág. e2747, 2021.

CARNEIRO, P. C. F.; MORAIS, C. A. R. S.; NUNES, M. U. C.; MARIA, A. N.; FUJIMOTO, R. Y. Produção integrada de peixes e vegetais em aquaponia. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, doc. 189. 2015. 27 p.

CAVALCANTE JÚNIOR, Valdemar, ANDRADE, Leilamara do N.; BEZERRA, Leiliana N. **Reúso de água em um sistema integrado com peixes, sedimentação, ostras e macroalgas.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 9, p. 118–122, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/ZCwcJk8cprjBF5LrBr5CnsH/?lang=pt#>. Acesso em: 23 nov. 2023.

CAVERO, B. A. S., PEREIRA-FILHO, M., BORDINHON, A. M., Fonseca, F. A. L. da., ITUASSÚ, D. R., ROUBACH, R., & ONO, E. A. (2004). **Tolerância de juvenis de pirarucu ao aumento da concentração de amônia em ambiente confinado.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, 39(Pesq. agropec. bras., 2004 39(5)), 513–516.

CHARVET, P.; OCCHI, T. V. T.; FARIA, L.; CARVALHO, B.; PEDROSO, C.R.; CARNEIRO, L.; FREITAS, M.; PETRERE-JUNIOR, M.; VITULE, J.R.S. **A criação de tilápia ameaça as águas do Brasil.** Science, v.371, 356-356, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/science.abg1346>. Acesso em: 19 fev. 2024.

CHEN, S.C; TIMMONS, M.B; ANESHANSLEY, D. J; BISOGNI, J.J.Jr. (1993) **Suspended solids characteristics from recirculating systems and design implications.** Aquaculture, 112; 143-155.

CICIGLIANO, G. D. **Avaliação da Qualidade de Água em Piscicultura com Sistema de Cultivo em Tanques-Rede no Município de Santa Fé do Sul – São Paulo.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Sal Paulo, 2009.

COELHO, YK da S.; TROMBETA, TD; BRABO, MF; ZACARDI, DM Piscicultura no Baixo Amazonas: aspectos socioeconômicos, tecnológicos e produtivos. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, [S. l.], v. 11, pág. e73891110598, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i11.10598. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/10598>. Acesso em: 4 abr. 2024.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Ministério do Meio Ambiente; Resolução Nº 357/05 - **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.** Brasília (Brasil): Ministério do Meio Ambiente; 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 25 jan. 2024.

CORRÊA, R.O; SOUSA, A. R.B; MARTINS JUNIOR, H. **Criação de tambaquis**. Embrapa, Brasília, 2018.

CUNHA, V. V., & SANTOS JÚNIOR, A. (2011). **Crescimento de juvenis de tambaqui, Colossoma macropomum (Cuvier, 1818), em tanque-rede com diferentes densidades populacionais em JI-Paraná, RO**. Revista Amazônia: Ciência & Desenvolvimento, 6(12), 185-193.

DA SILVA, C.; OLIVEIRA FABRETTI, M.; FERRAREZI JUNIOR, E. **PISCICULTURA: manejo e viabilidade**. Revista Interface Tecnológica, [S. l.], v. 19, n. 1, p. 210–222, 2022. DOI: 10.31510/inf. v19i1.1349. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/1349>. Acesso em: 22 nov. 2023.

DAIRIK, J. & SILVA, T. B. A. **Revisão de literatura: exigências nutricionais do tambaqui—compilação de trabalhos, formulação de ração adequada e desafios futuros**. – Manaus: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária EMBRAPA Amazônia Ocidental, 2011.44 p. - (Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos; 91).

DE FARIA, R. H. S., MORAIS, M., DE SOUZA SORANNA, M. R. G., & SALLUM, W. B. Criação de peixes em viveiros. **Brasília. Codevasf**, p. 54-65, 2013.

EMBRAPA. **Integrar criação de peixes com hortaliças economiza 90% de água e elimina químicos**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2767622/integrar-criacao-de-peixes-com-hortalicas-economiza-90-de-agua-e-elimina-quimicos>. Acesso em 14 de nov. 2019.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2014a). **The state of world fisheries and aquaculture: opportunities and challenges**. Roma: FAO.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2014b). **Fishery and aquaculture statistics 2012**. Roma: FAO yearbook.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 - Meeting the sustainable development goals**. Rome. 2018.

FAO. 2014. **Small-scale aquaponic food production. Integrated fish and plantfarming**. 288 p. Rome, Italy. 2014.

FAO. 2022. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation**. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0461en>

FARIAS, V. D. S; SOUZA, G. T; GUSMÃO, S. A. L; SAMPAIO, I. M. G; CASTRO, L. N. Teores de Minerais em Diferentes Variedades de Jambú Conduzidas em Solo e Hidropônia NFT em Belém-Pará. *Horticultura Brasileira*, v.29, nº2. 2011

FERREIRA, L. P; MERCANTE, C. T. J. **A Amônia nos Sistemas de Criação de Peixes e Seus Efeitos sobre a Qualidade de Água. Uma Revisão**. B. Inst. Pesca. V. 31, São Paulo, 2005, p. 81-88.

FERREIRA, M., de OLIVEIRA BELINTANO, A. L., ITATI KREUTZ, F., APARECIDO MESSIAS, E., RODRIGUES IBANHEZ, J., & de OLIVEIRA GUILHERME, D. (2020). **Sistema de aquaponia em escada: um estudo de caso**. *Pubvet*, 14(01). <https://doi.org/10.31533/pubvet.v14n1a500.1-9>

FERRI, L.S; ROCHA, W.S; BRAZ FILHO, M.S.P. **Tendências e tecnologias sustentáveis na aquicultura: recirculação, aquaponia e bioflocos**. Incaper em Revista, Vitória, v.9, p. 66-78, jan/dez 2018. Disponível em: <https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/123456789/3375/1/tendenciasetecnologias sustentaveis na aquicultura-rocha.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2023.

FROEHLICH, Halley E.; RUNGE, Claire A.; GENTRY, Rebecca R.; GAINES, Steven D.; HALPERN, Benjamin S. **Comparative terrestrial feed and land use of an aquaculture-dominant world**. *Proceedings Of The National Academy Of Sciences*, [S.L.], v. 115, n. 20, p. 5295-5300, 30 abr. 2018. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1801692115>.

FRY, Jillian P; A MAILLOUX, Nicholas; LOVE, David C; MILLI, Michael C; CAO, Ling. **Feed conversion efficiency in aquaculture: do we measure it correctly?** *Environmental Research Letters*, [S.L.], v. 13, n. 2, p. 024017, 1 fev. 2018. IOP Publishing. <http://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/aaa273>.

GARCEZ, JR.; NÓBREGA, VSL da.; TORRES, T.P.; SIGNOR, AA Cultivo de tambaqui (*Colossoma macropomum*) em tanques-rede: Aspectos técnicos. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, [S. l.], v. 8, pág. e45810817560, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i8.17560. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/17560>. Acesso em: 31 mar. 2024.

GILBERT, Benjamin; FAVORETO, Rita. *Acmella oleracea* (L.) R. K. Jansen (Asteraceae) – **Jambu**. *Revista Fitos*, [S.l.], v. 5, n. 1, p. 83-91, 2010.

GUIMARÃES, R.Q. **AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE COENTRO (*Coriandrum sativum* L.) EM SISTEMAS DE AQUAPONIA COM TAMBAQUI (*Colossoma macropomum*) Cuvier 1818**. Dissertação (Mestrado). Programa de PÓS-GRADUAÇÃO em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais (PPGARAT), Campus Universitário de Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém, 2022. p. 62

HEIMBACH, N.S; FERREIRA, M.W; STRADIOTTO, M.M; ABREU, A.P.N; SILVA, D.C.A; DOMINGOS, M.C. **Aquaponia como alternativa de sustentabilidade para organismos aquáticos**. Revista Eletrônica de Extensão. Florianópolis, v. 19, n. 43, p. 136-143, 2022.

HENRY-SILVA, GG, MAIA, CSP; MOURA, RST. **Cultivo multitrófico integrado de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e camarão amazônico (*Macrobrachium amazonicum*) em água salobra**. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 67, n. 1, pág. 265–273, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abmvz/a/3Tnc8b9xttQvLqgZhZDkbPM/?lang=en#>. Acesso em: 23 nov. 2023.

HILSDORF, Alexandre Wagner Silva; HALLERMAN, Eric; VALLADÃO, Gustavo Moraes Ramos; ZAMINHAN-HASSEMER, Micheli; HASHIMOTO, Diogo Teruo; DAIRIKI, Jony Koji; TAKAHASHI, Leonardo Susumu; ALBERGARIA, Francielly Corrêa; GOMES, Maria Emília de Sousa; VENTURIERI, Rossana Luiza Leite. **The farming and husbandry of *Colossoma macropomum*: from amazonian waters to sustainable production**. Reviews In Aquaculture, [S.L.], v. 14, n. 2, p. 993-1027, 25 nov. 2021. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/raq.12638>.

HOMMA, A. K. O; SANCHES, R. da S; MENEZES, A. J. E. A. de; GUSMÃO, S. A. L. de. **Etnocultivo do jambu para abastecimento da cidade de Belém, estado do Pará**. Amazônia: Ciência & Desenvolvimento, Belém, PA, v. 6, n. 12, p. 125-141, jan./jun. 2011.

HORDONES, Nayara Cristina de Oliveira. **Avaliação da qualidade da água por meio de Índices Numéricos: Um estudo de caso do córrego Brejo Alegre em Araguari (MG)**. 2022. 126 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2022. DOI <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2022.558>.

HUNDLEY, G. C. **Aquaponia, uma experiência com tilápia (*Oreochromis niloticus*), manjerição (*Ocimum basilicum*) e manjerona (*Origanum majorana*) em sistemas de recirculação de água e nutrientes**. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade de Brasília – UnB, Brasília, 2013.

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

IBGE, **Produção da Pecuária Municipal 2022**; Rio de Janeiro: IBGE, 2023.

Disponível em:

<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/oriximina/pesquisa/18/16459?indicador=16509&tipo=ranking&ano=2022>. Acesso em 4 de abr. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **CENSO 2022**.

Disponível em:

https://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo_Demografico_2022/Previa_da_Populacao/POP_2022_Municipios.pdf>. Acesso em: 3 abr. 2023.

ISMIÑO, R; ARAUJO-LIMA, C. **EFFECTO DEL AMONÍACO SOBRE EL CRECIMIENTO DE LA GAMITANA *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818)**. Folia Amazónica, v.13, p.1-2, 2002.

ISMIÑO-ORBE, R. A; ARAUJO-LIMA, C. A. R; GOMES, L. C. **Excreção de Amônia por Tambaqui (*Colossoma macropomum*) de acordo com variações na Temperatura da Água e massa do peixe**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 38, nº 10, Brasília, p. 1243-1247, 2003.

ITUASSU, D. R.; SANTOS, G. R. S.; ROUBACH, R.; PEREIRA-FILHO, M. **Desenvolvimento de tambaqui submetido a períodos de privação alimentar**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 39, p. 1199-1203, 2004.

IZEL-SILVA, Judá. **Criação intensiva de tambaqui (*Colossoma macropomum*) em viveiros escavados sem renovação de água e em dois regimes de aeração**. Dissertação (Pós-Graduação em Aquicultura) – Universidade Nilton Lins e Instituto de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2016.

JESUS, A.R.B. **CULTIVO DE TAMBAQUI (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1818) INTEGRADO A PRODUÇÃO DE CEBOLINHA (*Allium fistulosum* L.) TCC** (Bacharel em Engenharia de Pesca) – Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém, p.35. 2022.

JORDÃO, E.P & PESSÔA, C.A. (1995). **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 3ª ed. ABES-RJ, 682p.

KUBITZA, F. 1999 **Qualidade da água na produção de peixes**. 3. ed. Jundiaí: Degaspari. 97p.

KUBTIZA, F. 2004 **Coletânea de informações aplicadas ao cultivo do tambaqui, do pacu e de outros peixes redondos**. Panorama da Aquicultura, 14: 27-39.

LAZZARI, R; RADÜNZ NETO, J; CORRÊIA, V; VEIVERBERG, G. T. B; EMANUELLI, T; RIBEIRO, C. P. **Densidade de Estocagem no Crescimento, Composição e Perfil Lipídico Corporal do Jundiá**. Ciência Rural, v. 41, nº4, p. 712-718, Santa Maria, 2011.

LEIRA, M. H.; CUNHA, L. T.; BRAZ, M. S.; MELO, C. C. V.; BOTELHO, H. A.; REGHIM, L. S. **Qualidade da Água e seu Uso em Pisciculturas**. Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 11, n. 1, p. 11-17, 2017.

LEKANG, Odd-Ivar; KLEPPE, Helge. **Efficiency of nitrification in trickling filters using different filter media**. Aquacultural engineering, v. 21, n. 3, p. 181-199, 2000.

LIMA, A. F; SILVA, A. P; RODRIGUES, A. P. O; BERGAMIN, G. T; TORATI, L. S; PEDROZA FILHO, M. X; MACIEL, P. O; **Manejo Alimentar: Piscicultura Familiar**. EMBRAPA, 2013.

LIMA, A.F. **Sistemas de produção de peixes**. In: RODRIGUES, A. P. O. LIMA, A. F. ALVES, A. L. ROSA, D. K. TORATI, L. S. SANTOS, V. R. V. dos. (Ed.). Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimentos. Brasília, DF: Embrapa, 2013. p. 97-108. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1082280>. Acesso em: 18 nov. 2023.

LISBÔA, S. M. F. **Aquaponia superintensiva: tratamento e reúso de água**. 2019. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas, 2019.

LOURENÇO, J.N.P; MALTA, J.C.O; SOUZA, F.N. **A importância de monitorar a qualidade da água na piscicultura**. Embrapa, nº 5, dez 99, p. 1-4.

MARENGONI, N.G; MOTA, F.L. S; GOMES, R.B; BASÍLIO, F.F. F; OLIVEIRA, N.T. E; OGAWA, M. **Qualidade física e química da água em sistema fechado de recirculação durante o cultivo de juvenis de tilápia-do-Nilo**. Londrina, 2013. Vol.34, pp.927-934.

MARQUES, E. A. T. **Piscicultura e sistema de wetland construída no semiárido: características e potencialidades.** 2017.

MARTINS, C. I. M.; EDING, E. H.; SCHNEIDER, O.; RASMUSSEN, R.; OLESEN, B.; PLESNER, L.; VERRETH, J. A. J. **Recirculation aquaculture systems in Europe.** Oostende: CONSENSUS, 2005. 31 p. (CONSENSUS Working Group 3. Recirculation systems). Scientific report.

MARTINS, C. I. M.; EDING, E. P.; VERRETH, J. A. J. **The effect of recirculating aquaculture systems on the concentrations of heavy metals in culture water and tissues of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*.** Food Chemistry, v. 126, n. 3, p. 1001-1005, jun. 2011.

MARTINS, P. AQUAPONIA, **uma novidade na educação ambiental.** ambientalMENTEsustentable xaneiro-decembro do 2017, ano XII, vol. I, núm. 23-24, páxinas: 101-106. Disponível em: https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/22384/AS_23-24_2017_art_8.pdf?sequence=3&isAllowed=y. Acesso em: 4 dez. 2023.

MASOOD, Z., HASAN, Z.; GUL, H. **Monitoramento da qualidade da água do lago para melhorar a produção de *Labeo rohita* (Hamilton, 1822) no Incubatório de Peixes Bannu do distrito de Bannu, província de Khyber Pakhtunkhwa; Implicações para a piscicultura artificial.** Revista Brasileira de Biologia, v. 83, p. e245197, 2023.
Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjb/a/cmKqrbqsf9p68MhYbztnvdb/?lang=en#>. Acesso em: 11 dez. 2023.

MELO, E.P; OSHIRO, L.M.Y; FUGIMURA, M.M.S; COSTA, T.V; FLOR, H.R; SANT'ANA, N.F. **MONOCULTIVO E POLICULTIVO DO CAMARÃO *Litopenaeus schmitti* E DO PARATIMUGIL *curema* EM SISTEMA DE BIOFLOCOS E ÁGUA CLARA.** Bol. Inst. Pesca, São Paulo, 42(3): 532-547, 2016. Disponível em: <https://institutodepesca.org/index.php/bip/article/view/1156/1134>. Acesso em 23 nov. 2023.

MORAIS, I.S., O'SULLIVAN, F.L.A.; **Biologia, habitat e cultivo do tambaqui *Colossoma macropomum* (CUVIER, 1816).** Scientia Amazonia, v. 6, n. 1, 81-93, 2017. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1060929>. Acesso em: 19 fev. 2024.

MORO, G. V., TORATI, L. S., & LUIZ, D. B. (2013). **Monitoramento e manejo da qualidade da água em piscicultura. In: Piscicultura de água doce: Multiplicando conhecimentos.** Brasília-DF: Embrapa, p. 440

NASCIMENTO, L.T; MALATO, B.V; GOMES, P.W.P; MELO E SILVA, T; MURIBECA, A.J.B; GOMES, P.W.P. **Qualidade da água para produção de *Colossoma macropomum* (Serrasalminidae) em Salvaterra, Estado do Pará.** Biota Amazônia, Macapá, v. 10, n. 3, p. 12-15, 2020.

NAYLOR, RL, HARDY, RW, BUSCHMANN, AH *et al.* **Uma revisão retrospectiva de 20 anos da aquicultura global.** *Natureza* **591**, 551–563 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03308-6>

OLIVEIRA, Hyago Jovane Borges de, LIMA, Adriana Ferreira; LAPA, Lorhane Caroline Ferreira da. **Efeito do consumo de alimentos naturais na primeira fase de crescimento do pirarucu em viveiros e tanques-rede.** Acta Amazônica, v. 53, n. 1, pág. 32–41, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aa/a/SSxwxrFj87ndCkjys7SyxFv/?lang=en#>. Acesso em: 23 nov. 2023.

OSTRENSKI, A.; BOERGER, W. **Piscicultura: Fundamentos e Técnicas de Manejo.** Guaíba a: Liv. Edit. Agropecuária Ltda, 1998. 211 p.

PAIXÃO FILHO, M. **Piscicultura no Maranhão em água doce: situação atual e perspectivas de crescimento futuro.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, 2003.

PAULINO, C.L. **PLANEJAMENTO E GESTÃO URBANA: Um Estudo Sobre a Efetividade do Plano Diretor em Oriximiná-PA.** Dissertação (Mestre em Geografia) – Universidade Federal de Rondônia. Porto Velho, p.150. 2015.

PEREIRA, Lilian Paulo Faria; MERCANTE, Cacilda Thais Janson. A amônia nos sistemas de criação de peixes e seus efeitos sobre a qualidade da água. Uma revisão. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 31, n. 1, p. 81-88, 2005.

ROJAS, RRR; **“IMPACTO ECONÓMICO DA SOBRESPESCA POR CRESCIMENTO DA PESCA INDUSTRIAL DO ANCHOVA (*Engraulis ringens*), DURANTE O PERÍODO 2000 – 2019.** TCC (Curso de Engenharia de Pesca) –, Faculdade de Pesca, Universidade Nacional Agrária La Molina, Lima, p.105, 2023.

ROUTLEDGE, E. A. B.; VIEIRA, F. do N.; CAVALLI, R. O.; VALENTI, W. C.; POLEJACK, A. **A Plataforma de tecnologia e inovação em aquicultura: uma contribuição para a década da ciência oceânica no Brasil.** PARCERIAS ESTRATÉGICAS, v. 27, n. 52, p. 61-76, 2022.

RUSSEL, R.P. 1972 **The percent un-ionized ammonia in aqueous ammonia solutions at different pH level and temperatures.** J. Fish. Res. Board Can., 29:10

SÁ, Marcelo. **Limnocultura: limnologia para aquicultura** / Marcelo Sá. – 2. ed. rev. e ampl. – São Paulo: Blucher, 2023. 346p.

SALLENAVE, R. **Important Water Quality Parameters in Aquaponics Systems.** Circular 680, - aces.nmsu.edu. 2016.

Sampaio, IMG; da Silva Júnior, ML; de Moraes Palha Bittencourt, RF; dos Santos, GAM; de Souza Lemos Neto, H. **Produção e qualidade pós-colheita de jambu em hidroponia sob aplicação de nitrogênio em solução nutritiva**¹. *Rev. Agro.* **2021** , 52 , 1–8.

SILVA, A. S. **Caracterização da microbiota presente em biofiltros em sistemas de recirculação para aquicultura.** 2016. 51 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia, Duque de Caxias, 2016.

SILVA, C. A., & FUJIMOTO, R. Y. (2015). **Crescimento de tambaqui em resposta a densidade de estocagem em tanque-rede.** *Acta Amazonica*, 45(3), 323-332.

SILVA, C. E. V; **Montagem e Operação de um Sistema de Aquaponia: Um Estudo de Caso de Agricultura Urbana para a Produção de Jundiá (*Rhamdia quelen*) Tilápia (*Oreochromis niloticus*) e Alface (*Lactuca sativa*).** Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Engenharia de Aquicultura. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

SILVA, I. F.; SILVA, R. D. L.; BORGES, L. S.; CASAIS, L. K. N.; LIMA, M. S. S.; NUNES, K. N. M.; PEREIRA JUNIOR, A. S.; MEDEIROS, M. B. C. L. **Teor de clorofila e produtividade do jambu sob cultivo hidropônico e solo em diferentes períodos.** *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, v.11, n.4, p.386-394, 2020. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.004.0031>

SILVA, L.A.P. **Efeito da hipóxia periódica sobre o ganho de peso de alevinos de tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) (serrasalminidae): Ajustes Fisiológicos.** Dissertação de Mestrado. Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia/Universidade do Amazonas. Manaus, p. 60. 2001. Disponível em: <https://repositorio.inpa.gov.br/handle/1/11423>. Acesso em: 28 abr. 2024.

SILVA, Raniell Ribeiro da; BEZERRA, Vitor Alves; MELO, José Douglas G; **Desempenho zootécnico de Tilápia Imperial Gif criadas em sistemas de Bioflocos sob diferentes densidades.** Research, Society and Development, v.11, n.9, 2022.

SILVA, U. J; SOUSA, P. G; ECKARDT, M; SILVA, N. A. **Qualidade de Água na Criação de Tambaqui: Um Estudo de Caso.** Tocantins, 2015.

SILVA, V.K; FERREIRA, M.W; LOGATO, P.V.S. **Qualidade da água na Piscicultura.** Boletim acadêmico, UFLA 2014.

SINHA, A. K; LIEW, H. J; DIRICX, M; BLUST, R; BOECK, G. **The Interactive Effects of Ammonia Exposure, Nutritional, Status and Exercise on Metabolic and Physiological Responses and Gold Fish (*Carassius auratus L.*).** Aquatic Toxicology, v.109, p.33-46, 2012.

SIQUEIRA, T. V. **Aquicultura: A nova fronteira para aumentar a produção mundial de alimentos de forma sustentável.** Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. N.17, p. 54, Brasília, 2017.

SOUZA, J. N; **PRODUÇÃO DE MUDAS TOMATE-CEREJA (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) EM SISTEMA AQUAPÔNICO COM TAMBAQUI (*Colossoma macropomum*, CUVIER, 1818).** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Engenharia de Pesca, Campus Universitário de Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém, 2022.p.42

TYSON, R.V.; SIMONNE, E.H.; DANIELLE, D. **Treadwell reconciling pH for ammonia biofiltration and yielding a recirculating aquaponic system with perlite biofilters.** Hortscience, v.43, n.3, p.719-724, 2008

WOOD, CM, Gonzalez, RJ, Ferreira, MS et al. **A fisiologia do Tambaqui (*Colossoma macropomum*) em pH 8,0.** J Comp Physiol B 188, 393–408 (2018). <https://doi.org/10.1007/s00360-017-1137-y>

WOYNÁROVICH, A., VAN ANROOY, R. **Field guide to the culture of tambaqui (*Colossoma macropomum*, Cuvier, 1816).** FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper (624), I-121.2019.

YUE, K; SHEN, Y; (2022) **An overview of disruptive technologies for aquaculture,** Aquaculture and Fisheries, 7, 111-120.

ZELAYA, O.; BOYD et al. **Effects of water Recirculation on Water Quality and Botton Soil in Aquaculture Pond.** In:EIGHTEENTH ANNUAL TECHNICAL REPORT, PONDS DYNAMICS/AQUACULTURE CRSP. Oregon 2001.