

Scientific Electronic Archives

Issue ID: Sci. Elec. Arch. Vol. 15 (2)

February 2022

DOI: <http://dx.doi.org/10.36560/15220221510>

Article link: <https://sea.ufr.edu.br/SEA/article/view/1510>



Qualidade limnológica da água em ambiente de criação de tambaqui em tanques-rede no reservatório da Usina Hidrelétrica de Tucuruí

Limnological water quality in tambaqui cage culture in rural reservoir in the Tucuruí Hydroelectric Power

Corresponding author

Sandro Dan Tatagiba

Instituto Federal do Pará

sandrodantatagiba@yahoo.com.br

Suzy Simône da Silva

Instituto Federal do Pará

Thaís Azevedo Cardoso

Instituto Federal do Pará

Mary Helen Pestana da Costa

Instituto Federal do Pará

Renan Lopes de Aguiar

Chácara Água Azul

Resumo. O sistema de criação em tanques-rede é considerado uma das formas mais intensivas de cultivo praticado atualmente e tem se tornado popular devido ao fácil manejo e a possibilidade de aproveitamento de ambientes aquáticos já existentes. Entretanto, este tipo de atividade pode comprometer a qualidade da água. Assim, o objetivo deste trabalho foi de investigar as propriedades químicas e físicas da água em ambiente de criação de tambaqui em tanques-rede no reservatório da Usina Hidrelétrica de Tucuruí e comparar os dados obtidos com os fornecidos pela Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) 357/2005, a fim de serem utilizadas como subsídio para a gestão dos recursos pesqueiros e na adoção de estratégias de manejo e conservação. Para isso foi instalado um experimento num delineamento inteiramente casualizado com dois tratamentos, constituídos da área de criação de peixes em tanques-rede e área controle (cerca de 400 metros a montante da área de criação de peixes em tanques-rede), utilizando-se quatro repetições. Cada unidade experimental foi constituída por água coletada através da garrafa de Van Dorn, há cerca de 1,5 m de profundidade e armazenada em uma garrafa de polietileno, com capacidade de armazenar de 1,5 L⁻¹, avaliando-se as seguintes propriedades físicas e químicas: temperatura, condutividade elétrica, pH, alcalinidade, turbidez, oxigênio dissolvido, além das concentrações de amônia, nitrato, nitrito, nitrogênio total, fósforo total e ortofosfato. De acordo com os resultados obtidos, observou-se que a criação de tambaquis em tanques-rede foi eficiente na capacidade de assimilação das perturbações na qualidade de água provocadas pelo processo de produção atualmente empregado, mitigando o impacto da carga orgânica do uso da ração e do metabolismo dos peixes, não comprometendo a qualidade da água do reservatório. Entretanto, são necessárias boas práticas de manejo e monitoramento ambiental constante para a criação de peixes de forma sustentável de acordo com a Resolução do CONAMA.

Palavras-chaves: Qualidade da água, monitoramento, piscicultura, tambaqui.

Abstract. The system of farming in cage fish is considered one of the most intensive cultivation practiced nowadays and has become popular due to easy handling and the possibility of use of existing aquatic environments. However this type of activity can compromise water quality. Thus, the objective of this project was to investigate the chemical and physical properties of water in an environment of tambaqui breeding in net tanks in the Tucuruí Hydroelectric Power reservoir and

to compare the data obtained with those provided by the Resolution of the National Environmental Council (CONAMA) 357/2005, in order to be used as a subsidy for the management of fishery resources and in the adoption of management and conservation strategies. For this, an experiment was installed in a completely randomized design with two treatments, consisting of: 1) fish farming area in net cages and control area (about 400 meters upstream from the fish farming area in net cages), using four repetitions. Each experimental unit consisted of water collected through a Van Dorn bottle, about 1.5 m deep and stored in a polyethylene bottle, with a storage capacity of 1.5 L⁻¹, evaluating the following physical properties and chemical: temperature, electrical conductivity, pH, alkalinity, turbidity, dissolved oxygen, in addition to concentrations of ammonia, nitrate, nitrite, total nitrogen, total phosphorus and orthophosphate. According to the results obtained, it was observed that the creation of tambaquis in net tanks was efficient in the capacity to assimilate the disturbances in water quality caused by the production process currently used, mitigating the impact of the organic load of the use of feed and fish metabolism, not compromising the reservoir water quality. However, good management practices and constant environmental monitoring are necessary for sustainable fish farming in accordance with CONAMA Resolution.

Keywords: Water quality, monitoring, fish farming, tambaqui.

Introdução

Ao longo do Rio Tocantins, no estado do Pará, o pescado é destacadamente a mais importante fonte protéica na alimentação das populações de várzea, e a captura desse recurso cumpre um papel social importante, pois gera emprego e renda para a maioria dos usuários e comunitários da região (Borcem et al., 2011; Zacardi, 2015), tornando-se a atividade de maior expressão econômica (Batista; Petrere, 2003; Barthem; Gouding, 2007; Doria et al., 2012). A atividade pesqueira, foi consolidada ao longo dos anos pela abundância e diversidade de peixes, entretanto, teve impacto significativo com a implantação da Usina Hidrelétrica no município de Tucuruí (UHT) em 1980.

Com a construção da barragem da UHT, houve uma segmentação do espaço fluvial produzindo dinâmicas distintas, onde há montante do barramento houve à criação do reservatório com novas características ambientais que mudaram significativamente a dinâmica da fauna e flora aquática (Centrais Elétricas do Norte do Brasil - Eletronorte, 1989). A formação do "Lago de Tucuruí" para a geração de energia elétrica acabou por criar condições favoráveis à implantação da piscicultura em tanques-rede, através da criação em cativeiro de espécies de peixes nativos com potencial de comercialização.

A piscicultura em tanques-rede surgiu como alternativa para uso de forma semi-intensiva e racional dos recursos pesqueiros nas margens do reservatório da UHT, como proposta de medidas mitigadoras ao impacto a população ribeirinha pela agência Eletronorte. Essa proposta também se fundamentava no forte incentivo que o Ministério da Pesca e Aquicultura dava para o uso dos lagos de usinas hidrelétricas para a pesca e aquicultura, em especial a piscicultura (Brasil, 2011).

A piscicultura é vista como uma alternativa sustentável para a proteção dos estoques naturais de espécies comercialmente viáveis e de relevante interesse pesqueiro (Silva, 2013). A atividade da piscicultura tem tido grande avanço, e vem se consolidando como alternativa importante na produção de alimentos ricos em proteína, ao tempo em que se apresenta como um fator de ocupação e geração de renda para produtores locais do

município de Tucuruí. A criação de peixes em tanques-rede é uma modalidade de criação intensiva, que utiliza elevada densidade de estocagem e, por isso, exige constante renovação de água para a dispersão dos resíduos sólidos da ração e dos metabólicos dos peixes no ambiente. Estes resíduos aumentam, principalmente, as concentrações e nitrogênio e fósforo na água (Guarino et al., 2005; Guo et al., 2009) e de sedimentos (Boyd et al., 2007), podendo promover um processo de eutrofização artificial (Tundisi; Matsumura-Tundisi, 2008), que ocasiona a deterioração da qualidade da água, podendo inviabilizar o próprio empreendimento, interferindo diretamente na dinâmica do ecossistema aquático, quando não praticado de forma sustentável (Mallasen et al., 2012), sendo a principal problemática do cultivo em tanques-rede.

Em virtude das emissões de compostos orgânicos e inorgânicos oriundos da criação de peixes em tanques-rede para o ambiente aquático não serem passíveis de tratamento, os estudos que avaliam os impactos causados por esta atividade aquícola são importantes para se identificar alterações na estrutura e no funcionamento dos reservatórios, além de fornecer informações relevantes para minimizar possíveis conflitos pelo uso do recurso hídrico. Arelado a estes fatores há limitada capacitação técnica dos produtores, muitas vezes, desempenhando o manejo e operacionalização, sem contar com uma assistência técnica adequada, além do escasso conhecimento, no que tange os parâmetros de monitoramento da qualidade da água no ambiente.

Assim, conhecer o impacto da instalação de tanques-rede na qualidade da água do reservatório UHT, torna-se importante para o entendimento da dinâmica fluvial do ambiente (Mallasen et al., 2008; Ramos et al., 2008). Encontrar meios de mitigar os impactos negativos decorrentes da multiplicidade de sua utilização e ordenar a atividade com o uso racional da água e a conservação do meio ambiente, torna-se, então, fundamental.

Cyrino & Conte (2006) afirmam que os que os locais adequados para a instalação dos tanques-rede deve apresentar o mínimo possível de eutrofização da água e relatam que a principal variável limnológica para o crescimento e

desempenho dos peixes em criação intensiva pode ser o oxigênio dissolvido, cuja concentração deve ser superior a 3,0 mg de O₂D L⁻¹. Além dessas, outras variáveis químicas e físicas da água devem ser monitoradas na área de tanques-rede, como pH, alcalinidade, temperatura, condutividade elétrica, nitrato, nitrito, nitrogênio total, fósforo total e ortofosfato. Boyd (1990) ainda relata que a turbidez da água, pode afetar a produtividade dos peixes.

Conhecer a realidade do espaço em análise é fundamental para o sucesso de qualquer empreendimento na piscicultura. Assim, o objetivo deste projeto é investigar as propriedades químicas e físicas da água em ambiente de criação de tambaqui em tanques-rede no reservatório da UHT, comparando com os dados fornecidos pela Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) 357/2005, a fim de serem utilizadas como subsídio para a gestão dos recursos pesqueiros e na adoção de estratégias de manejo e conservação.

Material e Métodos

Área de estudo

O presente estudo foi realizado na RM Ilha Água Azul, localizado no sítio Ilha de Tucuruí, Caripe, que produz tampaqui (*Colossoma macropomum*) em tanques-rede, na área do reservatório da UHT, no município de Tucuruí, estado do Pará.

O reservatório da UHT, localiza-se no rio Tocantins, a 320 Km ao sul do município de Belém, capital do estado do Pará, 11 Km a montante da cidade de Tucuruí (Eletronorte, 1989). O rio Tocantins com seu principal afluente, o Araguaia, constitui uma bacia própria, ora denominada Bacia Tocantins, ora Bacia do Tocantins-Araguaia. Nascido no planalto central brasileiro percorre grandes extensões recobertas por cerrado antes de penetrar em área de floresta amazônica densa, no estado do Pará, considerada uma das mais ricas em biodiversidade do mundo (Comissão Mundial de Barragens, 1999).

A bacia hidrográfica do Araguaia-Tocantins apresenta uma grande área de captação, que se estende entre os paralelos 2° a 18° Sul e meridianos 46° a 55° Oeste, drenando uma área de 767.000 km², dos quais 343.000 km² correspondem ao rio Tocantins, 382.000 km² ao rio Araguaia (seu principal afluente) e 42.000 km² ao rio Itacaiúnas (o maior contribuinte de seu curso inferior) (Figura 1). A bacia de drenagem tem uma descarga média de 11.000 m³s⁻¹, com contribuições semelhantes dos rios Tocantins (50%) e Araguaia (45%) e uma pequena contribuição do rio Itacaiúnas (5%) (Eletronorte, 1989).

A área de estudo da piscicultura cobre cerca de 200 m² de espelho d'água, apresentando 12 tanques-rede, sendo 10 tanques com volume de 19,8 m³ (3,0 x 3,0 x 2,2 m) utilizados para o crescimento e engorda dos tambaquis e 02 tanques com volume de 24 m³ (6 x 6 x 2,2 m), utilizados

como berçário para o desenvolvimento inicial dos alevinos, inserido em seu interior uma malha de 2 cm, com volume de 8,8 m³ (2 x 2 x 2,2 m). Nos tanques-rede utilizados para o crescimento e engorda dos tambaquis foi usado uma densidade de estocagem de aproximadamente 100 tambaquis m⁻³ de tambaqui, estimando um consumo de ração em 1,5 toneladas por mês (Dados fornecidos pelo produtor).

A coleta para análise das propriedades químicas e físicas da água foi realizada no dia 20 de setembro de 2021, em 06 diferentes pontos de amostragens, sendo os pontos 01, 02 e 03 realizadas no interior dos tanques-rede usados para o crescimento e engorda dos peixes (Figura 02). As coletas realizadas nos pontos 04, 05 e 06, localizadas à cerca de 400 metros a montante da área de criação de piscicultura, usados como controle (Figura 02).

O nível de água no reservatório da UHT no dia da coleta das amostras apresentava a 71,5 m de altura à montante, representado um volume útil de capacidade em 81,98%, registrando uma vazão afluente de 2.111 m³/s⁻¹ (Operador Nacional do Sistema Elétrico – NOS, 2021).

Coleta dos dados e determinação das análises químicas e físicas da água

A coleta das amostras e as análises *in situ* foram realizadas no horário compreendido entre 8h e 30 min às 11h, a 1,5 m de profundidade, utilizando a garrafa coletora de Van Dorn. A água coletada foi armazenada em garrafas de polietileno esterilizadas com capacidade de 1,5 L⁻¹ e mantidas resfriadas em caixa térmica de isopor até o transporte para o laboratório no mesmo dia. As avaliações *in situ* da temperatura da água foi realizada através de termômetro digital (WT-1B, sensor tipo espeto, °C) e a condutividade elétrica utilizando um condutivímetro de bolso (EC BASIC, µS cm⁻¹).

Após a coleta, parte da água seguiu para o laboratório de Qualidade da Água do Instituto Federal do Pará, localizado no município de Tucuruí para a realização das análises de pH (pHmetro de bancada, Bel Engineering PHS3BW), turbidez (turbidímetro TU430, NTU), alcalinidade total (mg CaCO₃ L⁻¹) (Golterman et al., 1978) e oxigênio dissolvido (mg L⁻¹) (Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, 1989). Outra parte da água coleta foi transportada para o laboratório Torres Análises de Água e Efluentes, localizado no município de Paragominas, para a realização das análises da concentração de nutrientes dissolvidos, avaliando-se as concentrações de: nitrogênio amoniacal total (mg L⁻¹) (American Public Health Association - APHA, 2017), nitrato e nitrito (mg L⁻¹) (APHA, 2017), ortofosfato (ABNT, 1992) (mg L⁻¹), fósforo total (mg L⁻¹) (APHA, 2017) e nitrogênio total (mg L⁻¹) (ABNT, 1997).



Figura 01. Mapa fisiográfico da bacia dos rios Tocantins, Araguaia e Itacaiúnas. Fonte: Mérona, Santos, Juras e Cintra (2010).



Figura 02. Área dos tanques-rede utilizada para atividade de piscicultura no sítio Ilha de Tucuruí, Caripe, município de Tucuruí, Pará. Fonte: Próprio autor.

Análise de dados

O experimento foi instalado num delineamento inteiramente casualizado com dois tratamentos, são eles: área de criação de peixes em taques-rede (Constituído pelos pontos de coleta de água 01, 02 e 03) e controle (Constituído pelos pontos de coleta de água 04, 05 e 06, à cerca de 400 metros a montante da área de criação de peixes em tanques-rede), utilizando-se quatro repetições. Cada unidade experimental foi constituída por água coletada através da garrafa de

Van Dorn, há cerca de 1,5 m de profundidade e armazenada em uma garrafa de polietileno, com capacidade de armazenar de $1,5 \text{ L}^{-1}$ em cada um dos pontos. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste t ($P \leq 0.05$) utilizando o software SAS versão 6.12 (SAS Institute, Inc., Cary, NC).

Resultados e Discussão

Os valores das variáveis abióticas estudadas estão apresentados na Tabela 1.

Observou-se que os parâmetros coletados *in situ*, como a temperatura da água e a condutividade elétrica, não apresentaram diferença significativa entre as médias na área de criação em tanques-rede em relação à área controle ($p < 0,05$) (Tabela 01).

A temperatura da água apresentou variação de $30,5 \pm 0,06^\circ\text{C}$ na área de criação em tanques-rede e $30,6 \pm 0,10^\circ\text{C}$ no controle, permanecendo semelhantes nos tratamentos avaliados. Para espécies de peixes tropicais, a faixa adequada de temperatura geralmente varia de 28 a 32 °C (Kubitza, 1999). Observa-se que a faixa de temperatura encontrada na área de criação em tanques-rede de tambaqui e controle, manteve-se dentro dos limites ótimos para o crescimento e desenvolvimento dos tambaquês. É interessante enfatizar que os peixes apresentam uma baixa

tolerância às variações bruscas de temperatura (choque térmico). O choque térmico é extremamente perigoso para os ovos, larvas e alevinos, podendo haver problemas com variações bruscas de mais ou menos 5°C (Leira et al., 2017). O metabolismo dos peixes é maior à medida que aumenta a temperatura. Os peixes de águas tropicais geralmente apresentam o apetite máximo entre 24 a 28°C e entre 20 a 24°C , eles se alimentam bem, podendo ocorrer mortalidade em temperaturas superiores a 32°C (Leira et al., 2017).

Nota-se ainda, para a temperatura da água, que está variável estudada não é aplicável (NA) a Resolução 357 de 17 de março de 2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) para águas de Classe 2, como estão classificadas as águas do rio Tocantins, que são destinadas a diferentes usos, incluindo a piscicultura.

Tabela 01. Média \pm desvio padrão (DP) das variáveis da água no interior dos tanques-rede (Área de criação) e cerca de 400 metros a montante da área de criação de piscicultura (Controle).

Variáveis estudadas	Área de Criação Tanques-rede	Controle	CONAMA N° 357 de
	Média \pm DP	Média \pm DP	17 de Março de 2005
Temperatura da água ($^\circ\text{C}$)	$30,5 \pm 0,06$	$30,6 \pm 0,10^{\text{ns}}$	N.A
Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	$0,04 \pm 0,01$	$0,03 \pm 0,01^{\text{ns}}$	N.A
pH	$6,4 \pm 0,30$	$6,69 \pm 0,09^{\text{ns}}$	6,0 - 9,0
Alcalinidade (mg L^{-1} de CaCO_3)	$0,66 \pm 0,03$	$0,68 \pm 0,03^{\text{ns}}$	N.A
Turbidez (NTU)	$1,27 \pm 0,44$	$0,64 \pm 0,44^*$	< 100
Oxigênio Dissolvido (mg L^{-1})	$3,91 \pm 0,11$	$4,10 \pm 0,85^{\text{ns}}$	> 5,0

Médias dos tratamentos na mesma linha seguidas de (^{ns}) não são significativas e asteriscos (*) são significativamente diferentes pelo teste t ao nível de 5% de probabilidade.

N.A = Não se aplica nos parâmetros limites individuais da Resolução CONAMA N° 357 de 17 de Março de 2005.

A condutividade elétrica fornece importantes informações sobre o metabolismo que ocorre no interior dos tanques-rede, ajudando a detectar fontes poluidoras no sistema (Leira et al., 2017). Quando seus valores são altos, indicam grau de decomposição elevado e o inverso (valores reduzidos) indica acentuada produção primária (algas e microrganismos aquáticos), sendo, portanto, uma maneira de avaliar a disponibilidade de nutrientes nos ecossistemas aquáticos. O valor de condutividade desejável em piscicultura encontra-se entre 0,02 a 0,1 $\mu\text{S/cm}$ (Minello et al., 2010). Observa-se que os valores médios obtidos no presente estudo, apresentaram-se semelhantes e estão dentro da faixa considerável desejável para a prática da piscicultura em tanques-rede. (Tabela 01).

Verificou-se que o pH demonstrou variação de $6,4 \pm 0,30$ para a área de criação em tanques-rede e de $6,69 \pm 0,09$ para o controle, não apresentando diferença significativa entre as médias, encontrando-se dentro da faixa tolerável para criação de peixes nativos, como o tambaqui e também dentro do limites aceitáveis da Resolução CONAMA N° 357 de 17 de Março de 2005 (Tabela 01). Segundo Kubitza (1999), a escala adequada de pH para a produção de peixes está compreendida entre 6,5 a 9,0, sendo que valores acima ou abaixo podem prejudicar o desenvolvimento e crescimento, e se ocorrer valores abaixo de 4,5 ou acima de 10,

poderá ocorrer mortalidades. Torna-se interessante enfatizar que esta variável estudada pode variar durante o dia, em função da atividade fotossintética e respiratória das comunidades aquáticas.

A respiração, fotossíntese, adubação, calagem e poluição são os cinco fatores que causam a mudança de pH na água. Alterações no pH da água podem provocar até mesmo altas mortalidades em peixes, especialmente em espécies que apresentam maior dificuldade de estabelecer o equilíbrio osmótico ao nível das brânquias, o que determina grandes dificuldades respiratórias (Leira et al., 2017).

Quanto aos valores de alcalinidade, observou-se semelhança significativa entre as médias dos tratamentos (Tabela 01). A alcalinidade mede a capacidade da água de neutralizar os ácidos, ou seja, controlar o pH de uma solução (Leira et al., 2017). A United States Environmental Protection Agency (USEPA) (1997) recomenda uma alcalinidade mínima de 20 mg.L^{-1} de CaCO_3 pois águas que apresentam valor abaixo têm baixo poder tampão. Os valores encontrados no presente trabalho foram baixos, registrando $0,66 \pm 0,03 \text{ mg L}^{-1}$ de CaCO_3 para a área de criação em tanques-rede e $0,68 \pm 0,03 \text{ mg L}^{-1}$ de CaCO_3 para o controle. Isto pode ser explicado pelo arraçoamento (qualidade da ração utilizada) e pequena densidade de estocagem, o que provavelmente não contribuiu para o acúmulo de íons oriundos da mineralização

dos restos de ração e das excretas dos peixes, levando aos baixos valores de alcalinidade. Verifica-se ainda, que a alcalinidade da água não é aplicável (NA) a Resolução 357 de 17 de março de 2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) para águas de Classe 2.

A turbidez apresentou diferença significativa entre as médias dos tratamentos estudados (Tabela 01). Observa-se aumento significativo da turbidez na área de criação de tambaquis em tanques-rede quando comparado com a área controle. O aumento nos valores de turbidez na área de criação de peixes pode-se estar ligado ao maior número de peixes encontrados no interior dos tanques-rede, que o leva a suspensão de partículas de material sólido na água como, argila, silte, substâncias orgânicas finamente divididas e organismos microscópicos. Apesar desse aumento significativo da turbidez na área de criação de peixes em tanques-rede, ela é considerada baixa quando comparado com os valores da resolução CONAMA N° 357 de 17 de Março de 2005, o qual o valor limite é superior a 100 NTU. Nota-se, portanto que os valores obtidos tanto na área de criação em tanques-rede quando na área controle estão apropriados e dentro da faixa ideal da Resolução CONAMA N° 357 de 17 de Março de 2005 para a praticada piscicultura.

As águas turvas não são adequadas para a prática da piscicultura. Portanto, quanto mais turva a água, menos indicada será para a criação de peixes, pois impede a penetração de luz solar e consequentemente o desenvolvimento do fitoplâncton. Consideram-se águas turvas as águas cor de barro (Leira et al., 2017).

Os valores médios de oxigênio dissolvido não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos estudados (Tabela 01). Os valores encontrados na área de criação em tanques-rede e controle foram de $3,91 \pm 0,11$ e $4,10 \pm 0,85$ mg L⁻¹, respectivamente, estando abaixo do valor mínimo estabelecido pela Resolução CONAMA N° 357 de 17 de Março de 2005, que é de 5 mg L⁻¹. Ambos os valores encontrados nos tratamentos do presente estudo são considerados inapropriados segundo a Resolução do CONAMA. Os baixos valores de oxigênio dissolvido podem estar relacionados com o local de instalação da área de piscicultura no corpo de água, onde a circulação de água é pequena, no braço do reservatório, circundado por uma topografia de morros, o qual impossibilitava a circulação de ar, localizado em uma área com água parada. Apesar dos baixos valores encontrados nos tratamentos, eles podem ser considerados toleráveis para a vida aquática. Segundo Kubitzka (2007), os valores de oxigênio dissolvido encontrado no presente estudo em ambos tratamentos podem ser considerados apropriados para um bom desenvolvimento da ictiofauna e dos demais organismos do ecossistema aquático, uma vez que o produtor deve assegurar um nível de oxigênio de pelo menos 3 a 4 mg L⁻¹, pela manhã, no interior do

tanques-rede, de forma a manter um adequado o desempenho dos peixes.

O oxigênio é o gás mais importante para o crescimento e desenvolvimento dos peixes; por isso, é a ele que devemos dar maior importância. É através da difusão direta, ou seja, mediante o contato e a penetração direta do ar atmosférico com a água, que o O₂ é dissolvido no meio líquido principalmente, por mistura mecânica provocada pela ação dos ventos, por correntes naturais de massas hídricas e agitações causadas pela topografia do terreno (Leira et al., 2017). Assim, uma alternativa na tentativa de aumentar os valores de oxigênio dissolvido na área de criação de tanques-rede no presente estudo, seria alocar os tanques-rede em áreas de corpos d' água com maior movimentação de ar atmosférico e água circulante.

Outros elementos dissolvidos na água como as formas de nitrogênio e fósforo disponível podem afetar de alguma forma a sobrevivência, reprodução, crescimento ou mesmo o manejo dos peixes. Segundo Lazzari & Baldisseroto (2008), os compostos nitrogenados e fosforados são os principais produtos de excreção dos peixes, e ambos podem afetar, não só a água de criação, como o ambiente como um todo. A produção de resíduos metabólicos de nitrogênio e fósforo pelos peixes são determinadas por diversos fatores endógenos e exógenos, como genética, idade, tamanho, ambiente de criação e dieta.

Dessa forma, são apresentados na tabela 02, os valores das diferentes formas de nitrogênio o e de fósforo disponível na água na área de criação em tanques-rede e controle. Observa-se para amônia, nitrato, nitrito e nitrogênio total que não houve diferenças significativas entre as médias entre os tratamentos da área de criação em tanques-rede e controle ($p < 0,05$) (Tabela 02).

O nitrogênio amoniacal na atividade de piscicultura pode ter origem proveniente da composição da matéria orgânica, ração e excrementos, sendo tóxico, devendo ser avaliado com maior frequência. A toxidez da amônia ocorre quando a concentração do oxigênio é baixa e do CO₂ é alta, sendo o valor ideal menor que 0,1 mg L⁻¹, valor este, estabelecido pela Resolução CONAMA N° 357 de 17 de Março de 2005. Verifica-se no presente estudo, que a concentração de amônia apresenta-se em níveis apropriados para a atividade de piscicultura no lago do rio Tocantins.

Torna-se importante enfatizar que a toxicidade de amônia pode aumentar em função do aumento de pH (Leira et al., 2017). A amônia tóxica ocorre com mais frequência em pH acima de 9, e os níveis de pH encontrados no experimento em estudo foram inferiores a 6,69 não existindo condições químicas para a formação da amônia tóxica.

O nitrogênio é um dos elementos químicos que constituem as proteínas. Quando se apresenta em forma de nitrato, podem ser mais facilmente assimilados pelas plantas, tanto terrestres como

aquáticas. Portanto, o nitrato é importante para o desenvolvimento do fitoplâncton, pois, após serem absorvidos, são transformados em proteínas. Sua acidez pode ser reduzida pela adição de cálcio e cloretos ao meio. O nitrato não é tóxico para os peixes, mesmo em elevadas concentrações, por isso, não representa qualquer risco para a piscicultura (Leira et al., 2017). De acordo com Vinatea (2004), a concentração letal para a maioria

dos animais aquáticos varia entre 1.000 e 3.000 mg L⁻¹, enquanto que o valor limite estabelecido pela Resolução CONAMA N° 357 de 17 de Março de 2005 seria de 10 mg L⁻¹. Os valores encontrados no presente estudo para ambos os tratamentos estão dentro da faixa ideal, sendo considerados até mesmo desprezíveis em afetar os peixes criados nos tanques-rede.

Tabela 02. Média ± desvio padrão (DP) das variáveis da água no interior dos tanques-rede (Área de criação) e cerca de 400 metros a montante da área de criação de piscicultura (Controle).

Variáveis estudadas	Área de Criação Tanques-rede Média ± DP	Controle Média ± DP	CONAMA N° 357 de 17 de Março de 2005
Amônia (mg/L ⁻¹)	0,13 ± 0,01	0,12 ± 0,01 ^{ns}	< 0,70
Nitrato (mg/L ⁻¹)	0,23 ± 0,05	0,45 ± 0,24 ^{ns}	< 10,0
Nitrito (mg/L ⁻¹)	0,06 ± 0,03	0,08 ± 0,02 ^{ns}	> 1,0
Nitrogênio total (mg/L ⁻¹)	0,21 ± 0,08	0,55 ± 0,25 ^{ns}	N.A
Fósforo total (mg/L ⁻¹)	0,04 ± 0,03	0,05 ± 0,02 ^{ns}	< 0,1
Ortofosfato {mg/L ⁻¹ (PO ₄) ₃ }	0,09 ± 0,10	0,87 ± 0,06 [*]	N.A

Médias dos tratamentos seguidas de (^{ns}) não são significativas e asteriscos (*) são significativamente diferentes pelo teste t ao nível de 5% de probabilidade.

N.A = Não se aplica nos parâmetros limites individuais da Resolução CONAMA N° 357 de 17 de Março de 2005.

Os valores de nitrito apresentados na área de criação em tanques-rede e controle não apresentaram diferenças significativas (Tabela 02). O nitrito pode ser estressante para os peixes na concentração de 0,1 mg L⁻¹; com uma concentração de 0,5 mg L⁻¹, o sangue pode adquirir uma cor chocolate, conhecida como doença do sangue marrom, que mata os peixes por asfixia (Kubitza, 1999). A exposição contínua a concentrações sub-letais de nitrito (0,3 a 0,5 mg L⁻¹) pode causar redução no crescimento e na resistência dos peixes à doenças. De acordo com Proença & Bittencourt (1994), recomenda-se que o nível de nitrito não exceda 0,15 mg L⁻¹. Com relação à Resolução 357 de 17 de março de 2005 do CONAMA, os valores registrados em ambos tratamentos estão abaixo do valor limite que é de 1,0 mg L⁻¹.

O somatório das formas de nitrogênio orgânico e amoniacal dá origem ao nitrogênio total, sendo importante na avaliação do nitrogênio disponível para as atividades biológicas (Basso & Guazelli, 2004). Segundo Guarino et al. (2005), o sistema de criação de peixes em tanques-rede é um fornecedor de nitrogênio orgânico no reservatório. No entanto, no presente trabalho, as concentrações de nitrogênio total permaneceram baixas tanto na área de criação em tanques-rede quanto na área utilizada como controle. De acordo com a Resolução 357 de 17 de março de 2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) para águas de Classe 2, o nitrogênio total a água não é aplicável (NA) para fins de fiscalização ambiental da qualidade da água.

É importante enfatizar que o estudo foi realizado na época de seca na região norte do país, onde há escassez de inundações nas margens do lago do reservatório da UHT, em função da falta de chuvas constantes, o que poderia contribuir para o

arraste de detritos orgânicos em decomposição para o ambiente aquático, aumentando os níveis de nitrogênio total. Segundo Ferrareze et al. (2005), nos reservatórios as concentrações mais elevadas de nutrientes ocorreram durante período chuvoso, devido à inundação de matas e pastagens, ao escoamento superficial da água da chuva e ao grande aporte de material transportado para os rios, ocasionando o aumento na concentração de nitrogênio total.

Para o fósforo total (Tabela 02), as médias observadas na área de criação em tanques-rede e controle foram significativamente semelhantes, não registrando valores superiores ou iguais a 0,1 mg L⁻¹, valor este, considerado máximo pela Resolução CONAMA N° 357 de 17 de Março de 2005 para ambientes lênticos - classe II. Grande parte do fósforo presente nos efluentes de atividades aquícolas provém dos alimentos (Ferraris et al., 2006), muitas vezes adicionado em excesso nas rações para garantir a disponibilidade para os peixes (Beveridge, 1996), acarretando assim, maior quantidade de fezes, excrementos e sobras de ração, sendo sedimentado na água. Entretanto, de acordo com Boyd & Tucker (1998), para um bom desenvolvimento dos organismos aquáticos, as concentrações de fósforo total nos sistemas de piscicultura devem ser menores que 0,5 mg L⁻¹, valores estes considerados ideais para a criação de tambaquis em tanques-rede no reservatório da UHT.

Valores elevados de fósforo total na área criação de peixes em tanques-rede foram observados por Mallasen & Barros (2008), no reservatório de Nova Avanhandava, e por Carneiro & Carvalho (2009), no Rio São José dos Dourados, no reservatório de Ilha Solteira. Esses últimos autores afirmaram que as elevadas concentrações de fósforo total se devem ao maior metabolismo dos peixes produzidos e à maior ciclagem deste

nutriente nos meses com temperaturas elevadas. Entretanto, é importante o contínuo desenvolvimento de tecnologia para a produção de rações que permitam o melhor aproveitamento do fósforo pelos organismos aquáticos e menor emissão deste para o ambiente (Mallasen & Barros, 2008).

Outra forma de fósforo disponível na água estudada no presente trabalho foi o ortofosfato. De acordo com Kubitzka (2000), o ortofosfato é a principal forma de fósforo inorgânico assimilado pelo fitoplâncton, sendo sua concentração adequada na água de criação de peixes em torno de 0,005 a 0,020 mg L⁻¹, raramente atingindo valores acima de 0,100 mg L⁻¹. Observa-se que houve aumento significativo nas médias da concentração de ortofosfato no ambiente controle em relação à área de criação de tambaquis em tanques-rede (Tabela 02), inclusive permanecendo acima da faixa considerada adequada para os sistemas de piscicultura, que segundo Boyd e Tucker (1998), são abaixo de 0,05 mg L⁻¹. É interessante notar que apesar dos valores na concentração de ortofosfato no ambiente controle ter sido significativamente mais elevado, sua forma química disponível, não é aplicável (NA) a Resolução 357 de 17 de março de 2005 do CONAMA para águas de Classe 2, como estão classificadas as águas do rio Tocantins.

Os maiores valores encontrados para a concentração de ortofosfato no ambiente controle deve-se principalmente a decomposição de espécies arbóreas e arbustivas provenientes de remanescentes da Floresta Amazônica que foram inundadas durante a implantação do reservatório da UHT e permanecem até os dias atuais, resistindo às intempéries climáticas do ambiente.

Em geral as pisciculturas em tanques-rede estão inseridas em ambientes de água aberta com grande complexidade estrutural e que dão suporte a múltiplos usos, tornando difícil a detecção da contribuição real, em termos de nutrientes, que é oriunda da criação de peixes (Moura; Lopes; Henry-Silva; 2014). Assim, compreender as alterações nas concentrações de nutrientes são de importância para se garantir os múltiplos usos do recurso hídrico, principalmente os níveis de fósforo na coluna de água. Azevedo et al. (2011) destaca que os processos de decaimento e consumo pelos produtores primários removem rapidamente os compostos fosfatados da coluna de água, mesmo em regiões próximas ao cultivo de peixes. Este efeito pode ser explicado pela modificação e adaptação das comunidades no entorno da piscicultura que pode absorver o fósforo e retirá-lo da coluna de água, bem como pela ciclagem do fósforo, que pode ser acelerada através das enzimas contidas nas fezes dos peixes cultivados (Yiyong et al., 2001)

De forma geral, as características hidrodinâmicas apresentadas pelas variáveis estudadas no presente estudo são favoráveis a prática da piscicultura, permitindo a dispersão dos nutrientes oriundos da carga orgânica da criação de

tambaquis em tanques-rede. De acordo com Fernandes et al. (2001) e Ross et al. (2010), a escolha do local para a implantação dos tanques-rede deve priorizar a troca de água eficiente. Além disso, na piscicultura utilizaram-se rações de boa qualidade, com controle de manejo alimentar específico para cada fase de crescimento do peixe, permitindo uma redução do material particulado e das perdas de nutrientes para o sistema aquático. Isto reforça a importância das boas práticas de manejo para a diminuição dos impactos negativos provocados pela aquicultura (Boyd et al., 2007; Sipaúba-Tavares et al., 2010). Porém, apenas a aplicação de boas práticas de manejo não garante a sustentabilidade do empreendimento. O aprimoramento da tecnologia de criação em tanques-rede é necessário para diminuir os resíduos oriundos da piscicultura, ou até mesmo, evitar que sejam lançados diretamente nos corpos de água.

A piscicultura é uma técnica que ainda passa por aprimoramentos, fazendo-se necessário o monitoramento constante da água em áreas aquícolas nos reservatórios e também a realização de estudos que avaliem a sustentabilidade desse sistema de criação.

Conclusões

A criação de tambaquis em tanques-rede não comprometeu a qualidade da água do reservatório. Entretanto, são necessários boas práticas de manejo e monitoramento ambiental constante para uma criação de peixes de forma sustentável de acordo com a Resolução 357 de 17 de março de 2005 do CONAMA.

A área do braço do reservatório no rio Tocantins, local da atividade de piscicultura foi eficiente na capacidade de assimilação das perturbações na qualidade de água provocadas pelo processo de produção atualmente empregado, mitigando o impacto da carga orgânica do uso da ração e do metabolismo dos peixes.

Agradecimentos

A Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas (FAPESPA) pela bolsa de iniciação científica concedida a aluna Susy Simône da Silva para condução da pesquisa.

Referências

American Public Health Association - APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd ed. Washington, 2017.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. Água: determinação de nitrogênio orgânico, kjeldahl e total – métodos macro e semimicro kjeldahl – NBR 13796. Rio de Janeiro. 1997. 5p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. Água – determinação de fósforo – Método de ensaio. NBR 12772. Rio de Janeiro. 1992. 9p.

- Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. Água: determinação de oxigênio dissolvido método do eletrodo de membrana – NBR 3030. Rio de Janeiro. 1989a 6p.
- Azevedo, P. A., Podemski, C. L., Hesslein, R. H., Kasian, S. E. M., Findlay, D. L.; Bureau, D. P. Aquaculture 2011. 311p
- BARTHEM, R. B., GOULDING, M. Um ecossistema inesperado: a Amazônia revelada pela pesca. Amazon Conservation Association (ACA), Sociedade Civil Mamirauá. Belém. 2007. 241 p.
- BASSOI, L. J., GUAZELLI, M. R. Controle ambiental da água. In: PHILIPPI, A. JR., ROMÉRO, M. A., BRUNA, G. C. Curso de gestão ambiental. Barueri: Manole. p.53-99, 2004.
- BATISTA, V. S., PETRERE JR., M. Characterization of the commercial fish production landed at Manaus, Amazonas State, Brazil. Acta Amazonica, v. 33, n. 1, p. 53-66, 2003. <https://doi.org/10.1590/1809-4392200331066>.
- BEVERIDGE, M. Cage aquaculture. 2th ed. Oxford: Fishing News Books. 1996. 346p.
- BORCEM, E.R., FURTADO-JÚNIOR, I., ALMEIDA, I.C., PALHETA, M.K.S., PINTO, I. A. A atividade pesqueira no município de Marapanim- Pará, Brasil. Revista de Ciências Agrárias, v.54, n.3, p.189-201, 2011. <https://doi:10.4322/rca.2012.014>.
- BOYD, C.E. Water Quality in Ponds for Aquaculture. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Alabama. 1990. 482p.
- BOYD, C. E., TUCKER, C. S. Pond Aquaculture Water Quality Management. Boston: Kluwer Academic. 1998. 700p.
- BOYD, C.E., TUCKER, C., MCNEVIN, A., BOSTICK, K., CLAY, J. Indicators of resource use efficiency and environmental performance in fish and crustacean aquaculture. Reviews in Fisheries Science, v.15, p. 327-360, 2007. <https://doi:10.1080/10641260701624177>.
- BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. (2011). Boletim estatístico de pesca e aquicultura do Brasil 2011. Brasília: República Federativa do Brasil. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/biblioteca/download/estatistica/est_2011_bol__bra.pdf >Acesso em 27 mar. 2021.
- CARNEIRO, G. H. A., CARVALHO, S. L. 2009 Avaliação dos teores de nitrogênio e fósforo na água em piscicultura com cultivo em tanques-rede, no rio São José dos Dourados em Ilha Solteira-SP. In: Congresso de Ecologia do Brasil, 9, São Lourenço, 13-17/set./2009. Anais... São Lourenço: Sociedade de Ecologia do Brasil. CD-ROM. 2009.
- Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A - ELETRONORTE. Plano de utilização do reservatório: a pesca nas áreas de influência local e a jusante – caracterização preliminar (TUC 10-26443). (Relatório). 1989.
- Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, 2005. Resolução nº 357. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>> Acesso em 27 fev. 2021.
- COMISSÃO MUNDIAL DE BARRAGENS (CMB). Estudo de Caso Brasileiro, UHE de Tucuruí. Relatório de escopo – Agosto de 1999.
- CYRINO, J.E., CONTE, L. 2006 Tilapicultura em gaiolas: produção e economia. In: CYRINO, E.P.;URBINATI, E.C. (Eds.). AquaCiência 2004: Tópicos Especiais em Biologia Aquática e Aquicultura. Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, cap.12, p.151-171
- DORIA, C. R. C., RUFFINO, M. L., HIJAZI, N. C., CRUZ, R. L. A pesca comercial na bacia do rio Madeira no estado de Rondônia, Amazônia brasileira. Acta Amazonica, v. 42, n. 1, p. 29-40, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672012000100004>.
- FERNANDES, T. F., ELEFHTERIOU, A., ACKEFORS, H., ELEFHTERIOU, M., ERVIK, A., SANCHESMATA, A., SCANLON, T., WHITE, P., COCHRANE, S., PEARSON, T.H., READ, P.A. The scientific principles underlying the monitoring of the environmental impacts of aquaculture. Journal of Applied Ichthyology, Berlin, 17: 181-193, 2001. <https://doi.10.1046/j.1439-0426.2001.00315.x>.
- FERRAREZE, M. F. F., NOGUEIRA, M. G., VIANNA, N. C. Transporte de nutrientes e sedimentos no rio Paranapanema (SP/PR) e seus principais tributários nas estações seca e chuvosa. In: NOGUEIRA, M.G., HENRY, R., JORCIN, A. Ecologia de reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata. São Carlos: Rima. 2005. p.435-459.
- FERRARIS, R. P., COLOSO, R., SUGIURA, S., FLIMLIN, G. Phosphorus in effluents from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) aquaculture. World Aquaculture, Baton Rouge, v. 37, n. 1, p. 16-20, 2006.
- GOLTERMAN, H. L., CLYMO, R. S., OHNSTAD, M. A. M. Methods for physical and chemical analysis of freshwater. London: IBP, Blackwell Science. Public. 1978. 213p.
- GUARINO, A.W.S., BRANCO, C.W.C., DINIZ, G.P., ROCHA, R. Limnological characteristics of an old

- tropical reservoir (Ribeirão da Lages Reservoir, RJ, Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensia*, Botucatu, v. 17, p. 129-141, 2005. [https://www.ablimno.org.br/acta/pdf/acta_limnologic_a_contents1702E_files/Acta17\(2\)_03.pdf](https://www.ablimno.org.br/acta/pdf/acta_limnologic_a_contents1702E_files/Acta17(2)_03.pdf).
- GUO, L., LI, Z., XIE, P., NI, L. Assessment effects of cage culture on nitrogen and phosphorus dynamics in relation to fallowing in a shallow lake in China. *Aquaculture International*, v. 17, p. 229-241, 2009. <https://doi.org/10.1007/s10499-008-9195-5>.
- KUBITZA, F. Qualidade da água na produção de peixes. Esalq-USP. Jundiaí. 1999. 97p
- KUBITZA, F. Tilápia: Tecnologia e Planejamento na produção de Comercial. Jundiaí. 2000. 285p.
- KUBITZA, F. Tanques rede em açudes particulares: oportunidade e atenções especiais. *Revista Panorama da Aqüicultura*, Rio de Janeiro, v.2, 14-21, 2007. <https://panoramadaaquicultura.com.br/tanques-rede-em-acudes-particulares-oportunidade-e-atencoes-especiais>.
- LAZZARI, R., BALDISSEROTO, B. Nitrogen and phosphorus waste in fish farming. *Boletim do Instituto de Pesca*, São Paulo, v. 34, n.4, 591-600 2008. <https://www.pesca.sp.gov.br/boletim/index.php/bip/article/view/831/814>.
- LEIRA, M. H., CUNHA, L. T., BRAZ, M. S., MELO, C. C. V., BOTELHO, H. A. B., REGHIM, L. S. Qualida da água e seu uso em pisciculturas. *Pubvet medicina veterinária e zotecnia*, v.11, n.1, p.11-17, 2017. <https://doi.org/10.22256/pubvet.v11n1.11-17>.
- MALLASEN, M., BARROS, H. P. Piscicultura em tanques-rede na concentração de nutrientes em um corpo d'água. In: CYRINO, J. E. P., FURUYA, W. M., RIBEIRO, R. P., SCORVO FILHO, J. D. Tópicos especiais em biologia aquática e aqüicultura III. Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Aqüicultura e Biologia Aquática. 2008. p.79-85.
- MALLASEN, M., BARROS, H.P., YAMASHITA, E.Y. Produção de peixes em tanques-rede e a qualidade da água. *Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária*, v. 1, p. 47-51, 2008.
- MALLASEN, M., CARMO, C. F., TUCCI, A., BARROS, H. P., ROJAS, N. E. T., FONSECA, F. S., YAMASHITA, E. Y. Qualidade da água em sistema de piscicultura em tanques-rede no reservatório de ilha solteira, SP. *Boletim do Instituto de Pesca*, v. 38, n. 1, p.15-30, 2012. <https://www.pesca.agricultura.sp.gov.br/boletim/index.php/bip/article/view/939/920>.
- MINELLO, M. C. S., PAÇÓ, A. L., CAETANO, L., CASTRO, R. S. D., FERREIRA, G., PEREIRA, A. S., PADILHA, P. M., CASTRO, G. R. Avaliação sazonal de alguns parâmetros indicadores da qualidade de água no reservatório da usina hidrelétrica de Ilha Solteira-SP, Brasil. *Global Science and Technology*, 3, 98-104, 2010. <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/134495/ISSN1984-3801-2010-03-02-98-104.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- MOURA, R. S. T., LOPES, Y. V. A., HENRY-SILVA, G. G. Sedimentação de nutrientes e material particulado em reservatório sob influencia de atividades de piscicultura no semi-árido do Rio Grande do Norte. *Química Nova*, v. 37, n. 8, p. 1283-1288, 2014. <http://dx.doi.org/10.5935/0100-4042.20140203>.
- Operador Nacional do Sistema Elétrico, 2021. Disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/resultados-da-operacao/historico-da-operacao/dados-gerais>. Acesso em 04 set. 2021.
- PROENÇA, C. E. M., BITTENCOURT, P. R. L. Manual de Piscicultura tropical. Brasília: IBAMA. 1994. 196p.
- RAMOS, I.P., VIDOTTO-MAGNONI, A., CARVALHO, E. Influence of cage fish farming on the diet of dominant fish species of a Brazilian reservoir (Tietê River, High Paraná River basin). *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 20, p. 245-252, 2008. https://www.researchgate.net/publication/285758889_influence_of_cage_fish_farming_on_the_diet_of_dominant_fish_species_of_a_Brazilian_reservoir_Tiet_e_River_High_Parana_River_basin.
- ROSS, L. G., FALCONER, L. L., MENDOZA, A. C., PALACIOS, C. A. M. Spacial modelling for freshwater cage location in the Presa Adolfo Mateos Lopez (El Infiernillo), Michoacán, México. *Aquaculture Research*, Berlin, v. 42, n. 5, p. 1-11, 2010. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2010.02689.x>.
- SIPAÚBA-TAVARES, L.H., LOURENÇO, E.M., BRAGA, F. M. S. Water quality in six sequentially disposed fishponds with continuous water flow. *Acta Scientiarum Biological Science*, v. 32, n. 1, p. 9-15, 2010. <https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v32i1.3436>.
- SAS Institute Inc. SAS User's guide statistics. 9. ed. Cary, North Caroline: SAS Institute Inc., 2004.
- SILVA, E. G., SANTOS, A. C., FERREIRA, C. L. S., SOUSA, J. P. L., ROCHA, J. M. L., SILVEIRA, O. J. Variabilidade espacial das características ambientais e peso de frangos de corte em galpão de ventilação negativa. *Revista Brasileira de Saúde Produção Animal*, v.14, n.1, p.132-141 2013.

<https://www.scielo.br/j/rbspa/a/sBqvhH5bCF4LWqq7TqHVjGp/abstract/?lang=pt>.

TUNDISI, J.G. e MATSUMURA-TUNDISI, T. Limnologia. São Paulo: Oficina de Textos. 2008. 631p.

United States Environmental Protection Agency – USEPA. Monitoring water quality. Volunteer stream monitoring: a methods manual. Office of Water 4503F. EPA 841 B 97- 003. The following contributed to the Virginia Citizen Water Quality Monitoring Program. 1997.

VINATEA, L. A. Princípios Químicos de Qualidade da Água em Aqüicultura: uma revisão para peixes e camarões. 2ª ed. UFSC, Florianópolis, SC. 2004. 231p.

YIYONG, Z., JIANQIU, L., YONGQING, F., MIN, Z. Kinetics of alkaline phosphatase in lake sediment associated with cage culture of *Oreochromis niloticus*. Aqualculture, v.203, p.23-32, 2001. [https://doi:10.1016/s0044-8486\(01\)00601-9](https://doi:10.1016/s0044-8486(01)00601-9).

ZACARDI, D.M. Aspectos sociais e técnicos da atividade pesqueira realizada no rio Tracajatuba, Amapá, Acta of Fisheries and Aquatic Resource, v. 3, n. 2, p. 31-48, 2015. <https://doi:10.2312/ActaFish.2015.3.2.31-48>.