

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO – UFMA CAMPUS VII – CODÓ  
COORDENAÇÃO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS NATURAIS – BIOLOGIA**

**JOSE GERSON BASTOS DOS SANTOS**

**AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA QUALIDADE DA ÁGUA DE  
PISCICULTURA NA CIDADE DE TIMBIRAS-MA**

**JOSE GERSON BASTOS DOS SANTOS**

**AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA QUALIDADE DA ÁGUA DE  
PISCICULTURA NA CIDADE DE TIMBIRAS-MA.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal do Maranhão – UFMA, como sendo um requisito parcial para obtenção do título de Licenciado em Ciências Naturais com habilitação em Biologia, sob orientação do Prof. Dr. Paulo Roberto Brasil de Oliveira Marques.

CODÓ – MA

2021

**Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA**

Santos, Jose Gerson Bastos dos.

AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA QUALIDADE DA ÁGUA DE  
PISCICULTURA NA CIDADE DE TIMBIRAS-MA / Jose Gerson Bastos  
dos Santos. - 2022.

57 f.

Orientador(a): Prof. Dr. Paulo Roberto Brasil de  
Oliveira Marques.

Monografia (Graduação) - Curso de Ciências Naturais -  
Biologia, Universidade Federal do Maranhão, Codó, 2022.

1. Análise. 2. Parâmetros físico-químicos. 3.  
Piscicultura. I. Oliveira Marques, Prof. Dr. Paulo  
Roberto Brasil de. II. Título.

**JOSE GERSON BASTOS DOS SANTOS**

**AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA QUALIDADE DA ÁGUA DE  
PISCICULTURA NA CIDADE DE TIMBIRAS-MA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal do Maranhão – UFMA, como sendo um requisito parcial para obtenção do título de Licenciado em Ciências Naturais com habilitação em Biologia, sob orientação do Prof. Dr. Paulo Roberto Brasil de Oliveira Marques.

Codó - MA, 01 de fevereiro de 2022.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Paulo Roberto Brasil de Oliveira Marques  
Licenciatura em Ciências Naturais/Biologia – UFMA/Campus VII

---

Profa. Dra. Maria da Gloria Almeida Bandeira  
Departamento de Tecnologia Química- CCET – UFMA

---

Profa. Dra. Nubia Fernanda Marinho Rodrigues  
Licenciatura em Ciências Naturais/Biologia – CSHST - Pinheiro

Dedico este trabalho a minha família, em especial a minha esposa Francisca Lima e aos meus filhos Lucas e Liam.

## AGRADECIMENTOS

A Deus pela força e a coragem de seguir em frente durante o curso e pela vitória de me formar em Licenciatura em Ciências/Biologia.

Ao meu orientador e Professor Doutor Paulo Roberto Brasil de Oliveira Marques, pelo apoio, paciência e pelo incentivo na minha pesquisa e pela oportunidade de poder desfrutar um pouco de seus conhecimentos, valeu professor.

Ao Professor Doutor Alex de Sousa Lima pelos mapas e pela disponibilidade em ajudar nesse trabalho.

A Universidade Federal do Maranhão e a todo o corpo docente pelo apoio, aprendizado teórico e prático que são base na minha futura profissão.

A minha esposa Francisca Lima, pelo apoio incondicional e pela confiança demonstrada ao longo de minha formação pessoal.

Aos meus filhos Lucas Silva e Liam Silva pelo carinho e compreensão na minha ausência.

Aos meus pais Raimundo Miguel e Maria José que sempre oraram e acreditaram em mim.

A minha irmã, Madalena pelo companheirismo nas idas e voltas para UFMA.

A todos os meus colegas de sala: pelos anos de experiência que passamos juntos nesses últimos quatro anos de estudos em especial: A Maria Eduarda, Maria Danyelle, Fabiana leite, por sempre me ajudar com os conteúdos da sexta feira a noite.

Ao piscicultor que me autorizou a fazer esse trabalho em seu criatório de peixes.

A todos que, de alguma forma direta ou indireta, contribuíram para minha formação e para conclusão deste trabalho.

## RESUMO

A piscicultura é uma atividade que nos últimos anos vem crescendo e tem se mostrado uma ótima opção na renda para os criadores, melhorando sua qualidade de vida. Este estudo objetivou a efetuar análises físico-químicas da qualidade da água de piscicultura na cidade de Timbiras-MA. Para tanto, foi feito um levantamento inicial de tanques de criação de peixes para consumo humano com ênfase na quantidade de tanques existentes em cada piscicultura. Em seguida foram efetuadas visitas *in loco* aos locais de criação, para definição e seleção de criadouro e quantidade de tanques a serem analisados pelo presente estudo. A partir da disponibilidade de cooperação com o estudo e liberação da área para as análises foi definido apenas um desses estabelecimentos de cultivo como área de estudo para as análises físico-químicas de monitoramento da qualidade da água. A propriedade comercial escolhida apresentou 18 tanques de criação de peixes em funcionamento, bem como uma represa para abastecimento da água dos tanques. Destes foram definidos os 6 tanques centrais e a represa para efetuar as análises. Foram definidas três campanhas de medições, coletas e análises, ocorrentes entre os meses de junho a setembro de 2021 e uma avaliação temporal diurna. Os parâmetros físico-químicos analisados foram: pH, temperatura, condutividade elétrica, cor verdadeira, salinidade e oxigênio dissolvido. Os dados se apresentaram com baixa oscilação nos valores obtidos, tendo baixos coeficientes de variação. Desta forma pode-se concluir que todos os dados praticamente se encontraram em conformidade com a legislação do CONAMA 357 /05 é esperado para uma água de qualidade para criação de peixes.

**Palavras-Chave:** Atividade comercial, criação de peixes, produção.

## ABSTRACT

Fish farming is an activity that has been growing in recent years and has proved to be a great income option for breeders, improving their quality of life. This study aimed to carry out physicochemical analyzes of the quality of psychculture water in the city of Timbiras-MA. Therefore, an initial survey of fish farming ponds for human consumption was carried out, with emphasis on the number of existing ponds in each fish farm. Then, on-site visits were made to the breeding sites, to define and select the breeding site and number of tanks to be analyzed by the present study. Based on the availability of cooperation with the study and release of the area for analysis, only one of these cultivation establishments was defined as a study area for the physical-chemical analysis of water quality monitoring. The commercial property chosen had 18 working fish ponds, as well as a dam to supply water to the ponds. Of these, the 6 central tanks and the dam were defined to carry out the analyses. Three measurement, collection and analysis campaigns were defined, taking place between June and September 2021 and a daytime temporal evaluation. The physicochemical parameters analyzed were: pH, temperature, electrical conductivity, true color, salinity and dissolved oxygen. The data presented with low oscillation in the values obtained, having low coefficients of variation. In this way it can be concluded that all data practically met in accordance with the legislation of CONAMA 357 /05 is expected for quality water for fish farming.

**Keywords:** Commercial activity, fish farming, production.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b>	A água no mundo e sua escassez no Brasil.....	17
<b>Figura 2:</b>	Mapa do Brasil apresentando a sua Hidrografia.....	18
<b>Figura 3:</b>	Regiões e bacias hidrográficas do Estado do Maranhão.....	19
<b>Figura 4:</b>	Localização geográfica da cidade de Timbiras – Maranhão.....	20
<b>Figura 5:</b>	A) Aparelho multiparâmetro AK88. B) sondas de medição do AK88 (fora de escala) e C) aparelho medidor de cor para água AK530.....	29
<b>Figura 6:</b>	Localização geográfica dos tanques da aquicultura de piscicultura estudados.....	31
<b>Figura 7:</b>	A) coleta da amostra de água. B) Aferição da temperatura do ar. C) aferição dos parâmetros. D) tomada de dados. ....	32
<b>Figura 8:</b>	Medidas em laboratório. Aferições do parâmetro cor verdadeira.....	32
<b>Figura 9:</b>	Gráfico dos dados obtidos para os parâmetros nos seis tanques de coleta na campanha 1.....	34
<b>Figura 10:</b>	Gráfico de barra dos dados comparativos entre os valores das médias dos parâmetros e valores da represa na campanha 1.....	36
<b>Figura 11:</b>	Gráfico dos dados obtidos para os parâmetros nos seis tanques de coleta na campanha 2.....	38
<b>Figura 12:</b>	Gráfico de barra dos dados comparativos entre os valores das médias dos parâmetros e valores da represa na campanha 1.....	39
<b>Figura 13:</b>	Gráfico dos dados obtidos para os parâmetros nos seis tanques de coleta na campanha 3.....	40
<b>Figura 14:</b>	Gráfico de barra dos dados comparativos entre os valores das médias dos parâmetros e valores da represa na campanha 1.....	42
<b>Figura 15:</b>	Dados comparativos para o parâmetro pH para as três campanhas de coleta e análise da água nos tanques.....	43
<b>Figura 16:</b>	Dados comparativos para o parâmetro condutividade para as três campanhas de coleta e análise da água nos tanques.....	44
<b>Figura 17:</b>	Dados comparativos para o parâmetro salinidade para as três campanhas de coleta e análise da água nos tanques.....	45
<b>Figura 18:</b>	Dados comparativos para o parâmetro oxigênio dissolvido para as três campanhas de coleta e análise da água nos tanques.....	45
<b>Figura 19:</b>	Dados comparativos para o parâmetro cor para as três campanhas de coleta e análise da água nos tanques.....	46
<b>Figura 20:</b>	Dados comparativos para o parâmetro temperatura da água para as três campanhas e análise da água nos tanques.....	47

<b>Figura 21:</b>	Dados comparativos para o todos os parâmetros analisados na represa para as três campanhas e análise da água nos tanques.....	48
<b>Figura 22:</b>	Gráfico dos dados obtidos para os parâmetros na variação do tempo diurna no tanque T3.....	49

**LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 1:</b>	Dados aferidos na primeira campanha de coleta de água para os parâmetros em estudo.....	33
<b>Tabela 2:</b>	Dados aferidos na segunda campanha de coleta de água para os parâmetros em estudo.....	37
<b>Tabela 3:</b>	Dados aferidos na terceira campanha de coleta de água para os parâmetros em estudo.....	40
<b>Tabela 4:</b>	Dados dos parâmetros na campanha de variação temporal diurna no tanque três.....	49

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1	A Água no Planeta.....	16
2.2	Águas no Brasil.....	17
2.3	Águas no Maranhão.....	18
2.4	A piscicultura.....	20
2.5	Qualidade da Água para Piscicultura.....	22
2.6	Parâmetros Físico-Químicos.....	24
2.6.1	pH.....	24
2.6.2	Temperatura.....	25
2.6.3	Condutividade Elétrica.....	25
2.6.4	Cor Aparente e Cor Verdadeira.....	26
2.6.5	Salinidade.....	26
2.6.6	Oxigênio Dissolvido.....	27
3	OBJETIVOS.....	28
3.1	Objetivo geral.....	28
3.2	Objetivos Específicos.....	28
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	29
4.1	Equipamentos.....	29
4.2	Treinamento.....	30
5	PONTOS DE ANÁLISE E AMOSTRAGEM.....	30
6	RESULTADOS.....	33
6.1	Campanha 1.....	33
6.2	Campanha 2.....	37
6.3	Campanha 3.....	39
6.4	Comparação entre as Campanhas.....	42

<b>6.5 Estudo de Variação Temporal Diurna .....</b>	<b>49</b>
7 CONCLUSÃO.....	51
REFERÊNCIAS .....	52
8 APÊNDICE A. Ficha de anotação para análise de água. ....	57

## 1 INTRODUÇÃO

No Brasil, como na maioria dos países europeus e americanos, as primeiras iniciativas de criação de peixes ocorreram a partir da importação de espécies não nativas ou exóticas, como a carpa comum, as carpas chinesas, as tilápias e a truta. (BRABO, et al 2016). Nas décadas de 1960 e 1970, um modelo popular de criação de peixes para pequenos produtores foi introduzido e rapidamente se popularizou como atividade complementar a renda familiar. Uma das características mais interessantes desse modelo foi a associação entre uma pequena escala de produção e um extenso sistema de criação. No entanto, a atividade passou a ser praticada de forma comercial apenas na década de 1980, impulsionada por avanços tecnológicos como o domínio da reprodução induzida de peixes nativos reofílicos, o desenvolvimento da técnica de reversão sexual de tilápias e o surgimento das primeiras rações para peixes, bem como pela demanda de pesque-pague por peixes vivos na região Sudeste (OSTRENSKY et al., 2008).

Na década de 1990, surgiu o "fenômeno da remuneração da pesca", revelando o fascínio dos brasileiros por essa atividade, levando a um aumento da demanda por peixes vivos e a um perfil lucrativo da piscicultura (FARIA et al, 2013).

Essa atividade ao longo dos anos tem se mostrado uma alternativa a mais de renda para a população, melhorando seu nível de vida, gerando renda e difundindo tecnologia de criação de peixes em cativeiro, suprindo o mercado regional e diminuindo a pressão da pesca sobre os rios da região. No Brasil, a piscicultura tem sido privilegiada quanto ao fator água, pois é praticada em regiões onde existe abundante reserva, o que podemos constatar em todas as regiões do país (LOPES 2012).

Como observado, houve um crescimento do número de criatórios de peixes e com isto, uma crescente procura e uso da água, a criação de organismos aquáticos está se tornando o alvo preferido dos órgãos de monitoramento e controle ambiental, comprovadamente pela imposição de regras, leis e normas no uso, reuso e despejo dos recursos hídricos (BRASIL, 1997).

Em 2003, o governo federal criou a Secretaria Nacional de Aquicultura e Pesca (SEAP), com status de ministério, ligada administrativamente à Presidência da República, com o objetivo de atuar especificamente no desenvolvimento da aquicultura e da pesca (SILVA, 2005). Desde então, políticas públicas foram formuladas e implementadas para aumentar a produção pesqueira no país. A piscicultura é uma atividade econômica que também utiliza os recursos hídricos para o desenvolvimento e tem como objetivo principal maximizar a produção de pescado para consumo humano, aliando valor nutritivo e boa qualidade alimentar a um baixo custo (FARIA et al, 2013).

Por um lado, devido às pressões ambientais (mudanças de habitat, poluição e construção de barragens), a oferta de peixes no ambiente natural está diminuindo, por outro lado, devido às mudanças na alimentação das pessoas, esta atividade em criadouros está sendo bastante favorecida (LACHI, 2006).

Sendo assim, a qualidade do produto da piscicultura está diretamente associada a qualidade da água em que os peixes estão sendo criados. Esta qualidade implica no controle de vários aspectos da vida dos organismos no meio aquático, bem como do monitoramento de diversas variáveis químicas e físico-químicas, tais como: temperatura, salinidade, transparência, pH, cor, turbidez, formas nitrogenadas (amônio, nitrito, nitrato), formas de fósforo (ortofosfato, fósforo total dissolvido e fósforo total), oxigênio dissolvido, coliformes totais, coliformes termotolerantes, entre outros (CUTCHMA, 2015).

Condições inadequadas de qualidade da água resultam em prejuízo ao crescimento, à reprodução, à saúde, à sobrevivência e à qualidade dos peixes, comprometendo o sucesso dos sistemas de aquicultura. A qualidade da água em qualquer criação é extremamente importante para a obtenção de resultados satisfatórios na produção, mas na piscicultura, é a principal matéria-prima do processo. Condições impróprias de qualidade da água resultam em prejuízo ao crescimento, à reprodução, à saúde, à sobrevivência e à qualidade dos peixes, comprometendo o sucesso da aquicultura (SOUZA 2020).

A partir deste panorama, o presente trabalho abordou o monitoramento da qualidade da água de piscicultura na cidade de Timbiras-MA, a partir da análise físico-química da água utilizada em 6 tanques de criação de peixes de um mesmo estabelecimento, objetivando montar um sistema básico de análise e de obtenção de dados iniciais que auxiliam e corroborem com ações futuras de monitoramento e formação de recursos humanos especializados. Estes tipos de empreendimentos têm crescido no Estado do Maranhão e necessitam de trabalhos que abordem a qualidade da água utilizada para os criadouros, sobretudo como forma de monitoramento também da qualidade do pescado vendido na região.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 A Água no Planeta

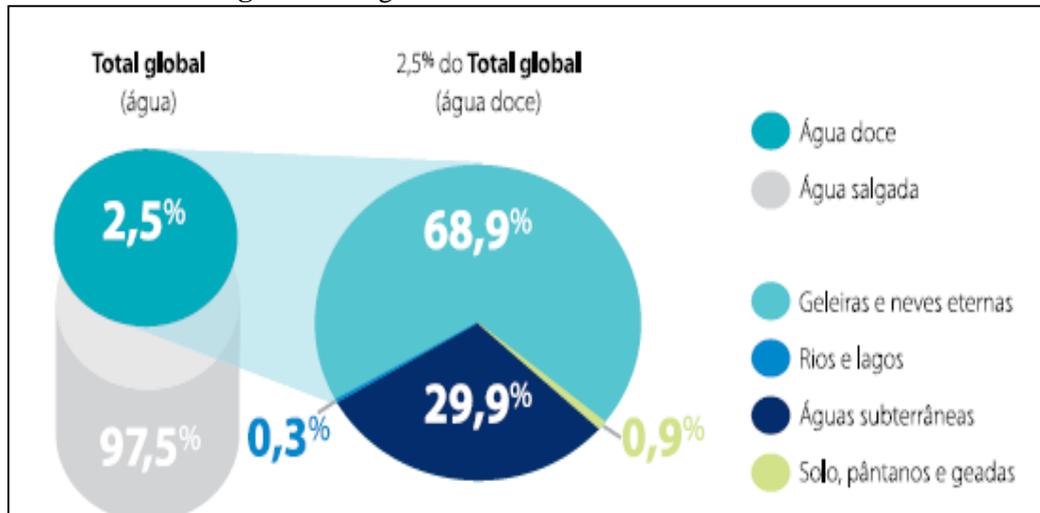
A água é um dos elementos mais importantes para vida no planeta Terra e mantém o equilíbrio da biodiversidade e das relações de dependência entre seres vivos e ambientes naturais. A água tem, também, um papel econômico de grande relevância, uma vez que seus usos múltiplos – abastecimento público, produção de alimentos, geração de hidroeletricidade, navegação e desenvolvimento industrial – promovem as economias locais, regionais e nacionais (BRAGA et al., 2005).

Como afirma Grecco, (1998), o mau uso desse recurso, aliado a crescente demanda, vem preocupando os responsáveis pela gestão dos recursos hídricos, em função da diminuição da disponibilidade de água limpa em todo o planeta. Os recursos hídricos vêm perdendo o rótulo de “infinito” e aos poucos as políticas que negligenciavam o desperdício necessitam ser substituídas pela racionalização e pelo uso múltiplo e sustentável da água e de seus mananciais.

Reconhecendo que os impactos sobre os recursos hídricos se encontram em processo acelerado e sabendo da importância da água para a existência e desenvolvimento das formas de vida na Terra, é necessário tomar providências quanto aos conteúdos, formas e processos que permitam a sociedade rever o seu comportamento na forma de lidar com este bem natural.

Consideremos rapidamente os dados básicos sobre a água no planeta terra, vivemos em um planeta com 75% da superfície coberta de água, desse volume, temos 97,5% que estão nos oceanos e mares e são salgados, e os outros 2,5% são águas doce e salobra. Deste total de água doce temos 69% nas geleiras, 30% de águas subterrâneas, e somente 0,3% disponíveis para o uso, que se pode encontrar nos rios e lagos, restando 0,9% em outros lugares (BOFF 2015).

Merece comentário a água salobra que é típica dos estuários e resulta da mistura da água do rio correspondente com a água do mar. Também se encontra água salobra de origem fóssil em certos aquíferos associados a rochas salinas. Silva (2004) nos mostra que 70,10% do consumo de água é destinado à agricultura, 20% são destinados a indústria e 9,90% para o uso doméstico. A Figura 1 apresenta um esquema que aborda essa porcentagem.

**Figura 1:** A água no mundo e sua escassez no Brasil.

Fonte: Boff, 2015.

Aliada a essa distribuição irregular e falta de ações concretas para garantir água de qualidade para o mundo tem-se as questões econômicas em que a água se insere, que torna ainda mais difícil sua gestão democrática. O século XXI será marcado pela crise hídrica que está relacionada muito mais a problemas de gestão do que escassez. Segundo ALVES (2004), a crise da água está inserida em um contexto maior que é a crise ambiental mundial, sendo esta de caráter complexo e multidimensional e submetida a vários posicionamentos de ordem moral, intelectual e ética”

## 2.2 Águas no Brasil

O Brasil é um dos países mais privilegiados do mundo no que diz respeito à quantidade de água. Com 13% do total mundial, possui a maior reserva de água doce da Terra, porém, sua distribuição não é uniforme em todo o território nacional. O país detém 60% da bacia amazônica onde ela possui uma vazão de (177,9 mil m<sup>3</sup>/s), e possui 53% dos recursos hídricos da América do Sul. Grande parte das fronteiras do país é definida por corpos d'água – são 83 rios fronteiriços e alguns são transfronteiriços, além de bacias hidrográficas e de aquíferos. As bacias de rios transfronteiriços ocupam 60% do território brasileiro (BRASIL. 2014). A Figura 2 apresenta um mapa com as regiões hidrográficas do Brasil.

**Figura 2:** Mapa do Brasil apresentando a sua Hidrografia.



**Fonte:** ANA. Agencia Nacional das Águas.2005

Tendo uma distribuição regional de forma irregular, onde 70% na região Norte, 15% para o Centro-Oeste, 12% para sul e sudeste, onde tem o maior consumo de água no país, por último a região do Nordeste tem 3% dos recursos disponíveis no Brasil, a situação dessa região se torna mais grave devido ao baixo índice pluviométrico para tal (ALMEIDA, 2019).

Tucci (2001) afirma que o Nordeste brasileiro apresenta condições hídricas desfavoráveis que combinam: evapotranspiração alta durante todo o ano, baixa precipitação, subsolo desfavorável em muitas regiões (água salobra ou formação cristalina) e baixo desenvolvimento econômico social. A falta de água em grande parte do ano compromete seriamente as condições de vida da população em áreas extensas do semiárido.

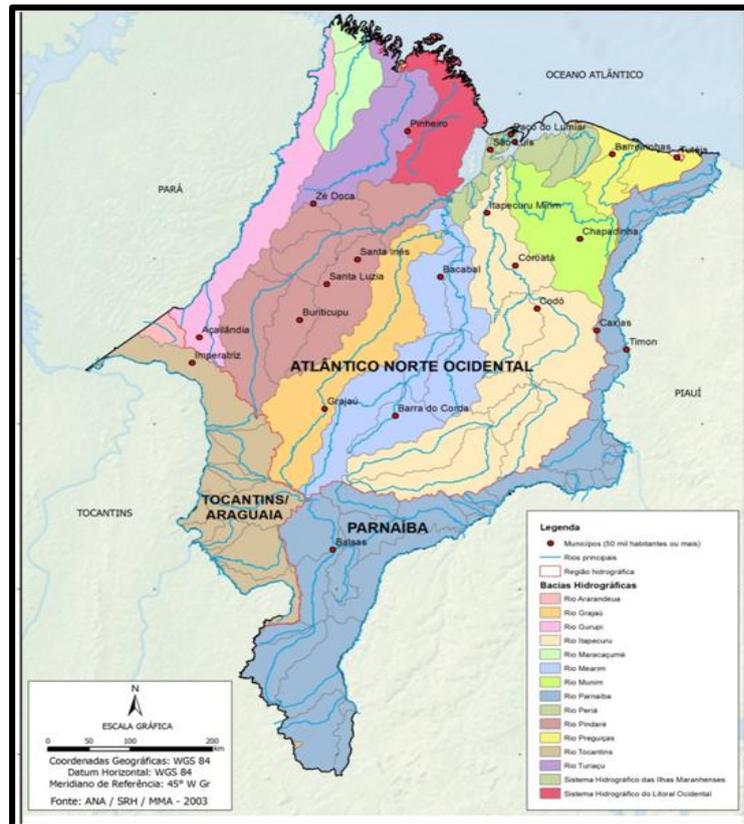
### 2.3 Águas no Maranhão

O Maranhão é o oitavo maior Estado brasileiro em área, com extensão aproximada de 331.983,29 km<sup>2</sup>, tendo 217 municípios. Suas fronteiras totalizam 3.863 km, 90% constituídos por rios de extensão e volume de água. A rede hidrográfica do Estado, com 4.027 km<sup>2</sup> de águas interiores, está distribuída em dez Bacias Hidrográficas e dois Sistemas Hidrográficos. (LEITE, 2011).

Detentor de um dos maiores potenciais hídricos do país está inserido nas regiões

hidrográficas federais do Atlântico Nordeste Ocidental, do Parnaíba e do Tocantins-Araguaia como apresenta a Figura 3, sendo esta divisão a base para a oficialização da divisão hidrográfica, através do Decreto Estadual nº 27.845/11 (FÉLIX, 2012).

**Figura 3:** Regiões e bacias hidrográficas do Estado do Maranhão.



Fonte: <https://www.nugeo.uema.br/?p=11084#prettyPhoto/0/>.

A região dos cocais maranhenses está localizada nos Estados do Maranhão e Piauí, sendo uma cobertura vegetal considerada um bioma de transição ou ecótono, que caracteriza a passagem de um bioma para outro, este ecótono delimita a floresta amazônica, caatinga e cerrado, podendo encontrado em outros estados como Ceará, Tocantins e Rio Grande do Norte (BANDEIRA, 2013).

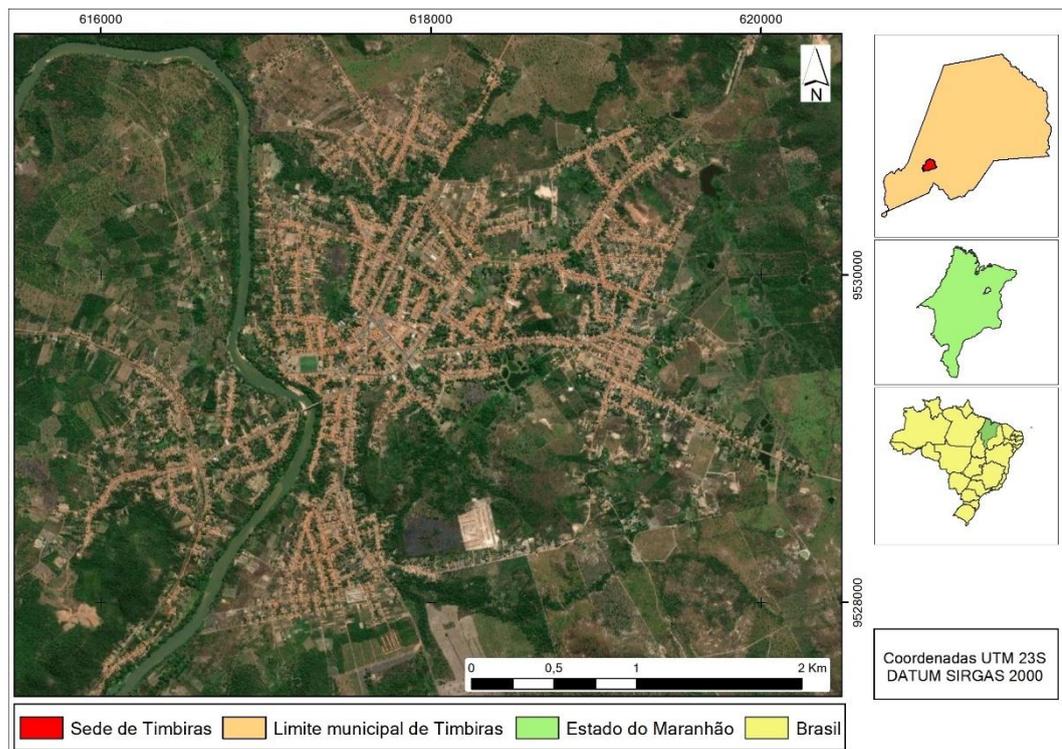
Sobre esse aspecto Felix (2012) continua a discorrer dizendo que o Estado apresenta uma demanda hídrica atual em torno de 1,5 trilhões de m<sup>3</sup> por ano, sendo que a maior parte é utilizada, para fins de irrigação, em torno de 55,6% do volume total.

Diversas bacias e rios formam a hidrografia da região dos cocais, como as bacias do rio Parnaíba, Munim e Itapecuru, vale ressaltar que além dessas grandes bacias hidrográficas, a região dos cocais também tem influência de rios como Mearim, Pindaré, Tocantins e Araguaia.

Sendo de suma importância para o abastecimento das cidades pertencentes à região dos cocais, além de fonte de renda para os ribeirinhos e cidades às margens desses afluentes (BANDEIRA, 2013). Como consequência dos abundantes recursos hídricos regionais, a pesca constitui, possivelmente, a atividade socioeconômica mais importante para a região (ARAÚJO, et al 2008).

A cidade de Timbiras - MA tem uma área de 1.486,584 km<sup>2</sup> e uma população de 29.183 habitantes, com densidade demográfica de 18,83 hab/km<sup>2</sup>. O rio Itapecuru é o principal rio que banha o município. A população depende dele quase que absolutamente, pois toda a água potável distribuída na cidade é proveniente desse rio (IBGE/2019). A Figura 4 mostra a localização geográfica da cidade, bem como a extensão do rio Itapecuru.

**Figura 4:** Localização geográfica da cidade de Timbiras – Maranhão.



**Fonte:** IBGE (2020).

## 2.4 A piscicultura

A aquicultura mundial tem se expandido nas últimas décadas e no Brasil não tem sido diferente, pois este reúne condições extremamente favoráveis à essa atividade econômica. Além do grande potencial de mercado, o país conta com clima favorável, boa disponibilidade de áreas, grandes safras de grãos (soja, milho, trigo, entre outros que geram matérias primas para rações animais) e invejável potencial hídrico (BOZANO, 2002; KUBITZA, 2003).

Quando comparada com a agricultura, a piscicultura apresenta várias vantagens: pequeno investimento (quando já existe reservatório), pouca mão de obra, baixo risco e retorno econômico garantido. Além da piscicultura fornecer uma alimentação rica em proteínas é uma fonte de renda através da comercialização do pescado ou do lazer através dos pesque-pague e, portanto, deve ser encarada do mesmo modo que a pecuária intensiva e a agricultura irrigada (SAMPAIO 2013).

Ainda com base em Sampaio (2013), ele nos diz que a piscicultura é uma técnica de criar e multiplicar os peixes sendo, portanto, uma importante atividade que, se bem conduzida, representa uma fonte de emprego e renda no País, além de contribuir para a diminuição do déficit alimentar nas populações mais pobres. O atual processo de crescimento da piscicultura mostra que é de fato uma atividade lucrativa, que ajuda a fortalecer a economia.

Segundo os dados do Anuário Peixe BR 2021 o Brasil é um grande produtor de peixes (o quarto maior produtor mundial) e no ano de 2020 registrou 802.930 toneladas de peixes, um aumento de 5,93% do que foi registrado para ano de 2019. . Já nos nove primeiros meses de 2021 (de janeiro a setembro), o país exportou produtos da piscicultura no valor total de US\$ 12,8 milhões. O terceiro trimestre deste ano teve valores financeiros 71% maiores do que os verificados no mesmo período de 2020. A atividade movimenta cerca de R\$ R\$ 8 bilhões /ano. A piscicultura gera cerca de 1 milhão de empregos diretos e indiretos (ANUÁRIO PEIXE BR, DA PISCICULTURA 2021).

A produção de tilápia no Brasil tem sido muito expressiva, demonstrando sua predominância na piscicultura dos mais diversos estados (BRANDÃO, 2018). A corroborar com a constatação supramencionada o Anuário Peixe BR 2021 nos mostra que a Tilápia, representa 60% da produção, tambaqui (participa de 35%) outras espécies com 5%. O país saltou de 578.800 toneladas em 2014 para a 802.930 toneladas em 2020. "Em 20 anos, o Brasil será o maior produtor mundial de peixes de cultivo, com a liderança da tilápia", afirma Francisco Medeiros, presidente da Associação Brasileira da Piscicultura (ANUÁRIO PEIXE BR, DA PISCICULTURA 2021).

O Estado do Maranhão apresenta condições favoráveis para o desenvolvimento da piscicultura, como ótimas condições climáticas e hidrobiológicas. No entanto, o mesmo ainda não atingiu um desenvolvimento satisfatório, o que pode estar relacionado às dificuldades burocráticas, falta de incentivos governamentais e a não propagação de tecnologia adequada. (SILVA, 2016). De acordo com Bitencourt et al. (2008), a piscicultura pode ser uma grande alavanca de desenvolvimento social e econômico, que possibilita o aproveitamento efetivo dos

recursos naturais locais e geração de emprego (BITENCOURT et al. 2008)

Já com relação ao Maranhão, o Estado encerrou 2020 com crescimento de 6%. Dessa forma, o Maranhão atingiu 47.700 t e saltou para a 5ª posição entre os Estados Brasileiros. Ele é o terceiro produtor brasileiro de peixes nativos, com uma produção de 40.800 toneladas, 5,94% maior que a do ano de 2019. O peixe mais cultivado no Estado é o tambaqui, com mais de 90% da produção. (ANUÁRIO PEIXE BR, 2021). Na cidade de Timbiras - MA os peixes mais cultivados são tambaqui, tambatinga, piabão, tilápia, panga. A piscicultura nessa região está em desenvolvimento.

## **2.5 Qualidade da Água para Piscicultura**

Para a piscicultura, a qualidade da água utilizada no sistema depende do tipo de solo no tanque, da composição da água de origem, do sistema de manejo, alimentação da água (calagem, fertilização, limpeza etc.), carga e composição do alimento lançado e dos organismos ali criados (SANTOS 2010). A água é um dos fatores mais importantes que interferem no cultivo dos peixes, sendo ela considerada a parte final das múltiplas transformações que ocorrem nos viveiros e são refletidas nas suas características físico-químicas e biológicas (CUTCHMA, 2015). Sendo assim, em casos de má qualidade de água, em que são verificados baixos teores de oxigênio dissolvido, pH inadequado ou elevadas concentrações de amônia, entre outros, a água se configura em agente estressor que pode tornar o peixe incapaz de manter um estado fisiológico normal (BARTON, 2002).

Essa qualidade da água de criação muda de acordo com o equilíbrio dinâmico e complexo entre fatores físicos, químicos e biológicos e está diretamente relacionada à interação entre as características ambientais, como solo, clima e todos os organismos que vivem na área. Fatores meteorológicos como radiação solar, temperatura, velocidade do vento, chuva e umidade afetarão as características físicas da água, como temperatura, cor, turbidez etc. (FARIA et al, 2013).

Em qualquer sistema de cultivo, as características físicas que mais podem restringir a produção de peixes são características como a temperatura e a transparência e as características químicas como o oxigênio dissolvido, o pH, a alcalinidade total, a condutividade elétrica, a salinidade, a dureza, entre outros (ROCHA et al, 2007).

O aumento de matéria orgânica na água de piscicultura, a qual é proveniente de fezes, metabólitos excretados pelos peixes e por restos de rações, pode comprometer o equilíbrio

físico-químico e biológico da água. Este acúmulo de matéria orgânica no ambiente de produção pode ser ainda mais acentuado em condições de manejo alimentar inadequado (CUTCHMA, 2015). Esta grande disponibilidade de nutrientes pode levar ao florescimento excessivo de fitoplâncton, o que reduz a transparência e altera os parâmetros de qualidade da água, induzindo um fator estressante para os animais, comprometendo seu sistema imunológico e aumentando o risco de um surto de doença com grandes perdas econômicas devido à mortalidade (SADO et al 2012).

Portanto, o sucesso da piscicultura depende da manutenção da qualidade da água dentro dos parâmetros exigidos para cada espécie (FARIA et al, 2013).

De acordo com Pádua (2000), a água de abastecimento de um sistema de criação de peixes pode ter diversas fontes, pode ser superficial (rios, lagos naturais, represas, açudes e córregos, antigos viveiros ou reservatórios etc.) ou subterrânea (provenientes de nascentes e poços, originárias de lençóis freáticos). Essa fonte de água deve abastecer todo o sistema de cultivo, desde que esteja em boas condições sanitárias, livre de esgotos e de produtos como herbicidas, venenos, fungicidas, cloro etc. Na aquicultura de água doce é preferível capturar diretamente a água da fonte (riachos, rios, lagos e represas), especialmente na criação peixes de engorda. Essas fontes de águas costumam ficar perto de o corpo receptor (tanques).

Entender e monitorar a qualidade dessa água é necessário não só para evitar surpresas desagradáveis, como o enfraquecimento e morte dos organismos criados, mas também para administrar adequadamente o sistema reprodutivo e fazer melhor uso da água, controle de alimentos, comportamento biológico. Segundo Alves, 2001 para um bom desenvolvimento dos organismos aquáticos e uma produção economicamente viável, tem que ter certo controle da água dos viveiros onde são cultivados.

Os parâmetros geralmente analisados em água de piscicultura são: temperatura e transparência (cor, Turbidez e sólidos), oxigênio dissolvido, pH, amônia, salinidade, coliformes e algas (FERREIRA et al., 2005). O conhecimento de análise e interpretação dos resultados dos parâmetros de qualidade da água é muito importante para os piscicultores. Fatores como oxigênio dissolvido e temperatura, entre outros, estão diretamente relacionados com o desenvolvimento dos peixes (MALLASEN et al., 2008).

Fatores como pH, alcalinidade, dureza e transparência também afetam o peixe, mas não são tóxicos. Os fatores da qualidade de água interagem uns com outros fatores bióticos e abióticos. Essa interação pode ser complexa; o que pode ser tóxico e causar mortalidades em uma situação, pode ser inofensivo. A importância de cada fator, o método de determinação e

frequência do monitoramento dependem do tipo e intensidade do sistema de produção usado (ROSS et al., 2011).

Quando se refere ao monitoramento da qualidade da água, as análises devem ser efetuadas antes, durante e após as atividades de piscicultura. No entanto, durante o evento, a frequência de monitoramento irá variar dependendo do tipo e sistema de criação. As criações semi-intensivas e intensiva requerem análises diárias de algumas variáveis a fim de fornecer dados para o melhor manejo do viveiro. (FARIA et al, 2013)

## **2.6 Parâmetros Físico-Químicos**

Os parâmetros físico-químicos são de suma importância para a determinação da qualidade da água. São compostos por medidas físicas e químicas, analisadas em sua maioria em laboratório, podendo ser efetuado alguns desses in situ, porém não substitui uma análise laboratorial precisa e minuciosa (BRASIL, 2013). O habitat dos peixes muda ao longo do dia, mesmo em um curto período de tempo o que indica que o controle e a gestão adequados da água são práticas básicas para uma piscicultura de sucesso.

### **2.6.1 pH**

O potencial hidrogeniônico ou pH, é uma medida usada para determinar o quão ácido ou alcalino um meio pode se comportar, tendo dependência da quantidade de íons hidrogênio no meio. Este parâmetro varia de 0 a 14, sendo que, de 0 a 6,9 temos uma faixa ácida, 7 um valor de neutro e de 7,1 a 14, uma faixa alcalina. O intervalo ideal para a reprodução de peixes é entre 6,5 e 9,0. Água com pH inferior a 6,5 (ácida) e superior a 9,0 (alcalina) é prejudicial ao crescimento e reprodução dos peixes. O valor numérico de pH da água muda com a temperatura, capacidade de tamponamento da água (alcalinidade total), processo de respiração dos peixes e fotossíntese de microalgas, diminuindo do anoitecer ao amanhecer e aumentando com a luz solar. No final da tarde, observa-se o maior valor, o que pode potencializar o efeito tóxico da amônia na água do viveiro. Em altas concentrações, podem causar a morte de peixes. Portanto, recomenda-se monitorar o valor do pH todos os dias, de preferência no período da tarde (FARIA et al, 2013).

### **2.6.2 Temperatura**

A temperatura é um fator ecológico importante, pois pode influenciar diretamente nos variados organismos, sendo que cada espécie de peixe possui uma faixa específica de temperatura apropriada para seu melhor desenvolvimento (EMATER, 2004).

A temperatura ideal para o desenvolvimento de peixes tropicais em tanques de engorda está entre 25 e 32 °C. O ideal é que a temperatura da água de criadouros de peixes deve ser medida diariamente. Durante a estação mais quente do ano, por exemplo, o consumo de alimentos pelos peixes aumenta e a taxa de crescimento também. Se a temperatura atingir um valor superior ao máximo ideal, a renovação hídrica do criadouro deve ser fortalecida, a entrada e saída de água devem ser aumentadas, aumentando assim o oxigênio dissolvido no meio. Em meses mais frios pode ocorrer diminuição da imunidade do peixe, o que facilita o surgimento de doenças causadas principalmente por bactérias e fungo (FARIA et al, 2013).

Na água, a temperatura é fator crucial para a biota de rios e mares, e sendo importante também para determinar a potabilidade da mesma (RICKLEFS, 2013). A origem antrópica deve-se, especialmente, aos despejos industriais, as altas temperaturas aumentam a taxa das reações físicas, químicas e biológicas e diminuem a solubilidade dos gases (SPERLING, 2005).

Ela é um fator ecológico importante, por influenciar diretamente em vários organismos. Destaca-se que cada espécie de peixe possui uma faixa específica de temperatura apropriada para seu melhor desenvolvimento. A temperatura pode também influenciar os processos metabólicos e de decomposição da matéria orgânica no meio aquático, sendo que quando elevadas, resultam em aceleração de tais processos (EMATER, 2004).

Os peixes não conseguem manter a temperatura corporal constante, por isso a temperatura da água é uma das variáveis mais relevantes na piscicultura, que tem impacto direto nos processos biológicos, como taxa de respiração, assimilação de alimentos, crescimento, reprodução e comportamento. Valores muito elevados de temperatura da água podem causar dificuldades no processo de digestão associadas à incapacidade de absorver nutrientes, reduzindo assim a taxa de crescimento dos peixes ou causando a morte (OLIVEIRA 2020)

O aumento da temperatura da água também levará à diminuição da concentração de oxigênio dissolvido, dificultando a respiração dos peixes (FARIA et al, 2013).

### **2.6.3 Condutividade Elétrica**

A condutividade elétrica na água indica a capacidade da água de conduzir eletricidade, sendo determinada pela quantidade de íons e cátions dissolvidos na água, partículas essas

carregadas eletricamente, então quanto maior a quantidade de íons e cátions dissolvidos, maior será sua condutividade (BRASIL, 2014)

A condutividade auxilia nas informações sobre o metabolismo do ecossistema e na detecção de fontes de poluição no sistema aquático. Também pode ser usada como um avaliador de nutrientes em ecossistemas aquáticos (ESTEVES, 1998). Na água, os valores da condutividade elétrica representam a carga mineral da mesma, podendo ter a presença de íons de alguns compostos dissolvidos como cloretos, nitratos, sulfatos e fosfatos, e indicando também a interferência de cátions, como de sódio, magnésio, cálcio, ferro, alumínio e amônio (BRASIL, 2013). Esteves (1998) é categórico ao afirmar que na piscicultura, a condutividade de cerca de 70  $\mu\text{S cm}$  é suficiente para manter e produzir peixes.

#### **2.6.4 Cor Aparente e Cor Verdadeira**

A transparência é uma medida diretamente relacionada à produção biológica primária do meio ambiente. A transparência ou turvação da água de um tanque de peixes evita que os raios solares penetrem na coluna d'água. A luz solar é uma importante fonte de energia para as plantas de clorofila (algas), que produzem matéria orgânica por meio de um processo denominado fotossíntese. Portanto, a transparência é um fator muito importante na piscicultura, controlando o crescimento excessivo de organismos indesejáveis foto dependentes. A profundidade da parte do corpo d'água que recebe luz pode variar de alguns centímetros a alguns metros, dependendo do grau de turbidez, que pode ser afetada por fatores abióticos (partículas sólidas suspensas) e fatores biológicos (algas e microrganismos) (SILVA et al 2007).

#### **2.6.5 Salinidade**

A salinidade mede a quantidade de sais dissolvidos nas águas dos lagos e reservatórios. Enquanto nas águas salobras a unidade de medida da Salinidade é o ppm ou "partes por milhão", nas águas doces, uma unidade usual é o ppb (partes por bilhão) ou mesmo o ppt ou "partes por trilhão". Na água do mar, a salinidade costuma ser de 35 ppt, enquanto na água doce, é comum 0,5 ppt. A salinidade da água é definida pela quantidade de sais dissolvidos, determinada pela condutividade elétrica. A condutividade, quando transformada em salinidade, possibilita a classificação da água como doce, salobra ou salgada. Um ponto a se considerar é o fato de que a salinidade é maior no verão e menor no inverno. A evaporação pode, também, aumentar a salinidade, por outro lado, as chuvas costumam diminuí-la (NOZAKI et tal., 2014).

### **2.6.6 Oxigênio Dissolvido**

O Oxigênio Dissolvido (OD) é de fundamental importância para os organismos aeróbios, como, por exemplo, os peixes que precisam do oxigênio dissolvido na água para a sua sobrevivência (FUZINATTO, 2009). A concentração de OD é o parâmetro mais importante para a piscicultura, e pode ser medida por equipamentos eletrônicos (medidores multiparâmetros) ou ferramentas de análise facilmente encontradas em lojas profissionais (FARIA et al, 2013). A concentração de oxigênio na água controlada por diversos fatores: fotossíntese, respiração, trocas do ar com a interfaces da água e a suplementação da água no tanque (renovação). A quantidade de oxigênio dissolvidos na água depende da pressão atmosférica e da pressão parcial deste gás em contato com a superfície da água (LOURENÇO J. et al, 1999).

A solubilidade do oxigênio na água é afetada pela temperatura, salinidade e pressão atmosférica, e quanto mais alta a temperatura e a salinidade, menor a concentração de oxigênio na água. À noite, quando as microalgas param de produzir oxigênio devido à interrupção do processo de fotossíntese, a concentração de OD cairá, diminui, atingindo um nível crítico. A partir do início da manhã, os valores de OD aumentam devido a retomada do processo de fotossínteses pelos fitoplânctons (FARIA et al, 2013).

Para piscicultura, a concentração mínima de oxigênio dissolvido que deve ser mantida é de 4mg/L. Excessivo estresse e risco de mortalidade ocorrem quando a concentração de oxigênio cai para valores abaixo de 2mg/L (KUBITZA, 2003).

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo geral**

Efetuar análises físico-químicas da qualidade da água de piscicultura na cidade de Timbiras-MA como panorama inicial de base de dados para trabalhos futuros.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

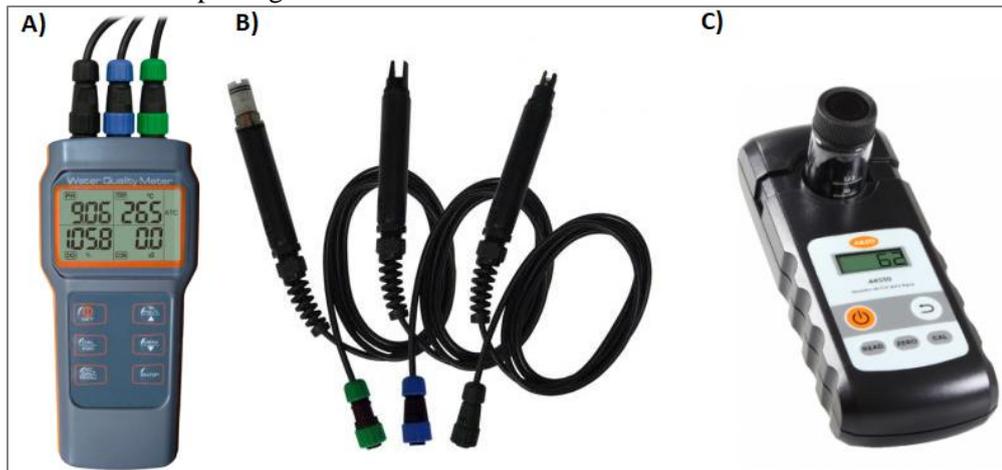
1. Realizar levantamento inicial de tanques de criação de peixes para consumo humano na cidade de Timbiras-MA (localização, corpo d'água, fonte de água, dimensão, profundidade).
2. Realizar levantamento da criação (tipo de peixe, alimentação do peixe, sazonalidade, tempo de criação)
3. Avaliar a qualidade da água a partir dos parâmetros físico-químicos: pH, temperatura, condutividade elétrica, cor verdadeira, salinidade e oxigênio dissolvido.
4. Inferir a partir dos dados sobre a qualidade físico-química da água de piscicultura na cidade de Timbiras-MA.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 Equipamentos

Para a análise dos parâmetros físico-químicos da água foram utilizados dois equipamentos específicos, sendo: a) medidor multiparâmetros AK88 da marca Akso, composto de quatro sondas específicas que efetuam medidas de pH, temperatura do ar, temperatura da água, condutividade elétrica, salinidade e oxigênio dissolvido, e b) medidor de cor para água AK530 da marca Akso, efetua medidas de cor aparente e cor verdadeira, que realiza medições através do método platina-cobalto, que é considerado o método padrão para a medição da cor em água potável e águas naturais. As Figuras 5A, 5B e 5C a seguir apresentam fotografias dos equipamentos citados.

**Figura 5:** A) Aparelho multiparâmetro AK88. B) sondas de medição do AK88 (fora de escala) e C) aparelho medidor de cor para água AK530.



Fonte: Site da AKSO.2021.

Visto que são equipamentos próprios para análise ambiental *in situ*, sendo todos “a aprova d’água” o que conferiu uma boa robustez para o trabalho em campo. Eles foram calibrados conforme indicou o manual do fabricante, com soluções-padrões próprias. Para as sondas destinadas aos parâmetros pH, temperatura, condutividade elétrica e salinidade, a calibração foi efetuada uma única vez, por campanha e para o oxigênio dissolvido, a cada dia de trabalho. No intervalo entre as medidas as sondas foram lavadas com água destilada para eliminar resíduos da medida anterior. Para a análise de cor, a cubeta de vidro foi lavada com água destilada a cada medida, sendo esta cubeta limpa externamente com flanela própria do equipamento, para uma melhor translucidez e conseqüentemente, medidas mais fidedignas.

Após o uso, os equipamentos foram acondicionados novamente em suas respectivas maletas e retornados para o laboratório.

Foram também utilizadas vidrarias específicas do laboratório de química da UFMA, Campus VII, tais como: béquer de teflon de volumes variados, suporte universal, garras metálicas, pissetas, seringa e papel toalha. Os frascos utilizados nas coletas foram de plástico polietileno de 1000 ml de volume total. Estes foram previamente lavados com detergente neutro, em seguida foi feita uma lavagem com água destilada e colocado para secagem a temperatura ambiente, sendo utilizados quando necessários.

## **4.2 Treinamento**

Cabe ressaltar que este trabalho foi desenvolvido de forma prática em meio a pandemia decorrente do Coronavírus, seguindo as orientações da Organização Mundial da Saúde (OMS, 2020). Nesse período as instituições de ensino tiveram que passar uma temporada fechadas, pois era necessário o distanciamento social, de acordo com decretos específicos. A Universidade Federal do Maranhão – UFMA seguiu as orientações da OMS, com a publicação da Resolução N° 1.978/2020-Consepe que estabeleceu a suspensão das atividades.

Inicialmente foram feitos treinamentos de forma remota e síncrona, de modo *on line*, pela plataforma do Google Meet, que no período, foi definida como uma plataforma oficial da UFMA para atividades remotas. Os treinamentos aconteceram no Laboratório de Química da UFMA, Campus VII, onde o orientando se encontrou presente e orientador em sua residência. Foi utilizada água da torneira com a amostra de laboratório para familiarização como os instrumentos de pesquisa. Trabalhou-se os conhecimentos de como utilizar o instrumento, lê os dados e como calibrar o equipamento.

## **5 PONTOS DE ANÁLISE E AMOSTRAGEM**

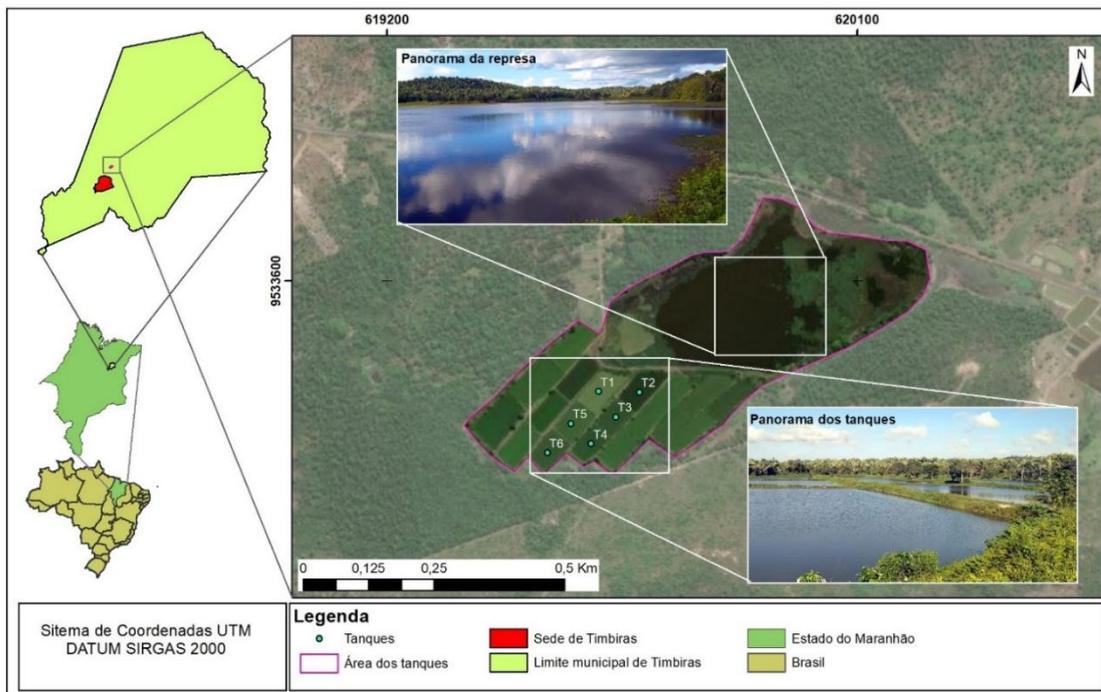
Os pontos de coletas foram determinados a partir do estudo inicial de reconhecimento de campo, focado na cidade de Timbiras-MA. Inicialmente foi efetuado um levantamento quantitativo sobre o cultivo de peixes para fins comerciais existentes na cidade, com ênfase na quantidade de tanques existentes em cada piscicultura.

Seguidamente foram efetuadas visitas *in loco* aos locais de criação, para definição e seleção de criadouro e quantidade de tanques a serem analisados pelo presente estudo. Através do levantamento inicial foram quantificados 11 criadouros comerciais de peixes. A partir da

disponibilidade de cooperação com o estudo e liberação da área para as análises foi definido apenas um desses estabelecimentos de cultivo como área de estudo para as análises físico-químicas de monitoramento da qualidade da água.

Foi observado que a propriedade comercial escolhida possuía 18 tanques de criação de peixes em funcionamento, bem como uma represa para abastecimento da água dos tanques. Destes foram definidos os 6 tanques centrais (33,33%) e a represa como pontos de coleta e análise. Os tanques foram então codificados como: T1, T2, T3, T4, T5 e T6, como apresentado na Figura 6.

**Figura 6:** Localização geográfica dos tanques da aquicultura de piscicultura estudados.



**Fonte:** Elaborado no ArcGis 10.5 com imagens do basemap Imagery a partir das malhas territoriais do IBGE (2020) e trabalho de campo (2021).

Foram definidas três campanhas de medições, coletas e análises, ocorrentes entre os meses de junho a setembro de 2021, período que caracterizou a transição entre as estações de chuva e estiagem na região (LIMA, et. al. 2017).

Os parâmetros já citados foram analisados para cada uma das três campanhas, nos respectivos tanques de criação e na represa, totalizando 7 pontos de trabalho. Medidas de pH, temperatura do ar, temperatura da água, condutividade elétrica, salinidade e oxigênio dissolvido foram efetuadas *in loco*, entre os horários das 8:00h às 10:00h da manhã. Para as medidas de cor, foram efetuadas coletas de amostras de água que foram levadas para o laboratório de

química da UFMA, Campus VII, onde foram analisadas.

Com o objetivo de verificar a variação diurna dos parâmetros em estudo, foi efetuada uma análise temporal que ocorreu paralela à segunda campanha, no mês de julho/2021. Foram realizadas 4 medidas de variação temporal, no mesmo dia, com um intervalo de 4 horas entre elas, sendo: 8:00 h, 12:00h, 16:00h e 20:00 h.

Todas as medidas foram efetuadas em triplicata. Os dados obtidos das medições foram anotados nas respectivas fichas de coleta e análise (Apêndice A), que conteriam as seguintes informações: valores dos parâmetros analisados *in situ*, localização da amostragem, dados de meteorológicos do local, observado no horário da pesquisa de campo. As fichas foram posteriormente guardadas para consultas futuras. Os dados foram transferidos para uma planilha em Excell®, onde foram efetuados os cálculos para análise de variância a partir de médias, desvio padrão e coeficiente de variação, sendo esses dados apresentados na forma de gráficos e tabelas para cada sistema. As Figuras 7 A, 7 B, 7 C e 7 D apresentam imagens de trabalhos de campo e a Figura 8, de laboratório, respectivamente.

**Figura 7:** A) coleta da amostra de água. B) Aferição da temperatura do ar. C) aferição dos parâmetros. D) tomada de dados.



Fonte: Próprio Auto. 2021

**Figura 8:** Medidas em laboratório. Aferições do parâmetro cor verdadeira.

**Fonte:** Próprio Auto. 2021

## 6 RESULTADOS

### 6.1 Campanha 1

Os resultados alcançados na primeira campanha de coleta e análises da água dos tanques é apresentado na Tabela 1. Para cada parâmetro em estudo foi calculado a média aritmética, o desvio padrão e coeficiente de variação do sistema de dados de atividade 1. São apresentados os dados para os 6 tanques e para a represa que fornece água para esses tanques.

**Tabela 1.** Parâmetros físico-químicos aferidos na primeira campanha de coleta de água em tanques de piscicultura em Timbiras

Parâmetro	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T <sub>médio</sub>	DP	CV%	Rep.
<b>pH</b>	7,0	7,2	6,9	6,8	7,0	6,8	6,9	0,15	2,2	4,7
<b>Condutividade μScm<sup>-1</sup></b>	226,3	149,5	140,4	255,0	134,0	254,0	193,2	52,93	27,4	150,3
<b>Salinidade (ppt)</b>	0,11	0,08	0,07	0,07	0,07	0,14	0,10	0,028	2,8	0,08
<b>Oxigênio dissolvido mg/L</b>	6,9	8,8	5,7	4,8	6,7	3,4	6,0	1,70	28,1	5,78
<b>Cor (uH)</b>	21,7	16,0	17,0	18,3	22,7	26,3	20,3	3,58	1,8	27,7
<b>Temperatura da água ° C</b>	29,4	29,6	29,4	29,9	29,9	29,3	29,5	0,24	0,8	26,7

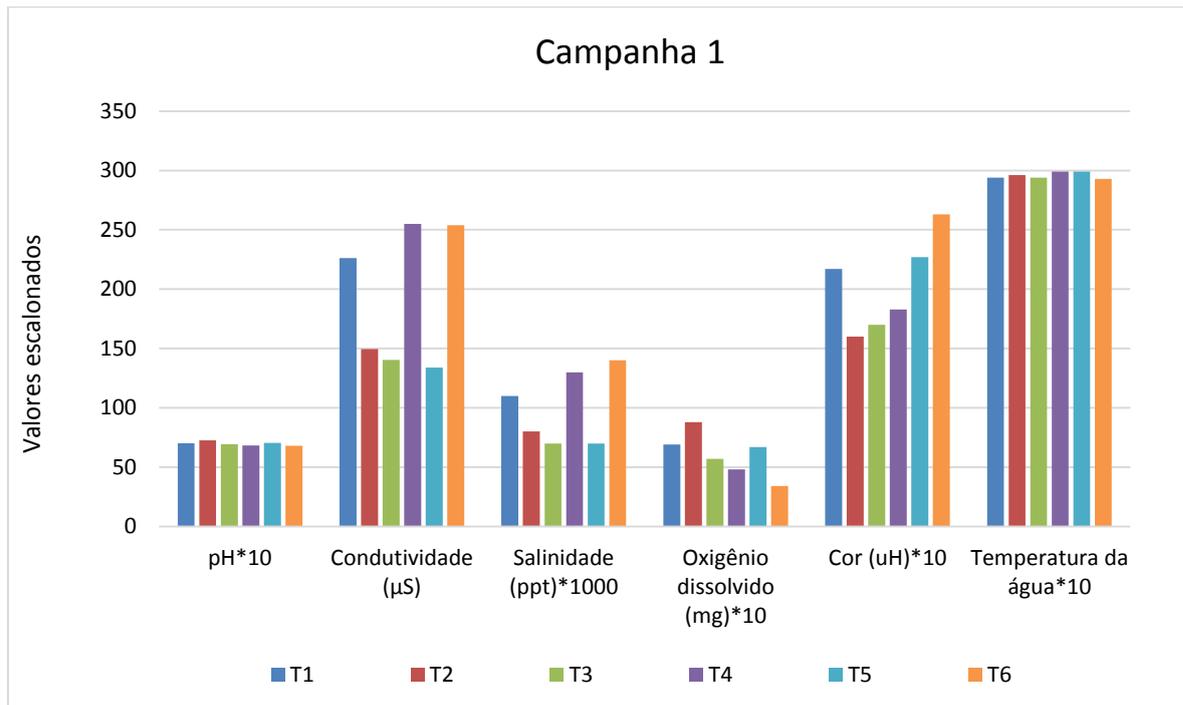
T=tanques; T<sub>médio</sub>= Tanque médio; Dp = desvio padrão; CV = coeficiente de variação; Rep.=represa.

**Fonte:** Próprio autor, 2021.

A partir dos dados descritos em tabelas foram também apresentados em gráfico como

mostra a Figura 9. Ela nos apresenta o comportamento espacial para os parâmetros em análise da campanha. A partir dos dados descritos, algumas variações nos valores dos parâmetros, podem ser observadas para cada tanque.

**Figura 9.** Parâmetros físico-químicos em seis tanques de coleta na campanha 1 em Timbiras-MA.



Fonte: Próprio autor, 2021

Observa-se primeiramente que os valores de pH se apresentaram bem similares, estando em uma faixa bem próxima da neutralidade, com baixa variação no sistema, onde a média da campanha e o desvio padrão ficou em  $\text{pH}=6,9\pm 0,1$ , porém esse valor médio é bem distinto do valor apresentado para as medidas na represa que fornece água aos tanques, valor esse bem ácido, o que pode indicar que o sistema de criadouros se encontrava bem estável no período de análise e que essa estabilidade no sistema do pH de diferentes tanques pode estar associada aos ajustes naturais desse parâmetro quando o meio apresenta diversas espécies vivas convivendo.

Pode-se concluir que os valores de pH se mantiveram no intervalo ideal para a reprodução de peixes que é entre 6,5 e 9,0 e se encontraram de acordo com o CONAMA 357 /05 que indica valores de pH para águas naturais devem estar entre 6,0 e 9,0 e está no enquadramento em águas doces de classe II, que é o tipo de água utilizado aqui para essa criação (FARIA et al 2013.).

Para os valores de condutividade, obteve-se a média de  $193,2 \pm 52,9 \mu\text{S cm}^{-1}$ , com  $\text{CV}=27,4\%$ . Como a legislação não faz alusão aos valores de condutividade elétrica para qualidade da água de piscicultura, Zimmermann et al. (2001) são categóricos ao afirmar que, na piscicultura, a faixa recomendada da condutividade está entre 20 a  $150 \mu\text{S.cm}^{-1}$ . Destacam-se os tanques T2, T3, T5 e a represa apresentaram valores dentro dessa escala citada. Já os tanques T1, T4 e T6 obtiveram valores mais elevados que os demais, sendo que o valor encontrado para o tanque 4 que foi de  $255,0 \mu\text{S cm}^{-1}$ .

Segundo Sipaúba-Tavares (1994) os valores altos de condutividade elétrica indicam grau de decomposição elevado, já valores reduzidos assinalam acentuada produção primária, sendo, portanto, uma maneira de avaliar a disponibilidade de nutrientes nos ecossistemas aquáticos. Segundo DIEMER et al., (2010), pode-se entender que para valores elevados de condutividade há um indicador de poluição envolvido, visto que essa variável pode avaliar a disponibilidade de nutrientes nos ecossistemas aquáticos, no caso, em excesso (SILVA *et al.*, 2007).

Para o parâmetro da salinidade os valores apresentaram variações entre 140 e 70 ppt\*1000, ficando com média de  $100 \pm 28,2 \text{ ppt} \cdot 1000$ . Esse parâmetro foi o que apresentou maior desvio padrão entre os tanques (28,2%), coincidindo valores mais elevados para T2, T3, T5, visto que a condutividade e a salinidade podem ser parâmetros interdependentes. Segundo Ferreira e Pádua (2010), a salinidade representa a presença de sais, tais como cloretos e sulfatos de cálcio, magnésio, sódio e potássio, que estão associados a condutividade elétrica pela formação de íons em solução aquosa.

Os valores obtidos para o OD mantiveram-se em níveis com elevada oscilação de CV (28,2%). Segundo o CONAMA 357 o valor máximo permitido é de  $5,0\text{mg/L}^{-1}$ . Observou-se aqui que somente os tanques T4 e T6 ficaram abaixo desta medida e os demais tanques, acima do que a legislação permite (BRASIL, 2005). Kubtza (2003) destaca que para piscicultura, a concentração mínima de oxigênio dissolvido deve ser mantida é de  $4\text{mg/L}^{-1}$ .

Os valores aqui encontrados estão dentro do aceitável para os peixes sobreviverem. O único tanque que ficou com o valor abaixo do recomendado foi o tanque T6. Nesse dia das medições, esse tanque estava com a água barrenta, impossibilitando os processos fotossintéticos dependente da luz. Sobre isso, Zimmermann et al., (2001), se manifesta dizendo que cada organismo apresenta uma necessidade de oxigênio dissolvido na água, e seu consumo está atrelado a diversos fatores.

O parâmetro cor apresentou valor médio de  $20,3 \pm 3,6 \text{ uH}$ , variando entre 16 a  $26,3 \text{ uH}$ . A

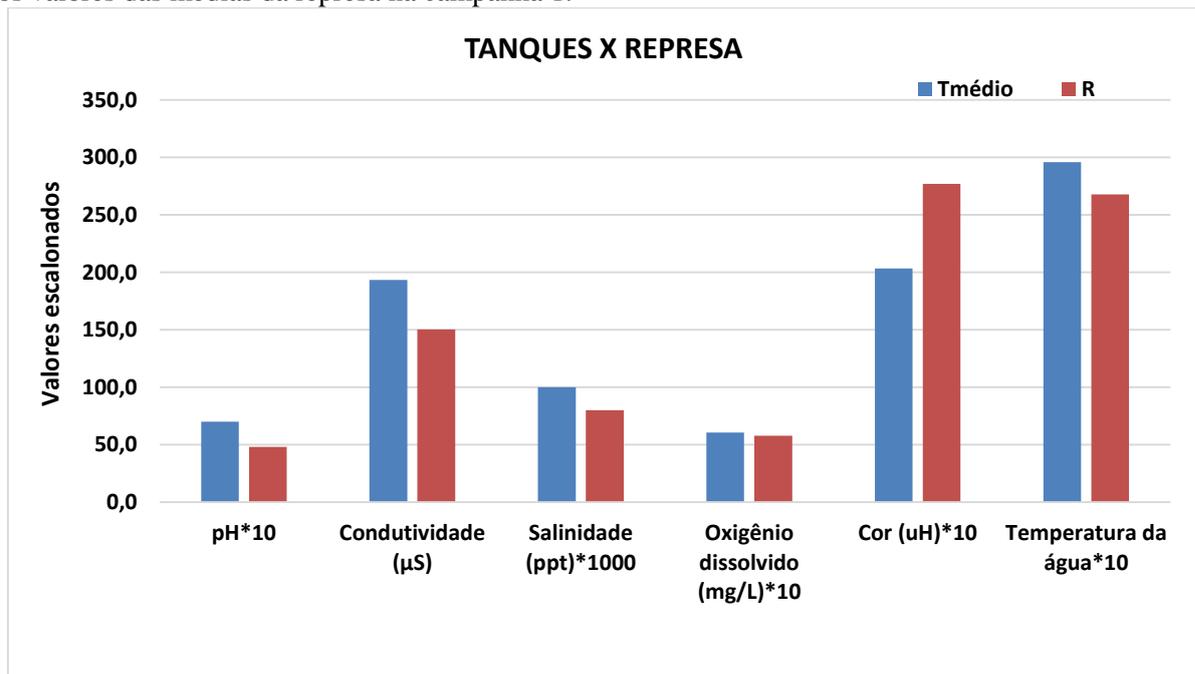
legislação não faz menção sobre a cor aparente, o CONAMA 357 nos diz que o valor máximo para a cor é de 75 uH para os corpos hídricos de água doce classe II, assim pode-se dizer que todos os tanques ficaram acima do permitido (BRASIL, 2005.).

Segundo Boyd et al (1998) os valores de 25 a 30 uH são considerados a faixa ideal para a piscicultura. Cabe ressaltar que essa elevação nos dados um dos motivos pode ser que no dia anterior a coleta choveu nos tanques. Macedo (2004) chama a atenção ao dizer que o termo cor inclui não somente as substâncias dissolvidas, mas também aquela que envolve a matéria orgânica suspensa. Aqui cabe ressaltar como o tanque T6 se destacou com seus índices elevados dos dados para esse parâmetro, o que pode ser associado aos dados relativos ao parâmetro OD baixos nesse ponto.

A temperatura da água, visto que se manteve uma média de 29,5 °C, com um desvio padrão baixo de  $\pm 0,2$  em seu valor. Este parâmetro pode ser considerado um motor no sistema, influenciando diretamente em vários processos físico-químicos e biológico.

Quando comparamos os valores médios dos parâmetros dos tanques com os valores da represa para essa campanha é possível observar que somente o parâmetro Cor apresentou dados menores para a represa em comparação com os tanques (Figura 10). Todos os outros parâmetros apresentaram sempre valores maiores para os tanques, o que pode indicar que a criação de peixes afeta diretamente a qualidade físico-química da água.

**Figura 10.** Parâmetros físico-químicos mostrado em gráfico de barra dos dados comparativos entre os valores das médias da represa na campanha 1.



**Fonte:** Próprio autor, 2021.

No geral, as maiores variações espaciais para o sistema em estudo foram encontradas para os parâmetros condutividade, salinidade e oxigênio dissolvido. A menor variação foi encontrada para a temperatura da água.

## 6.2 Campanha 2

Os dados obtidos para os parâmetros na segunda campanha estão apresentados na Tabela 2. Para cada medida em análises foi também calculado a média aritmética, o desvio padrão e coeficiente de variação do sistema de dados de atividade, sendo apresentados os dados dos tanques e da represa. A Figura 11 a seguir mostra o gráfico sobre a variação dos parâmetros em conformidade com os pontos de coleta.

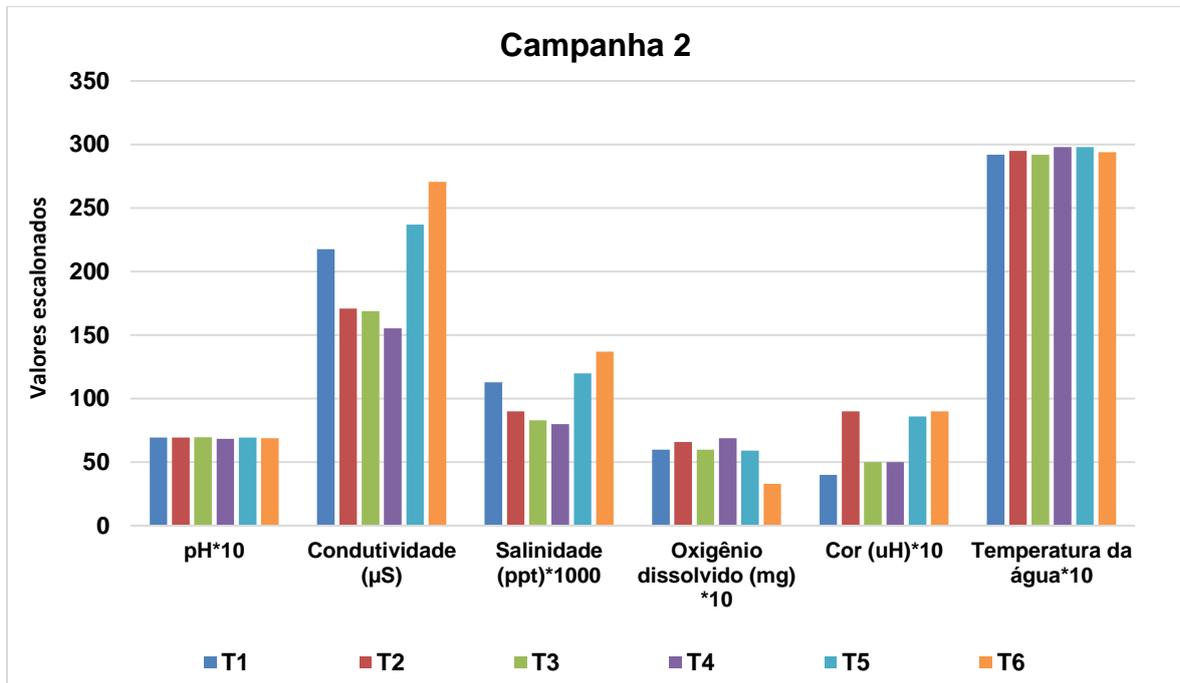
**Tabela 2.** Parâmetros físico-químicos aferidos na segunda campanha de coleta de água em tanques de piscicultura em Timbiras

Parâmetro	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T <sub>médio</sub>	DP	CV%	Rep.
pH	6,9	6,9	7,0	6,8	6,9	6,9	6,9	0,04	0,6	4,7
Condutividade $\mu\text{Scm}^{-1}$	217,6	170,9	169,0	155,4	237,0	270,6	203,4	41,61	20,5	163,2
Salinidade (ppt)	0,113	0,090	0,083	0,08	0,120	0,137	0,10	0,021	2,0	0,08
Oxigênio dissolvido $\text{mg/L}^{-1}$	6,0	6,6	6,0	6,9	5,9	3,3	5,8	1,16	20,2	4,0
Cor (uH)	4	9	5	5	8,6	9	6,7	2,13	31,4	8
Temperatura da água	29,2	29,5	29,2	29,8	29,8	29,4	29,5	0,24	0,8	29,3

T=tanques; T<sub>médio</sub>= Tanque médio; Dp = desvio padrão; CV = coeficiente de variação; Rep.=represa.

**Fonte:** Próprio autor, 2021.

**Figura 11.** Gráfico dos dados obtidos para os parâmetros nos seis tanques de coleta na campanha 2.



**Fonte:** Próprio autor, 2021.

Podemos observar que o pH bem estável, com valor médio de  $6,9 \pm 0,04$ , estando estatisticamente neutro, o que colocam os dados dentro do padrão disposto para o potencial hidrogeniônico na legislação brasileira (BRASIL, 2005) e dentro do intervalo ideal para a reprodução de peixes (FARIA et al 2013).

Para o parâmetro da condutividade, foram observados valores elevados, tendo média de  $203,4 \pm 41,6 \mu\text{Scm}^{-1}$ , o que evidencia que os valores determinados não foram semelhantes entre si. Observa-se que o tanque T6 apresentou valores mais elevados que os demais. Segundo Esteves (1998) na piscicultura, a condutividade em torno de  $70 \mu\text{Scm}^{-1}$  é adequada para manter e produzir peixes. (ESTEVES 1998).

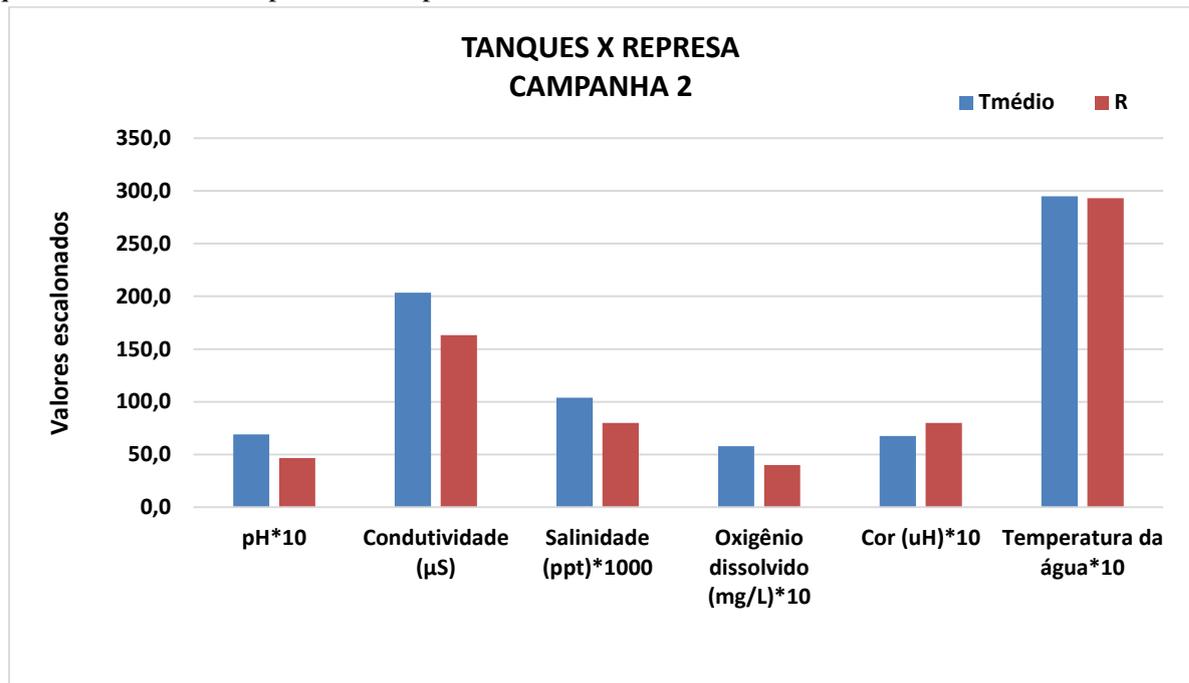
Analisando os dados para o parâmetro da salinidade pode-se observar que os valores das medidas dos tanques se mantiveram bem próximos, estáveis, com baixo CV. A média e o desvio do OD levando em consideração todos os tanques foi de  $5,8 \pm 1,2 \text{ mg L}^{-1}$ , tendo o menor resultado para o T6, com o valor de  $3,3 \text{ mg L}^{-1}$ . Já o tanque T4 foi o que apresentou maior valor, sendo ele de  $6,9 \text{ mg L}^{-1}$ . Os dados estão em conformidade com o esperado.

O parâmetro cor, apresentou média de  $67,7 \pm 21,3 \text{ uH}$  variando entre 40 e 90 uH o que pode ser por conta de início do período de estiagem nos criatórios. Na segunda coleta, a temperatura da água ficou com média de  $29,5 \pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$ . A partir dos dados levantados e

analisados conclui-se que a campanha 2 apresentou dados com as médias bem específicos e pouca variação de sinal na distribuição espacial dos pontos para todos os parâmetros.

A comparação entre as médias dos tanques e a da represa está apresentada no gráfico Figura 12. O comportamento indica maiores valores para as médias nos tanques em comparação com a represa, exceto para o parâmetro Cor, o que também foi observado na campanha 1.

**Figura 12.** Gráfico de barra dos dados comparativos entre os valores das médias dos parâmetros físico-químico e valores da represa na campanha 2.



Fonte: Próprio autor, 2021.

### 6.3 Campanha 3

A Tabela 3 apresenta os valores dos parâmetros para análise in situ analisados na Campanha 3. Para cada parâmetro foi seguido os mesmos critérios em estudo das campanhas anteriores.

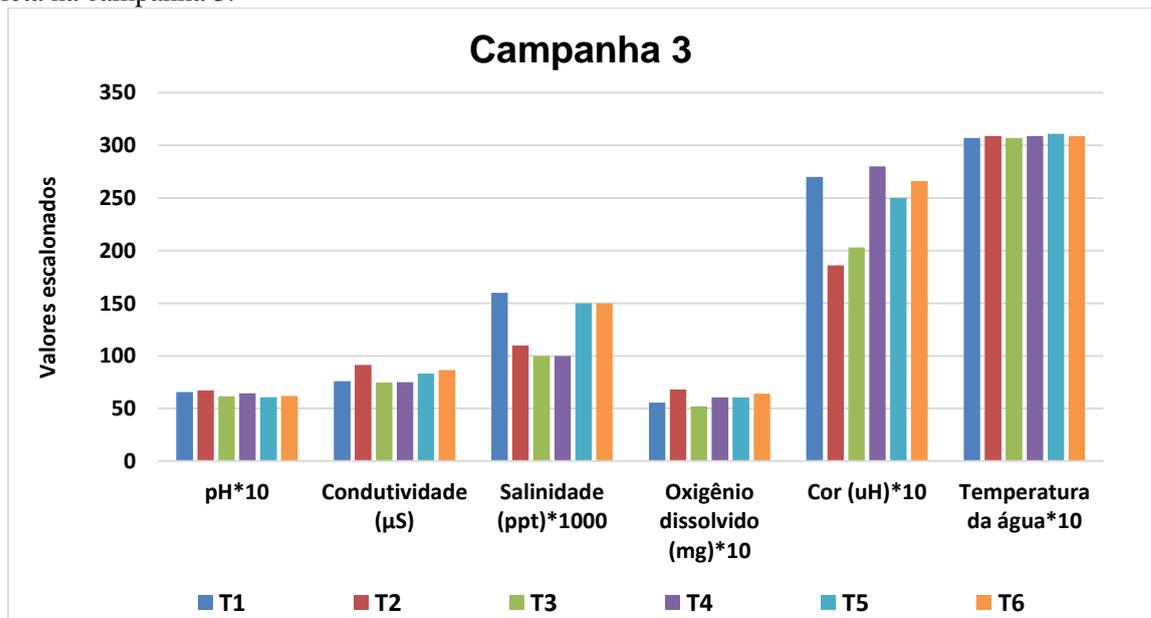
**Tabela 3.** Parâmetros físico-químicos aferidos na terceira campanha de coleta de água em tanques de piscicultura em Timbiras

Parâmetro	T1	T2	T3	T4	T5	T6	Tmédio	DP	CV%	Rep.
pH	6,6	6,7	6,2	6,5	6,1	6,2	6,4	0,22	3,5	6,5
Condutividade $\mu\text{Scm}^{-1}$	76,0	91,4	74,6	75,1	83,1	86,6	81,1	6,39	7,9	74,0
Salinidade (ppt)	0,16	0,11	0,10	0,10	0,15	0,15	0,12	0,025	19,8	90,0
Oxigênio dissolvido $\text{mg/L}^{-1}$	5,56	6,80	5,20	6,04	6,06	6,40	6,01	5,22	8,7	5,30
Cor (uH)	27	18,6	203,0	28	25	26,6	24,3	3,54	1,46	29,3
Temperatura da água	30,7	30,9	30,7	30,9	31,1	30,9	30,9	0,14	0,4	30,9

T=tanques; Tmédio= Tanque médio; Dp = desvio padrão; CV = coeficiente de variação; Rep.=represa.  
Fonte: Próprio autor, 2021.

Para as análises dos parâmetros nos tanques pesquisados. Os dados obtidos foram analisados e foram apresentados em gráfico como apresenta a Figura 13.

**Figura 13.** Parâmetro físico-químico apresentado em gráfico dos dados obtidos nos seis tanques de coleta na campanha 3.



Fonte: Próprio autor, 2021.

Como pode ser visualizado na Tabela 3, o pH para a terceira coleta se manteve média

de  $6,46,0 \pm 0,2$ . De maneira geral, os valores encontrados para o parâmetro pH estão próximos à neutralidade e seus valores são condizentes com a classe 2 de água, segundo o CONAMA/2005, uma vez que, para este parâmetro, o valor pode oscilar entre 6 e 9 (BRASIL, 2005).

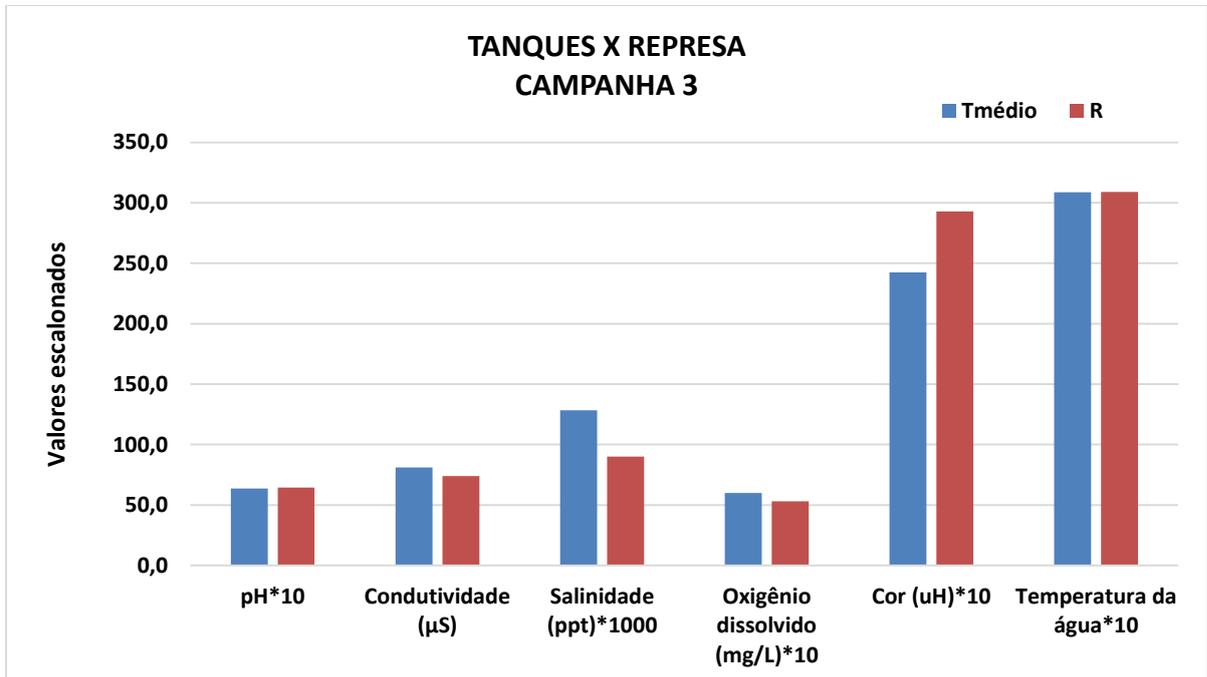
Para a condutividade os tanques tiveram valores com média de  $81,1 \pm 6,4 \mu\text{Scm}^{-1}$ , estando variando entre 74,6 a  $91,4 \mu\text{Scm}^{-1}$ . Com relação a essa baixa nos dados o Sipaúba-Tavares (1994) supracitado acima diz que valores reduzidos assinalam acentuada produção primária, sendo, portanto, uma maneira de avaliar a disponibilidade de nutrientes nos ecossistemas aquáticos.

Para o parâmetro da salinidade observou-se uma tendência a valores mais elevados nos tanques onde a média ficou em  $0,10 \pm 0,12$  ppt. No que se diz respeito ao parâmetro OD, este apresentou média geral para a campanha de  $6,01 \pm 5,2 \text{ mg L}^{-1}$  onde o maior valor obtido o tanque T6 ( $6,40 \text{ mg L}^{-1}$ ). O T6 apresentou um valor ideal para a criação peixes nessa campanha, quando comparado com as campanhas anteriores. O menor valor de OD foi obtido no tanque T1, sendo  $5,56 \text{ mg L}^{-1}$ .

Para o parâmetro da cor houve uma variação de 18,6 a 28 uH, com média de  $24,3 \pm 3,5$  uH, configurando a maior variação entre os dados apresentados. Cabe ressaltar que dias antes da terceira campanha havia chovido na região dos tanques, o que pode acarretar nessa variação de cor para os tanques pela matéria orgânica suspensa (MACEDO, 2004).

A temperatura da água manteve a característica de crescimento, ficando a média para essa coleta no valor de  $30,9 \pm 0,2$  °C. Esse parâmetro apresentou o mesmo desvio padrão para as das outras campanhas, fato que pode ser explicado pela época do ano (LIMA, *et. al.* 2017). Quando comparamos os dados da represa com os dados dos tanques observamos o mesmo comportamento das campanhas anteriores, como colocado pela Figura 14.

**Figura 14.** Parâmetro físico-químico apresentado em gráfico de barra dos dados comparativos entre os valores das médias e dos valores da represa na campanha 1.



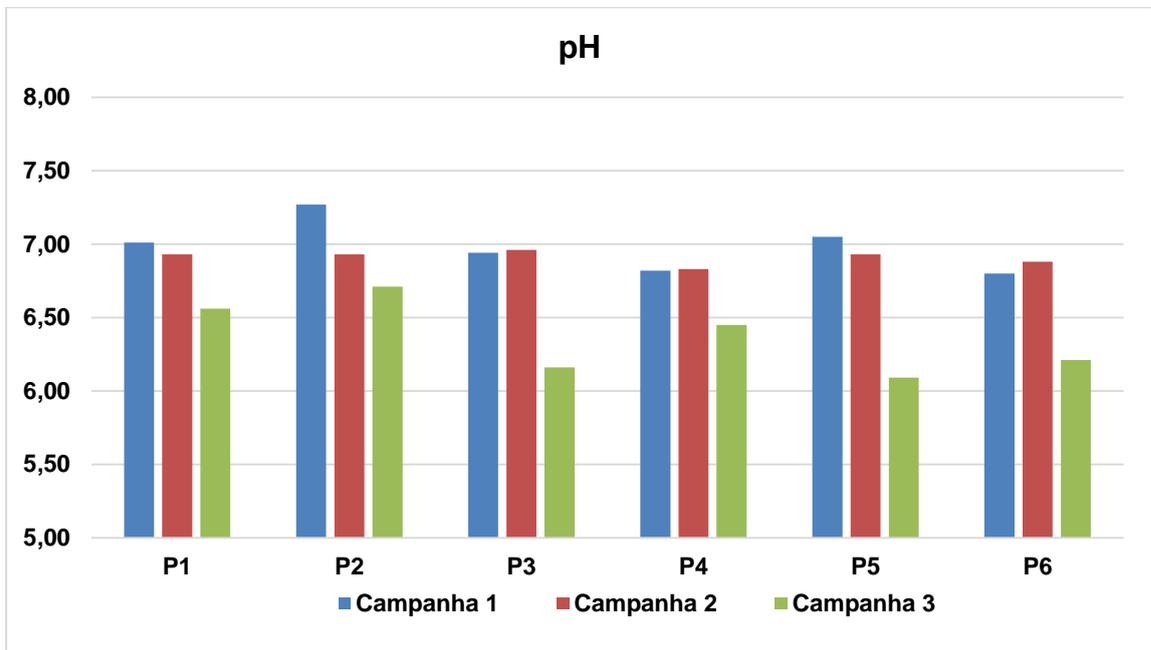
Fonte: Próprio autor, 2021.

#### 6.4 Comparação entre as Campanhas

Após uma análise separada dos dados obtidos nas campanhas de análise de água nos tanques, estes foram então comparados entre si, objetivando compreender a dinâmica temporal do comportamento dos parâmetros físico-químicos da água dos tanques. O gráfico da Figura 15 que apresenta o comportamento do parâmetro pH entre os pontos de coleta, para as três campanhas.

Todos os valores para as três campanhas se encontraram com pH entre 6 e 7, ficando dentro da faixa adequada de pH da água para aquicultura e está em conformidade com a legislação vigente. (MUKHERJEE et al., 2007, BRASIL, 2005).

**Figura 15:** Dados comparativos para o parâmetro pH para as três campanhas de coleta e análise da água nos tanques.



Fonte: Próprio autor, 2021.

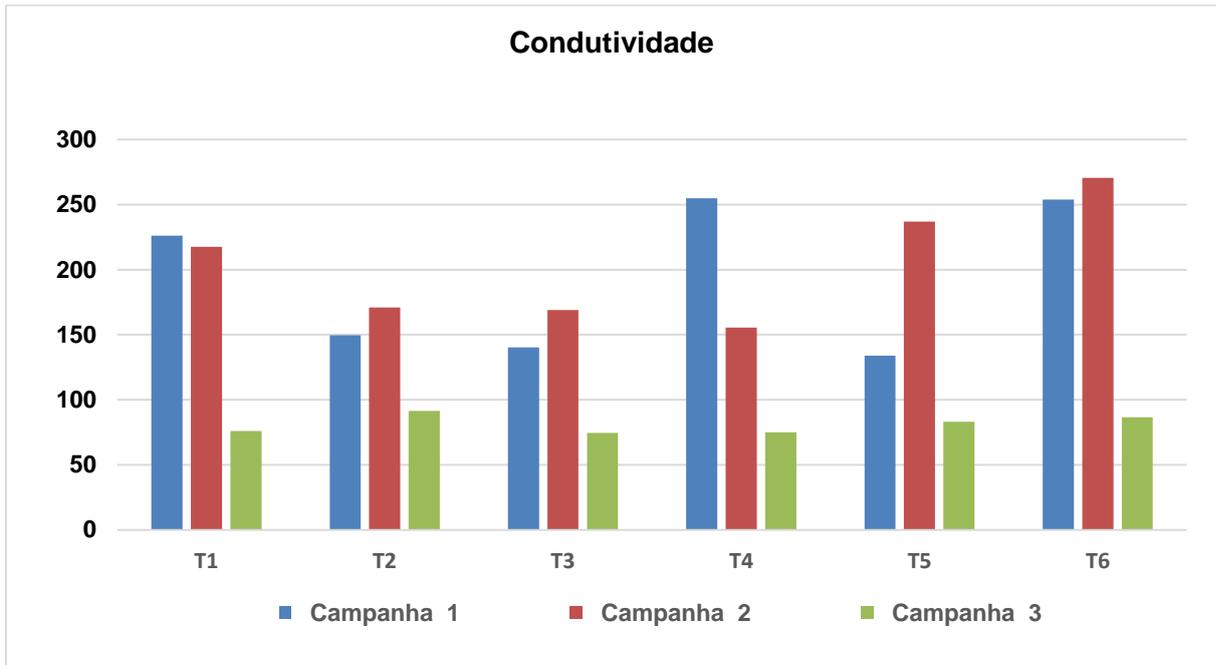
Para a primeira campanha observou-se um valor médio de pH de 6,98, já na segunda campanha a média foi de 6,91 e para a terceira, obteve-se o valor de 6,36. Foi observado que os valores mais aproximados da neutralidade na escala de pH foram encontrados na primeira campanha de coleta. Esse leve declínio do pH para a faixa de acidez entre as campanhas pode ser por conta já da diminuição na intensidade do período de chuvas, associado ao acúmulo de matéria orgânica no fundo dos tanques (fezes e ração não consumida), que pode ocasionar liberação de CO<sub>2</sub> para água causando a queda no pH (ESHCHAR et al., 2006)

Os dados comparativos para o parâmetro de condutividade elétrica estão apresentados na Figura 16. É possível observar uma oscilação de valores entre as campanhas 1 e 2. Onde a primeira campanha teve média de 193,2  $\mu\text{Scm}^{-1}$ , e a segunda a sua média ficou 203,42  $\mu\text{Scm}^{-1}$ . Foi observada uma queda para os valores da terceira campanha, que teve média de 81,14  $\mu\text{Scm}^{-1}$ .

Segundo Sipaúba-Tavares (1994) cita que valores altos de condutividade elétrica indicam grau de decomposição elevado, já valores reduzidos assinalam acentuada produção primária, tais como a fotossíntese e a bacteriana, que necessitam de luz e CO<sub>2</sub> disponíveis, sendo a condutividade, portanto, uma maneira de avaliar a disponibilidade de nutrientes nos

ecossistemas aquáticos. Para a condutividade elétrica da água dos tanques de cultivo os valores desejáveis em piscicultura encontram-se entre 20 a 100  $\mu\text{S}$  (SANTOS ,2010).

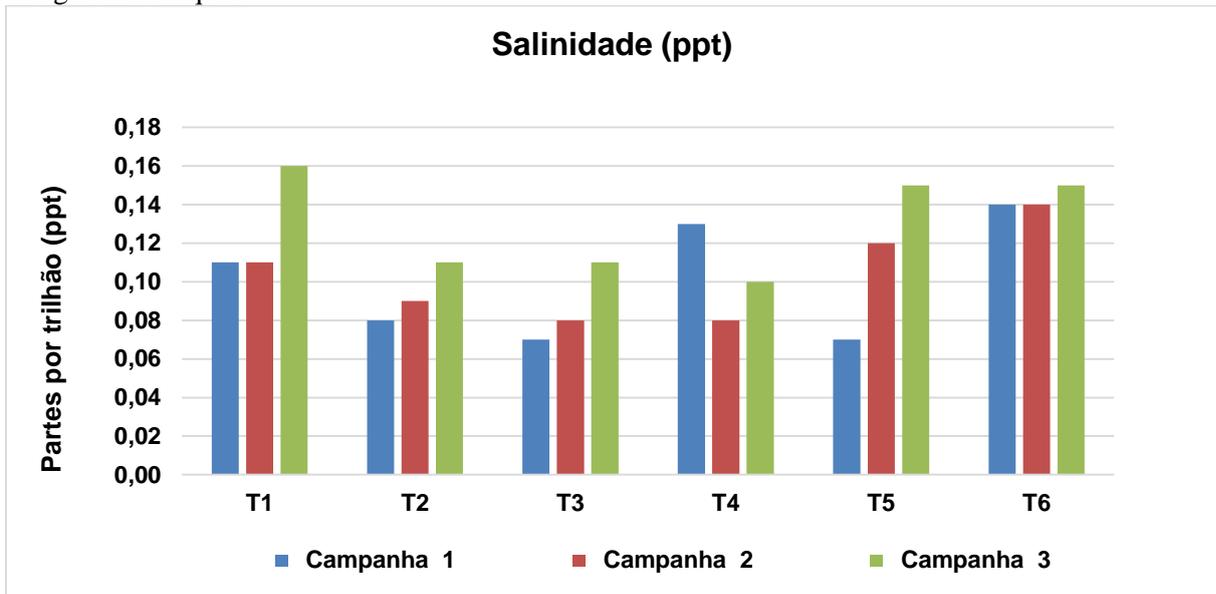
**Figura 16.** Dados comparativos para o parâmetro condutividade para as três campanhas de coleta e análise da água nos tanques



. Fonte: Próprio autor, 2021.

Em relação aos dados comparativos para o parâmetro salinidade, pode-se observar, no gráfico mostrado na Figura 17 que também houve uma variação, com tendência a valores mais elevados para a terceira campanha 3, que pode estar associada a diminuição das chuvas durante o período das campanhas e a diminuição do nível da água do viveiro através da evaporação por causa pelo início do período de estiagem. Para corroborar com a constatação supramencionada Vinatea-Arana (1997) nos diz que os principais fatores que afetam a salinidade nas fazendas de cultivo de peixes são a precipitação e a evaporação.

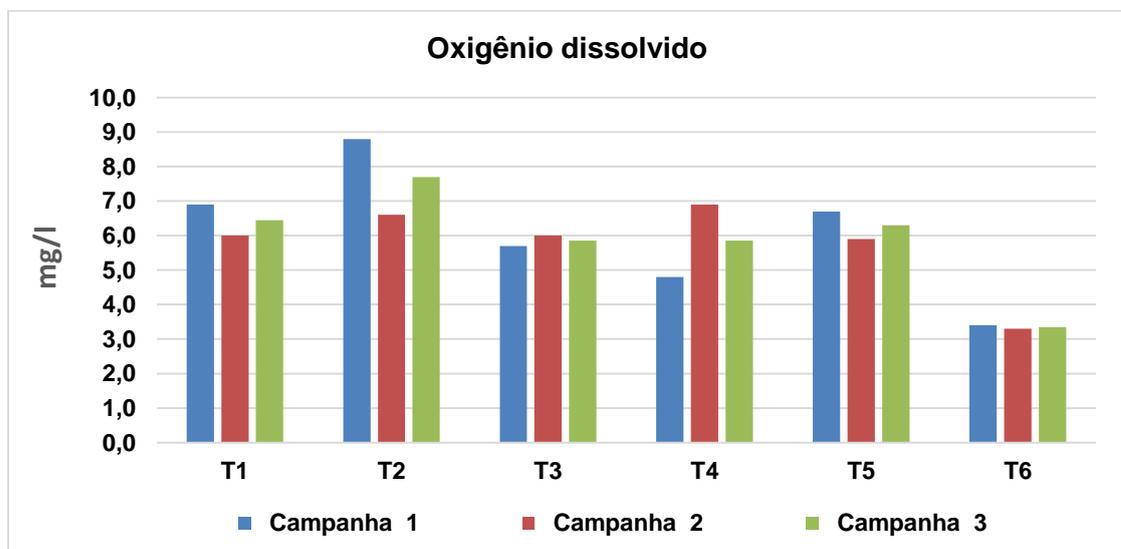
**Figura 17:** Dados comparativos para o parâmetro salinidade para as três campanhas de coleta e análise da água nos tanques.



Fonte: Próprio autor, 2021.

A da Figura 18 mostra os dados comparativos para o parâmetro oxigênio dissolvido, onde pode-se observar que os valores de OD oscilaram entre os tanques e entre as campanhas, onde não se observa um comportamento de tendência a queda ou elevação dos valores com as campanhas. As variações nos teores de oxigênio dissolvido estão associadas aos processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem nos corpos d'água (BRASIL, 2006). O oxigênio dissolvido variou entre 3,4 e 8,8 mg.L<sup>-1</sup> na primeira campanha.

**Figura 18:** Dados comparativos para o parâmetro oxigênio dissolvido para as três campanhas de coleta e análise da água nos tanques.



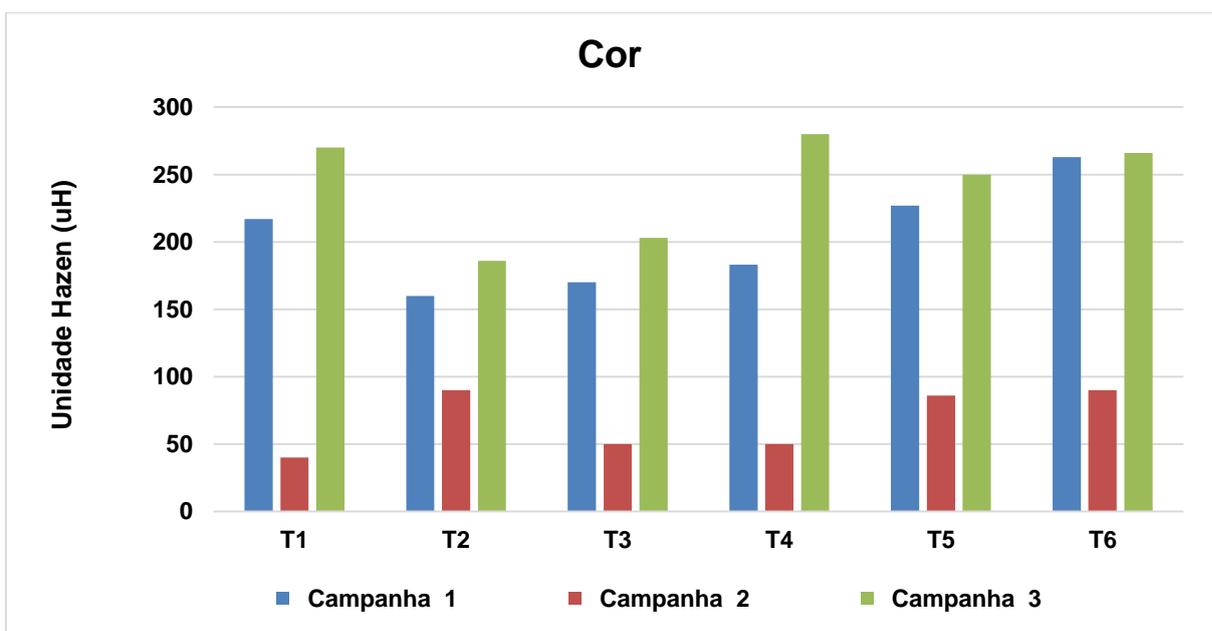
Fonte: Próprio autor, 2021.

Quanto mais oxigênio dissolvido, maior a possibilidade dos peixes se desenvolverem. Já na segunda campanha os níveis de oxigênio oscilaram entre 3,3 a 6,9 mg.L<sup>-1</sup> e na terceira ficou entre 3,35 e 7,7 mg.L<sup>-1</sup>. Pode se observar que apenas o tanque T6 apresentou valores baixos nas três campanhas, quando comparados com os outros tanques, o que são valores inferiores aos desejáveis para a prática da piscicultura. Kubtza (2003) destaca que para piscicultura, a concentração mínima de oxigênio dissolvido que deve ser mantida é de 4 mg.L<sup>-1</sup>.

Quando se comparam os dados do parâmetro cor verdadeira observa-se que não tem um padrão de comportamento espacial ou temporal geral, como mostra na Figura 16. A cor verdadeira que é resultante da refração da luz sobre as substâncias dissolvidas na água ou sobre materiais em estado coloidal.

A transparência da água também é considerada um indicativo de qualidade de água, elas são avaliadas de acordo com a cor e distribuídas entre verde, verde claro, verde escuro, branca, barrosa e transparente, às vezes aparecia uma coloração diferente do comum ou seja a intensidade do verde indicava a presença de fitoplâncton, cianobactérias, e demais microrganismos presentes na água, a coloração branca indica calagem recente de calcário ou de outra fonte de cálcio, e a coloração transparente indica a falta de matéria orgânica ou também pode ser considerado um indicativo de amônia, já a barrosa aparecia em viveiros com grande quantidade de argila em suspensão (SANTOS 2018).

**Figura 19.** Dados comparativos para o parâmetro cor para as três campanhas de coleta e análise da água nos tanques



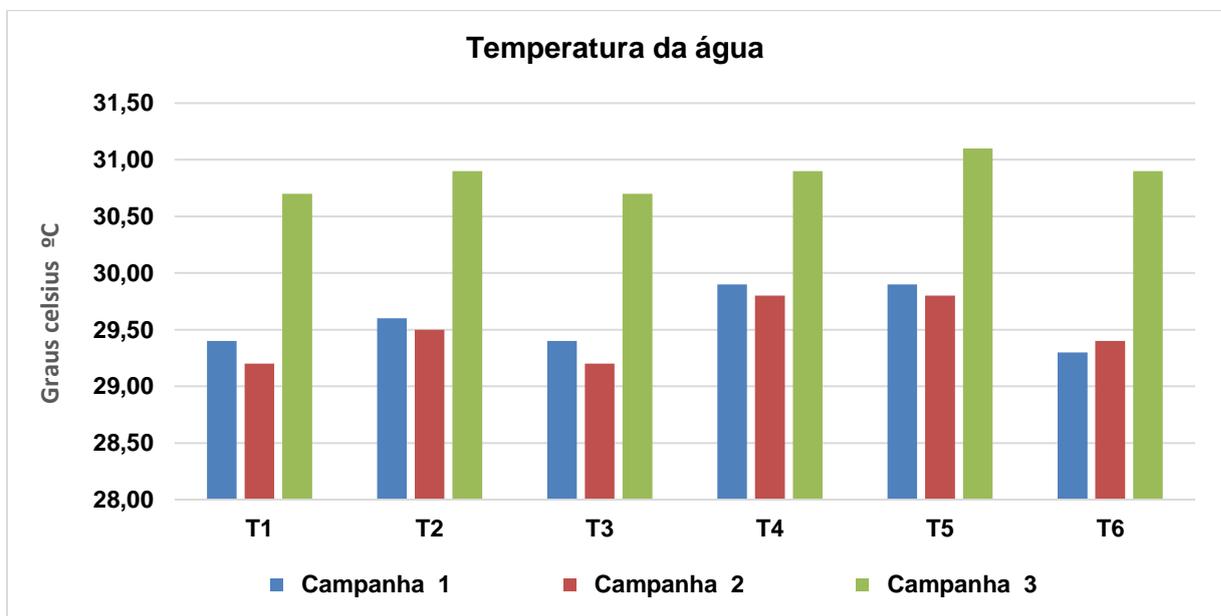
. Fonte: Próprio autor, 2021.

Na primeira campanha os dados encontrados foram substancialmente maiores que a segunda campanha com a variação de 160 a 263 uH. Analisando os valores da segunda campanha, que oscilou de 40 a 90 uH, com uma média de 67,67 uH, esse valor foi o que chegou mais próximo da cor verdadeira tolerada pelo Conama 357 /2005 que é no máximo de 75 mg Pt/L (BRASIL, 2005).

Os valores obtidos na terceira campanha variaram de 186 a 280 uH, está bem acima das coletas anteriores. Fica evidente que esse parâmetro obteve um comportamento temporal bem definido para todos os tanques, tendo valores elevados, seguidos de extrema diminuição, passando para valores maiores na terceira campanha.

A Figura 20 apresenta o gráfico para a temperatura da água. Observa-se bem a elevação desses valores para a terceira campanha, para todos os pontos de coleta. Este fato se deve principalmente porque para estes dados o início do período de estiagem já influenciou a temperatura, pela diminuição das chuvas, de nuvens no céu e conseqüentemente aumento da temperatura local, o que implica em elevação da temperatura da água. (LIMA, *et. al.* 2017).

**Figura 20:** Dados comparativos para o parâmetro temperatura da água para as três campanhas e análise da água nos tanques.



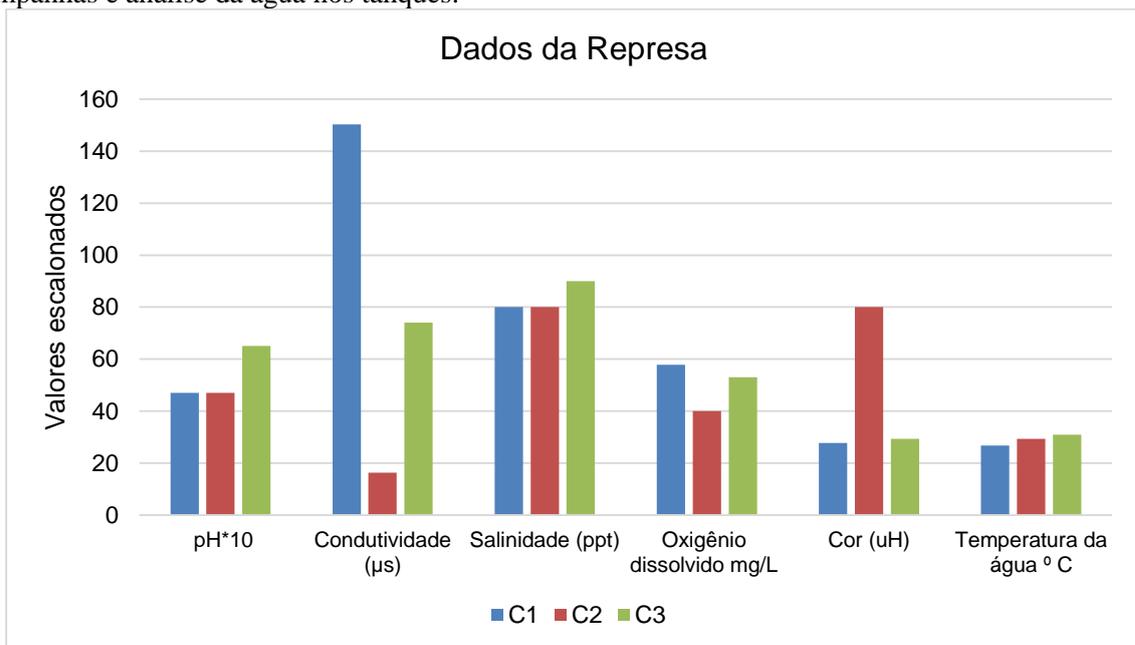
Fonte: Próprio autor, 2021.

Para todas as aferições das campanhas a temperatura água se manteve dentro da temperatura ideal para o desenvolvimento de peixes tropicais em viveiros de engorda situa-se entre 25 °C e 32 °C. Ricklefs, (2013) afirmar que na água a temperatura é fator crucial para a

biota de rios e mares, e sendo importante também para determinar a potabilidade da mesma, pois os peixes não conseguem manter a temperatura corporal constante, por isso a temperatura da água é uma das variáveis mais relevantes na piscicultura, que tem impacto direto nos processos biológicos, como taxa de respiração, assimilação de alimentos, crescimento, reprodução e comportamento (RICKLEFS, 2013).

Para a comparação temporal dos dados obtidos para a represa, observou-se tendência a aumento de valores para os parâmetros pH, salinidade e temperatura da água (Figura 21). Para o pH, este comportamento foi contrário ao que se foi observado para os tanques, indicando que o ciclo de vida dos criadouros auxilia na estabilidade do pH do meio aquático. Os demais apresentaram oscilações não definidas. Destacam-se os valores de OD na represa sempre menores que nos tanques, o que está associado a produção primária nos tanques com peixes.

**Figura 21:** Dados comparativos para o todos os parâmetros analisados na represa para as três campanhas e análise da água nos tanques.



**Fonte:** Próprio autor, 2021.

No geral, observou-se que, com exceção do OD, todos os parâmetros analisados para todos os tanques apresentaram alguma variação temporal onde seus valores cresceram ou diminuíram entre o período das três campanhas.

É interessante destacar que o ambiente em estudo pode se caracterizar como um ambiente lântico, de reservatório, que se caracteriza por águas paradas, lentamente renovadas e que as análises aqui abordaram apenas a fração superficial da água dos tanques, não trabalhando

com a coluna da água, que pode expressar outras informações importantes para o sistema aquático em estudo (VILA e SAMPAIO, 2016). Um estudo a partir da variabilidade horizontal e vertical do corpo aquático pode auxiliar no melhor entendimento das informações.

### 6.5 Estudo de Variação Temporal Diurna

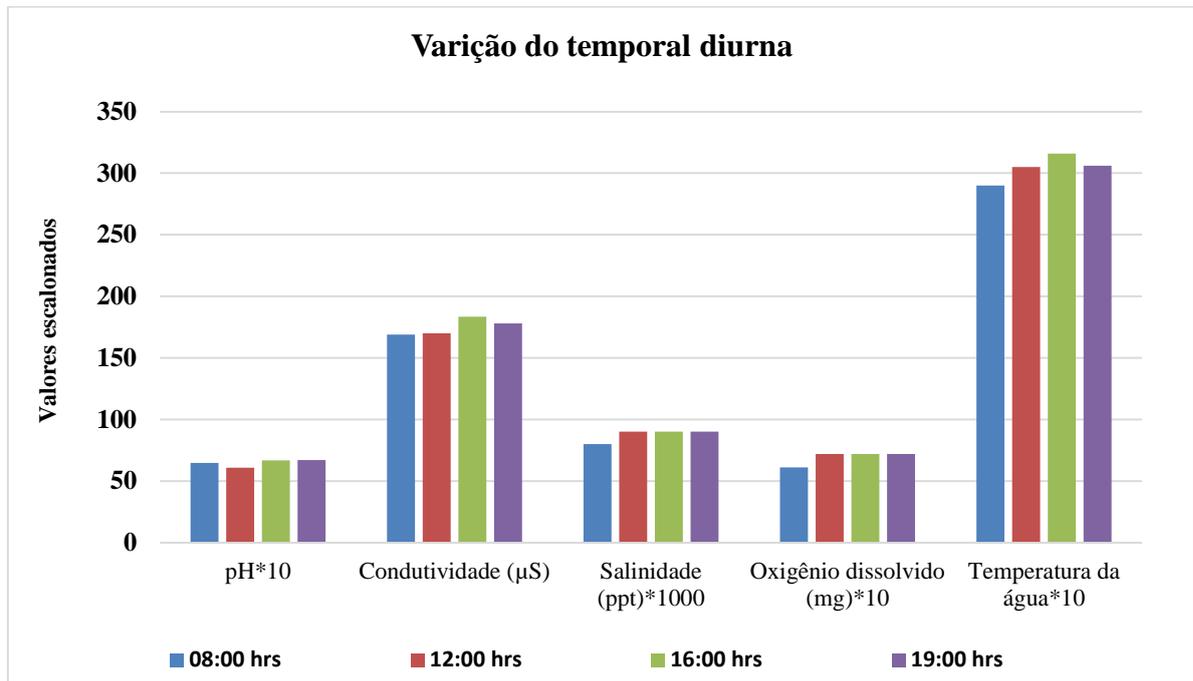
A variação diurna foi efetuada no tanque T3, para os parâmetros em estudo, exceto para a coloração, que não apresenta variação plausível durante um dia de estudo. Os dados obtidos dos parâmetros na campanha de variação de tempo estão listados na Tabela 4. Os dados obtidos dos parâmetros avaliados estão apresentados em gráfico, como é mostrado a Figura 22.

**Tabela 4.** Dados dos parâmetros na campanha de variação temporal diurna no tanque três.

Parâmetro	08:00	12:00	16:00	19:00	Média	Dp	CV%
<b>pH</b>	6,5	6,1	6,7	6,7	6,5	0,25	3,9
<b>Condutividade <math>\mu\text{Scm}^{-1}</math></b>	169,0	170,0	183,4	178,1	175,1	5,93	3,4
<b>Salinidade (ppt)</b>	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09	0,004	4,9
<b>Oxigênio dissolvido <math>\text{mg/L}^{-1}</math></b>	6,1	7,2	7,2	7,2	6,9	0,47	6,8
<b>Temperatura da água/<math>^{\circ}\text{C}</math></b>	29,0	30,5	31,6	30,6	30,4	0,92	3,1

Dp = desvio padrão; CV = coeficiente de variação. Fonte: Próprio autor, 2021.

**Figura 22.** Gráfico dos dados obtidos para os parâmetros na variação do tempo diurna no tanque T3.



**Fonte:** Próprio autor, 2021.

Observou-se que os valores de pH se encontraram com CV% de 3,9%, sendo uma variação pouco expressiva, destacando-se uma queda no valor no dado obtido as 12:00h do dia. A condutividade apresentou leve tendência a aumento de valores. A salinidade apresentou menor valor para as amostras analisadas no início da manhã, entrando em estabilidade durante o dia, mesmo comportamento apresentado pelo OD e pela temperatura. Observou-se então que não foram apresentadas grandes oscilações no período diurno para os parâmetros físico-químicos em estudo.

Mercante et al (2007) efetuando estudo de caracterização diurna de parâmetros físico-químicos de água de criação de tilápia obtiveram oscilações em vários parâmetros, indicando, por exemplo, que as oscilações de pH podem estar relacionadas a variação de CO<sub>2</sub> no sistema aquático, que se relaciona também com a variação de temperatura das águas e que as variações de oxigênio dissolvido se relacionam coma produção da biota (fotossíntese e respiração).

## 7 CONCLUSÃO

A partir das 3 campanhas efetuadas no período de transição de estações chuvosa e estiagem na região e de uma análise temporal diurna foi possível observar uma regularidade nos dados dos parâmetros analisados, que indicaram pouca variação temporal para as 3 campanhas, visto que os dados não oscilaram muito ao redor da média, apesar de tendências de crescimento e decréscimo serem observadas, praticamente todos os dados se encontraram dentro do que é esperado para uma água de qualidade para criação de peixes.

Este fato de os dados ficarem próximo indica que não existe uma variação brusca no sistema em estudo quando se analisou os dados nesse período específico de transição de estação.

Observando a questão espacial, os dados variaram entre os tanques em estudo., porém essa variação não parece estar associada a questões específicas aqui analisadas. A qualidade da água da represa que alimenta os tanques se encontrou com valores distintos dos valores dos tanques, geralmente menores e com muita variabilidade, o que pode indicar que um ambiente contendo uma biota controlada, como no caso dos criadouros pode influenciar positivamente para um bom controle de ciclos de criação e para a estabilidade dos parâmetros em estudo.

O estudo de variação temporal diurna não indica variações significativas nos parâmetros medidos, o que indica que existe uma estabilidade no ambiente aquático.

Todos os dados analisados encontram-se dentro dos valores estabelecidos e são valores que se esperam para uma água boa para cultura de peixes.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, U. Avaliação da qualidade da água do rio Itapecuru: análise físico-química e impactos antrópicos. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Naturais – Biologia) – Universidade Federal do Maranhão, Codó, 2019.
- ALVES O. R. C. 2001. Monitoramento de fatores físicoquímicos de represas utilizadas para criação de *Colossoma macropomum* no Município de Carlinda, Mato Grosso. 2001. Ciências Agrárias. Universidade do Estado.
- ALVES, A. O. Planejamento ambiental urbano na Microbacia do Córrego da Colônia Mineira – Presidente Prudente/SP. Presidente Prudente: UNESP/FCT, 2004. Dissertação de Mestrado.
- ARAÚJO, N. A.; PINHEIRO, C. U. B. Avaliação Sócio-econômica da Pesca Artesanal e do Potencial Aquícola na REGIÃO LACUSTRE DE PENALVA - APA DA BAIXADA MARANHENSE. Dissertação de mestrado. Departamento de Oceanografia e Limnologia/UFMA. BOLETIM DO LABORATÓRIO DE HIDROBIOLOGIA, São Luís. 2008
- BANDEIRA, I. C. N. Geodiversidade do estado do Maranhão / Organização Iris Celeste Nascimento. – Teresina: CPRM, 2013.
- BOFF, L. A água no mundo e sua escassez no Brasil. Doce limão, 2015. Disponível em <<https://www.docelimao.com.br/site/de-bem-com-o-planeta/planeta-terra/2174-a-agua-no-mundo-e-sua-escassez-no-brasil.html>>. Acessado em 18 de Dezembro de 2020.
- BITENCOURT, M. B; SATOLANI, M. F; CORRÊA, C. C. Análise do ambiente institucional e organizacional da piscicultura no Estado de Mato Grosso do Sul. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 46., 2008, Acre, v. 13, p. 21. Disponível em: <http://purl.umn.edu/113392>. Acesso em: 12 jan. 2022.
- BOZANO, G.L.N. Viabilidade Técnica da Criação de peixes em tanques-redes. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 12., 2002, Goiânia. Anais... Goiânia: Abraq. 2002. p.107-111.
- BOYD, C. E. e TUCKER, C.S. Pond aquaculture water quality management. Massachussets: Kluwer Academic Publishers. 700p. 1998.
- BRABO, M. F.; FERREIRA, L. A.; VERAS G. C. Aspectos Históricos do Desenvolvimento da Piscicultura no Nordeste Paraense: Trajetória do Protagonismo à Estagnação. Revista Em Agronegócio E Meio Ambiente, Maringá - PR V.9, N.3, P. 595-615, Jul./Set. 2016.
- BRAGA, B; HESPANHOL, B.; CONEJO, J. G. L.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. Introdução à Engenharia Ambiental: O desafio do desenvolvimento sustentável. São Paulo: Prentice Hall, 2005.
- BRANDÃO, C. S. Perspectivas do Desenvolvimento da Piscicultura no Brasil: Um Enfoque na Produção de Tilápias nos últimos dez anos. 2018 Trabalho de conclusão do curso de Ciências Econômicas - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2018.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. Manual prático de análise de água / Fundação Nacional de Saúde – 4. ed. – Brasília: Funasa, 2013.

BRASIL. LEI Nº 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 211 p.

BRASIL. Ministério das Relações Exteriores . Recursos hídricos. 2014. Disponível em <<https://www.gov.br/mre/pt-br/assuntos/desenvolvimento-sustentavel-e-meio-ambiente/meio-ambiente-e-mudanca-do-clima/recursos-hidricos>>. Acessado em Novembro de 2021.

BRASIL. Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=2747>> Acessado em 27/10/2021.

CUTCHMA T. R. Análise físico-química e microbiológica da água em viveiros de peixes submetidos a diferentes dietas. 2015. Trabalho de Conclusão do (Curso de Ciências Biológicas – Licenciatura) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2015.

DIEMER, O.; NEU, D. H.; FEIDEN, A. & LORENZ, E. K. Dinâmica nictimeral e vertical das características limnológicas em ambiente de criação de peixes em tanque-rede. *Ci. Anim. Bras.*, Goiânia, p. 24-31, jan./mar 2010.

EMATER – Paraná. Manual básico de piscicultura/ por Luiz Danilo Muehlmann; Luiz de Souza Viana; Miguel Cesar Antonucci; Raul Henrique Brianese. Curitiba: EMATER-Paraná, 2004.

ESHCHAR, M. et al. Intensive fish culture at high ammonium and low pH. *Aquaculture*, v. 255, n. 01/04, p. 301-313, 2006.

ESTEVEES, F. A. Fundamentos de Limnologia. Rio de Janeiro: Interciências 2. ed. p. 575, 1998.

FARIA, R. S. A. et al. Manual de criação de peixes em viveiro. Brasília: Codevasf, 2013. Disponível em: <<http://www.codevasf.gov.br/publicacoes>>. Acesso em: 21 set. 2015.

FÉLIX, A.S. (2012). O estudo do uso da água no estado do Maranhão no período de 2008 a 2011. Monografia (Engenharia Ambiental) – Universidade CEUMA, São Luís.

FERREIRA, R. R., CAVENAGHI, A. L., VELINI, E. D., CORRÊA, M. R., NEGRISOLI, E., BRAVIN, L. F. N., TRINDADE, M. L. B. & PADILHA, F. S. 2005. Monitoramento de fitoplâncton e microcistina no Reservatório da UHE Americana. *Planta Daninha*, 23, 203-14.

FUZINATTO, C. F. Avaliação da qualidade da água de rios localizados na ilha de Santa

Catarina utilizando parâmetros toxicológicos e o índice de qualidade de água. Florianópolis: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Santa Catarina. 2009.

GRECCO, D. O planeta está secando. *Globo Ciência*. Rio de Janeiro, v. 8, n. 85, 1998.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Malhas: municípios do Estado do Maranhão e Brasil administrativo. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html?=&t=downloads>. Acesso em: 00 de mês de 2021.

KUBITZA, F. A evolução da tilapicultura no Brasil: produção e mercados. *Panorama da Aquicultura*, v.13, n.76, p. 25-35, 2003.

KUBITZA, F. Qualidade da água no cultivo de peixes e camarões. 1º Ed. F. Kubitz: Jundiá. Aqua Imagem, 2003, 229p.

LACHI, G. Qualidade da água e identificação da comunidade fitoplanctônica de um viveiro de piscicultura utilizado para irrigação. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Microbiologia Agropecuária, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus Jaboticabal, São Paulo, 2006.

LEITE, A. C. (2011). A oferta de água no Maranhão. *Águas do Brasil*, Birigui, ano 1, n. 3, p.40-41.

LIMA, A. S.; SILVA, J. C. A.; PINTO, L. F. C.; LIMA, J. S. Delimitação da área de risco de inundação no perímetro urbano do município de Codó (MA) e as implicações na dinâmica sócio-econômico-ambiental. Códó: Universidade Federal do Maranhão-Ufma, 2017. 68 p.

LOPES, J. C. O. Técnico em Agropecuária: piscicultura. Floriano: EDUFPI, 2012. 80p

LOURENÇO, J. N. P.; MALTA, J. C. O.; SOUSA, F. N. A importância de monitorar a qualidade da água na piscicultura. *IT/5 Embrapa Amazônia Ocidental*. n. 5, p. 1-4. Dez, 1999.

MALLASEN, M., BARROS, H. P. & YAMASHITA, E. Y. 2008. Produção de peixes em tanques-rede e a qualidade da água. *Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária*, 1, 47-51.

MACÊDO, J. A. B., *Águas e Águas*, CRQ-MG, Belo Horizonte, 2004, 977p.

MERCANTI, C. T. J. et al. Qualidade da água em viveiro de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*): caracterização diurna de variáveis físicas, químicas e biológicas, São Paulo, Brasil. *Bioikos*, Campinas, 21(2):79-88, jul./dez., 2007

MUKHERJEE, S. et al. Responses of succinate dehydrogenase and non-specific alkaline phosphatases and mortality of tilapia to ambient pH stress in a sewage-fed aquaculture pond. *Indian Journal of Experimental Biology*, v. 45, n. 07, p. 630-637, 2007.

NOZAKI, C.T., MARCONDES, M.A., LOPES, F.A., SANTOS, K. F, LARIZZATTI, P.S.C. Comportamento temporal de oxigênio dissolvido e pH nos rios e córregos urbanos.

Atas de Saúde Ambiental – ASA. São Paulo, v.2, n.1, p.29-44, Jan-Abr. 2014.

OLIVEIRA G. R. A temperatura da água é importante para o crescimento dos peixes?. Curso de criatório de peixes.2020. disponível em <https://www.cpt.com.br/cursos/criacaodepeixes/artigos/a-temperatura-da-agua-e-importante-para-o-crescimento-dos-peixes>. acessado em 18 de novembro de 2021.

OSTRENSKY, A.; BORGHETTI, J. R.; SOTO, D. Aquicultura no Brasil: o desafio é crescer. Brasília: Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca da Presidência da República, 2008, 276p.

PÁDUA, H.B. Principais variáveis físicas e químicas da água na aquicultura. In: WORKSHOP SOBRE QUALIDADE DE ÁGUA NA AQUICULTURA, 1., Pirassununga, 28-30/ago./2000. Anais... v.1,p. 17-23.

PEIXES BR. Anuário Brasileiro da Piscicultura Peixes BR 2021. Associação Brasileira de Piscicultura, 2021.

RICKLEFS, R.E. 2013. Economia da Natureza. 503 p. 6ª ed Guanabara Koogan.

ROCHA C. M. S; PAULINO W. D. Qualidade da água para piscicultura. Leitura de minuto, 2007. Disponível em: [http://cdn.funceme.br/hidroce/data/arquivos/Leituras\\_de\\_minuto/Leitura%20de%20minuto%207%20-%20qualidade%20piscicultura%20-%20OK.pdf](http://cdn.funceme.br/hidroce/data/arquivos/Leituras_de_minuto/Leitura%20de%20minuto%207%20-%20qualidade%20piscicultura%20-%20OK.pdf). Acessado em 18 de novembro de 2021.

ROSS, L. G., FALCONER, L. L., CAMPOS, M. A. & MARTINEZ PALACIOS, C. A. 2011. Spatial modelling for freshwater cage location in the Presa Adolfo Mateos Lopez (El Infiernillo), Michoacán, México. Aquaculture Research, 42, 797-807.

SADO, R. Y.; BICUDO, Á. J. A. Prevenção de doenças em peixes tem nutrição como fator determinante. Visão Agrícola, n. 11, p. 80-82, 2012.

SANTOS, C. C. A. Parâmetros da qualidade de água na piscicultura de água doce. 2018. Trabalho de Conclusão do curso de Graduação em Zootecnia - Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá-MT 2018

SANTOS, P. C. Qualidade da água como parâmetro de avaliação do impacto ambiental da piscicultura. Fundação Educacional do Município de Assis - FEMA - Assis, 2010. p. 61.

SAMPAIO, A. R. Piscicultura. - Fortaleza: Fundação Demócrito Rocha/ Instituto Centro de Ensino Tecnológico -CENTEC, 2013. 44p.

SILVA, N. J. R. Dinâmicas de desenvolvimento da piscicultura e políticas públicas no Vale do Ribeira/SP e Alto Vale do Itajaí/SC – Brasil, Universidade Estadual Paulista – UNESP. Jaboticabal, 2005.

SILVA, R. E. Perfil da piscicultura dos médios e grandes produtores do município de Matinha Maranhão. - 2016. Monografia apresentada ao Curso de Agronomia da Universidade Federal do Maranhão para obtenção do grau de Bacharel em agronomia. Universidade Federal Do

Maranhão – UFMA, Chapadinha, 2016. 30p.

SILVA, T. C. Curso sobre gerenciamento de bacias hidrográficas. Recursos hídricos no Brasil e no mundo. UFPB, 2004.

SILVA, V. K.; FERREIRA, M. W.; LOGATO, P. V. R. Qualidade da água na piscicultura. Disponível em: <[http://www.editora.ufla.br/BolExtensao/pdfBE/bol\\_79.pdf](http://www.editora.ufla.br/BolExtensao/pdfBE/bol_79.pdf)> Acesso em: 13 Dezembro. 2021

SPERLING, M. V. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. 3ª Ed. Editora da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG – Belo Horizonte, 2005.

SIPAUBA-TAVARES, L.H. 1994 Limnologia aplicada à aqüicultura, Jaboticabal: Funep. 70p.

SOUZA, F. C.; SOARES, J. L. F. Análise da qualidade da água de uma piscicultura tradicional da comunidade do guajará no município de Cameté – PA. Brazilian Journal of Development. Curitiba, v. 6, n. 1, p. 3964-3976, jan. 2020.

TUCCI, C. E. M. Gestão da água no Brasil – Brasília: UNESCO, 2001. 156.

VILA, M. E. C. D., SAMPAIO, T. V. M., Variabilidade espacial e temporal dos parâmetros físico-químico em ambiente lântico. **Bol. geogr.**, Maringá, v. 34, n. 2, p. 69-80, 2016.

VINATEA A., L. A. Princípios químicos da qualidade da água em aqüicultura – Florianópolis: Ed. Da UFSC. 166 p. 1997.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO. RESOLUÇÃO Nº 1.978-CONSEPE, Suspende o Calendário Acadêmico de 2020. Comitê Operativo de Emergência de Crise (COE/UFMA). São Luís, 18 de março de 2020. Disponível em: [http://www.ufma.br/portalUFMA/arquivo/QjwFe583JqWB 8v V .pdf](http://www.ufma.br/portalUFMA/arquivo/QjwFe583JqWB%208v%20V.pdf) >. Acessado em: 15 . novembro de 2021.

ZIMERMANN, S.; RIBEIRO, R. P.; VARGAS, L.; MOREIRA, H. L. M. Fundamentos da moderna aqüicultura. Canoas: Ed. ULBRA, 2001. 200 p.

8 APÊNDICE A. Ficha de anotação para análise de água.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO/CAMPUS VII – CODÓ**  
**PROGRAMA DE AMOSTRAGEM PROJETO CIDADES**  
**ANÁLISE DA QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DAS ÁGUAS DO RIO ITAPECURU E**  
**AFLUENTES NA REGIÃO DE CODÓ-MA**

TCC – Análise de parâmetros físico-químicos para qualidade da água de piscicultura na cidade de Timbiras/MA

**FICHA DE ANÁLISE DE ÁGUA**

Responsável: \_\_\_\_\_

Nº da campanha: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_

Ponto de coleta: \_\_\_\_\_

Identificação da amostra: \_\_\_\_\_

Natureza da amostra: Água bruta (TIPO B). Tipo da amostra: Amostra simples, superficial (0 a 30 cm)

Condições meteorológicas:

\_\_\_\_\_

**Medidas *in situ***

Temperatura do ar: \_\_\_\_\_

pH: \_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_

Temperatura \_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_

Oxigênio Dissolvido \_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_

Temperatura \_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_

Salinidade: \_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_

Temperatura \_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_

Condutividade: \_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_

Temperatura \_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_

Cor: \_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_

**Outras observações:**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_