



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS DE PALMAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO PROFISSIONAL EM
ENCENHARIA AMBIENTAL

LARISSA UCHÔA DA ROCHA

**ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO (IET) COMO FERRAMENTA
PARA MONITORAMENTO DE CULTIVOS EM TANQUES
REDE EM RESERVATÓRIOS CONTINENTAIS**

Palmas/TO
2020

LARISSA UCHÔA DA ROCHA

**ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO (IET) COMO FERRAMENTA
PARA MONITORAMENTO DE CULTIVOS EM TANQUES
REDE EM RESERVATÓRIOS CONTINENTAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação
Mestrado Profissional em Engenharia Ambiental. Foi
avaliada para obtenção do título de Mestre Profissional
em Engenharia Ambiental e aprovada em sua forma
final pelo orientador e pela Banca Examinadora.

Orientadora: Flávia Tavares de Matos

Palmas/TO
2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

R672  Rocha, Larissa Uchôa da.

Índice de Estado Trófico (IET) como ferramenta para monitoramento de cultivos em tanques rede em reservatórios continentais. / Larissa Uchôa da Rocha. – Palmas, TO, 2020.

52 f.

Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) Profissional em Engenharia Ambiental, 2020.

Orientadora : Flávia Tavares de Matos

1. Engenharia ambiental. 2. Piscicultura. 3. Índice de estado trófico. 4. Tanque rede. I. Título

CDD 628

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

FOLHA DE APROVAÇÃO

LARISSA UCHÔA DA ROCHA

ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO (IET) COMO FERRAMENTA PARA MONITORAMENTO DE CULTIVOS EM TANQUES REDE EM RESERVATÓRIOS CONTINENTAIS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Nível Mestrado Profissional, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental. A presente dissertação foi aprovada pela Banca Examinadora composta pelos membros abaixo relacionados:

BANCA EXAMINADORA

Dra. Flávia Tavares de Matos

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Presidente)

Dr. Girlene Figueiredo Maciel

Universidade Federal do Tocantins (Membro titular íterno)

Dr. Alysson Soares da Rocha

Instituto Federal do Tocantins (Membro titular externo)

Aprovada em: 30 de outubro de 2020.

O evento foi realizado por meio de vídeo conferência, conforme Art. 56-A da Resolução nº 13, de 22 de março de 2017, pela necessidade cautelar de distanciamento social em virtude da pandemia causada pelo coronavírus (SARS-CoV-2).

*“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor,
mas lutei para que o melhor fosse feito. Não
sou o que deveria ser, mas Graças a Deus,
não sou o que era antes”.*
(Marthin Luther King)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus em primeiro lugar pela oportunidade de estar concretizando mais um sonho, o de me tornar mestre.

Agradeço a minha família pelo apoio nesse momento que esteve sempre ao meu lado com mensagens positivas e me incentivando a seguir em frente. Em especial ao meu esposo, aos meus pais, que foram essenciais nesse processo contribuindo com todo o seu conhecimento adquirido ao longo dos anos, vocês foram fenomenais nesse processo.

Agradeço à minha orientadora, Dra. Flávia Tavares de Matos, que segurou a minha mão o tempo todo nessa caminhada, seu conhecimento e seu profissionalismo foram essenciais para chegarmos ao final dessa pesquisa. Muito obrigada por toda a paciência que você teve comigo.

Agradeço à equipe de estagiários e bolsistas da Embrapa que estiverem na linha de frente dessa pesquisa com o monitoramento no parque aquícola: Jonadabe, Laura e Gustavo. Sem o esforço e o trabalho de vocês nada disso teria sido possível de se realizar. Em especial ao Gustavo que me ajudou de forma exemplar a construir os gráficos, tabelas e principalmente a tabular os dados, Gustavo muito obrigada, tenho certeza que o seu caminho na engenharia ambiental será sensacional.

Por fim agradeço à banca formada pelos professores Dr. Alysson e Dr. Girlene. Cada palavra e cada crítica ao trabalho durante o processo de construção dessa dissertação foram relevantes para que a dissertação fosse finalizada. Obrigada pelo carinho, pelo conhecimento e pelo profissionalismo divididos comigo.

RESUMO

Estudos apontam que os ambientes aquáticos podem ser utilizados para diversas finalidades como o abastecimento de água, geração de energia, irrigação, navegação, aquicultura, paisagismo, etc. No Brasil existem grandes reservatórios de água, como o Reservatório UHE Luiz Eduardo Magalhães – UHE Lajeado, localizado no Rio Tocantins no Estado do Tocantins. No ano de 2015 foram instalados na UHE Lajeado parques aquícolas, propiciando um aumento no potencial da produção de pescado em tanques rede. Nesse contexto, com o avanço da produção de pescado em tanques rede em águas da União observa-se a necessidade de se monitorar o ambiente de produção para que haja o acompanhamento da qualidade da água ao longo da linha de cultivo, tornando a produção sustentável. A produção em tanques rede traz preocupações ambientais em relação à eutrofização da água que pode ser ocasionada pela excreção de fezes dos peixes e acúmulo de ração, que são ricos em fósforo. Dentro deste contexto, esse trabalho procura avaliar o grau de trófia do ambiente com atividade aquícola de sistema de produção em tanques rede, localizado no Reservatório UHE Lajeado – Palmas/TO, especificamente no Parque Aquícola Sucupira, nas estações seca e chuvosa dos anos de 2019 e 2020, utilizando-se como parâmetro o Índice de Estado Trófico – IET, por se tornar uma ferramenta acessível e eficaz ao produtor.

Palavras-chaves: Piscicultura. Tanque rede. Índice de estado trófico.

ABSTRACT

Studies indicate that aquatic environments can be used for various purposes such as water supply, power generation, irrigation, navigation, aquaculture, landscaping, etc. There are large water reservoirs in Brazil, such as the UHE Luiz Eduardo Magalhães – UHE Lajeado, located on the Tocantins River in the state of Tocantins. In 2015, aquaculture parks were installed at UHE Lajeado, providing an increase in the potential of fish production in net cages. In this context, with the advance of fish production in net cages in Union waters, it is necessary to monitor the production environment so that water quality is monitored along the cultivation line, so that the production happens in a sustainable way. The production in net cages brings environmental concerns in relation to the eutrophication of water that can be caused by the excretion of fish fecal and accumulation of feed, which are rich in phosphorus. Within this context, this work seeks to evaluate the degree of trophy of the environment with aquaculture activity of production system in net cages, located in the UHE Lajeado Reservoir – Palmas/TO, specifically in the Sucupira Aquaculture Park, in the dry and rainy seasons of 2019 and 2020, using the Trophic State Index – EIT as a parameter, as it becomes an accessible and effective tool for producers.

Key-words: Fish farming. Net cage. Trophic state index.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1-Linha de tanques rede do Projeto BRS Aqua localizado no Parque Aquícola Sucupira – Palmas/TO	20
Figura 2-Localização do Parque Aquícola Sucupira – Palmas/TO	20
Figura 3-Imagem tridimensional da batimetria utilizada no Modelo Delft – 3D	21
Figura 4-Pontos Amostrais de coleta de dados no Parque Aquícola Sucupira - Palmas/TO...	23
Figura 5-Equipe coletando amostras de água para o projeto de pesquisa	23
Figura 6-Valores de precipitação total acumulada mensalmente de maio de 2019 a janeiro de 2020 no Município de Palmas/TO	33
Figura 7-Resultados do parâmetro temperatura coletados na área de piscicultura no Parque Aquícola Sucupira	34
Figura 8-Resultados do parâmetro pH coletados na área de piscicultura no Parque Aquícola Sucupira	35
Figura 9-Resultados do parâmetro Turbidez coletados na área de piscicultura no Parque Aquícola Sucupira	36
Figura 10-Resultados do parâmetro Oxigênio Dissolvido coletados na área de piscicultura no Parque Aquícola Sucupira	37
Figura 11-Resultados do parâmetro Sólidos Totais Dissolvidos coletados na área de piscicultura no Parque Aquícola Sucupira	38
Figura 12-Resultados do parâmetro Condutividade coletados na área de piscicultura no Parque Aquícola Sucupira	39
Figura 13-Resultados do parâmetro Clorofila-a coletados na área de piscicultura no Parque Aquícola Sucupira	40
Figura 14-Resultados do parâmetro Fósforo Total coletados na área de piscicultura no Parque Aquícola Sucupira	41
Figura 15-Resultados do parâmetro IET coletados na área de piscicultura no Parque Aquícola Sucupira	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação do Estado Trófico – Reservatórios	25
Tabela 2 – Concentrações médias de clorofila-a (μL^{-1}) e fósforo total (mg.L^{-1}) na área do estudo	32
Tabela 3 – Índice de Estado Trófico e grau de trofia na área de estudo	32
Quadro 1 – Programa de Monitoramento Ambiental – Parâmetros Mínimos determinados na Resolução COEMA nº 88/2018	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APHA	<i>American Public Health Association</i>
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
COEMA	Conselho Estadual do Meio Ambiente
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO	Demanda Biológica de Oxigênio
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO	<i>Food And Agriculture Organization</i>
IET	Índice de Estado Trófico
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
LAPEQ	Laboratório de Pesquisa em Química Ambiental e de Biocombustíveis
MS	Ministério da Saúde
OD	Oxigênio Dissolvido
TO	Tocantins
UFT	Universidade Federal do Tocantins
UHE	Usina Hidrelétrica

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Problema de pesquisa	15
1.1.1	Hipótese	17
1.1.2	Delimitação de Escopo	17
1.1.3	Justificativa	17
1.2	Objetivos	18
1.2.1	Objetivo Geral	18
1.2.2	Objetivos Específicos	18
1.3	Metodologia	19
1.3.1	Área de estudo	19
1.3.2	Coleta de dados	22
1.3.3	Análises de qualidade de água	23
1.3.3.1	<i>Delimitação da concentração de clorofila-a</i>	<i>23</i>
1.3.3.2	<i>Determinação da concentração de fósforo total</i>	<i>24</i>
1.3.3.3	<i>Índice de Estado Trófico (IET)</i>	<i>24</i>
1.4	Estrutura da Dissertação	25
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	27
2.1	Qualidade da Água em Reservatórios	28
2.2	Índice de Estado Trófico – IET	28
3	RESULTADOS E ANÁLISE	32
3.1	Temperatura da Água	33
3.2	pH	34
3.3	Turbidez	35
3.4	Oxigênio Dissolvido – OD	36
3.5	Sólidos Totais Dissolvidos	37

3.6	Condutividade	38
3.7	Clorofila-a	39
3.8	Fósforo Total	40
3.9	Índice de Estado Trófico – IET	41
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
4.1	Contribuições da dissertação	44
	REFERÊNCIAS.....	46
	ANEXOS.....	50

1 INTRODUÇÃO

No mundo, os ambientes aquáticos são utilizados para diversas finalidades como o abastecimento de água, geração de energia, irrigação, navegação, aquicultura, paisagismo, etc. (ASSIS, 1998 *apud* ZANINI, 2009).

A água, item essencial à vida, deve atender a requisitos de qualidade e quantidade adequados ao consumo da população e às necessidades múltiplas para determinados fins, como a piscicultura. Quando este bem é utilizado sem consciência acarreta em diversos prejuízos e sérias alterações (NEU *et al.*, 2010). Segundo a FAO (2016) a produção de peixes é o seguimento que mais cresce no mundo, ao se considerar o aumento significativo do consumo dessa proteína pela população mundial.

No Brasil existem grandes reservatórios de água nos principais rios que cortam o país, como o Reservatório Luiz Eduardo Magalhães – UHE Lajeado, localizado no Rio Tocantins no Estado do Tocantins. No ano de 2015 foram instalados na UHE Lajeado parques aquícolas, o que proporcionou um aumento no potencial da produção de pescado em tanques rede.

Segundo Teixeira (2019) os “parques aquícolas são áreas mapeadas com o aval do Ministério da Pesca que poderão ser requeridas por pessoas físicas ou jurídicas para, nessas áreas, exercerem atividade de piscicultura dentro dos padrões e normas estabelecidos nos documentos de licenciamento ambiental”. Trata-se de uma fazenda de pescado ou de piscigranjas com áreas demarcadas mediante titulação.

O grande volume de tanques rede que estão sendo instalados em reservatórios continentais brasileiros tem trazido impactos na qualidade das águas resultantes da sobra de ração utilizada nos cultivos e da excreção de nutrientes pelos peixes, causando a eutrofização das águas e a conseqüente proliferação de algas e macrófitas no corpo hídrico. Estes impactos prejudicam não somente outros usuários de águas, como também outros cultivos em áreas próximas (MATOS *et al.*, 2016).

Nesse contexto, com o avanço da produção de pescado em tanques rede em águas da União observa-se a necessidade do monitoramento do ambiente de produção por meio do acompanhamento da qualidade da água na área de cultivo, para que a produção aconteça de forma sustentável. Azevedo *et al.* (2011) alertam para o fato de que a produção em tanques rede traz preocupações ambientais em relação à eutrofização da água que pode ser ocasionada pela excreção de fezes dos peixes e acúmulo de ração, que são ricos em fósforo.

O monitoramento dos reservatórios de águas da União por meio de parâmetros físicos, químicos e biológicos da qualidade da água permite avaliar sobre possíveis fontes poluentes que prejudicam o uso da água (ZANINI, 2009).

Praxedes *et al.* (2016) apontam que o longo tempo de residência da água armazenada em reservatórios permite que ocorram relações químicas e biológicas, pois essas relações estão associadas a lançamentos de efluentes, provenientes de zonas urbanas, áreas industriais e zonas rurais, que aceleram o processo de envelhecimento dos reservatórios. Esse processo é caracterizado como eutrofização e depende da disponibilidade de nutrientes no interior dos reservatórios.

“A eutrofização é o aumento da concentração de nutrientes, especialmente fósforo e nitrogênio, nos ecossistemas aquáticos, que tem como consequência o aumento de suas produtividades”, conforme define Esteves *apud* Praxedes *et al.* (2016).

Segundo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB (2010), um dos principais nutrientes para os processos biológicos é o fósforo, e também é considerado um macronutriente, pois é consumido em grandes quantidades pelas células. Considerando isto, torna-se um parâmetro indispensável na caracterização de efluentes, pois o seu excesso conduz a processos de eutrofização.

Dentro deste contexto, esse trabalho tem como objetivo avaliar o grau de eutrofização do ambiente com atividade aquícola com sistema de produção do tipo tanque rede, localizado no Reservatório UHE Lajeado – Palmas/TO, especificamente no Parque Aquícola Sucupira, nas estações seca e chuvosa dos anos de 2019 e 2020, utilizando-se como parâmetro o Índice de Estado Trófico – IET.

1.1 Problema de pesquisa

A regularização de áreas aquícolas em águas federais brasileiras é um processo lento e desestimulante. A ausência de padronização nas condicionantes exigidas pelos órgãos estaduais de meio ambiental e a falta de capacitação dos analistas ambientais explicam a situação atual. A maioria dos piscicultores em produção nos reservatórios do Brasil encontra-se na ilegalidade, dificultando o acesso às políticas públicas e às linhas de crédito disponíveis.

Dessa forma, nota-se que essa dificuldade de regularização dos produtores é extremamente prejudicial a todos os atores envolvidos nesta importante cadeia produtiva.

A legislação vigente estabelece que a ocupação máxima da área de um reservatório para fins de aquicultura deve ser de no máximo 1%¹ do espelho d'água, no entanto, com base nos critérios para ordenamento da atividade observa-se que nos reservatórios já demarcados a área ocupada por pisciculturas não tem ultrapassado 0,6%.

Nesse contexto, uma medida desejável para dar celeridade ao processo de regularização de forma sustentável, seria adotar a dispensa do licenciamento para os produtores se instalarem até que se atinja a ocupação de 0,5% da área destinada à aquicultura. Para se garantir que essa ocupação se dê de forma sustentável recomenda-se que algumas medidas sejam adotadas, conforme apresentado a seguir:

- Plano de monitoramento: a adoção de um plano de monitoramento da qualidade de água nas áreas produtivas com base no IET;
- Boas práticas de manejo:

- O emprego de boas práticas de manejo e de protocolos que visem à minimização de impactos ambientais com o registro de todos os dados zootécnicos obtidos no cultivo, bem como da situação da qualidade da água e dos sedimentos, gerando dados que possam prever cenários quanto ao impacto causado pela atividade em longo prazo;
- Revisão dos parâmetros de qualidade de água exigidos para atividades aquícolas das Resoluções CONAMA nº 357/2005 e nº 413/2009 e Resolução COEMA nº 88/2018.

Dessa forma, no presente estudo, pretende-se analisar a possibilidade de utilizar o IET como ferramenta de monitoramento de áreas aquícolas, tornando uma prática viável ao produtor e eficaz para os órgãos de fiscalização.

Sendo assim, as perguntas de pesquisa a serem feitas são as seguintes:

- O IET é uma ferramenta eficaz para o monitoramento de áreas aquícolas?
- É possível utilizar apenas o IET para o monitoramento das áreas aquícolas, ao invés de levar em consideração todos os parâmetros preconizados nas Resoluções CONAMA nº 357/2005 e nº 413/2009 e Resolução COEMA nº 88/2018?
- Qual é o custo benefício de se utilizar o IET?

¹ Instrução Normativa Interministerial nº 07, de 28 de abril de 2005, Ministério do Meio Ambiente e Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca.

1.1.1 Hipótese

O IET é uma ferramenta eficaz para o monitoramento de áreas aquícolas.

É possível utilizar apenas o IET para o monitoramento das áreas aquícolas, ao invés de levar em consideração todos os parâmetros preconizados nas Resoluções CONAMA nº 357/2005 e nº 413/2009 e Resolução COEMA nº 88/2018.

É mais viável economicamente a utilização do IET como parâmetro de monitoramento ao invés de analisar todos os parâmetros solicitados nas Resoluções acima.

1.1.2 Delimitação de Escopo

Esse trabalho é um estudo de caso no Parque Aquícola Sucupira, localizado no Reservatório Luiz Eduardo Magalhães – Lajeado – Palmas/TO, com o objetivo avaliar o grau de trofia do ambiente com atividade aquícola de sistema de produção em tanques rede, nas estações seca e chuvosa no período de maio de 2019 a janeiro de 2020, utilizando-se como parâmetro o Índice de Estado Trófico – IET.

Observou-se a necessidade de avaliar o parâmetro nas estações seca e chuvosa, por se tratarem de épocas bem definidas no Estado do Tocantins, onde, no período de final de maio a início de outubro tem-se a estação seca, e no período de final de outubro a início de maio tem-se a estação chuvosa. As duas estações provocam oscilações relevantes no nível de água do reservatório, sendo importante definir essas duas estações para avaliação do IET.

1.1.3 Justificativa

Por se tratar de um parâmetro que avalia principalmente dois aspectos, fósforo e clorofila-a, verifica-se que o IET é um parâmetro economicamente viável ao se comparar com a quantidade de parâmetros que as Resoluções CONAMA e COEMA solicitam monitoramento da qualidade da água.

O IET é um parâmetro de extrema relevância ao se tratar de uma solução para monitoramento da qualidade das águas dos reservatórios da União, uma vez que mede a

eutrofização do ambiente. Trata-se de uma proposta sem complexidade, pois a avaliação dos parâmetros compostos no IET é simples e mais barata².

Verifica-se, por se tratar de um parâmetro com menor complexidade, que a sua aplicabilidade se torna necessária e mais acessível ao setor produtivo de peixes, o que torna a aplicação do IET no monitoramento da qualidade de água viável, por ser um parâmetro com objetividade e econômico.

A utilização do IET como parâmetro de monitoramento apresentará celeridade, eficiência e economia, viabilizando o monitoramento de áreas aquícolas por parte dos produtores, trazendo solução para os gargalos que o setor enfrenta.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Avaliar o Índice de Estado Trófico – IET como ferramenta para monitoramento de atividades aquícolas em águas da União.

1.2.2 Objetivos Específicos

1. Monitorar a qualidade de água do Parque Aquícola Sucupira, considerando os parâmetros: fósforo total (μL^{-1}), clorofila-a (μL^{-1}), temperatura ($^{\circ}\text{C}$), pH, condutividade ($\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$), oxigênio dissolvido (mgL^{-1}), sólidos totais (mgL^{-1}) e turbidez (NTU);
2. Comparar a qualidade de água da área estudada nos períodos seco e chuvoso;
3. Calcular, apresentar e discutir o Índice de Estado Trófico (IET) da região estudada – Parque Aquícola Sucupira, nos períodos seco e chuvoso.

² Em anexo é apresentado orçamento do Lapeq com os valores para análise dos parâmetros determinados pela Resolução CONAMA nº 413/2009 e orçamento com os valores para análise dos parâmetros propostos pelo IET.

1.3 Metodologia

1.3.1 Área de estudo

A região de estudo delimitada neste trabalho foi a área de influência de produção de pescado em tanques rede do Parque Aquícola Sucupira, localizada no Reservatório Luiz Eduardo Magalhães distante 15km da Cidade de Palmas/TO, e nas Coordenadas Geográficas Latitude 10°5'9,21"S e Longitude 48°22'8,11"O, conforme a Figura 2. O Reservatório Luiz Eduardo Magalhães ocupa área de 60km² de lâmina de água, representando 0,23% da área do Estado do Tocantins, tendo construído basicamente para geração energética em 2001, com uma produção aproximada de 902,5MW por dia. Além disso, o reservatório é utilizado para outras finalidades, como: usos para abastecimento, irrigação, aquicultura, navegação, lazer, pesca, turismo, entre outros.

Na área destinada ao parque aquícola aqui estudado existe a Unidade de Pesquisa da Embrapa que foi instalada em janeiro de 2019 com recursos do Projeto BRS Aqua, momento em que foi feita toda a montagem do sistema de cultivo (Figura 1). A linha de produção destinada ao projeto de pesquisa é composta por 8 tanques rede com volume de 48m³ (4x4x3m) e 8 tanques rede com volume de 27m³ (3x3x3m).

O experimento relativo ao Projeto BRS Aqua iniciou na segunda quinzena de junho de 2018, com duração de 221 dias. O objetivo do estudo foi desenvolver um protocolo de produção para tambaquis em tanques rede, com base no melhor volume de tanque rede em relação à sua capacidade de suporte (27 e 48m³) e densidade de estocagem final (25 e 40kg/m³).

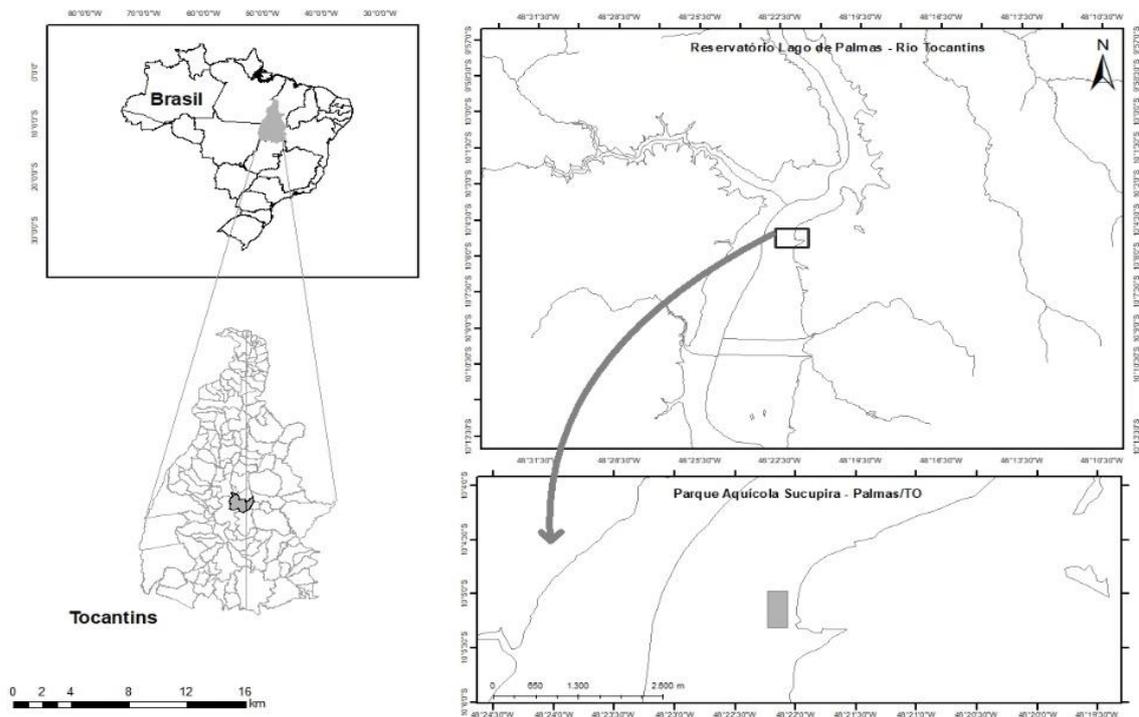
“O Projeto BRS Aqua tem como objetivos fortalecer a infraestrutura de pesquisa Embrapa, gerar e transferir tecnologias que promovam o desenvolvimento da aquicultura brasileira com foco primordial na inovação, contribuindo para o incremento da produção e proporcionando aumento da competitividade e sustentabilidade da cadeia nacional do pescado” (EMBRAPA, 2018). Com esse projeto estima-se elevar o patamar tecnológico dos sistemas de produção em aquicultura incorporando novas tecnologias com o intuito de permitir a adoção de pacotes tecnológicos no que diz respeito à produção do pescado. A coordenação do projeto é feita pela Embrapa Pesca e Aquicultura com sede em Palmas/TO.

Figura 1-Linha de tanques rede do Projeto BRS Aqua localizado no Parque Aquícola Sucupira – Palmas/TO.



Fonte: Gustavo Pereira Silva (2019).

Figura 2-Localização do Parque Aquícola Sucupira – Palmas/TO.

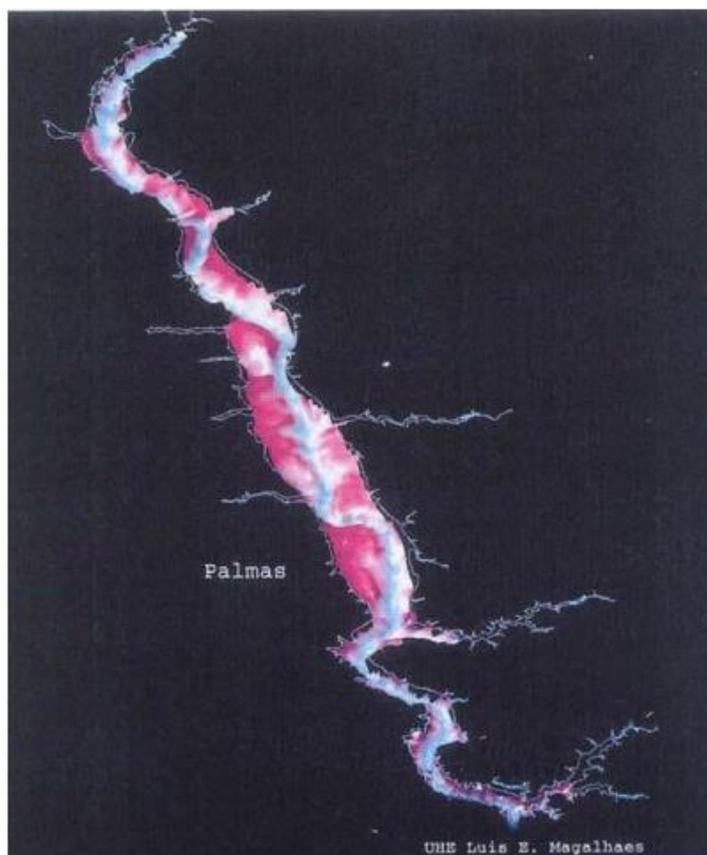


Fonte: Larissa Uchôa da Rocha (2020).

No estudo elaborado pela Themag Engenharia (2003), o Reservatório Luiz Eduardo Magalhães (Lajeado) se estende por aproximadamente 170km, entre as cidades de Lajeado e

Ipueiras, apresentando um espelho de 630km^2 , e um volume de $5,52\text{km}^3$ na cota 212m (horizontal). A superfície d'água do reservatório sofre sobrelevações nas seções de montante à medida que a vazão aumenta. Ou seja, nos períodos de cheia, o nível d'água nos trechos de montante do reservatório será mais alto do que 212m e a superfície inundada pela água será maior que a correspondente à vazão média, mesmo que o nível d'água seja mantido igual a 212m junto à barragem, como é mostrado na Figura 3 que apresenta uma imagem tridimensional do Reservatório Luiz Eduardo Magalhães. Para a vazão de $10.000\text{m}^3/\text{s}$ (cheia normal ou bianual) o remanso cobre uma área de 790km^2 e para a vazão $25.000\text{m}^3/\text{s}$, próxima da cheia de 50 anos de recorrência, a área atinge 990km^2 . Considerando o volume e a área definidos para uma superfície horizontal na cota 212m, a profundidade média do reservatório é de 8,80m e o tempo médio de residência da água, de 25 dias (vazão média de $2.532\text{m}^3/\text{s}$). Do ponto de vista da regularização das vazões do Rio Tocantins, o reservatório é definido como sendo a fio d'água.

Figura 3-Imagem tridimensional da batimetria utilizada no Modelo Delft – 3D.



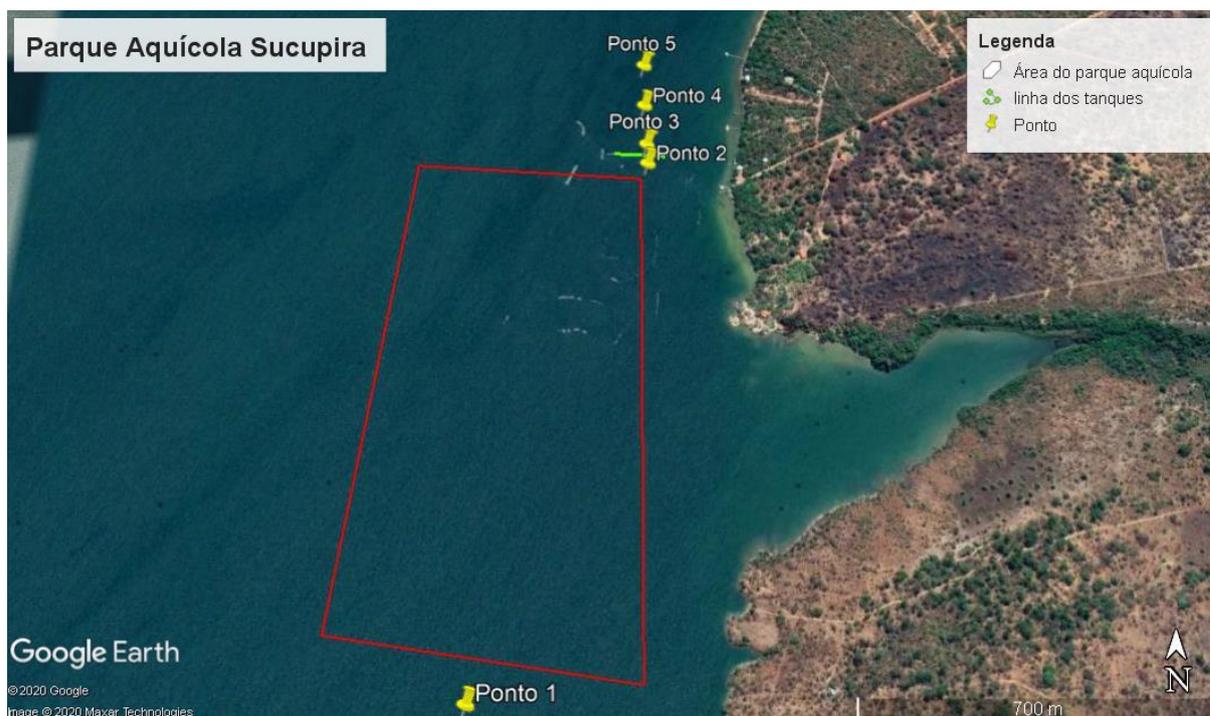
Fonte: Themag Engenharia (2003).

1.3.2 Coleta de dados

As coletas de amostras de água foram realizadas em 5 pontos (Figura 4), abrangendo toda a área de produção de pescado em tanques rede, sendo 1 ponto de coleta localizado fora da área de produção como forma de controle (Ponto 1 – localizado antes do início da área do parque aquícola) e os outros quatro pontos localizados na linha de produção. Foram feitas 9 campanhas mensais entre maio de 2019 e janeiro de 2020, uma a cada mês, no intuito de se determinar as concentrações de fósforo total (μgL^{-1}) e clorofila-a (μgL^{-1}), para os cálculos dos Índice de Estado Trófico segundo Lamparelli (2004).

A água foi coletada na lâmina superficial (30cm), com auxílio da garrafa de Van Dorn, armazenada em frascos de polietileno de 1L e mantidas refrigeradas a 4°C e protegidas da luz. Posteriormente, as amostras foram transportadas para o Laboratório de Pesquisa em Química Ambiental e de Biocombustíveis (Lapeq) da Universidade Federal do Tocantins (UFT) para análise de fósforo total e clorofila-a. Parâmetros como temperatura (°C), pH, condutividade ($\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$), oxigênio dissolvido (mgL^{-1}), sólidos totais (mgL^{-1}) e turbidez (NTU) foram analisados *in loco* mediante uso de medidor multiparâmetros Horiba U-52G.

Figura 4-Pontos Amostrais de coleta de dados no Parque Aquícola Sucupira – Palmas/TO.



Fonte: Gustavo Pereira Silva (2019).

Figura 5-Equipe coletando amostras de água para o projeto de pesquisa.



Fonte: Larissa Uchôa da Rocha (2019).

1.3.3 Análises de qualidade de água

1.3.3.1 Determinação da concentração de clorofila-a

A determinação de clorofila-a foi obtida por filtração de 0,5L de amostra em membranas de fibra de vidro de 0,45 μ m. A extração das clorofilas foi feita mediante choque térmico com acetona a 90% e a maceração de cada amostra. Posteriormente, foram

centrifugadas à 4000rpm por 10 minutos e armazenadas em ambientes refrigerados a 4°C por 24 horas para posterior análise. A leitura do sobrenadante foi feita com o auxílio de espectrofotômetro em comprimento de onda 664nm, 665nm e 750nm de acordo com Standard Methods (APHA, 1998). Os valores das concentrações de clorofila-a foram obtidos por meio da seguinte equação 1:

$$Cla\left(\frac{mg}{m^3}\right) = \frac{26,7 \times [644_b - 665_a] \times V1}{V2 \times L} \quad (1)$$

Onde:

664_b: subtração da absorbância obtida em $\lambda = 664nm$ e $\lambda = 750nm$

665_a: subtração da absorbância obtida em $\lambda = 665nm$ e $\lambda = 750nm$ (densidade óptica após a acidificação);

V1: Volume do extrato de acetona (mL);

V2: Volume filtrado da amostra (Litros);

L: Caminho ótico da cubeta.

1.3.3.2 Determinação da concentração de fósforo total

A quantificação de fósforo total foi feita por meio de dois métodos: primeiro, digestão alcalina utilizando 0,210mgL⁻¹ de Persulfato de Potássio em autoclave à 125°C por 25 minutos para determinação de todas as formas de fósforos presentes. Posteriormente, a quantificação do fósforo total a partir do método do ácido ascórbico com concentração 17,6gL⁻¹. As leituras das amostras foram feitas em espectrofotômetro a um comprimento de onda 880nm. A concentração de fósforo total foi determinada por meio da realização de curva de calibração, sendo essa curva pela correlação de concentrações padrões e os resultados de leituras, dessa forma, o resultado da equação da reta terá uma soma dos quadrados o mais próximo de R²=1 obtida na curva de calibração para fósforo total (MURPHY e RILEY, 1962; APHA, 1998).

1.3.3.3 Índice de Estado Trófico (IET)

O IET foi calculado com base na média aritmética da concentração de clorofila-a e fósforo total, sendo as variáveis analisadas nos 05 pontos amostrais.

O Índice do Estado Trófico (IET) é composto por dois outros índices apontados por Alves *et al.* (2012): Índice de Estado Trófico para o fósforo e o Índice de Estado Trófico para a clorofila-a, estabelecidos para ambientes idênticos conforme Lamparelli (2004).

Lamparelli (2004) utiliza as seguintes equações para determinação do IET:

$$IET_L(Cla) = 10 \times \left(6 - \left(\frac{0,92 - 0,34(\ln(Cla))}{\ln 2} \right) \right) \quad (2)$$

$$IET_L(PT) = 10 \times \left(6 - \left(\frac{1,77 - 0,42(\ln(PT))}{\ln 2} \right) \right) \quad (3)$$

$$IET_L = \frac{IET(PT) + IET(Cla)}{2} \quad (4)$$

Onde:

IET_L : Índice de Estado Trófico por Lamparelli (2004);

PT: concentração de fósforo total medida na superfície da água, em $\mu\text{g.L}^{-1}$

CL: concentração de clorofila total medida na superfície da água, em $\mu\text{g.L}^{-1}$

Ln: logaritmo.

Tabela 1 – Classificação do Estado Trófico – Reservatórios.

Categoria Estado Trófico	Ponderação	P-Total - P($\mu\text{g/L}$)	Clorofila-a ($\mu\text{g/L}$)
Ultraoligotrófico	$IET \leq 47$	$P \leq 8$	$CL \leq 1,17$
Oligotrófico	$47 < IET \leq 52$	$8 < P \leq 19$	$1,17 < CL \leq 3,24$
Mesotrófico	$52 < IET \leq 59$	$19 < P \leq 52$	$3,24 < CL \leq 11,03$
Eutrófico	$59 < IET \leq 63$	$52 < P \leq 120$	$11,03 < CL \leq 30,55$
Supereutrófico	$63 < IET \leq 67$	$120 < P \leq 233$	$30,55 < CL \leq 69,05$
Hipereutrófico	$IET > 67$	$P > 233$	$CL > 69,05$

Fonte: IGAM, 2018.

1.4 Estrutura da Dissertação

O trabalho está organizado em 4 capítulos correlacionados. O Capítulo 1, Introdução, apresentou por meio de sua contextualização o tema proposto neste trabalho. Da mesma

forma foram estabelecidos os resultados esperados por meio da definição de seus objetivos e apresentadas as limitações do trabalho permitindo uma visão clara do escopo proposto.

O Capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica para utilização do Índice de Estado Trófico (IET) como ferramenta para monitoramento de cultivos em tanques rede no Reservatório Luiz Eduardo Magalhães, especificamente no Parque Aquícola Sucupira.

O Capítulo 3 apresenta os resultados obtidos através da medição dos parâmetros propostos e análise dos resultados obtidos.

No Capítulo 4 são tecidas as conclusões do trabalho, relacionando os objetivos identificados inicialmente com os resultados alcançados. São ainda propostas possibilidades de continuação da pesquisa desenvolvida a partir das experiências adquiridas com a execução do trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A gestão integrada de bacias hidrográficas vem assumindo importância cada vez maior no cenário hídrico, uma vez que se tem aumentada a degradação ambiental, afetando a disponibilidade hídrica. Essa gestão assume o papel descentralizador das ações visando o desenvolvimento social e econômico de forma sustentável. Considerando isso, os princípios da gestão ambiental passam a ser ferramentas indispensáveis para a elaboração de planos e estratégias de manejo que visem à conservação e recuperação de ambientes naturais degradados através das técnicas de avaliação e monitoramento ambiental (BUZELLI & CUNHA-SANTINO, 2013).

Tundisi e Tundisi (2015) apontam que os reservatórios artificiais têm sido utilizados por múltiplas finalidades, assim como para a produção de alimentos por meio da piscicultura. Considerando que a piscicultura é uma atividade potencialmente poluidora, verifica-se a necessidade de se manter uma gestão e monitoramento da qualidade hídrica dos reservatórios, para que o cultivo de peixes ocorra de forma sustentável e respeitando os limites da capacidade de suporte.

Os principais impactos relacionados à aquicultura em rios e reservatórios estão ligados ao aumento do fluxo de partículas e nutrientes dissolvidos no ambiente. A maior contribuição dos efluentes oriundos da aquicultura provém das dietas e sobras de ração não consumida durante a alimentação, que causam um aumento nas concentrações de nitrogênio e fósforo no ambiente, podendo ocasionar um processo de eutrofização artificial (MATOS *et al.*, 2016). Esse processo pode ocasionar a deterioração da qualidade da água e inviabilizar o próprio empreendimento.

A capacidade de diluição dos efluentes oriundos do cultivo de peixes em tanques rede no reservatório dependerá, principalmente, da circulação da água do ambiente, tornando-se indispensável a avaliação da capacidade suporte do corpo hídrico receptor para que seja definida a produção máxima permissível de organismos aquáticos naquele ambiente, onde a emissão de resíduos não ultrapassará a capacidade de absorção do ambiente (ARARIPE *et al.*, 2006 *apud* MATOS *et al.*, 2016).

Este capítulo abordará o assunto da eutrofização dos ambientes aquáticos, com ênfase em áreas de produção aquícola, bem como a qualidade de água e a ferramenta IET – Índice de Estado Trófico para avaliar os níveis tróficos da água.

2.1 Qualidade da Água em Reservatórios

Para atender todos os usos múltiplos da água, bem como o aumento da demanda por este bem, verifica-se a necessidade de se manter a qualidade da água para que haja um aumento da sua disponibilidade. Com o intuito de se aumentar a disponibilidade hídrica realizou-se o represamento de diversos córregos e rios. No entanto, Pimenta *et al.* (2012) aponta que o barramento de rios acarreta em situações desfavoráveis que vão além do progresso: diminuição do fluxo de água, aumento da taxa de sedimentação, aumento do tempo de residência da água, estratificação térmica e diminuição das concentrações de oxigênio dissolvido, dentre outros.

O desenvolvimento da atividade aquícola e a tomada de consciência relativamente recente dos problemas ambientais justifica a atenção que se deve oferecer à qualidade da água, em especial quando se trata das criações intensivas e semi-intensivas de peixes (SILVA *et al.*, 2002). A qualidade da água na piscicultura não só influencia no crescimento dos peixes, mas também é através dela que se determina a sobrevivência dos mesmos.

O fósforo é considerado um dos parâmetros mais importantes no que tange à poluição de cursos d'água. Altas concentrações de fósforo favorecem o crescimento de algas e plantas que podem interferir na utilização da água (BARRETO *et al.*, 2013). O autor Lamparelli (2004) aponta que o fósforo disponível é um dos fatores mais importantes na regulação da produtividade do sistema.

2.2 Índice de Estado Trófico – IET

Os autores Silva *et al.* (2018) alertam para o fato de que a “eutrofização é um dos principais problemas que afetam a qualidade das águas em mananciais de todo o mundo”. Na piscicultura, a eutrofização é causada pelo enriquecimento de nutrientes, fósforo e nitrogênio, na coluna d'água (produtos da excreção dos peixes e sobras de ração). Existem diversas metodologias para se determinar o grau de trofia dos reservatórios, como, por exemplo, o Índice de Estado Trófico – IET, que utiliza as concentrações de nitrogênio, fósforo e clorofila-a para definição do grau de trofia de um ambiente aquático.

O Índice de Estado Trófico – IET é uma forma de se avaliar a qualidade hídrica e foi desenvolvido para “avaliar a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo de algas ou macrófitas, facilitando a classificação de corpos d'água em diferentes graus de trofia” (BUCCI & OLIVEIRA, 2014).

Tundisi e Tundisi (2015) apresentam os principais efeitos da eutrofização, a seguir são listados alguns deles: anoxia (ausência de oxigênio dissolvido), que causa a morte de peixes e de invertebrados e também resulta na liberação de gases tóxicos com odores desagradáveis; florescimento de algas e crescimento incontrolável de outras plantas aquáticas; altas concentrações de matéria orgânica; deterioração do valor recreativo dos reservatórios devido à diminuição da transparência da água; diminuição da produção de peixes causada por depleção de oxigênio na coluna d'água.

A eutrofização pode aumentar a concentração do fitoplâncton na água, diminuir os níveis de oxigênio dissolvido e desencadear o aparecimento de substâncias tóxicas no meio aquático, tornando o ambiente impróprio para o cultivo de peixes (LEONARDO *et al.*, 2018).

A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB (2010) aponta que o IET tem a finalidade de classificar os corpos d'água em diferentes graus de trofia, além de avaliar a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes o que pode ocasionar o crescimento excessivo das algas e o aumento do potencial para o desenvolvimento de macrófitas aquáticas.

No estudo do Índice de Estado Trófico – IET do Parque Sucupira serão analisadas a concentração de fósforo e a concentração de clorofila-a em $\mu\text{g.L}^{-1}$. Lamparelli (2004) diz que “o fósforo é o nutriente limitante e a clorofila-a é a indicadora de biomassa fitoplanctônica presente no reservatório”.

Lamparelli (2004) propõe para o cálculo da classificação de trofia em reservatórios a inserção dos parâmetros de clorofila-a (encontrado em organismos fotossintetizantes como as algas) e fósforo total. Os resultados correspondentes ao fósforo devem ser entendidos como uma medida do potencial de eutrofização, pois este nutriente atua como o agente causador do processo. Já a clorofila-a deve ser considerada como uma medida da resposta do corpo hídrico ao agente causador, indicando de forma adequada o nível do crescimento de algas que tem lugar em suas águas (CETESB, 2010).

A Resolução CONAMA n° 274/2000 (BRASIL, 2000) estabelece padrões de água para uso recreacional e balneabilidade. A Portaria MS n° 518/04 do Ministério da Saúde (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004) estabelece padrões para abastecimento público. A Resolução CONAMA n° 357/2005 (BRASIL, 2005) estabelece classes de qualidade de água para corpos de água doce, salina e salobra, de acordo com seus usos pretendidos, no entanto, não associa essa condição a níveis de trofia. Sendo assim, todos os programas de monitoramento de qualidade de água devem considerar os limites e usos estabelecidos pela legislação vigente (ZANINI, 2009).

O Reservatório Luiz Eduardo Magalhães é classificado como Classe II segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005), uma vez que o reservatório não possui enquadramento. As águas de classe II podem ser destinadas a algumas atividades, dentre elas à aquicultura e à atividade de pesca. No Artigo 15 da referida Resolução são apontados os valores mínimos de cada parâmetro de qualidade de água que deve ser analisado para águas de Classe II, como por exemplo: turbidez: até 100 UNT; OD, em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/L O₂; clorofila a: até 30 µg/L; e, IX - fósforo total: a) até 0,030 mg/L, em ambientes lênticos; e, b) até 0,050 mg/L, em ambientes intermediários, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lêntico.

A Resolução CONAMA nº 413/2009 (BRASIL, 2009) dispõe sobre o licenciamento ambiental da aquicultura, e determina em seu Anexo VI os seguintes parâmetros mínimos para monitoramento ambiental dos empreendimentos aquícolas: material em suspensão (mg/L); transparência (Disco de Secchi – m); Temperatura (°C); Salinidade (ppt); OD (mg/L); DBO; pH; Amônia-N; Nitrito-N; Nitrato-N (mg/L); Fofato-P (mg/L); Silicato-Si; Clorofila-a; e, coliformes termotolerantes. Determina ainda que a frequência de apresentação dos relatórios técnicos deve ser determinada pelo órgão ambiental competente.

No Estado do Tocantins a Resolução COEMA nº 88/2018 (TOCANTINS, 2018) dispõe sobre o licenciamento ambiental da aquicultura, determinando os mesmo parâmetros para monitoramento ambiental da Resolução CONAMA nº 413/2005 e aponta em seu Anexo VI que a frequência de apresentação dos relatórios técnico deve ser determinada pelo responsável técnico no estudo ambiental (Quadro 1).

Quadro 1-Programa de Monitoramento Ambiental – Parâmetros Mínimos determinados na Resolução COEMA nº 88/2018.

1. Parâmetros de Coleta
<p>2.1 Parâmetros hidrobiológicos:</p> <p>2.1.1 Parâmetros mínimos: Material em Suspensão (MG-l) Transparência (Disco de Secch - m), Temperatura (°C), Salinidade (ppt), OD (MG-l), DBO, pH, Amônia-N, Nitrito-N, Nitrato-N, (MG-l), Fosfato-P (MG-l) e Silicato-Si, Clorofila "a" e coliformes termotolerantes.</p> <p>Nota 1. Os dados de monitoramento devem estar disponíveis quando solicitados pelo NATURATINS;</p> <p>Nota 2. Dependendo da análise dos dados apresentados, outros parâmetros hidrobiológicos podem ser acrescidos ou retirados do plano de monitoramento, a critério do NATURATINS.</p>
2. Cronograma
Apresentar cronograma de execução do plano de monitoramento durante o período de validade da licença de operação (LO)
3. Relatório Técnico
Apresentar os relatórios técnicos dos parâmetros hidrobiológicos com os dados analisados e interpretados, de acordo com a frequência estabelecida no respectivo processo de licenciamento, no qual deverão

constar as principais alterações ambientais, decorrentes da implantação do empreendimento, bem como fazer comparações com as análises anteriores.

Fonte: Resolução COEMA nº 88/2018, Anexo VI.

Os orçamentos apresentados pelo Laboratório Lapeq da UFT³ mostram que para análise dos parâmetros do IET (clorofila-a e fósforo total) o valor é de R\$ 60,00 (sessenta reais), já a análise dos parâmetros determinados pela Resolução COEMA nº 88/2018 (Material em Suspensão, Temperatura, Salinidade, OD, DBO, pH, Amônia-N, Nitrito-N, Nitrato-N, Fosfato-P, Silicato-Si, Clorofila "a" e coliformes termotolerantes) o valor médio é de R\$ 423,00 (quatrocentos e vinte e três reais).

³ Os orçamentos apresentados pelo laboratório encontram-se em anexo.

3 RESULTADOS E ANÁLISE

A Tabela 2 mostra as concentrações médias de clorofila-a e fósforo total, na estação seca e chuvosa na área estudada, no período de maio de 2019 a janeiro de 2020.

Tabela 2 – Concentrações médias de clorofila-a ($\mu\text{g.L}^{-1}$) e fósforo total (mg.L^{-1}) na área do estudo

Parâmetros	Concentração Média na estação Seca		Concentração Média na estação Chuvosa	
	Maio	Outubro	Junho	Novembro
Clorofila-a ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	2,78 \pm 7,01		0,002 \pm 0,002	
Fósforo Total (mg.L^{-1})	0,016 \pm 0,042		0,001 \pm 0,029	
Clorofila-a ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	1,51 \pm 5,05		0,002 \pm 6	
Fósforo Total (mg.L^{-1})	0,007 \pm 0,016		0,029 \pm 0,049	
Clorofila-a ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	0,002 \pm 3,20		0,002 \pm 0,55	
Fósforo Total (mg.L^{-1})	0,01 \pm 1,55		0,003 \pm 0,026	
Clorofila-a ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	1,26 \pm 2,6		1,4 \pm 6,58	
Fósforo Total (mg.L^{-1})	0,033 \pm 0,320		0,016 \pm 0,023	
Clorofila-a ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	0,002 \pm 2			
Fósforo Total (mg.L^{-1})	0,023 \pm 0,130			

Fonte: Medidas realizadas em campo.

Levando em conta os dados obtidos e organizados na Tabela 2, foram calculados os Índices de Estado Trófico de acordo com a metodologia de Lamparelli (2004), durante o período de maio a janeiro de 2020, como apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – Índice de Estado Trófico e grau de trofia na área do estudo.

Pontos	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro
P1	62,3	59,7	44,1	55,6	45,4	34,5	60,0	55,6	58,6
P2	62,9	59,3	61,1	53,9	43,2	34,5	61,4	53,9	62,3
P3	60,9	56,4	59,2	41,2	58,1	34,5	63,5	41,2	62,3
P4	62,5	60,4	69,5	37,9	46,1	43,8	59,4	37,9	62,7
P5	61,9	58,8	69,8	43,6	64,4	34,5	45,1	43,6	59,5
Média	62,1	58,9	60,0	45,9	50,8	36,2	57,5	45,9	61,1

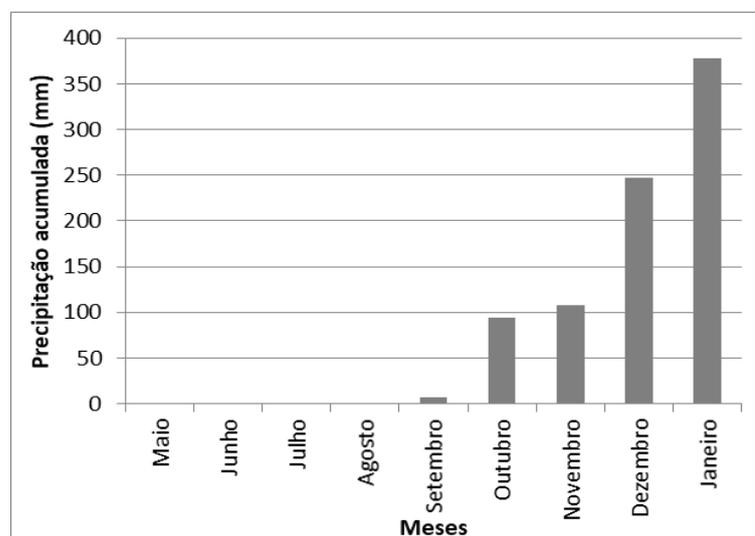
Fonte: Medidas realizadas em campo.

Onde:

ultraoligotrófico
Oligotrófico
Mesotrófico
Eutrófico
supereutrófico
hipereutrófico

A Figura 6 apresenta os valores de precipitação acumulada no período estudado.

Figura 6-Valores de precipitação total acumulada mensalmente de maio de 2019 a janeiro de 2020 no Município de Palmas – TO.



Fonte: INMET, 2020.

3.1 Temperatura da água

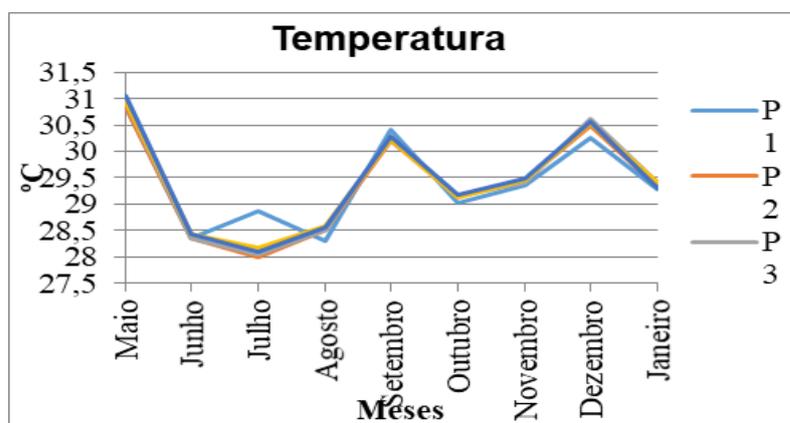
A Figura 7 apresenta a variação da temperatura da água dos cinco pontos amostrados durante o período de maio de 2019 a janeiro de 2020, a temperatura média da água encontrou-se em média de $29,26 \pm 1,07^{\circ}\text{C}$ e de $29,60 \pm 0,45^{\circ}\text{C}$ durante a época seca e chuvosa, respectivamente. As maiores temperaturas foram encontradas durante os meses de maio ($31,06^{\circ}\text{C}$), setembro ($30,40^{\circ}\text{C}$) e dezembro ($30,62^{\circ}\text{C}$).

Segundo Pinheiro e Lollis (2012), no Reservatório Luiz Eduardo Magalhães os valores de temperatura variaram de 25°C a 37°C . Já o estudo realizado por Pinho *et al.* (2018), no mesmo reservatório, apresentou uma variação de $29,62 \pm 0,95^{\circ}\text{C}$ na estação seca, e na estação

chuvosa, de $30,46 \pm 0,32^{\circ}\text{C}$. O estudo elaborado por Kubitzka (2013) aponta que as temperaturas que variam entre 26°C e 30°C correspondem a bons valores para o cultivo de peixes.

A Figura 6 apresenta os dados coletados dos parâmetros de temperatura, pH, turbidez, oxigênio dissolvido, sólidos totais dissolvidos e condutividade, do Parque Aquícola Sucupira, durante o período de estudo (maio de 2019 a janeiro de 2020).

Figura 7-Resultados do parâmetro temperatura coletados na área de piscicultura no Parque Aquícola Sucupira



3.2 pH

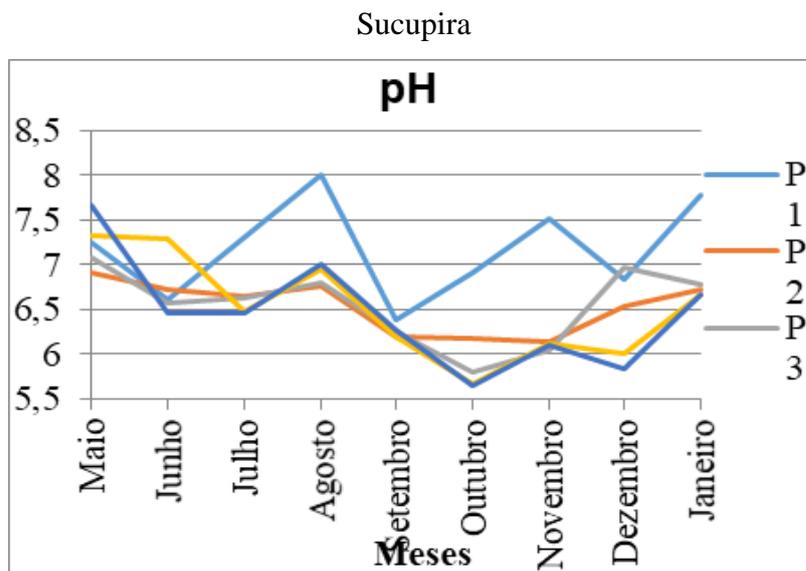
A variação do parâmetro pH (Figura 8) apresentou valores entre 6,26 – 7,25 no período seco (maio de 2019 a setembro de 2019), e na época chuvosa os valores de pH coletados variaram de 6,04 – 6,92 (outubro de 2019 a janeiro de 2020). Os valores de pH identificados estão dentro do limite exigidos na Resolução CONAMA nº 357/2005 para corpos hídricos de classe 2 (entre 6 e 9).

Pinho *et al.* (2018) observou uma variação média de pH de 6 – 9 no mesmo reservatório estudado. Já o estudo elaborado por Pinheiro e Lollis (2012), apresentou variação do pH oscilando entre 5,5 e 8,0.

Segundo Von Sperling (2005), pH alto ou baixo apresentado em corpos hídricos pode apontar a influência de efluentes industriais, valores altos são associados a um aumento da concentração de algas.

Esse parâmetro sofre influência da fotossíntese que ocorre nos reservatórios, visto que o aumento das taxas desse processo, auxiliada pela maior disponibilidade de nitrogênio e fósforo na coluna d'água, tende a uma elevação do pH, tornando-o mais alcalino, resultante do consumo de CO_2 na água (WETZEL, 2001).

Figura 8-Resultados do parâmetro pH coletados na área de piscicultura no Parque Aquícola

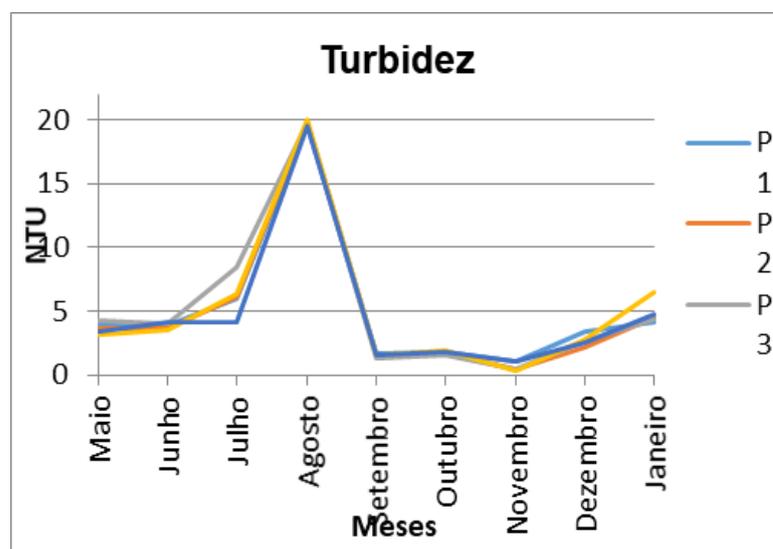


3.3 Turbidez

Os valores médios de turbidez (Figura 9) variaram de 1,52 – 19,72NTU no período seco (maio a setembro de 2019), e 0,67 – 4,88 NTU no período chuvoso (outubro de 2019 a janeiro de 2020), não atingindo o valor máximo para corpos hídricos de Classe 2 estabelecido na Resolução CONAMA nº 357/2005.

A elevação dos valores de turbidez é relacionada às estações chuvosas em virtude de uma maior agitação dos sedimentos em pontos mais rasos como ocorre na zona litorânea, além disso, a falta das matas ciliares aumenta a erosão, folhas e galhos que acabam sendo carregadas para o corpo hídrico pela ação dos ventos e das correntezas. A presença de algas, bactérias e plânctons, também interfere nesse parâmetro. As atividades antrópicas como lançamento de efluente sanitário, efluente industrial, rejeitos de mineração e agropecuários, ocasionam um aumento de turbidez e consequentemente a modificação da qualidade do corpo hídrico, impedindo os usos doméstico, industrial e de recreação (CESTEB, 2010).

Figura 9-Resultados do parâmetro Turbidez coletados na área de piscicultura no Parque Aquícola Sucupira



3.4 Oxigênio Dissolvido – OD

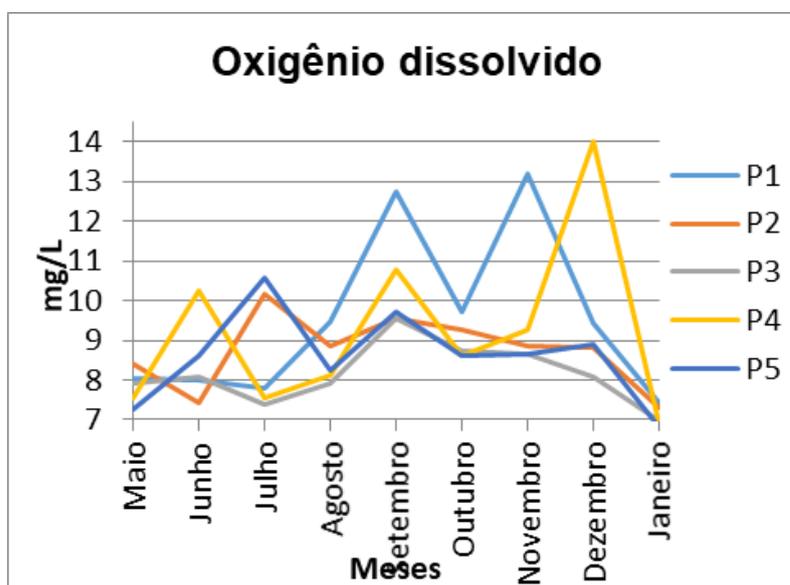
No período de estudo o oxigênio dissolvido (Figura 10) apresentou concentrações média variando de 7,84 – 10,48mg/L na estação seca (maio a setembro de 2019), e durante a estação chuvosa a concentração média variou de 7,08 – 9,84mg/L (outubro de 2019 a janeiro de 2020).

As concentrações de oxigênio dissolvido encontradas se enquadram nos limites mínimos empregados pela Resolução CONAMA nº 357/2005, a qual aponta como 5mg/L a concentração mínima que um corpo hídrico deve ter para se enquadrar como Classe 2.

Segundo Sousa e De Moraes (2015) em estudo realizado no mesmo reservatório a concentração de oxigênio dissolvido variou entre 6,74 – 8,60mg/L no período de seca, ao passo que durante a época chuvosa as concentrações variaram de 6,30 – 11,66mg/L. Já no estudo realizado por Peixoto (2007), foram encontrados valores que oscilaram entre 5,31 – 10,23mg/L.

Segundo Castagnolli (1992), um sistema intensivo de criação de peixes, como é o cultivo em tanques rede, necessita de uma concentração mínima de oxigênio dissolvido no intervalo de 4,0 – 6mg/L.

Figura 10-Resultados do parâmetro Oxigênio Dissolvido coletados na área de piscicultura no Parque Aquícola Sucupira

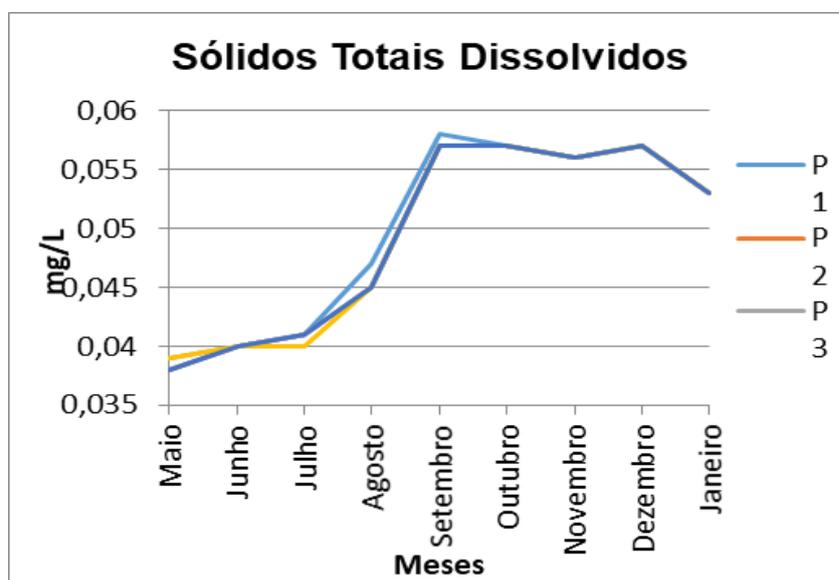


3.5 Sólidos Totais Dissolvidos

Já os sólidos totais dissolvidos (Figura 11) apresentaram concentrações médias variando de 0,038 – 0,057mg/L no período de seca (maio a setembro de 2019) e 0,053 – 0,057mg/L durante o período chuvoso (outubro de 2019 a janeiro de 2020). Esses valores encontrados se assemelham aos encontrados no estudo de Pinho *et al.* (2018), que apresentam concentração máxima de 0,050mg/L.

As variações de sólidos dissolvidos totais encontradas não ultrapassaram a concentração limite para Classe 2 determinada na Resolução CONAMA nº 357/2005, que é de 500mg/L.

Figura 11-Resultados do parâmetro Sólidos Totais Dissolvidos coletados na área de piscicultura no Parque Aquícola Sucupira

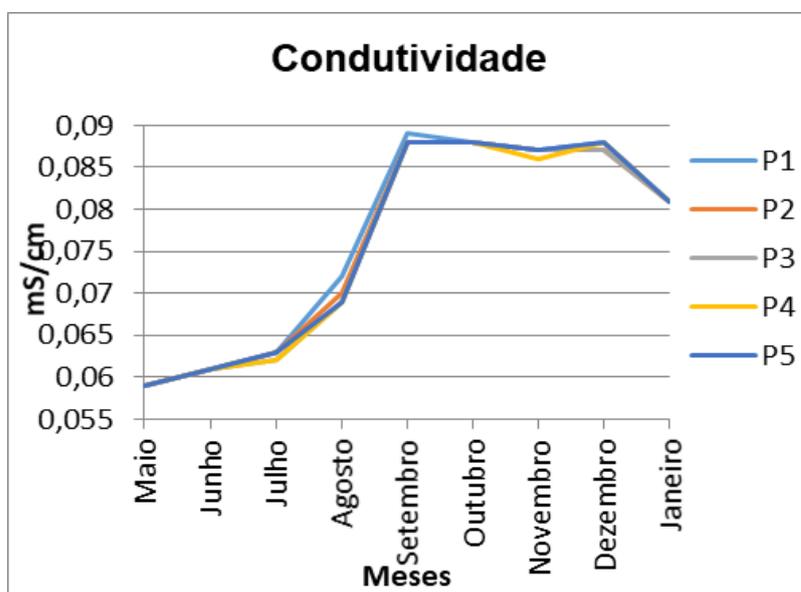


3.6 Condutividade

Os valores médios obtidos para condutividade elétrica (Figura 12) na área de estudo variaram entre 0,059 – 0,088mS/cm no período seco (maio a setembro de 2019) e 0,081 – 0,088mS/cm no período chuvoso (outubro de 2019 a janeiro de 2020).

Esse parâmetro não possui valores de tolerância específicos na Resolução CONAMA 357/2005.

Figura 12-Resultados do parâmetro Condutividade coletados na área de piscicultura no Parque Aquícola Sucupira



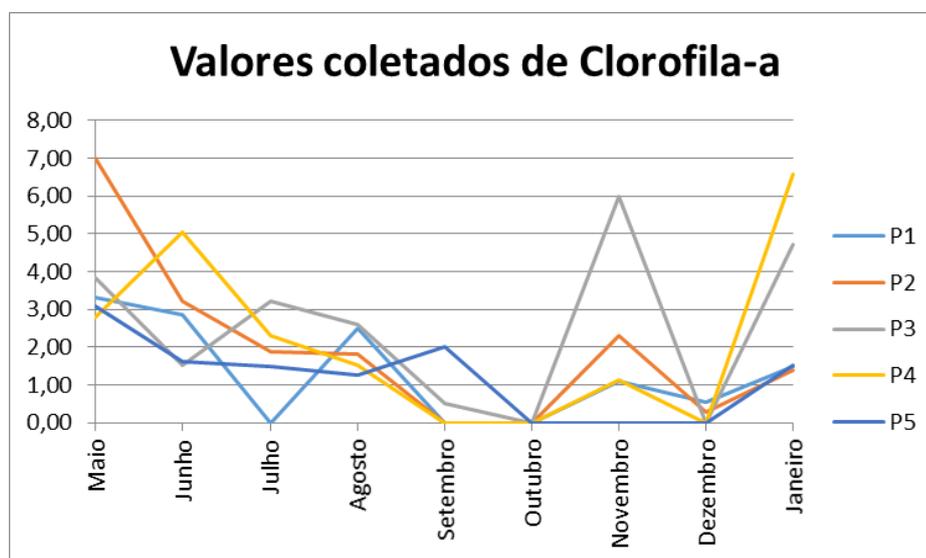
3.7 Clorofila-a

As concentrações médias de clorofila-a (Figura 13) variaram entre 0,50 a 4,00 $\mu\text{g/L}$ na época seca (maio a setembro de 2019), e entre 0,002 – 3,14 $\mu\text{g/L}$ na época chuvosa (outubro de 2019 a janeiro de 2020). Os valores encontrados estão dentro do limite de 30 $\mu\text{g/L}$ para corpo hídrico Classe 2 estabelecido na Resolução CONAMA nº 357/2005.

Segundo estudos de Rosanova *et al.* no ano de 2019 as concentrações médias encontradas no mesmo reservatório de clorofila-a foram de 1,28 – 8,21 $\mu\text{g/L}$. Já em seu estudo realizado em 2018, Rosanova (2018) diz que “no Reservatório do Lago de Palmas, apesar das altas concentrações de fósforo encontradas, o nutriente encontra-se indisponível para as plantas, fazendo com que não seja evidenciado um crescimento acentuado de algas no local, e, conseqüente aumento nas concentrações de clorofila-a”.

O principal indicador do estado trófico de um ambiente aquático é a clorofila-a, que se relaciona com as variáveis transparências e turbidez. Quando ocorre um manejo inapropriado na piscicultura a possibilidade de se contribuir para o afloramento exagerado de algas, influenciando negativamente a qualidade da água, causado essencialmente por ração não consumida e outras contribuições (MATSUZAKI *et al.* 2004).

Figura 13-Resultados do parâmetro Clorofila-a coletados na área de piscicultura no Parque Aquícola Sucupira



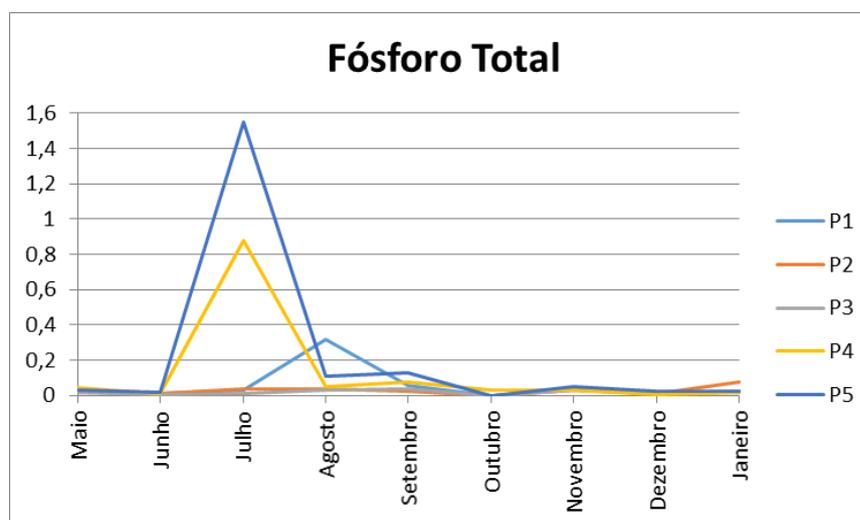
3.8 Fósforo Total

As concentrações médias de fósforo total (Figura 14) obtidas na área estudada na estação seca variaram de 0,011 - 0,502mg/L (maio a setembro de 2019), e na estação chuvosa as variações foram de 0,006 - 0,036mg/L (outubro de 2019 a janeiro de 2020).

Os valores médios que ultrapassaram os 0,050mg/L, valor limite disposto na Resolução CONAMA nº 357/2005, apresentaram-se nos meses de julho (0,502mg/L) e setembro (0,065mg/L).

A disponibilidade de fósforo em ecossistemas de água doce deve ser levada em consideração, pois é o nutriente limitador do desenvolvimento de algas e sua disponibilidade nesses ambientes pode gerar aflorações excessivas das mesmas, que podem ser prejudiciais, causando também uma diminuição do oxigênio dissolvido na água (HOLMER, 2010).

Figura 14-Resultados do parâmetro Fósforo Total coletados na área de piscicultura no Parque Aquícola Sucupira



3.9 Índice de Estado Trófico – IET

Em média, os valores dos Índices mensais obtidos (Figura 15) ficaram dentro do intervalo de ultraoligotrófico a eutrófico. Como apresentado na Tabela 2, na estação seca nos meses de maio, junho, julho, agosto e setembro, quando a precipitação acumulada foi em torno de 8mm, apresentaram em média índices eutrófico (62,1), mesotrófico (58,9), eutrófico (60,0), ultraoligotrófico (45,9) e oligotrófico (50,8), respectivamente.

Durante a estação chuvosa, nos meses de outubro, novembro, dezembro e janeiro quando a precipitação acumulada foi de 827,6mm, as médias apresentadas até o mês de janeiro de 2020, apontaram estados tróficos mensais de ultraoligotrófico (36,2), mesotrófico (57,5), ultraoligotrófico (45,9) e eutrófico (61,1), respectivamente.

Durante o período de seca estudado, os índices mais elevados apareceram nos meses de julho nos Pontos 4 e 5 (69,5; 69,8), sendo que esses valores representam ambientes hipereutróficos. Ressalta-se que esse comportamento não se repetiu nos meses seguintes. Os índices mais baixos obtidos nessa estação ocorreram nos meses de agosto (45,9) e setembro (50,8), representando ambientes ultraoligotrófico e oligotrófico.

Em média, os índices de estado trófico apresentados nos pontos na área do Parque Aquícola Sucupira no período de estudo, não ultrapassaram os valores eutróficos (59-63) na maioria dos pontos amostrados.

Segundo Pinho *et al.* (2018), em um estudo realizado na mesma área, obteve índices de estado trófico menores nos meses em que o índice pluviométrico foi mais baixo, mostrando assim uma grande influência da pluviosidade nesse caso.

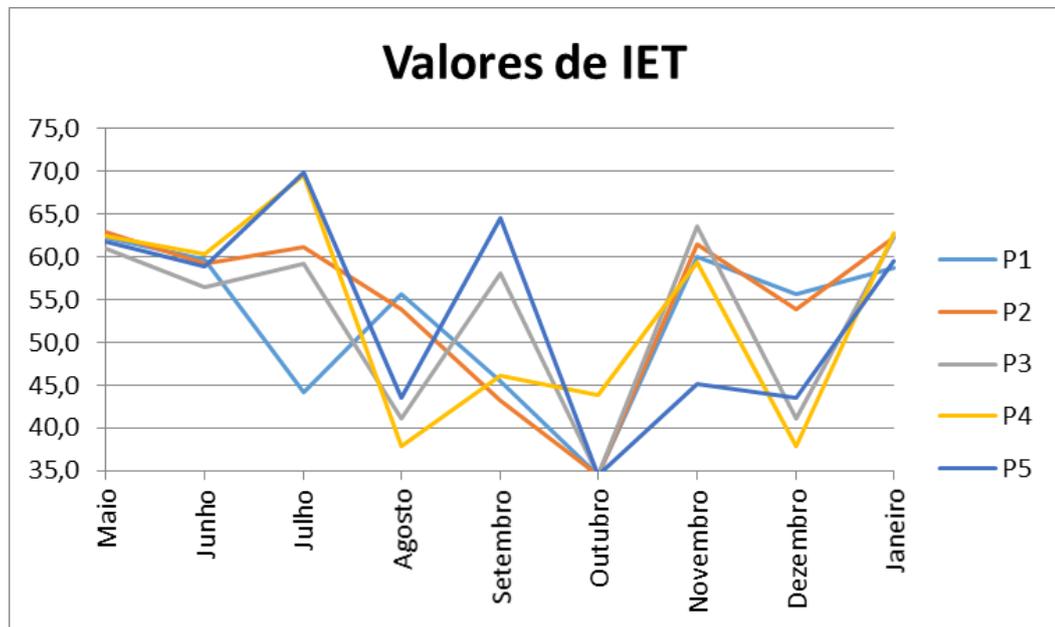
O autor Naval *et al.* (2004), apresentando uma variação temporal dos índices de estado trófico no mesmo reservatório, notaram que os índices médios classificaram o reservatório como eutrófico.

Segundo Bueno *et al.* (2008) em estudo realizado no reservatório de Itaipu no Paraná em uma área de produção aquícola apresentou IET médio que enquadra o ambiente como oligotrófico. Além disso, não descartou a hipótese da ração não consumida e dejetos da piscicultura, contribuir para a piora do nível trófico ao longo do tempo.

Os dados obtidos no estudo de Rosanova (2018) no Parque Aquícola Sucupira mostraram que a área apresentou predominância de estado trófico supereutrófico. O ponto controle, localizado fora da área de cultivo, no estudo de Rosanova (2018) apresenta dados de formas distintas: no período de seca os dados obtidos se enquadram nas classes de eutrófico e hipereutrófico, já no período chuvoso nas classes de ultraoligotrófico. O autor conclui com sua pesquisa “que a aquicultura não é uma atividade impactante e que o lago apresenta naturalmente altos índices de fósforo, principalmente na seca” (ROSANOVA, 2018).

Considerando o exposto e os dados obtidos é possível verificar que a quantificação dos parâmetros de qualidade de água na aquicultura é de difícil previsão, uma vez que o comportamento do reservatório é influenciado pelas épocas com escassez de chuva ou alta concentração de precipitação. Por isso, é fundamental que seja proposto um monitoramento constante da qualidade de água.

Figura 15-Resultados do parâmetro IET coletados na área de piscicultura no Parque Aquícola Sucupira



4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos dados registrados, é possível concluir que a área do parque aquícola Sucupira apresentou em média principalmente o estado mesotrófico (52-59), sendo que o período seco mostrou os piores índices, aparecendo no Ponto 4 (P4) e Ponto 5 (P5) no mês de julho valores hipereutrófico na série de dados. No período chuvoso, devido à maior diluição dos nutrientes que favorecem a eutrofização, foram encontrados os menores índices da série.

Entretanto, no ponto de controle Ponto 1 (P1), que fica à montante dos tanques rede em relação à correnteza predominante, apresentou Índice de Estado Trófico no período seco (maio a setembro) e chuvoso (outubro a janeiro), ultraoligotrófico, mesotrófico e eutrófico, mostrando ser bem semelhante às variações nas duas estações, indicando que mesmo com a área de cultivo a jusante, já mostra uma tendência eutrófica.

Os pontos a jusante da área de cultivo P4 e P5 mostraram que em média durante o período de seca (maio a setembro) os Índices de Estado Trófico variaram de hipereutrófico a ultraoligotrófico e durante o período chuvoso de ultraoligotrófico a eutrófico, indicando que mesmo com a contribuição de nutrientes da atividade de piscicultura que ocorre a montante, o ambiente é capaz de depurar e diluí-los, mantendo o Índice de Estado Trófico Semelhante ao ponto controle P1.

A atividade aquícola contribui para o aumento de nutrientes disponíveis que podem levar à eutrofização do corpo hídrico. Ambientes como reservatórios hidroelétricos, devido a fatores hidrodinâmicos, apresentam naturalmente altos níveis de nutrientes, portanto, o que vai garantir a sustentabilidade ambiental da piscicultura nesses locais, é o monitoramento contínuo de qualidade de água.

4.1 Contribuições da dissertação

Estudos apontam que o Índice de Estado Trófico – IET é uma ferramenta que apresenta parâmetros suficientes para monitoramento da qualidade de água nas áreas aquícolas destinadas à produção de peixes em sistema intensivo. Naturalmente o Reservatório Luiz Eduardo Magalhães possui altas concentrações de fósforo, e que a quantidade de fósforo existente na área de estudo não sofreu relevante alteração quando comparada com o ponto localizado fora do parque aquícola, como apontado em algumas pesquisas.

Além disso, ao analisar os dados obtidos verifica-se que o Índice de Estado Trófico – IET é uma ferramenta que apresenta dados relevantes para monitoramento das atividades

aquícolas em reservatórios com tanques redes, e apresenta-se como uma ferramenta econômica, trazendo viabilidade de monitoramento da qualidade da água durante o processo de produção tanto para o produtor quanto para quem fiscaliza, uma vez que por ser mais em conta esse parâmetro pode ser monitorado com maior frequência.

Os corpos de água em reservatórios são dinâmicos, não há facilidade em se controlar os parâmetros de qualidade da água, e isso acarreta em um monitoramento ineficaz independente do dia da coleta da amostra de água já que as ações climáticas influenciam na quantidade de sólidos suspensos presentes no ponto de coleta. O monitoramento em tempo real com sondas de baixo custo é uma opção para o produtor, pois ao mesmo tempo ele passa a monitorar os impactos que sua atividade causam na água como os impactos que a água estão causando em sua atividade.

REFERÊNCIAS

ALVES, I. C.; EL-ROBRINI, M.; SANTOS, M. L. S.; MONTEIRO, S. M.; BARBOSA, L. P. F.; GUIMARÃES, J. T. F. **Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do Rio Arari (Ilha de Marajó, norte do Brasil)**. Revista Acta Amazônica, Manaus, v. 42, n. 1, p. 115-124, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672012000100014>

APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20. ed. Washington: American Public Health Association – American Water Works Association – Water Environmental Federation, 1998. 1220p.

AZECEDO, P. A.; PODEMSKI, C. L.; HESSLEIN, R.H.; KASIAN, S. E. M.; FINDLAY, D. L.; BUREAU, D. P. **Estimation of waste outputs by a rainbow trout cage farm using a nutritional approach and monitoring of lake water quality**. Aquaculture, Amsterdam, v. 311, p. 175-186, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.12.001>

BARRETO, L. V.; BARROS, F. M.; BONOMO, P.; ROCHA, F. A.; AMORIM, J. da S. **Eutrofização em rios brasileiros**. Revista Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer – Goiânia, v. 9, n. 16, p. 2165, 2013.

BRASIL – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO URBANO E MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 274 de 6/06/2000**. Acesso em: 20 set 2019. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res00/res27400.html>>.

BRASIL – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução n. 357 de 17/03/2005** – *Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá providências*. 23 p. 2005.

BRASIL – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução n. 413 de 26/06/2009** – *Dispõe sobre o licenciamento ambiental da aquicultura, e dá outras providências*. Acesso em: 10 set 2020. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2009/RES_CONAMA_N413_2009.pdf>.

BRASIL – SECRETARIA ESPECIAL DE AQUICULTURA E PESCA DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. **Instrução Normativa Interministerial n. 07 de 28/04/2005**. Acesso em 10 set 2020. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Instrucao_normativa/2005/ini_mma_seap_07_2005_diretrizes_parques_areas_aquicolas.pdf>.

BUCCI, M. H. S.; OLIVEIRA, L. F. C. de. **Índices de Qualidade de Água e de Estado Trófico na Represa Dr. João Penido (Juiz de Fora, MG)**. Ver. Ambiente & Água, Taubaté, vol. 9, n. 1, jan-mar, 2014. DOI: 10.4136/ambi-agua.1438

BUENO, G. W.; MARENGONI, N. G.; JÚNIOR, A. C. G.; BOSCOLO, W. R.; TEIXEIRA, R. de A. **Estado trófico e bioacumulação do fósforo total no cultivo de peixes em tanques-**

rede na área aquícola do reservatório de Itaipu. Acta Scientiarum. Biological Sciences, v. 30, n. 3, p. 237-243, 2008. DOI: 10.4025/actascibiolsci.v30i3.519

BUZELLI, G. M.; CUNHA-SANTINO, M. B. da. **Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita, SP.** Revista Ambiente & Água, v. 8, n. 1, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.930>

CASTAGNOLLI, N. **Criação de peixes de água doce.** Jaboticabal: Funep, p. 189, 1992.

CETESB – **Companhia Ambiental do Estado de São Paulo.** Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo. 2010. IET – Índice de Estado Trófico. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em: 20 set 2019.

EMBRAPA. **BRSAqua.** Brasília, DF: Embrapa, 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/brs-aqua/sobre-o-projeto>>. Acesso em: 10 set 2020.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **The state of world fisheries and aquaculture 2016. Contributing to food security and nutrition for all.** Roma: FAO, 2016. 200p. Disponível em: < <http://www.fao.org/3/a-i5555e.pdf>>. Acesso em: 22 set 2020.

HOLMER, M. **Environmental issues of fish farming in offshore waters: perspectives, concerns and research needs.** Aquaculture Environment Interactions, v. 1, n. 1, p. 57-70, 2010.

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Índice de Estado Trófico – IET.** Belo Horizonte: IGAM, 2018. Disponível em: <<http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/sem-categoria/322-indice-de-estado-trofico-iet>>. Acesso em: 29 out 2020.

INMET, INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Estações pluviométricas convencionais.** INMET: 2020.

KUBITZA, F. **Qualidade da água no cultivo de peixes e camarões.** Revisão. Jundiaí: Editora Kubitza, 2013. ISBN: 978-85-98545-08-0

LAMPARELLI, M. C. **Grau de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento.** São Paulo. USP/Departamento de Ecologia, 2004. 235f. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, 2004.

LEONARDO, A. F.; BACCARIN, A. E.; TROMBETA, T. D.; MACHADO, L. P.; TERAMOTO, E. T.; BUENO, G. W. **Índice de estado trófico e qualidade da água na produção de tilápias em tanques rede em represa rural na região da Mata Atlântica na América do Sul.** Revista Archivos de Zootecnia, 67 (258): 194-199, 2018.

MATOS, F. T.; WEBBER, D. C.; FONTOURA, A. C.; PINHO, E.; ROUBACH, R.; BUENO, G. W.; FLORÊNCIO, D.; BARROS, D. J. **Monitoramento de qualidade de água das atividades aquícolas em reservatórios continentais brasileiros.** Palmas, TO: Embrapa Pesca e Aquicultura, 2016.

MATSUZAKI, M.; MUCCI, J. L. N.; ROCHA, A. A. **Comunidade fitoplanctônica de um pesqueiro na cidade de São Paulo.** Revista de Saúde pública, v. 38, p. 679-686, 2004.

MINISTÉRIO DA SAÚDE – SECRETARIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA.
Portaria GAB/SNVS n.518. *Diário Oficial da União*, Brasília, 26 mar 2004. Seção I, p. 266.

MURPHY, K.; RILEY, J. P. **A modified single solution method for the determination of phosphate in natural water.** *Revista Analytica Chmica Acta*, 27, 31-36, 1962.

NAVAL, L. P.; SILVA, C. D. F.; SOUZA, M. A. A. **Comportamento dos Índices do estado trófico de Carlson (IET) e modificado (IETm) no reservatório da UHE Luís Eduardo Magalhães.** Tocantins, Brasil. In: Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. San Juan. 2004.

NEU, D. H.; CAMARGO, D. J.; DIEMER, O.; BOSCOLO, W. R.; FEIDEN, A.; BITTENCOURT, F. **Índice de estado trófico (IET) de um reservatório tropical com criação de peixes nativos em tanques rede.** In: III Simpósio Regional de Recursos Naturatins e Educação Ambiental, 2010, Toledo, PR. Anais do III Simpósio Regional de Recursos Naturatins e Educação Ambiental, 2010.

PEIXOTO, R. H. P. B. **Efeitos da implantação do reservatório da Usina Hidrelétrica Luis Eduardo Magalhães sobre a qualidade da água do Rio Tocantins (TO, Brasil).** 2007. 222 f. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

PIMENTA, A. M.; ALBERTONI, E. F.; PALMA-SILVA, C. Characterization of water quality in a small hydropower plant reservoir in shouthern Brazil. **Lakes & Reservoirs: Research & Management.** V. 17, p. 243-251, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/lre.12007>

PINHEIRO, E. P.; LOLIS, S. de F. **Influência da transparência da coluna de água na distribuição espaço-temporal de macrófitas aquáticas no reservatório Luís Eduardo Magalhães, Rio Tocantins.** Tocantins: Revista Interface (Porto Nacional), n. 05, 2012.

PINHO, E. S.; ROSANOVA, C.; MATOS, F. T.; HONDA, R. T.; BUENO, G. W.; AKAMA, A. **Avaliação do Índice de Estado Trófico como ferramenta para monitoramento de atividades aquícolas em reservatórios continentais.** *Revista Biotemas*, 31 (4): 23-34, dezembro de 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.5007/2175-7925.2018v31n4o23>

PRAXEDES, C. F.; SILVA, L. da; CAVALCANTE, R. F. **Índice de Estado Trófico do Reservatório Pedras Brancas – CE.** CONIDIS, Ceará. 2016.

ROSANOVA, C. **Análise da Implantação do Parque Aquícola da UHE do Lajeado Através de Métodos Multicritérios de Decisão – Uma abordagem Socioambiental e dos Fatores de Risco.** Palmas/TO. UFT/Departamento de Ciências do Ambiente, 2018. 119f. Tese de doutorado, Universidade Federal do Tocantins, 2018.

ROSANOVA, C.; PINHO, E. S.; MATOS, F. T.; AKAMA, A.; BUENO, G. W.; MACEDO, D. B. **Monitoramento da aquicultura em reservatórios continentais por meio do índice de estado trófico.** *Nativa*, Sinop, v. 7, n. 3, p. 262-267, mai/jun. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v7i3.6924>

SILVA, D. C. V. R. da; QUEIROZ, L. G.; ALAMINO, D. A.; FERNANDES, J. G.; SILVA, S. C. da; PAIVA, T. C. B. de; POMPÊO, M. L. M. **Avaliação da eficiência de um índice de**

estado trófico na determinação da qualidade da água de reservatórios para abastecimento público. Revista Engenharia Sanitária Ambiental, v. 23, n. 4, jul/ago, 2018.

SILVA, V. K.; FERREIRA, M. W.; LOHATO, P. V. R. **Qualidade da água na piscicultura.** Lavras, MG: UFLA. 2002.

SOUSA, F. T.; DE MORAIS, P. B. **Condições limnológicas do reservatório da UHE Luís Eduardo Magalhães na área de influência da criação de peixes em tanques rede.** Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, v. 6, n. 2, p. 183-191, 2015.

TEIXEIRA, S. **O que são Parques Aquícolas?** 2019. Disponível: <<https://www.cpt.com.br/dicas-cursos-cpt/o-que-sao-parques-aquicolas>>. Acesso em: 05 set 2019.

THEMAG ENGENHARIA. **Atualização do Zoneamento da Faixa de Proteção do Reservatório da UHE Luis Eduardo Magalhães (Lajeado).** São Carlos: IIE, 2003.

TOCANTINS – CONSELHO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE. **Resolução COEMA nº 88 de 05/12/2018.** *Dispões sobre o licenciamento ambiental da aquicultura no Estado do Tocantins.* Acesso em: 10 set 2020. Disponível em: <<https://central3.to.gov.br/arquivo/422943/>>.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **As múltiplas dimensões da crise hídrica.** São Paulo: Revista USP, nº 106. p. 21-30. jul-ago-set, 2015. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i106p21-30>

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, DESA-UFMG, 2ª ed., v. 1, 2005.

WETZEL, R. G. **Limnology.** San Diego: Academic Press, 2001. 1006 p.

ZANINI, H. L. H. T. **Caracterização limnológica e microbiológica do córrego rico que abastece Jaboticabal (SP).** Tese (doutorado). Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2009.

ANEXOS

Anexo 1 – Orçamento dos parâmetros do Índice de Estado Tráfico – IET



DADOS DO CLIENTE

NOME	Parque Aquícola Sucupira		
CNPJ/CPF			
ENDEREÇO			
FONE/FAX		DATA DA COLETA	
RESPONSÁVEL PELA COLETA			

ORÇAMENTO

POTABILIDADE

PARÂMETROS

Fósforo Total (mg/L)
Clorofila-a (µg/L)

VALOR SEM DESCONTO

Valor Unitário R\$	Quantidade	Valor Total R\$
60,00	01	60,00

EQUIPE

Responsável técnico: Fabricio de Oliveira
 Ramos Eng. ambiental: Mayana Mendes
 Dias Machado Eng de alimentos: Larissa da Silva
 Gualberto Coordenador analítico:
 Patricia Martins Guarda Coordenador geral:
 Emerson Adriano Guarda

LAPEQ - Laboratório de Pesquisa em Química Ambiental e de Biocombustíveis Universidade Federal do Tocantins - UFT
 Fone: (63) 3229-4516
 CNPJ: 6.343.763/0001-11
 Endereço: Av. LD 15, ALC NO 14, Área Experimental, Bloco de Agroenergia, sala 02 lapeq@uft.edu.br

PRAZOS

PRAZO PARA EMISSÃO DO BOLETO: 3 dias
 PRAZO PARA EMISSÃO DO LAUDO: (dias úteis)
 Potabilidade: 10 dias
 Qualidade: 20 dias
 Bacteriabilidade: 7 dias
 Comunidades: 60 dias
 Externas: 30 dias

OS PAGAMENTOS SERÃO REALIZADOS VIA BOLETO DE COBRANÇA.
 Dados para emissão do boleto e nota fiscal: Nome/Razão Social
 CPF/CNPJ
 Inscrição Municipal/Estadual
 Endereço/CEP







DADOS DO CLIENTE

NOME	Parque Aquícola Sucupira		
CNPJ			
ENDEREÇO			
FONE/FAX		DATA DA COLETA	
RESPONSÁVEL PELA COLETA			

ORÇAMENTO



PARÂMETROS	Valor Unitário R\$	Quantidade	Valor Total R\$	
Temperatura (°C)	11,00	01	11,00	
Condutividade elétrica (µS/cm)	11,00	01	11,00	
Sólidos Totais Dissolvidos (PPM)	11,00	01	11,00	
pH (Escala)	11,00	01	11,00	
Turbidez (NTU)	11,00	01	11,00	
Cor Aparente (Pt/L)	11,00	01	11,00	
Cloro Livre (mg/L)	21,00	01	21,00	
Cloreto (mg/L)	21,00	01	21,00	
Ferro (mg/L)	27,00	01	27,00	
Manganês (mg/L)	28,00	01	28,00	
Alcalinidade	Carbonato (mg/L)	18,00	01	18,00
	Bicarbonato (mg/L)	18,00	01	18,00
	Total (mg/L)	18,00	01	18,00
Dureza	Cálcio (mg/L)	18,00	01	18,00
	Magnésio (mg/L)	18,00	01	18,00
	Total (mg/L)	18,00	01	18,00
Sulfato (mg/L)	21,00	01	21,00	
Coliformes Termotolerantes Totais (NMP/100 mL)	48,00	01	48,00	
Escherichia coli (NMP/100 mL)	48,00	01	48,00	
TOTAL	333,00	18	333,00	

EQUIPE

Responsável técnico: Álvaro Alves Martins
 Eng. ambiental: Mayana Mendes Dias Machado
 Tecnólogo em gestão ambiental: Fabrício de Oliveira
 Ramos Eng de alimentos: Larissa da Silva Gualberto
 Coordenador analítico: Patrícia Martins
 Guarda Coordenador geral: Emerson
 Adriano Guarda

LAPEQ - Laboratório de Pesquisa em Química Ambiental e de Biocombustíveis Universidade Federal do Tocantins - CUP

Fone: (63) 3229-4516

CNPJ:

06.343.763/0001-11

Endereço: Av. LO 15, ALC NO 14, Área Experimental, Bloco de Agroenergia, sala 02 lapeq@uft.edu.br

