



**UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL  
DA LUSOFONIA AFRO-BRASILEIRA  
INSTITUTO DE ENGENHARIAS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL  
MESTRADO ACADÊMICO EM ENERGIA E AMBIENTE**

**THARCIA PRISCILLA DE PAIVA BATISTA MATOS**

**ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DO OXIGÊNIO DISSOLVIDO NO AÇUDE  
CASTANHÃO, CEARÁ, BRASIL**

**ACARAPE**

**2021**

**ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DO OXIGÊNIO DISSOLVIDO NO AÇUDE  
CASTANHÃO, CEARÁ, BRASIL**

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de mestre em Energia e Ambiente, na Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, UNILAB – Campus de Auroras.

Orientador: Alexandre Cunha Costa  
Coorientador: Iran Eduardo Lima Neto

**ACARAPE**

**2021**

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Sistema de Bibliotecas da UNILAB  
Catalogação de Publicação na Fonte.

---

Matos, Tharcia Priscilla de Paiva Batista.

M433a

Análise espaço-temporal do oxigênio dissolvido no açude  
Castanhão, Ceará, Brasil / Tharcia Priscilla de Paiva Batista  
Matos. - Redenção, 2022.  
112f: il.

Dissertação - Curso de Mestrado Acadêmico em Energia e Ambiente,  
Programa de Pós-graduação em Energia e Ambiente, Universidade da  
Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção,  
2022.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Cunha Costa.

Coorientador: Prof. Dr. Iran Eduardo Lima Neto.

1. Oxigênio dissolvido. 2. Qualidade da água. 3.  
Reservatório. 4. Semiárido. I. Neto, Iran Eduardo Lima. II.  
Título.

**THARCIA PRISCILLA DE PAIVA BATISTA MATOS**

**ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DO OXIGÊNIO DISSOLVIDO NO AÇUDE  
CASTANHÃO, CEARÁ, BRASIL**

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de mestre em Energia e Ambiente, na Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, UNILAB – Campus de Auroras.

**BANCA EXAMINADORA**



Prof. Dr. Alexandre Cunha Costa (Orientador)

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira -UNILAB



Prof. Dr. Iran Eduardo Lima Neto (Coorientador)

Universidade Federal do Ceará - UFC



Prof. Dr. George Leite Mamede

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira -UNILAB



Dr. Gregor López Moreira

Leibniz Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries (Alemanha)

## **AGRADECIMENTOS**

À minha família pelo amor e apoio, em especial aos meus filhos, João Carlos e Clarice.

Ao meu orientador, professor Alexandre Cunha Costa, pela confiança e orientação para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu coorientador, professor Iran Eduardo Lima Neto, pelos ensinamentos e disponibilidade na orientação deste trabalho.

Aos membros da banca, George Leite Mamede e Gregor López Moreira, pela contribuição e disponibilidade em participarem da conclusão deste trabalho.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Energia e Ambiente, pelo conhecimento amplamente transmitido ao longo desse período de mestrado.

Aos meus colegas de mestrado, pela amizade e pelos momentos de aprendizado em conjunto.

Aos meus colegas do Grupo de Pesquisa do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental (DEHA), pela solicitude em ajudar sempre que precisei. Em especial, a Cida por me ajudar com os gráficos e estar sempre disposta a esclarecer minhas dúvidas.

À Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará (COGERH-CE), pelo fornecimento dos dados e informações para esta pesquisa e pela oportunidade de desenvolvimento do projeto Capacidade de Suporte do Açude Castanhão.

## RESUMO

As águas represadas estão sujeitas à deterioração de sua qualidade devido à alta taxa de evaporação, redução do fluxo de água em períodos secos e aos aportes de nutrientes oriundos das atividades antrópicas desenvolvidas na bacia hidrográfica. O monitoramento deste recurso natural é uma ferramenta importante para gerenciamento de bacias hidrográficas, principalmente do semiárido devido ao regime meteorológico da região. O presente estudo tem como objetivo analisar a variabilidade do oxigênio dissolvido (OD) e suas relações com os eventos de mortalidade de peixe e com a transferência de fósforo entre água e sedimento. Para isso, além de OD foram analisados potencial hidrogeniônico (pH), temperatura (T), salinidade e profundidade das perfilagens realizadas no fundo do açude Castanhão, entre janeiro de 2016 e junho de 2021. Os dados utilizados são referentes a seis postos de amostragem, fornecidos pela Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará (COGERH). Para as análises, utilizou-se o teste de Kruskal-Wallis, com Post-Hoc, Mann-Kendall, Correlação e Regressão Linear Múltipla. Na análise espacial na superfície da água, foram observados valores de OD, nos seis postos analisados, acima de 5,0 mg. L<sup>-1</sup>, concordando com o recomendado para criação da tilápia do Nilo e com a resolução CONAMA 357/2005 (OD > 5,0 mg. L<sup>-1</sup> para águas doces de classe 2). A análise espacial no fundo do reservatório mostrou que os postos mais profundos CTN-08, CTN-20 e CTN-24 apresentam menor concentração de OD. Pela apreciação dos outros parâmetros, possivelmente a disponibilidade de OD está inversamente relacionada à profundidade do reservatório. Diante das análises estatísticas, foi possível agrupar os postos analisados em dois grupos nas análises de superfície – CTN-20 e CTNs – e em três grupos nas análises de fundo – grupo A (CTN-20, CTN-24 e CTN-08), grupo B (CTN-23 e CTN-03) e grupo C (CTN-16). A análise sazonal no fundo mostrou que o reservatório é mais degradado na estação chuvosa, devido à menor disponibilidade de OD. Resultado possivelmente relacionado à entrada de matéria orgânica trazida pelas águas das chuvas e pela estratificação térmica que dificulta a oxigenação das águas do fundo do reservatório. A análise interanual sugere potencial para liberação contínua de fósforo do sedimento para a coluna d'água na região do grupo A. A Regressão Linear Múltipla apresentou T e pH como bons preditores da variação do OD. Concluiu-se que as análises espaço-temporais são importantes para um melhor entendimento da dinâmica da qualidade da água e para um gerenciamento mais eficiente de reservatórios artificiais.

Palavras-chave: Oxigênio dissolvido. Qualidade da água. Reservatório. Semiárido.

## ABSTRACT

Retained waters are subject to deterioration in their quality due to the high rate of evaporation, reduced water flow in dry periods and the input of nutrients from human activities carried out in the hydrographic basin. Monitoring this natural resource is an important tool for managing hydrographic basins, especially in the semiarid region, due to the region's meteorological regime. The present study aims to analyze the variability of dissolved oxygen (DO) and its relationships with fish mortality events and with the transfer of phosphorus between water and sediment. For this, in addition to DO, hydrogen potential (pH), temperature (T), salinity and depth of collections carried out at the bottom of the Castanhão reservoir were analyzed between January 2016 and June 2021. The data used refer to six sampling posts, provided by the Water Resources Management Company of the State of Ceará (COGERH). For the analyses, the Kruskal-Wallis test was used, together with Post-Hoc, Mann-Kendall, Correlation and Multiple Linear Regression. In the spatial analysis on the water surface, DO values were observed, in the six analyzed stations, above 5.0 mg. L<sup>-1</sup>, being in accordance with what is recommended for raising Nile tilapia and with CONAMA resolution 357/2005 (DO > 5.0 mg. L<sup>-1</sup> for class 2 fresh waters). Spatial analysis at the bottom of the reservoir showed that the deeper stations CTN-08, CTN-20 and CTN-24 have lower concentrations of DO. Considering the other parameters, the availability of DO is possibly inversely related to the depth of the reservoir. Based on the statistical analyses, it was possible to group the analyzed posts into two groups in the surface analysis - CTN-20 and CTNs - and into three groups in the bottom analysis - group A (CTN-20, CTN-24 and CTN-08), group B (CTN-23 and CTN-03) and group C (CTN-16). The seasonal analysis at the bottom showed that the reservoir is more degraded in the rainy season, due to the lower availability of DO. This result is possibly related to the entry of organic matter brought by rainwater and thermal stratification that hinders the oxygenation of water at the bottom of the reservoir. The interannual analysis suggests potential for continuous release of phosphorus from the sediment to the water column in the group A region. The Multiple Linear Regression showed T and pH as good predictors of the DO variation. It was concluded that space and time analyzes are important for a better understanding of the dynamics of water quality and for a more efficient management of artificial reservoirs.

Keywords: Dissolved oxygen. Semiarid. Reservoir. Water quality.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1. MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO AÇUDE CASTANHÃO. ....	23
FIGURA 2. PRECIPITAÇÃO DO POSTO DE JAGUARIBARA, ENTRE OS ANOS DE 2016 A 2020. ....	24
FIGURA 3. VARIAÇÃO DO VOLUME DO AÇUDE CASTANHÃO, ENTRE 2016 E 2021. ....	25
FIGURA 4. LOCALIZAÇÃO DOS POSTOS DE AMOSTRAGEM NO AÇUDE CASTANHÃO. ....	28
FIGURA 5. FLUXO DE TRABALHO PARA ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DO OXIGÊNIO DISSOLVIDO NO AÇUDE CASTANHÃO. ....	30
FIGURA 6. DIAGRAMA DE CAIXA PARA OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD) NA SUPERFÍCIE PARA CADA POSTO DE AMOSTRAGEM (CTN). ....	39
FIGURA 7. DIAGRAMA DE CAIXA PARA OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD) NO FUNDO PARA CADA POSTO DE AMOSTRAGEM (CTN). ....	40
FIGURA 8. DIAGRAMA DE CAIXA PARA PROFUNDIDADE DAS MEDIÇÕES DE FUNDO PARA CADA POSTO DE AMOSTRAGEM (CTN). ....	41
FIGURA 9. DIAGRAMA DE CAIXA PARA TEMPERATURA DA ÁGUA (T) NO FUNDO PARA CADA POSTO DE AMOSTRAGEM (CTN). ....	42
FIGURA 10. DIAGRAMA DE CAIXA PARA GRADIENTE DE TEMPERATURA PARA CADA POSTO DE AMOSTRAGEM (CTN). ....	43
FIGURA 11. DIAGRAMA DE CAIXA PARA DIFERENÇA DE TEMPERATURA (SUPERFÍCIE-FUNDO) PARA CADA POSTO DE AMOSTRAGEM (CTN). ....	43
FIGURA 12. PERFIS DA ESTRUTURA VERTICAL DE TEMPERATURA DA ÁGUA PARA CADA POSTO DE AMOSTRAGEM EM 10/06/20. ....	44
FIGURA 13. PERFIS DA ESTRUTURA VERTICAL DE TEMPERATURA DA ÁGUA PARA CADA POSTO DE AMOSTRAGEM EM 19/11/20. ....	45
FIGURA 14. DIAGRAMA DE CAIXA PARA POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (PH) NO FUNDO PARA CADA POSTO DE AMOSTRAGEM (CTN). ....	46
FIGURA 15. DIAGRAMA DE CAIXA PARA SALINIDADE PARA CADA POSTO DE AMOSTRAGEM (CTN). ....	47
FIGURA 16. DIAGRAMA DE CAIXA PARA OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD) NA SUPERFÍCIE, PARA GRUPOS CTN-20 E CTNS, ENTRE PERÍODO CHUVOSO E SECO. ....	48
FIGURA 17. DIAGRAMA DE CAIXA PARA OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD) NA SUPERFÍCIE, PARA CADA POSTO DE AMOSTRAGEM, ENTRE PERÍODO CHUVOSO E SECO. ....	48

FIGURA 18. DIAGRAMA DE CAIXA PARA OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD) NO FUNDO, PARA GRUPO A (CTN-08, CTN-20 E CTN-24); GRUPO B (CTN-03 E CTN-23) E GRUPO C (CTN-16), ENTRE PERÍODO CHUVOSO E SECO.....	49
FIGURA 19. DIAGRAMA DE CAIXA PARA OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD) NO FUNDO, PARA CADA POSTO DE AMOSTRAGEM, ENTRE PERÍODO CHUVOSO E SECO. ....	49
FIGURA 20. DIAGRAMA DE CAIXA PARA OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD) NA SUPERFÍCIE, PARA GRUPOS CTN-20 E CTNS, ENTRE OS ANOS DE 2016-2020. ....	51
FIGURA 21. DIAGRAMA DE CAIXA PARA OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD) NO FUNDO PARA GRUPO A (CTN-08, CTN-20 E CTN-24); GRUPO B (CTN-03 E CTN-23) E GRUPO C (CTN-16), ENTRE OS ANOS DE 2016 A 2020. ....	51
FIGURA 22. SUB-PLOTS COM FUNÇÃO DE AUTOCORRELAÇÃO PARA OS GRUPOS CTN-20, CTNS, A E B. ....	52
FIGURA 23. SUB-PLOTS COM FUNÇÃO DE AUTOCORRELAÇÃO PARCIAL PARA OS GRUPOS CTN-20, CTNS, A E B.....	53

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1. FONTES ANTRÓPICAS DE NITROGÊNIO E FÓSFORO NO AÇUDE CASTANHÃO. ....	26
TABELA 2. VARIAÇÃO DA PROFUNDIDADE DAS MEDIÇÕES DE 2016-2021 E PROFUNDIDADE MÁXIMA PARA CADA POSTO DE AMOSTRAGEM. ....	29
TABELA 3. RESULTADO TESTE DE MANN KENDALL PARA SÉRIE HISTÓRICA DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO NA SUPERFÍCIE, PARA GRUPOS CTN-20 E CTNs (CTN-24, CTN-08 E CTN-23). ..	53
TABELA 4. RESULTADO TESTE DE MANN-KENDALL PARA SÉRIE HISTÓRICA DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO NO FUNDO, PARA GRUPO A (CTN-08, CTN-20 E CTN-24) E GRUPO B (CTN-23). 54	54
TABELA 5. RESULTADO DO TESTE DE REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA PARA CADA POSTO DE AMOSTRAGEM E PARA O GRUPO CTNs ANALISADOS NA SUPERFÍCIE DO CASTANHÃO.....	56
TABELA 6. RESULTADO DO TESTE DE REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA PARA CADA POSTO DE AMOSTRAGEM E PARA OS GRUPOS (A E B) ANALISADOS NO FUNDO DO CASTANHÃO.....	56

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

COGERH – Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará

DNOCS – Departamento Nacional de Obras Contra as Secas

N – Número de dados

OD – Oxigênio dissolvido

P- Fósforo

pH – Potencial hidrogeniônico

T – Temperatura

VIF – Fator de inflação da variância

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS	17
2.1	OBJETIVO GERAL .....	17
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	17
3	REVISÃO DE LITERATURA	18
3.1	IMPACTOS DA ESTIAGEM SOBRE RESERVATÓRIOS ARTIFICIAIS .....	18
3.2	QUALIDADE DA ÁGUA PARA TILAPICULTURA.....	19
3.3	VARIABILIDADE DO OXIGÊNIO DISSOLVIDO EM RESERVATÓRIOS DO SEMIÁRIDO .....	20
3.4	COMPORTAMENTO DO FÓSFORO NO SEDIMENTO DE RESERVATÓRIOS ARTIFICIAIS.....	21
4	METODOLOGIA	23
4.1	ÁREA DE ESTUDO.....	23
4.2	CARACTERIZAÇÃO DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA .....	27
4.3	DESCRIÇÃO DO FERRAMENTAL ESTATÍSTICO .....	29
4.3.1	Teste de Shapiro-Wilk.....	31
4.3.2	Teste de Kruskal Wallis .....	31
4.3.3	Teste de Dwass-Steel-Critchlow-Fligner .....	32
4.3.4	Função de Autocorrelação .....	32
4.3.5	Teste De Mann-Kendall .....	33
4.3.6	Correlação .....	33
4.3.7	Regressão Linear Múltipla.....	34
4.4	ANÁLISE ESPACIAL.....	35
4.5	ANÁLISE SAZONAL.....	36
4.6	ANÁLISE INTERANUAL .....	36
4.7	ANÁLISE DE REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA .....	37
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	38

5.1	TESTES DE NORMALIDADE .....	38
5.2	TESTES DE COMPARAÇÃO .....	38
5.3	ANÁLISE ESPACIAL.....	38
5.4	ANÁLISE SAZONAL.....	47
5.5	ANÁLISE INTERANUAL .....	50
5.6	RESULTADO DA CORRELAÇÃO .....	54
5.6.1	Correlação na superfície do Castanhão.....	54
5.6.2	Correlação no fundo do Castanhão .....	54
5.7	RESULTADO DA REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA .....	55
5.8	SÍNTESE DOS RESULTADOS .....	58
6	CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES .....	60
	REFERÊNCIAS.....	61
	APÊNDICES .....	68
	ANEXOS .....	77

## 1 INTRODUÇÃO

A água é um elemento essencial para a vida e para o desenvolvimento de diversas atividades humanas. Entretanto, ela vem se tornando um recurso natural ainda mais limitado nas últimas décadas devido ao comprometimento de sua disponibilidade. Dentre os fatores que afetam esse recurso, de forma quantitativa e qualitativa, estão a intensificação das atividades econômicas; o avanço da ocupação humana; a poluição e a contaminação dos lençóis freáticos; o lançamento de resíduos sólidos, esgotos residenciais e industriais irregulares nos recursos hídricos; e o desperdício (CUNHA *et al.*, 2013).

Diante desse quadro, é evidente a necessidade de conservação dos recursos hídricos em prol desta e das futuras gerações. O monitoramento dos aspectos quantitativos e qualitativos da água é uma ferramenta importante de gerenciamento dos ecossistemas aquáticos (FIA *et al.*, 2015). Por razões técnicas ou de custo, comumente, ele é feito por amostragem de parâmetros no tempo e no espaço, levando-se em consideração processos físicos, químicos e biológicos.

A limitação da quantidade e da qualidade de água para usos múltiplos é mais preocupante em regiões sujeitas a períodos secos, onde a escassez hídrica é um processo natural devido à aridez e à distribuição irregular da precipitação no tempo e no espaço (FERREIRA *et al.*, 2015). Com objetivos diversos, em especial para combate à estiagem através do armazenamento de águas, a construção de reservatórios foi uma atividade comum nessas regiões.

As águas represadas estão sujeitas à deterioração de sua qualidade devido à alta taxa de evaporação; aos aportes de nutrientes oriundos da agricultura e dos esgotos domésticos (YONGMEI *et al.*, 2011); e à redução do fluxo de água, podendo acarretar mudanças nas características físicas e químicas da água, incluindo diminuição da turbulência, diminuição dos níveis de oxigênio dissolvido e interferência na dinâmica dos nutrientes (PIMENTA; ALBERTONI; PALMA-SILVA, 2012).

A redução do volume dos reservatórios e a falta de renovação de água devido ao período de estiagem, associados aos altos níveis de evaporação e à influência permanente das emissões das atividades antrópicas, principalmente da piscicultura, agricultura irrigada e resíduos urbanos, são condições favoráveis ao desencadeamento da eutrofização em lagos artificiais (SANTOS *et al.*, 2017).

Conforme Pilz *et al.* (2019), a seca pode ser caracterizada por condições meteorológicas, quando ocorre falta de chuva; e hidrológicas, quando há escassez de recursos

hídricos. Segundo os autores, ela pode ainda ser classificada pelo déficit de água para culturas ou pecuária: seca agrícola; e pela renda insuficiente para pagar a água: seca socioeconômica.

Considerando os reservatórios localizados em regiões de semiárido, são importantes estudos relacionados à qualidade da água para orientar o manejo e a elaboração de modelos adequados à condição climática peculiar dessa região. Avaliar as mudanças temporais nos parâmetros de análise da qualidade de água entre períodos secos e úmidos em reservatórios artificiais é importante para compreender como essa variabilidade climática altera as características físicas e químicas da água.

O objetivo desta pesquisa é analisar a variabilidade do oxigênio dissolvido no açude Castanhão entre o período de 2016 a 2021. A concentração de oxigênio dissolvido foi investigada para uma possível relação com os eventos de mortandade da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e as condições para liberação de fósforo do sedimento de fundo para a coluna de água.



## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a variabilidade do oxigênio dissolvido no açude Castanhão e suas relações com os eventos de mortandade da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e com as condições para liberação de fósforo na coluna de água.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar estatisticamente a distribuição espacial do oxigênio dissolvido, do potencial hidrogeniônico, da temperatura e da salinidade.
- Analisar a variabilidade interanual e sazonal da concentração de oxigênio.
- Relacionar a concentração de oxigênio dissolvido com os eventos de mortandade da tilápia do Nilo e as condições para liberação de fósforo do sedimento de fundo para a coluna de água.
- Investigar o grau de relacionamento entre as variáveis analisadas na superfície e no fundo do açude Castanhão.
- Explicar a variação do oxigênio dissolvido a partir de outras variáveis analisadas na superfície e no fundo do reservatório.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 IMPACTOS DA ESTIAGEM SOBRE RESERVATÓRIOS ARTIFICIAIS

Períodos de estiagem são frequentes em regiões semiáridas. O semiárido brasileiro é caracterizado por altas temperaturas, forte insolação, índices acentuados de evapotranspiração, regime de chuvas irregulares e distribuídas desigualmente em relação ao tempo e espaço. Os eventos de seca dessa região são atribuídos à variabilidade interanual das precipitações acompanhada dos baixos valores anuais de chuva (SILVA *et al.*, 2010). Os episódios de seca causam impactos diretos no desenvolvimento econômico do semiárido, podendo ainda representar riscos à segurança hídrica, energética e alimentar da região (MARENGO; TORRES; ALVES, 2017).

O programa de açudagem iniciou em torno de 1909, pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), e possibilitou a construção de infraestruturas de armazenamento de água visando reduzir os impactos socioeconômicos de períodos de estiagem. Atualmente, o semiárido nordestino possui uma ampla rede de reservatórios distribuídos em seu território (PAULINO; TEIXEIRA, 2012).

A qualidade da água dos reservatórios está diretamente relacionada com o regime climático e hidrológico. Conforme Williams *et al.* (2014), as condições climáticas provocam alterações no nível de água dos reservatórios que será refletido na qualidade da água armazenada. Variações no nível da água podem causar variação da temperatura, oxigênio dissolvido, concentração de nutrientes, entre outras variáveis.

Em situações em que o reservatório sofre redução do volume, é comumente esperado o declínio da qualidade da água devido ao aumento e ao acúmulo da concentração dos nutrientes. Considerando as perdas hídricas, o principal efeito na qualidade da água armazenada nos reservatórios é o aumento da concentração de sais dissolvidos (LACERDA *et al.*, 2018). A diminuição do volume implicou no aumento da concentração interna de fósforo total do reservatório Castanhão (RAULINO; SILVEIRA; LIMA NETO, 2021).

A diminuição do volume de água dos reservatórios é frequentemente associada às mudanças na estrutura física e química do sistema (ROLIM *et al.*, 2019). No reservatório Castanhão, foi observado o aumento do pH e do fósforo total dentre outras variáveis de acordo a diminuição do seu nível de água (SANTOS *et al.*, 2017).

A carga interna de fósforo dos sedimentos é um importante fator para proliferação de algas. Esse processo ocorre predominantemente no verão, quando ocorre estratificação térmica e uma redução da aeração, podendo promover condições anóxicas no fundo do reservatório. Durante os meses de inverno, a tendência é a estratificação desaparecer, devido às temperaturas mais baixas do ar e aos ventos mais fortes (BRITO *et al.*, 2018). Em anos mais secos, há um aumento na concentração de TP, o que pode estar associado à dominância de descargas pontuais (FREIRE, CUNHA, LIMA NETO, 2021).

Estes resultados implicam que os efeitos da mudança climática podem ser parcialmente amenizados pela implementação de medidas de gestão na bacia hidrográfica para minimizar a entrada de nutrientes (WILLIAMS *et al.*, 2014).

### 3.2 QUALIDADE DA ÁGUA PARA TILAPICULTURA

Dentre os peixes cultivados, a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) apresenta um grande potencial econômico e social devido a sua fácil reprodução, rápido crescimento, baixos custos de produção, capacidade fisiológica de adaptar-se em diferentes ambientes e sistemas de produção, podendo ainda ser cultivada em locais com alta salinidade e baixas temperaturas (VICENTE; FONSECA-ALVES, 2013).

A concentração de oxigênio dissolvido, em reservatórios artificiais, tem grande importância para a qualidade da água. Os processos químicos e bioquímicos, capazes de estabelecer o equilíbrio ecológico, são influenciados pelos níveis de oxigênio dissolvidos no corpo da água (KUBTIZA, 2012).

A faixa de oxigênio ideal para o cultivo de tilápia do Nilo deve estar entre 4,0 a 5,0 mg. L<sup>-1</sup>. Embora a tilápia seja uma espécie que suporta uma grande variação de oxigênio dissolvido e até consiga sobreviver por curtos períodos em situações de anoxia, essa espécie é suscetível a doenças, quando exposta frequentemente a baixas concentrações de oxigênio (SILVA *et al.*, 2015). O aumento da temperatura, o decréscimo da pressão atmosférica e o aumento da salinidade ocasionam a redução da solubilidade do oxigênio na água (KUBTIZA, 2012).

Os peixes são animais pecilotérmicos, portanto variações de temperatura da água afetam o metabolismo do animal. Pode ocorrer perda de apetite, perda de equilíbrio e mortandade. A tilápia apresenta conforto térmico entre 27°C a 32°C (KUBTIZA, 2012).

Em experimentos para determinar a concentração letal do fósforo para tilápia do Nilo, concluiu-se que a faixa de concentração de fósforo entre 0 a 400 mg. L<sup>-1</sup> não foram letais. Há uma concentração de 500 mg. L<sup>-1</sup>, a mortalidade média foi de 20% para uma exposição em 48h e de 60%, em 72h. Em concentrações superiores, nos valores de 1.000 mg. L<sup>-1</sup> e 5.000 mg. L<sup>-1</sup>, houve mortalidade de 60% dos peixes em 24 h e 100% dos peixes, em 48h (CAGOL, 2016).

De acordo com Silva *et al.* (2015), dentre os prejuízos causados pela seca, os peixes podem sofrer danos na alimentação, crescimento e condição corporal. O período de estiagem pode provocar altas taxas de mortalidade de peixes através de mudanças físicas (elevação na temperatura da água e redução completa de corpos d'água), biológicas (maior exposição a parasitas) e químicas (aumento da concentração da salinidade e redução do oxigênio dissolvido).

### 3.3 VARIABILIDADE DO OXIGÊNIO DISSOLVIDO EM RESERVATÓRIOS DO SEMIÁRIDO

A concentração de oxigênio dissolvido é um importante indicador das mudanças físicas e biogeoquímicas em ecossistemas aquáticos. Por exemplo, a concentração de OD controla a liberação de fósforo dos sedimentos do lago (CAVALCANTE *et al.*, 2018) e a profundidade da oxiclina (YUNLIN *et al.*, 2015).

O oxigênio dissolvido com outras variáveis físico-químicas foi dependente dos níveis de água de um reservatório localizado no sudeste brasileiro (BARROSO; PINHEIRO; PEREIRA, 2018). A redução do volume, durante o longo período de estiagem, resultou na mistura das águas ricas em nutrientes e pobres em oxigênio do hipolímnio com a coluna de água e na deterioração do estado trófico de um reservatório do semiárido brasileiro, que passou de oligotrófico para eutrófico nesse período (SANTOS *et al.*, 2017). Os nutrientes liberados dos sedimentos de fundo podem se tornar um fator controlador na determinação do estado trófico do reservatório (FREIRE; CALIJURI; SANTAELLA, 2009).

O aumento da temperatura do ar (1,67 °C na média anual) e a diminuição na profundidade do disco de Secchi, zona fótica, (0,78 m) causaram uma diminuição da profundidade da oxiclina e, conseqüentemente, facilitaram a estratificação do oxigênio em um reservatório subtropical da China (YUNLIN *et al.*, 2015).

A temperatura pode prolongar e intensificar os períodos de estratificação dos lagos, aumentando as condições de anoxia, que provoca a liberação do fósforo de sedimentos

(CAVALCANTE *et al.*, 2018). A temperatura é uma variável importante para planejamento e gestão de bacias hidrográficas (LUO *et al.*, 2013).

O oxigênio em águas profundas tem menos probabilidade de ser reabastecido durante a estação quente, já que a oxigenação geralmente vem de processos que ocorrem perto da superfície da água. A concentração de oxigênio em diferentes profundidades pode estar relacionada com os processos de estratificação e desestratificação, a circulação vertical e a distribuição vertical de organismos.

### 3.4 COMPORTAMENTO DO FÓSFORO NO SEDIMENTO DE RESERVATÓRIOS ARTIFICIAIS

A liberação de fósforo dos sedimentos pode ser resultado de diversas variáveis, entre elas: parâmetros físicos e químicos, nível de poluição, composição do solo e taxas de sedimentação. Diante de uma grande variedade de fatores que podem influenciar a liberação de fósforo, é necessário o estudo individualizado de cada reservatório (CAVALCANTE *et al.*, 2021).

A interação dos sedimentos com a coluna de água depende das condições físicas e químicas do sistema (SANTOS *et al.*, 2016). O hipolímnio é, portanto, uma fonte significativa de nutrientes para o reservatório quando o seu volume reduz (LACERDA *et al.*, 2018). O fósforo é um dos principais elementos disponíveis nos sedimentos (DING *et al.* 2015).

O fósforo pode estar presente no sedimento em várias formas ou frações devido à afinidade por vários compostos orgânicos e inorgânicos. Em ordem decrescente de disponibilidade de passagem do sedimento para coluna de água, tem-se: o fósforo presente na água intersticial ou fracamente ligado na superfície do sedimento; o fósforo ligado a óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio; o fósforo ligado a cálcio, apatita e carbonatos (SØNDERGAARD *et al.*, 2003). O fósforo sedimentar ligado a ferro e a alumínio aumenta com a idade do reservatório (LIMA NETO *et al.*, 2022).

Durante os períodos de estiagem, os reservatórios se tornam mais rasos e mais propensos à liberação e à ressuspensão de fósforo (ROCHA; LIMA NETO, 2021). Os reservatórios tropicais geralmente apresentam grandes variações no nível de água e, conseqüentemente, apresentam o aumento da concentração de nutrientes devido aos constantes períodos de seca. A alta concentração de fósforo leva a proliferação de algas o que torna o sistema mais vulnerável à eutrofização (LACERDA *et al.*, 2018).

A liberação de fósforo e suas taxas de precipitação foram descritas para três reservatórios localizados no nordeste brasileiro através de câmaras experimentais. O reservatório com maior disponibilidade de fósforo no sedimento liberou fósforo em ambiente anóxico. Após aeração, o fósforo na água diminuiu, mas não voltou à concentração inicial. Para o reservatório que apresentou menor concentração de fósforo no sedimento, observou-se que todo o nutriente liberado, em ambiente anóxico, foi sedimentado após aeração (MOURA *et al.*, 2020).

Em pesquisa realizada em um reservatório do semiárido do Nordeste do Brasil, o pH (igual 6, 8 e 10) e a temperatura (28°C e 32°C) revelaram-se como variáveis mais fortemente influenciadoras na liberação de fósforo. Em relação ao oxigênio, o mesmo não demonstrou forte influência como o pH e a temperatura, possivelmente devido aos baixos valores das formas de fósforo consideradas móveis no sedimento do açude estudado. Neste estudo, ocorreu liberação mínima de P em tratamento óxico ( $OD > 5 \text{ mg. L}^{-1}$ ) em pH 6 e temperatura 28 ° C e a liberação máxima de P em tratamento anóxico em pH 10 e temperatura 32 ° C (CAVALCANTE *et al.*, 2021).

A diminuição do volume do reservatório, durante a seca, ocasionou a mistura de águas do hipolímnio com a do restante da coluna de água. Episódio que resulta na degradação do estado trófico do reservatório devido à água do hipolímnio ser rica em nutrientes e possuir baixas concentração de oxigênio (SANTOS *et al.*, 2016).

O aumento da concentração de fósforo e o processo de eutrofização de reservatórios são intensificados pelos períodos de seca. Em bacias hidrográficas do Nordeste do Brasil, houve aumento no índice do estado trófico em 90% de 65 reservatórios analisados durante a estação seca (WIEGAND *et al.*, 2021).

Os resultados de pesquisa realizada em três reservatórios do semiárido do Nordeste do Brasil (MOURA *et al.*, 2020) mostraram que a concentração e disponibilidade de fósforo no sedimento estão relacionadas à idade do reservatório. Conforme Lima Neto *et al.* (2022), o reservatório pode atuar como sumidouro ou fonte de fósforo, reservatórios mais recentes tendem a apresentar menor concentração de fósforo no sedimento.

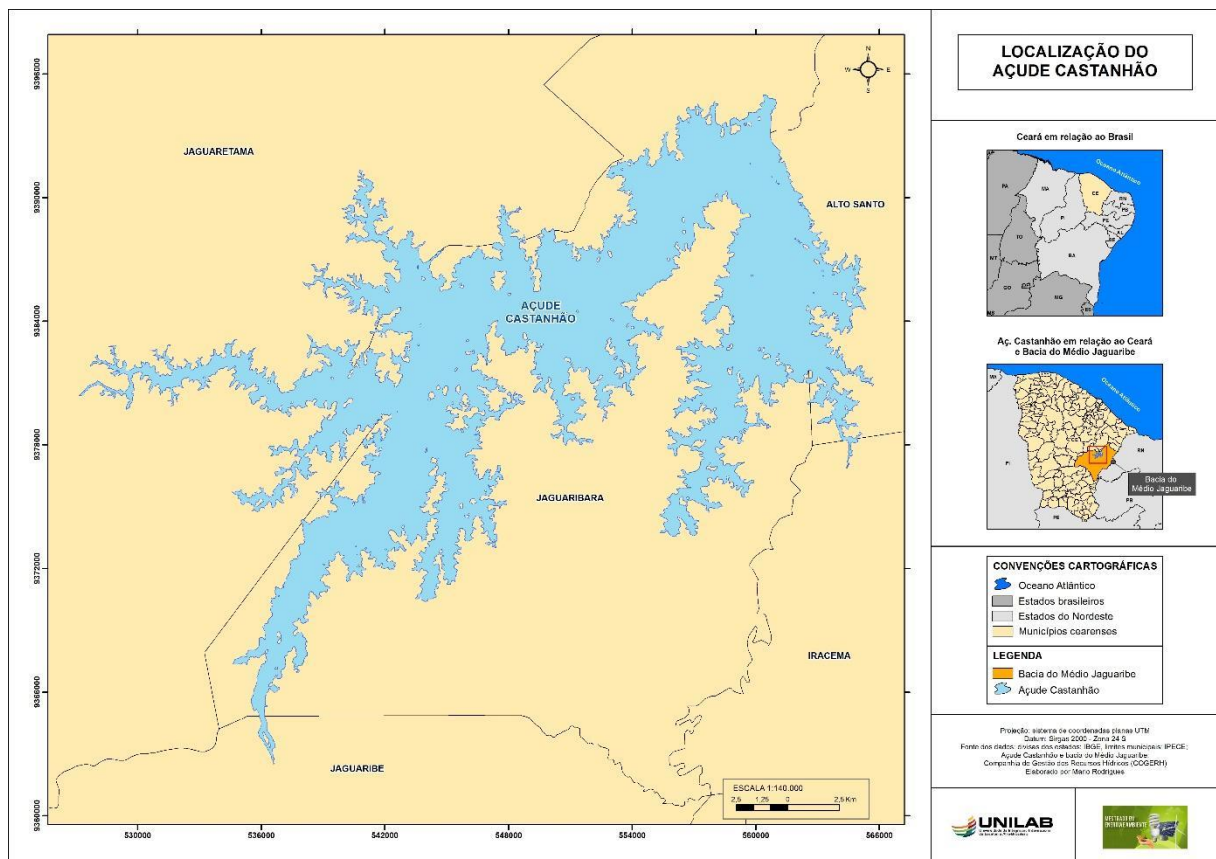
Em estudo realizado no açude Castanhão, maiores concentrações de fósforo foram encontradas nas águas de fundo, sugerindo os sedimentos como importante fonte de fósforo. O reservatório tornou-se eutrófico após o longo período de estiagem e a consequente redução do seu volume (LACERDA *et al.*, 2018).

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado no açude Castanhão (Latitude 5,50° S; Longitude 38,47° W) localizado na Bacia do Médio Jaguaribe, que está inserida integralmente na região semiárida do estado do Ceará, no Nordeste do Brasil (Figura 1). O reservatório Castanhão tem capacidade total de armazenamento de 6,7 bilhões de m<sup>3</sup>, com capacidade normal de operação de 4,45 bilhões de m<sup>3</sup>. O reservatório cobre uma área alagada máxima de 325 km<sup>2</sup> e tem 48 km de extensão (DNOCS, 2017).

Figura 1. Mapa de Localização do Açude Castanhão.



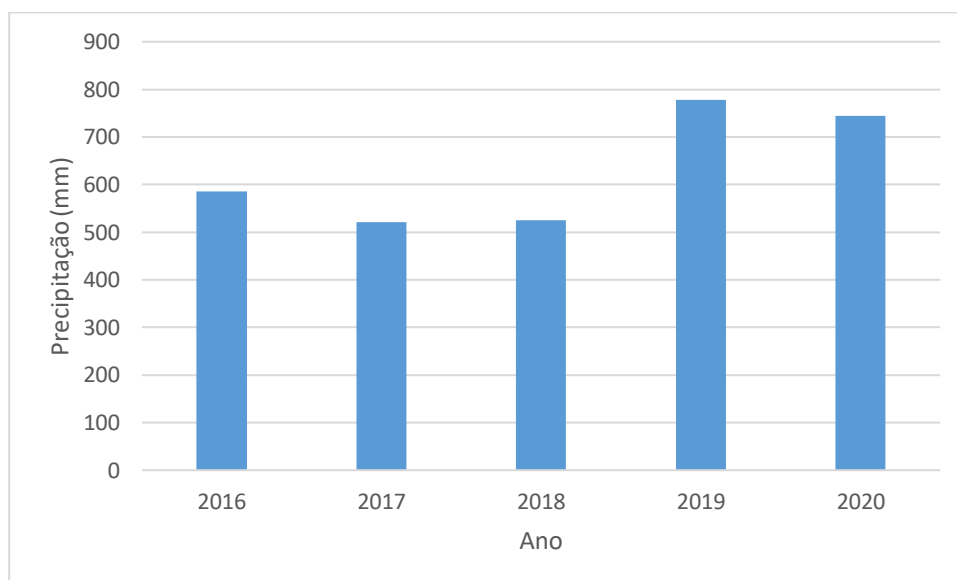
Fonte: Elaborada pela autora, 2021.

A Bacia do Médio Jaguaribe, junto com seus afluentes, abrange uma área com cerca de 10.355 km<sup>2</sup>. O rio Jaguaribe é o principal rio desta bacia, possui um percurso de 325 km até alcançar o açude Orós. Situa-se no trecho entre o açude Orós e a localidade Peixe Gordo, onde este rio cruza a rodovia BR 116. Neste trecho, o rio Jaguaribe possui como principais afluentes

pela margem direita o rio Figueiredo e pela margem esquerda, os riachos Manuel Dias Lopes e do Sangue percorrendo um curso total de 171 km (COGERH, 2011).

O clima na região é considerado semiárido quente BSh'w', de acordo com a classificação climática de Köppen, apresentando temperaturas médias superiores a 18°C e precipitações médias anuais de 756,5 mm durante os últimos 80 anos (COGERH, 2011). O regime de precipitação observado no açude Castanhão ficou abaixo da média anual histórica dos últimos 80 anos, entre o período de 2016 e 2018 (Figura 2). Os dados de precipitação apresentados são referentes ao posto pluviométrico de Jaguaribara, localizado próximo ao Castanhão.

Figura 2. Precipitação do posto de Jaguaribara, entre os anos de 2016 a 2020.



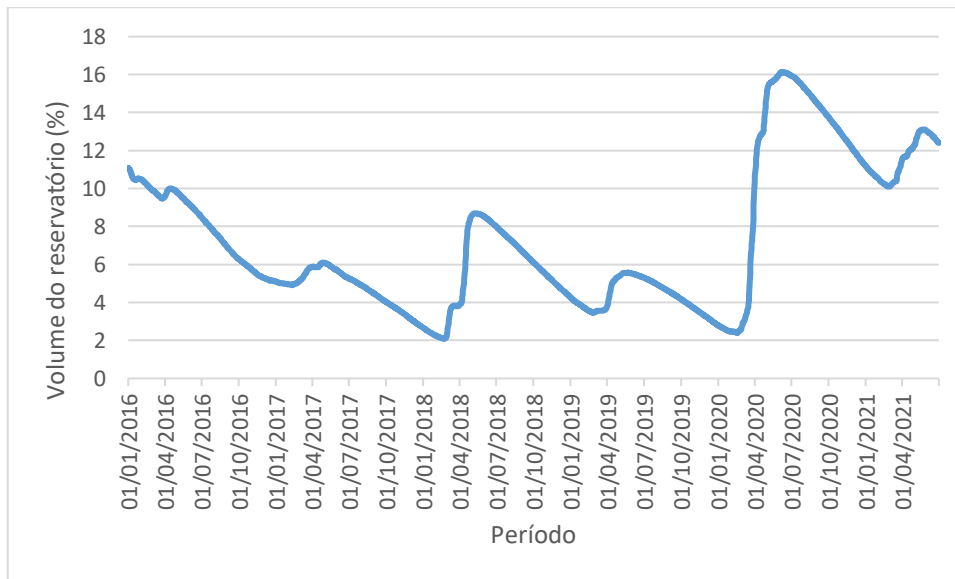
Fonte: Elaborada pela autora, 2021.

A estação chuvosa da região se concentra principalmente no período de janeiro a junho com valores máximos nos meses de março e abril. O período seco se prolonga de julho a dezembro, ocorrendo menor precipitação nos meses de setembro e outubro (SANTOS *et al.*, 2017).

Através da figura 3, observam-se os baixos níveis das águas do reservatório, em torno de 7%, chegando ao mínimo de 2% e ao máximo de 16% da capacidade total, decorrente do intenso período de seca enfrentado pelo açude Castanhão. Nesse cenário, o açude Castanhão, resguardou a população da Região Metropolitana de Fortaleza dos impactos das secas de 2012 a 2018.



Figura 3. Variação do volume do açude Castanhão, entre 2016 e 2021.



Fonte: Elaborada pela autora, 2021.

O Castanhão é o maior açude público de uso múltiplo do Brasil. Esse açude constitui uma importante reserva hídrica, que se destina principalmente ao abastecimento humano da Região Metropolitana de Fortaleza e de diversos municípios a sua jusante do Vale do Rio Jaguaribe, à dessedentação de animais, à irrigação, à piscicultura, e à regularização da vazão do rio Jaguaribe (COGERH, 2011).

De acordo com Avelino (2019), as emissões de nutrientes para o açude Castanhão são decorrentes de fontes naturais e antrópicas. As principais fontes antropogênicas são: escoamento urbano, agropecuária, agricultura e piscicultura. Elas apresentam-se como potenciais contribuintes de nutrientes a bacia hidrográfica do Médio Jaguaribe, colaborando para o desequilíbrio ambiental e o aumento da exposição humana aos contaminantes.

As principais fontes antropogênicas de nitrogênio e fósforo para o Castanhão estão ilustradas na tabela 1.

Tabela 1. Fontes antrópicas de nitrogênio e fósforo no açude Castanhão.

Fontes Antrópicas Contribuintes		N		P	
		ton/ano	%	ton/ano	%
Difusas	Pecuária	0,5022	0,01	0,2516	0,04
	Pecuária outros	0,3511	0,00	0,3173	0,05
	Agricultura	5,7252	0,06	1,9297	0,29
	Solos	45,3619	0,49	27,4667	4,18
Pontual	Piscicultura	198,2454	2,15	40,3002	6,13
	Esgoto	27,4139	0,30	7,7088	1,17
	Outros	8923,38	96,98	578,9979	88,13
<b>TOTAL</b>		<b>9200,98</b>	<b>100</b>	<b>656,972</b>	<b>100</b>

Fonte: COGERH, 2011.

O açude Castanhão apresentou as maiores contribuições de fósforo total (76%) decorrentes de fontes pontuais, que se referem à piscicultura e à produção de esgoto. Nas áreas rurais do Estado do Ceará, os sistemas de fossas sépticas são o principal método de disposição de dejetos humanos, fato que pode explicar a contribuição de fósforo a partir de lançamento de esgoto no reservatório (ROCHA; LIMA NETO, 2021).

A ocupação da área do bioma caatinga intensificou os processos morfodinâmicos naturais. Na região do Castanhão, a degradação ocorre principalmente em função da retirada de lenha e da produção de carvão vegetal para compor a matriz energética local. Os problemas são agravados durante os períodos de secas recorrentes, onde a desertificação é uma grande preocupação. Os impactos ambientais decorrentes da desertificação se expõem na degradação da biodiversidade, na diminuição da disponibilidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, no assoreamento de vales e reservatórios, na perda física e de fertilidade dos solos (SOUZA *et al.*, 2011).

Com a delimitação dos parques aquícolas, o reservatório em estudo se destaca como grande produtor de tilápia do Estado do Ceará e um dos maiores do país (SANTOS *et al.*, 2016; AVELINO, 2019). Esse cenário foi decorrente principalmente pela grande quantidade de água superficial disponível, pelos solos areno-argilosos e pelas temperaturas elevadas que são condições básicas para o desenvolvimento da criação de peixes em ambientes artificiais (COGERH, 2011).

O Ceará é um dos maiores produtores de tilápia do Nilo em sistema de gaiolas do Brasil. A produção de tilápia no açude Castanhão, em sua maioria, ocorre pelo sistema de tanque-rede. No entanto, os sucessivos anos de estiagem no açude Castanhão ocasionaram a

redução nos níveis de água do reservatório. Diante desse cenário, houve uma grande redução no número de piscicultores, forçando o deslocamento dos centros de engorda para áreas mais profundas do reservatório. Em decorrência do deslocamento das áreas aquícolas para regiões mais distantes, houve o aumento dos custos com a produção da tilápia (TAKAHASHI; SILVEIRA; VASCONCELOS, 2020).

#### 4.2 CARACTERIZAÇÃO DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA

Os parâmetros avaliados nessa pesquisa foram oxigênio dissolvido – OD, temperatura – T, potencial hidrogeniônico – pH, salinidade e profundidade das perfilagens realizadas no fundo do reservatório. Os dados foram fornecidos pela Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará – COGERH.

As séries históricas dos dados analisados, na superfície e no fundo do reservatório, estão apresentadas através de sub-plots no Apêndice A (A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6, A-7, A-8, A-9, A-10, A-11 e A-12).

As medições foram realizadas com frequência mensal, correspondendo ao período de janeiro de 2016 a junho de 2021. As medições não seguiram a frequência mensal para os anos de 2016 e 2020. Realizou-se perfilagem “*in situ*”, com o emprego de sondas multiparamétricas do tipo YSI.

A Figura 4 apresenta os postos onde foram realizadas as perfilagens pela COGERH, são eles: CTN-20 (próximo à barragem); CTN-24 e CTN-23 (próximos às áreas com pisciculturas), CTN-03 e CTN-08 (braço esquerdo e principal para o aporte de água e nutrientes), e CTN-16 (braço direito e secundário para o aporte de água e nutrientes).

Figura 4. Localização dos postos de amostragem no açude Castanhão.



Fonte: Relatório COGERH, 2021.

Nessa pesquisa, foram utilizados dados de perfilagens da superfície e do fundo do reservatório. A metodologia utilizada pela COGERH consiste nas análises de superfície observadas a uma profundidade de 0,30 metros da superfície; e as de fundo, observadas a 1,0 metro acima do fundo do reservatório.

É importante ressaltar que, devido ao longo período de seca enfrentado pelo açude Castanhão, algumas perfilagens realizadas no reservatório foram em uma profundidade em torno de 2,0 metros, observada a metodologia realizada pela COGERH. Portanto, os dados de superfície e de fundo foram medidos praticamente nas mesmas condições em alguns períodos dos anos de 2017 a 2020. As referidas medições correspondem aos postos CTN-03 e CTN-23.

A tabela 2 apresenta a faixa de variação das profundidades em que ocorreram as perfilagens durante o período estudado e a profundidade máxima ( $H_{max}$ ) obtida a partir da soma da profundidade em um dia qualquer de medição ( $H_i$ ) e o desnível entre a cota do nível d'água no dia da medição e a cota de soleira do vertedor ( $\Delta H$ ). A curva Cota-Área-Volume do açude Castanhão está disponível no anexo H (Figura H-1).

Tabela 2. Variação da profundidade das medições de 2016-2021 e profundidade máxima para cada posto de amostragem.

<b>Postos de Coleta</b>	<b>Varição Profundidade</b>	<b>Profundidade máxima</b>
Profundidade CTN-20	10,52 - 30,01	36,12
Profundidade CTN-24	7,46 - 24,10	33,03
Profundidade CTN-08	5,52 - 24,00	35,11
Profundidade CTN-23	1,00- 19,45	26,03
Profundidade CTN-03	0,46 - 17,60	28,71
Profundidade CTN-16	3,42 - 19,04	25,12

Fonte: Elaborada pela autora, 2021.

#### 4.3 DESCRIÇÃO DO FERRAMENTAL ESTATÍSTICO

O teste de normalidade, de Shapiro-Wilk, foi usado para verificar se os dados possuíam uma distribuição gaussiana. Em seguida, utilizou-se o Teste de Kruskal-Wallis (não-paramétrico) para comparar a existência de diferenças estatísticas entre as amostras. O Teste de Dwass-Steel-Critchlow-Fligner (pós teste não-paramétrico), Teste de Comparação, foi aplicado após o Teste de Kruskal-Wallis, para definir as diferenças significativas entre os grupos.

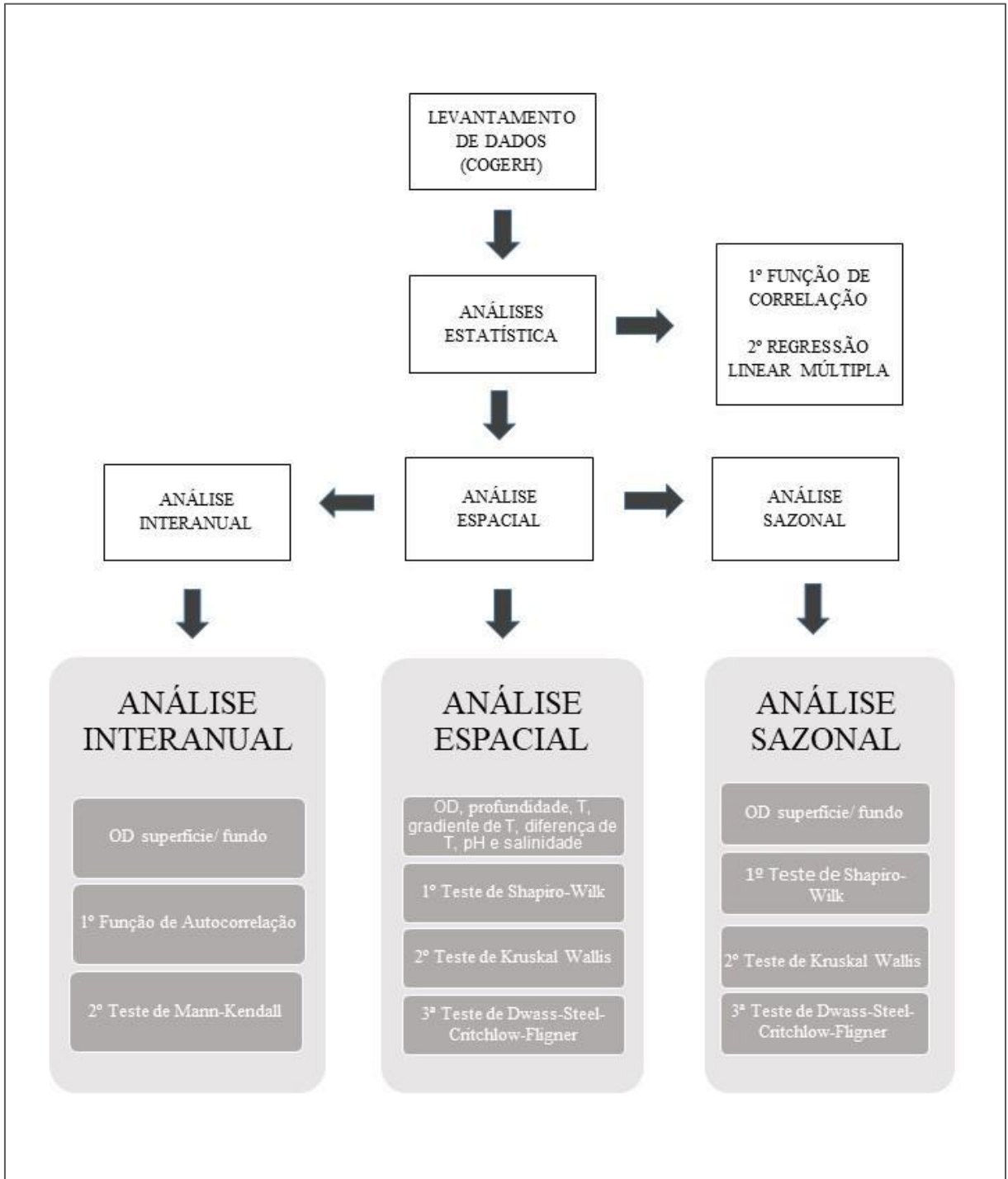
Aplicou-se a Função de Autocorrelação, para verificar a possibilidade de aplicação do Teste de Mann-Kendall. O referido teste foi utilizado para verificar se os dados de oxigênio dissolvido são independentes e não possuem sazonalidade. Em seguida, foi realizado o teste não paramétrico de Mann-Kendall, para detectar possíveis tendências na série histórica de oxigênio dissolvido.

Foi utilizado Função de Correlação De Pearson ou de Spearman para verificar o grau de relacionamento entre as variáveis estudadas para cada um dos postos de amostragem e para os grupos definidos após a análise espacial. Em seguida, aplicou-se a técnica de Regressão Linear Múltipla apenas nas variáveis que apresentaram moderada e forte correlação com o oxigênio dissolvido.

Para os Testes de Shapiro-Wilker, Kruskal-Wallis, Dwass-Steel-Critchlow-Fligner e para Correlação de Pearson e de Spearman, utilizou-se o Software livre JAMOV 1.6.23. A Função de Autocorrelação foi aplicada com o auxílio do Software livre Wessa. Na aplicação do Teste de Mann-Kendall, foi utilizado o XLSTAT, um complemento de análise de dados do Excel. Para a Regressão Linear Múltipla, usou-se o Software livre Statistics Kingdom. Considerou-se um nível de significância de 1% nos testes e técnicas aplicados nessa pesquisa.

O fluxograma com as análises e o ferramental estatístico utilizados estão apresentados na figura 5.

Figura 5. Fluxo de trabalho para análise espaço-temporal do oxigênio dissolvido no açude Castanhão.



Fonte: Elaborada pela autora, 2021.

### 4.3.1 Teste de Shapiro-Wilk

O teste de Shapiro-Wilk é utilizado para verificar a normalidade dos dados. Para isso, compara-se o valor calculado de  $W$  com o valor tabelado  $W_n$  (Tabela Shapiro). Se o valor calculado  $W$  for menor que o tabelado, rejeita-se a hipótese de normalidade ao nível  $\alpha$  de significância (CATELMO e FERREIRA, 2007). As hipóteses testadas são:  $H_0$ : Os valores têm distribuição normal;  $H_1$ : Os valores não têm distribuição normal.

$$W = \frac{b^2}{s^2} \quad (1)$$

Onde,  $W$  é o valor da estatística;  $n$  é o tamanho da amostra aleatória.

$$s^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \quad (2)$$

Se  $n$  é par,  $n = 2k$ , calcula-se:  $b = \sum_{i=1}^k a_{n-i+1} (y_{n-i+1} - y_i)$ . Se  $n$  é ímpar,  $n = 2k+1$ , calcula-se:  $b = a_n (y_n - y_1) + \dots + a_{k+2} + (y_{k+2} - y_k)$ .

### 4.3.2 Teste de Kruskal Wallis

O teste de Kruskal Wallis, é um teste não paramétrico, permite comparar a distribuição de três ou mais grupos em amostras independentes. A estatística de teste de Kruskal-Wallis é uma medida da extensão na qual  $\bar{R}_{is}$  desviam de seus valores esperados comuns  $(N + 1)/2$  e  $H_0$  é rejeitada se o valor calculado da estatística indicar uma discrepância muito grande entre as médias dos postos observados e dos esperados (DEVORE, 2006).

$$K = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{j=1}^I J_i \left( \bar{R}_{is} - \frac{N+1}{2} \right)^2 \quad (3)$$

Onde,  $K$  é o valor da estatística de Kruskal-Wallis;  $N$  é o número total de observações em um conjunto de dados;  $I$  é o número de grupos;  $\bar{R}_i$  é a média dos postos na amostra e  $J_i$  número de observações.

Se  $H_0$  é rejeitada quando  $k \geq c$ , então  $c$  deve ser escolhido tal que o teste apresente nível  $\alpha$ . Ou seja,  $c$  deve ser o valor crítico da cauda superior da distribuição de  $K$  quando  $H_0$  é

verdadeira. Quando se rejeita a hipótese nula  $H_0$  no teste de Kruskal-Wallis, existe evidência de que pelo menos um dos grupos é diferente dos demais. Porém, não se tem a informação de qual ou quais são diferentes. Neste caso, um teste de comparações múltiplas permite determinar quais grupos são diferentes.

### 4.3.3 Teste de Dwass-Steel-Critchlow-Fligner

O Teste de Dwass-Steel-Critchlow-Fligner (DSCF) é um teste post-hoc, ou seja, é um teste de comparação múltipla usado após a aplicação de teste não paramétrico com três ou mais fatores, como por exemplo, o teste de Kruskal-Wallis.

O teste de comparações múltiplas consiste em fazer comparações entre os pares de conjuntos, com o intuito de verificar qual dos fatores diferem entre si. O procedimento calcula uma estatística de teste de soma de postos de Wilcoxon,  $W$  em cada par de grupos. A estatística do teste é a soma dos postos associados aos valores amostrados de uma das populações,  $P_2$  por exemplo: Se essa soma for grande, isso é uma indicação de que os valores dessa população tendem a ser maiores que os valores de  $P_1$ , e, então rejeitamos a hipótese  $H_0$  (PONTES, 2000).

### 4.3.4 Função de Autocorrelação

A função de autocorrelação é o gráfico da autocorrelação contra a defasagem de uma série temporal. A autocorrelação é uma adimensional da associação linear entre os valores de uma mesma variável, que depende apenas do intervalo entre as medidas ( $h$ ). Então, é calculado a função de autocorrelação para os diferentes valores de  $h$ .

O coeficiente de determinação pode variar de -1 a +1, se for igual a zero é um indicativo de não existência de autocorrelação. Deve-se estimar o intervalo de confiança  $\frac{1,96}{\sqrt{N}}$ , em que a correlação pode ser considerada igual a zero.

O Teste de Autocorrelação pode ser calculado através do método Plug-in (equações 4 e 5), baseado na covariância. Foi calculada as funções de autocorrelação e autocorrelação parcial para série temporal univariada (KIRCHNER, 2008). Onde,  $X_i$  representa os valores da série; e  $n$  é o número de elementos da série.

$$\rho_{x,y} = \frac{Cov(r_{+ht}, r_t)}{Cov(r_t, r_t)} \quad (4)$$



$$\rho_{x,y} = \frac{\sum_{s=1}^{n-h} (X_{s+h} - X_s)(X_s - X)}{\sum_{t=1}^n (X_s - X)^2} \quad (5)$$

#### 4.3.5 Teste De Mann-Kendall

O teste não-paramétrico de Mann-Kendall é utilizado para a identificação de tendência monotônica em séries temporais. A presença de sazonalidades ou autocorrelações significativas afeta a sensibilidade desse método (BLAIN, 2010). A estatística do teste pode ser definida, por:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{ sinal}(X_j - X_i) \quad (6)$$

Onde  $X_i$  representa os valores da série;  $i$  e  $j$  são os índices de tempo; e  $n$  é o número de elementos da série. O termo  $\text{sinal}(X_j - X_i)$  é determinado por:

$$\text{Sinal}(X_j - X_i) = \begin{cases} +1, & \text{se } (X_j - X_i) > 0 \\ 0, & \text{se } (X_j - X_i) = 0 \\ -1, & \text{se } (X_j - X_i) < 0 \end{cases}$$

A significância do teste pode ser verificada através de um teste bilateral, com estatística padronizada  $Z_{MK}$  expressa por:

$$Z_{MK} = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, & \text{se } S > 0 \\ 0, & \text{se } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, & \text{se } S < 0 \end{cases}$$

O sinal de  $|Z_{MK}|$  indica se a tendência é crescente ( $Z_{MK} > 0$ ) ou decrescente ( $Z_{MK} < 0$ ). O p-valor da estatística  $S$  para os dados da amostra pode ser estimado pela probabilidade acumulada da distribuição normal, considerando que se  $p \leq \alpha$ , o teste apresenta evidências para rejeição  $H_0$ , em que  $H_0$  significa que não há tendência nos dados e  $H_1$ , existência de tendência nos dados.

#### 4.3.6 Correlação

O coeficiente de correlação tem como objetivo determinar o grau de relação entre duas variáveis, é expresso entre +1 e -1. Quanto mais próximo dos extremos do intervalo de variação, mais correlacionadas estão as variáveis analisadas. O sinal do coeficiente indica a direção, se a correlação é positiva ou negativa (DEVORE, 2006).

As hipóteses do teste são: hipótese 1, se X e Y são independentes ( $\rho = 0$ ); hipótese 2, se e somente se  $y = b + ax$  para quaisquer números a e b, sendo  $a \neq 0$ , ( $\rho = -1$  ou  $+1$ ).

O coeficiente de correlação linear de Pearson (r) é uma medida estatística de força para uma relação linear entre as variáveis (equação 7).

$$r_{x,y} = \frac{Cov(x,y)}{\sqrt{Var_x Var_y}} \quad (7)$$

O coeficiente de correlação de Spearman ( $\rho$ ) avalia relação monotônica entre duas variáveis contínuas ou ordinais. É uma medida não paramétrica da dependência entre as variáveis. Esta expressão equivale à:

$$\rho_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n^3 - n} \quad (8)$$

Onde,  $d_i = x_i - y_i$  a diferença de postos X e Y.

#### 4.3.7 Regressão Linear Múltipla

A análise de regressão é uma técnica estatística multivariada que investiga a relação entre duas ou mais variáveis relacionadas de maneira não-determinística (DEVORE, 2006). A regressão linear múltipla tem como objetivo conseguir uma relação matemática entre uma das variáveis estudadas (variável dependente) e o restante das variáveis analisadas (variáveis independentes).

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \dots + \beta_k x_{ki} + \varepsilon_i \quad (9)$$

O grau de ajuste do modelo é medido em termos de sua capacidade de reproduzir o valor observado dos objetos. A avaliação de um ajuste de regressão linear múltipla é feita através do cálculo do coeficiente de correlação (R), do coeficiente de correlação ajustado (R

ajustado) e da análise de resíduos que irá mostrar a significância do modelo e avaliar as contribuições das variáveis preditoras. A avaliação do ajuste do modelo pode ser feita através da análise da variância da regressão (GAUDIO; ZADONADE, 2001).

A relação matemática encontrada após a regressão linear é usada na predição de resultados da variável dependente a partir da variação das variáveis independentes (variáveis preditoras).

#### 4.4 ANÁLISE ESPACIAL

Para as análises espaciais, investigaram-se a superfície e o fundo do reservatório de forma individualizada. Em relação à superfície, foi avaliada a concentração de oxigênio dissolvido, entre 2016 e 2021, em cada um dos postos de monitoramento. Para as análises no fundo, foram verificadas as seguintes variáveis: oxigênio dissolvido, profundidade das medições realizadas no fundo, temperatura da água, gradiente de temperatura da água, diferença de temperatura, potencial hidrogeniônico e salinidade.

O gradiente de temperatura foi determinado pela razão entre a diferença de temperaturas de fundo e superfície do reservatório e a diferença de profundidade das medições no fundo e na superfície (equação 10).

$$\frac{\Delta T}{\Delta z} = \frac{T_f - T_s}{z_f - z_s} \quad (10)$$

Onde,  $\Delta T$  é a diferença de temperatura;  $\Delta z$ , diferença de profundidade das medições;  $T_f$ , a temperatura do reservatório no momento da medição de fundo;  $T_s$ , a temperatura do reservatório no momento da medição de superfície;  $Z_f$ , a profundidade em que foi realizada a medição de fundo;  $Z_s$ , a profundidade em que foi realizada a medição de superfície.

O Teste de Shapiro-Wilk foi aplicado para os dados das variáveis investigadas na superfície e no fundo do reservatório. Em seguida, aplicou-se o Teste de Kruskal-Wallis em todas as variáveis analisadas pelo Teste de Normalidade, inclusive para os dados de oxigênio na superfície que apresentaram uma distribuição normal. Esse procedimento foi utilizado devido à necessidade de analisar o centro de distribuição das amostras. Por fim, utilizou-se o Teste de Dwass-Steel-Critchlow-Fligner em todas as amostras analisadas pelo Teste de Kruskal-Wallis.

Ainda foi analisada a variação de temperatura de acordo com a profundidade do reservatório nos seis postos de amostragem a partir do gráfico de perfis de temperatura.

#### 4.5 ANÁLISE SAZONAL

Para a análise sazonal, entre período chuvoso e seco, foi considerado o reservatório compartimentado em grupos. Ainda foi analisado cada posto de amostragem (CTN-20, CTN-24, CTN-08, CTN-23, CTN-02 e CTN-16) de forma isolada para comparar os resultados com os obtidos na análise por grupos.

Para as análises sazonais na superfície e no fundo utilizou-se a mesma metodologia empregada na análise espacial. O Teste de Kruskal-Wallis juntamente com o Teste Dwass-Steel-Critchlow-Fligner seguiram o Teste de Shapiro-Wilker.

#### 4.6 ANÁLISE INTERANUAL

A análise interanual avaliou, através de diagrama de caixas e Teste de Mann-Kendall, o comportamento do oxigênio dissolvido, entre 2016 e 2020. Para as análises, consideraram-se os grupos na superfície e no fundo do reservatório, definidos através da análise espacial.

Para o Teste de Mann-Kendall, os postos analisados foram CTN-20, CTN-24, CTN-08 e CTN-23. Foram excluídos os postos CTN-03 e CTN-16 devido ao grande número de dados faltantes nas séries históricas. O período das análises foi redefinido para setembro de 2016 a novembro de 2020. Esse procedimento foi realizado para excluir os dados faltantes, que não puderam ser preenchidos. Para o preenchimento das falhas na série histórica, tirou-se a média entre a medição anterior e posterior à falha.

Inicialmente, foi verificada a normalidade dos dados. Em seguida, realizou-se a Função de Autocorrelação, através do método de Plug-in. O referido teste foi utilizado para verificar a existência de autocorrelação entre os dados e de sazonalidade da série. Após validação dos dados, foi aplicado o Teste de Mann-Kendall para detectar possíveis tendências na série histórica de oxigênio. A magnitude das tendências detectadas foi complementada pelo estimador de declive de Sen.

#### 4.7 ANÁLISE DE REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA

Para aplicação das técnicas de Correlação e de Regressão Linear Múltipla, foram utilizados apenas os dias que possuíam medições para todas as variáveis analisadas. Portanto, para as referidas técnicas, as séries históricas não possuem dados faltantes. As variáveis analisadas na superfície foram oxigênio dissolvido, potencial hidrogeniônico, temperatura e salinidade. As mesmas variáveis foram analisadas no fundo, sendo incluída a profundidade das medições.

A Função de Correlação verificou o grau de relacionamento entre as variáveis para cada um dos postos de amostragem e para os grupos definidos após a análise espacial. O coeficiente de correlação Linear de Pearson foi aplicado às amostras de dados que apresentaram distribuição normal e o coeficiente de correlação de Spearman, às amostras de dados que não apresentaram distribuição normal.

Em seguida, aplicou-se a Regressão Linear Múltipla apenas nas variáveis que apresentaram correlação significativa com o oxigênio dissolvido. Anterior à técnica, o logaritmo Neperiano foi aplicado na tentativa de ajustar a normalidade das variáveis que apresentaram distribuição não normal.

A regressão linear foi validada quanto à normalidade na distribuição dos resíduos dos dados, através do Teste de Shapiro-Wilker e do gráfico Q-Q plot; quanto à homocedasticidade, com o Teste de White; quanto a multicolinearidade, através da análise do fator de inflação da variância (VIF).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 TESTES DE NORMALIDADE

Os resultados obtidos do Teste Shapiro-Wilk são apresentados nas Tabelas A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6, A-7, A-8, A-9, A-10, A-11, A-12, A-13, A-14, A-15, A-16, A-17, A-18, A-19, A-20, A-21, A-22 e A-23 (Anexo A). A partir da aplicação do referido teste de normalidade, verificou-se que a maioria das amostras analisadas na superfície e no fundo não apresentam distribuição normal, exceto os dados de OD na superfície utilizados para as análises espacial e sazonal, os dados de T no fundo e as variáveis de superfície (OD, pH, T, salinidade) analisadas na Função de Correlação para o posto CTN-16.

### 5.2 TESTES DE COMPARAÇÃO

O Teste de Kruskal-Wallis foi aplicado após o Teste de Normalidade em todas as amostras, inclusive as que apresentaram distribuição normal. A intenção do presente trabalho é analisar a mediana, acredita-se que o centro de distribuição das amostras represente melhor a realidade das variáveis estudadas. A partir desse teste, foi possível verificar que apenas os dados de OD na superfície utilizados na análise sazonal não possuem diferenças estatisticamente significantes entre os postos de amostragem. Os resultados do Teste de Kruskal-Wallis são apresentados nas Tabelas B-1, B-2, B-3, B-4, B-5, B-6, B-7, B-8, B-9, B-10 e B-11 (Anexo B).

Após o teste de Kruskal-Wallis, foi usado o Teste de Dwass-Steel-Critchlow-Fligner (Teste de Comparação), para verificar em quais dos grupos existem diferenças significativas. O Teste de Dwass-Steel-Critchlow-Fligner foi utilizado apenas nos grupos que apresentaram diferenças significantes no Teste de Kruskal-Wallis. Os resultados desse teste são apresentados nas Tabelas C-1, C-2, C-3, C-4, C-5, C-6, C-7, C-8, C-9, C-10, C-11 e C-12 (Anexo C). As diferenças encontradas serão apresentadas e discutidas nos tópicos de análise espacial e análise sazonal.

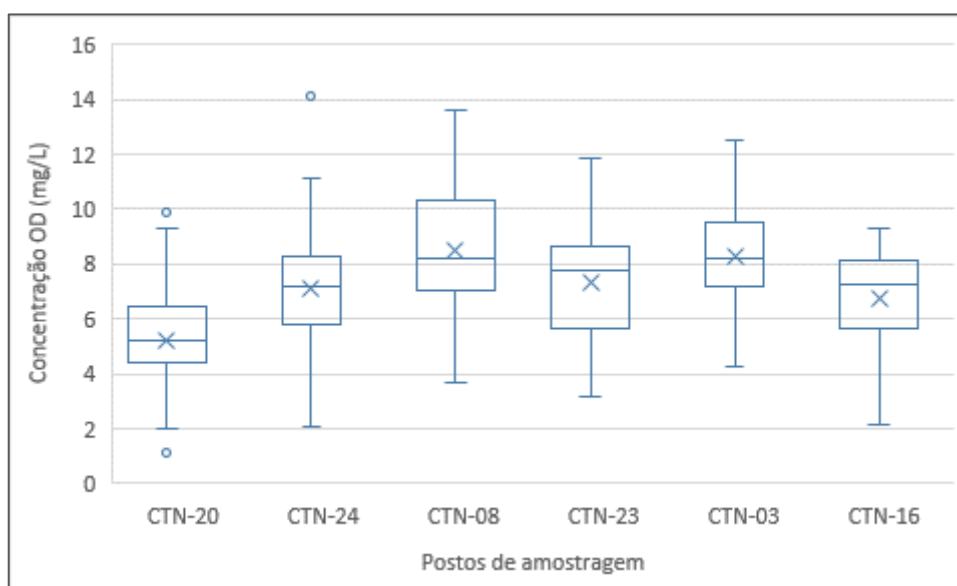
### 5.3 ANÁLISE ESPACIAL

O Teste de Comparação para oxigênio dissolvido na superfície mostrou que o posto CTN-20 é estatisticamente diferente dos outros cinco postos de amostragem (Tabela C-1). Por

meio do diagrama de caixa (Figura 6), observou-se que o posto CTN-20 apresentou os menores valores de OD dentre os seis postos.

Analisando a figura 6, observou-se que pelo menos 50% dos valores de OD, nos seis postos analisados, encontraram-se acima de 5,0 mg. L<sup>-1</sup>, estando acima do valor mínimo para criação da tilápia do Nilo, 4,0 mg. L<sup>-1</sup> (SILVA *et al.*, 2015) e de acordo com a resolução CONAMA 357/2005 (OD > 5,0 mg. L<sup>-1</sup> para águas doces de classe 2).

Figura 6. Diagrama de Caixa para oxigênio dissolvido (OD) na superfície para cada posto de amostragem (CTN).



Fonte: Elaborada pela autora, 2021.

Em presença desses resultados, as análises interanual e sazonal para superfície foram realizadas considerando-se o reservatório compartimentado em dois grupos: o CTN-20 e os demais postos reunidos no grupo CTNs.

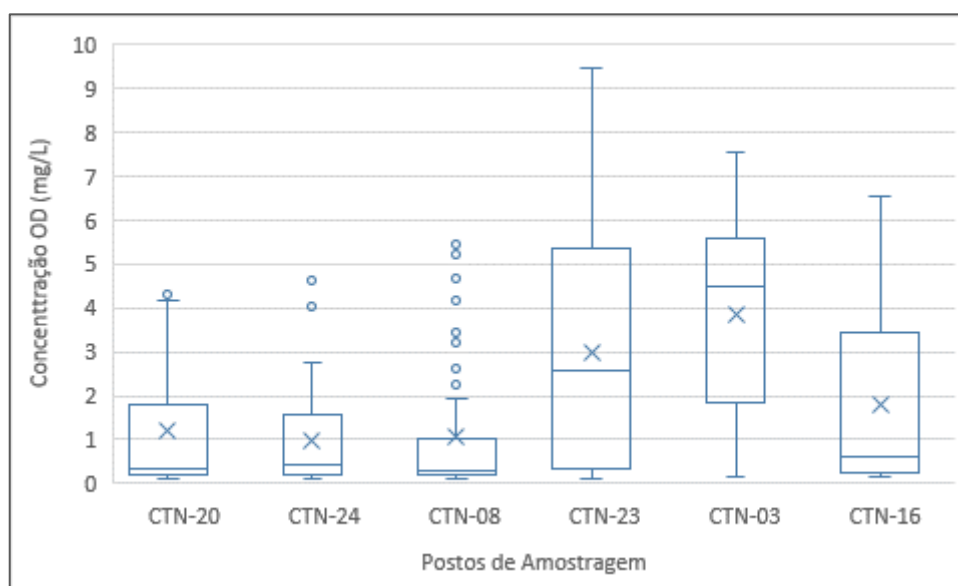
Em relação ao oxigênio dissolvido no fundo, o resultado obtido no Teste de Comparações (Tabela C-2) possibilitou o agrupamento dos postos em três grupos: grupo A (CTN-08, CTN-20 e CTN-24), grupo B (CTN-03 e CTN-23) e grupo C (CTN-16).

O CTN-16 não apresentou resultados consistentes, pois ele se apresentou diferente estatisticamente apenas do CTN-03. Para prosseguimento das análises, o referido posto foi agrupado separadamente dos demais. O posto CTN-16 possui uma série histórica com bastante falhas. Acredita-se que essa seja a explicação dos resultados dos testes estatísticos não terem sido claros para esse posto.

Analisando o diagrama de caixa para OD (Figura 7), observa-se que o grupo A (CTN-08, CTN-20 e CTN-24) apresenta as menores concentrações de OD no reservatório. De

acordo com Chapra e Canale (1991), o limite de oxigênio dissolvido para ocorrer liberação de fósforo em situação anaeróbica é de  $1,5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ . Considerando o referido estudo, é possível haver liberação de fósforo do sedimento do açude Castanhão principalmente na região dos postos CTN-08, CTN-20 e CTN-24, visto as baixas concentrações de OD nesses postos.

Figura 7. Diagrama de Caixa para oxigênio dissolvido (OD) no fundo para cada posto de amostragem (CTN).



Fonte: Elaborada pela autora, 2021.

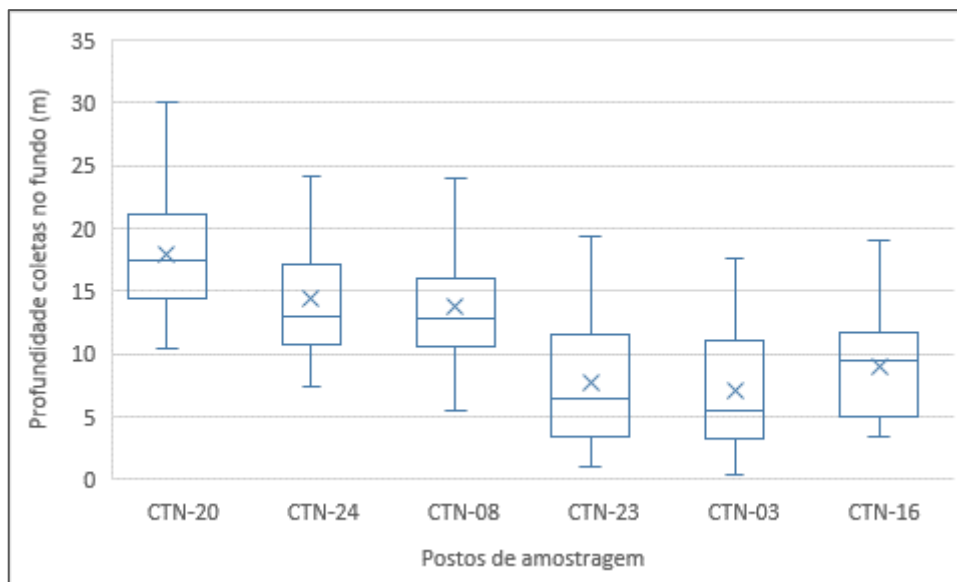
O Teste de Comparações para a profundidade das medições no fundo do reservatório (Tabela C-3) apresentou resultado semelhante ao encontrado na análise de OD no fundo, com exceção do posto CTN-20 que se mostrou diferente estatisticamente dos outros cinco postos. Pelo diagrama de caixas (Figura 8), observou-se que os postos CTN-08, CTN-20 e CTN-24 são os postos de maior profundidade no reservatório.

Os postos CTN-03, CTN-08, CTN-20 e CTN-24 estão posicionados no perfil longitudinal do reservatório que recebe as contribuições do rio Jaguaribe, no entanto o posto CTN-03 não apresenta baixas concentrações de OD como as observadas nos outros postos. Possivelmente, as baixas concentrações de OD observadas no grupo A estejam relacionadas ao recebimento de nutrientes e matéria orgânica provenientes do rio Jaguaribe que se acumulam nas regiões de maior profundidade do grupo A. Esse cenário proporciona um maior consumo de oxigênio devido a decomposição da matéria orgânica, resultando na diminuição do oxigênio dissolvido.



Em Relatório Mensal do Açude Castanhão, os postos mais profundos CTN-20, CTN-24 e CTN-08 apresentaram déficits acentuados entre o oxigênio superficial e o oxigênio do fundo (COGERH, 2021).

Figura 8. Diagrama de Caixa para profundidade das medições de fundo para cada posto de amostragem (CTN).

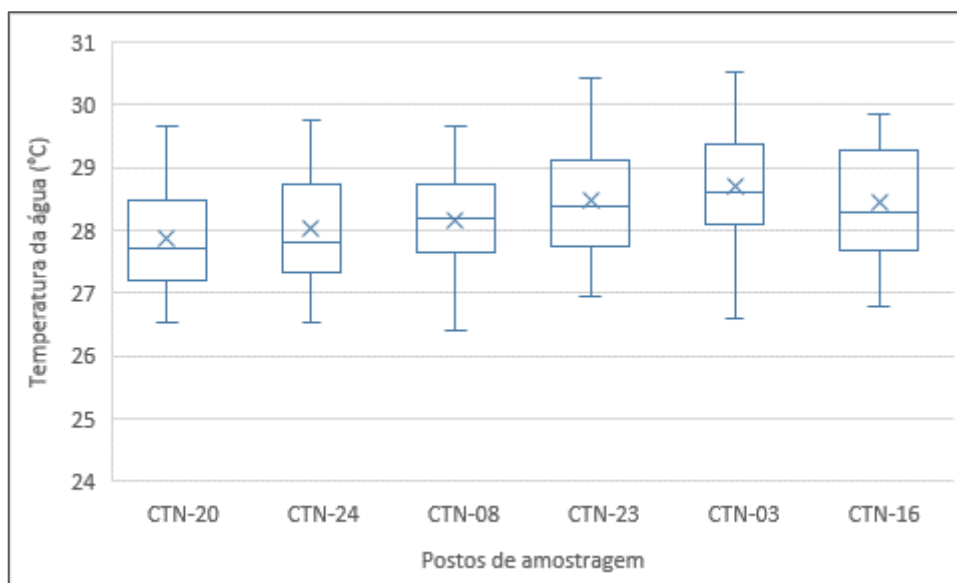


Fonte: Elaborada pela autora, 2021.

A profundidade do reservatório tem uma grande influência sobre a qualidade da água. Nesses sistemas, os processos de transporte ocorrem preferencialmente ao longo da profundidade. Dentre os fatores relacionados à profundidade, estão: a velocidade de transferência de calor na massa de água, a energia dos ventos que não pode ser suficiente para misturar a coluna de água e o processo de estratificação térmica e química (CUNHA; FERREIRA, 2013).

O resultado do Teste de Comparação (Tabela C-4) para temperatura da água no fundo do reservatório mostrou apenas o posto CTN-20 diferente do grupo B e os postos CTN-03 e CTN-24 diferentes entre si. Os diagramas de caixa mostram que praticamente 50% dos valores de temperatura de todos os postos estão acima de 28°C (Figura 9).

Figura 9. Diagrama de Caixa para temperatura da água (T) no fundo para cada posto de amostragem (CTN).

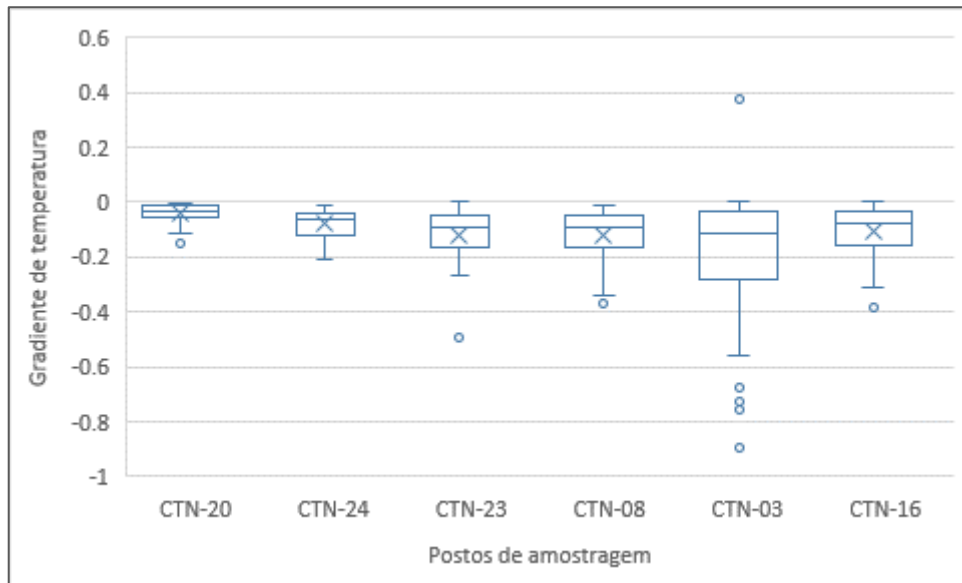


Fonte: Elaborada pela autora, 2021.

Os resultados dos testes estatísticos realizados nos dados de gradiente de temperatura (Tabela C-5) mostraram-se similares aos encontrados para o OD na superfície.

Através do diagrama de caixas para o gradiente de temperatura (Figura 10), é possível perceber menor variação no gradiente de temperatura no posto CTN-20. Os resultados demonstram menor variação de T com a profundidade para o posto mais profundo do reservatório (Figura 8). A menor variação de temperatura observada no CTN-20 pode estar relacionada à radiação solar e ao efeito do vento. Uma maior massa de ar sofre aquecimento mais lentamente e também sofre pouca ação dos ventos que influenciará na mistura vertical das águas.

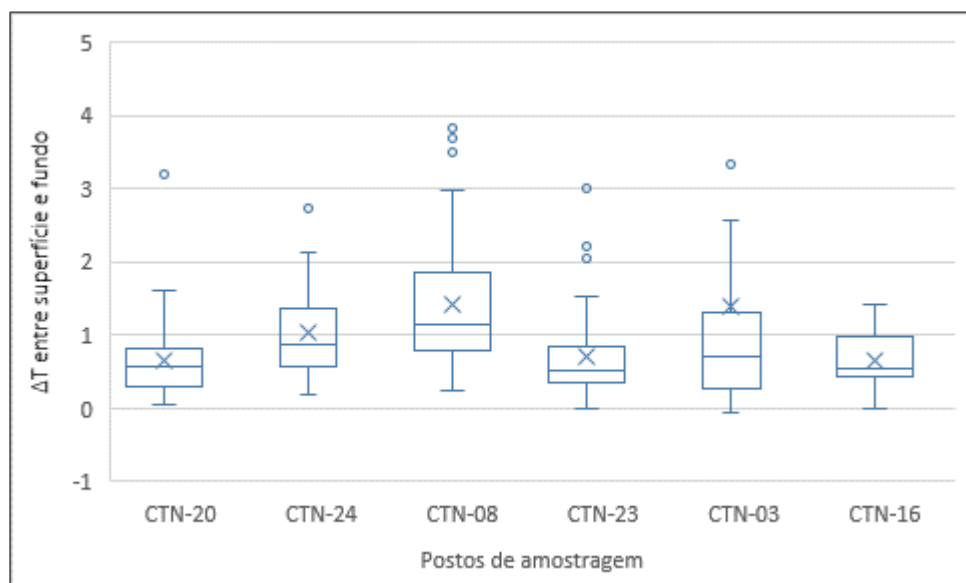
Figura 10. Diagrama de Caixa para gradiente de temperatura para cada posto de amostragem (CTN).



Fonte: Elaborada pela autora, 2021.

Os resultados dos testes estatísticos realizados nos dados de diferenças entre as temperaturas de superfície e de fundo (Tabela C-6) mostraram similaridade entre os postos CTN 24 e CTN-08, assim como, entre CTN-20, CTN-23 e CTN-16. Não foi possível agrupar o posto CTN-03 em nenhum dos dois grupos. Observa-se que os postos CTN-24, CTN-08 e CTN-03 possuem as maiores diferenças entre as temperaturas de superfície e de fundo (Figura 11).

Figura 11. Diagrama de Caixa para diferença de temperatura (superfície-fundo) para cada posto de amostragem (CTN).

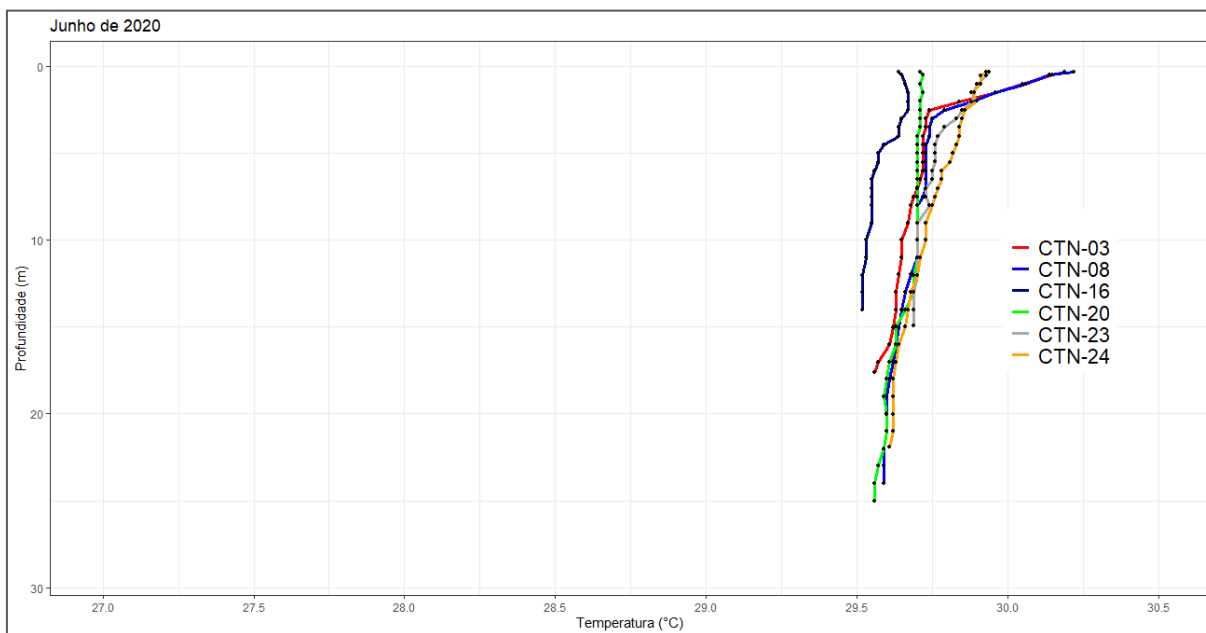


Fonte: Elaborada pela autora, 2021.

As baixas concentrações de OD no fundo do reservatório no grupo A possivelmente estão relacionadas à maior profundidade encontrada nos postos desses grupos e à existência de estratificação térmica. As análises dos testes estatísticos e dos diagramas de caixas realizados nos dados de temperatura no fundo do reservatório, de gradiente de temperatura e de diferença de temperatura de superfície e de fundo não apresentaram indicativo de estratificação térmica. Para afirmar essa condição, serão necessárias análises posteriores para uma possível relação de variação de OD e de temperatura no açude Castanhão.

A variação do perfil vertical de temperatura para todos os postos de amostragem está disponível na figura 12, caracterizando a estação chuvosa. As maiores variações de temperatura entre superfície e fundo ocorreram nos postos CTN-03 e CTN-08.

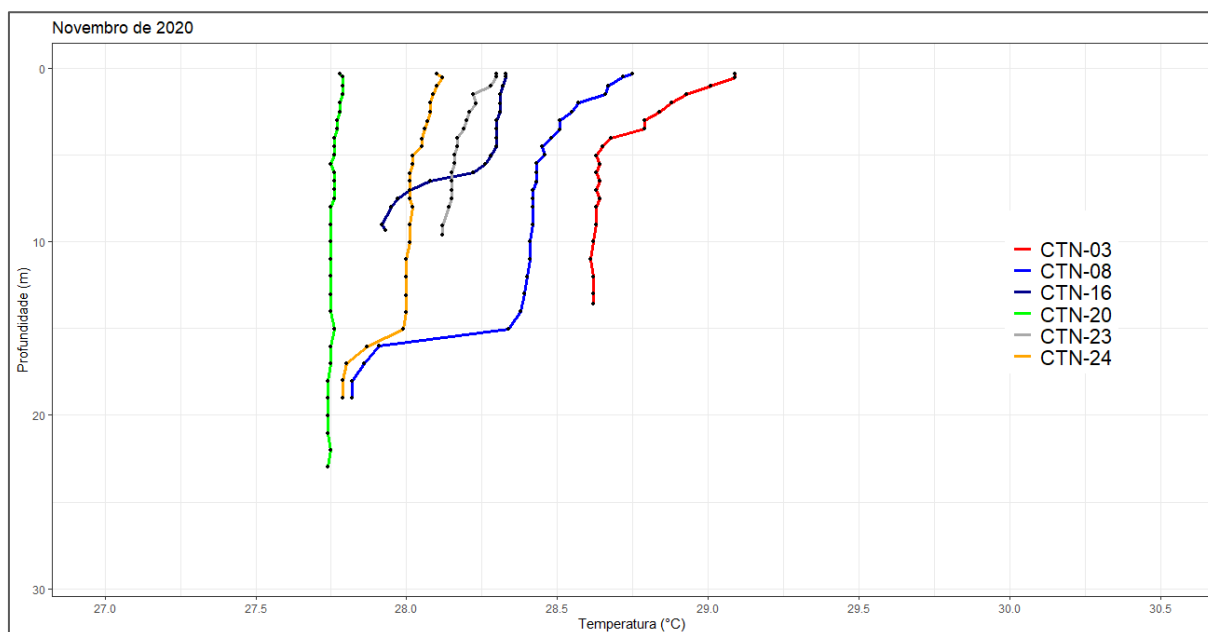
Figura 12. Perfis da estrutura vertical de temperatura da água para cada posto de amostragem em 10/06/20.



Fonte: Elaborada pela autora, 2021.

Os perfis de temperatura para todos os postos de amostragem para estação seca estão ilustrados na figura 13. É possível observar que as maiores variações de temperatura foram observadas nos postos CTN-03, CTN-08 e CTN-16.

Figura 13. Perfis da estrutura vertical de temperatura da água para cada posto de amostragem em 19/11/20.



Fonte: Elaborada pela autora, 2021.

As variações observadas nos perfis de temperatura das estações chuvosa e seca podem ser um indicativo de ambiente estratificado no açude Castanhão. Foi observado um ambiente de estratificação térmica, no açude Castanhão, em novembro de 2011 e março de 2012. Embora, posteriormente as diferenças entre as temperaturas da água na superfície e, no fundo não tenham caracterizado um ambiente de estratificação térmica (LACERDA *et al.*, 2018).

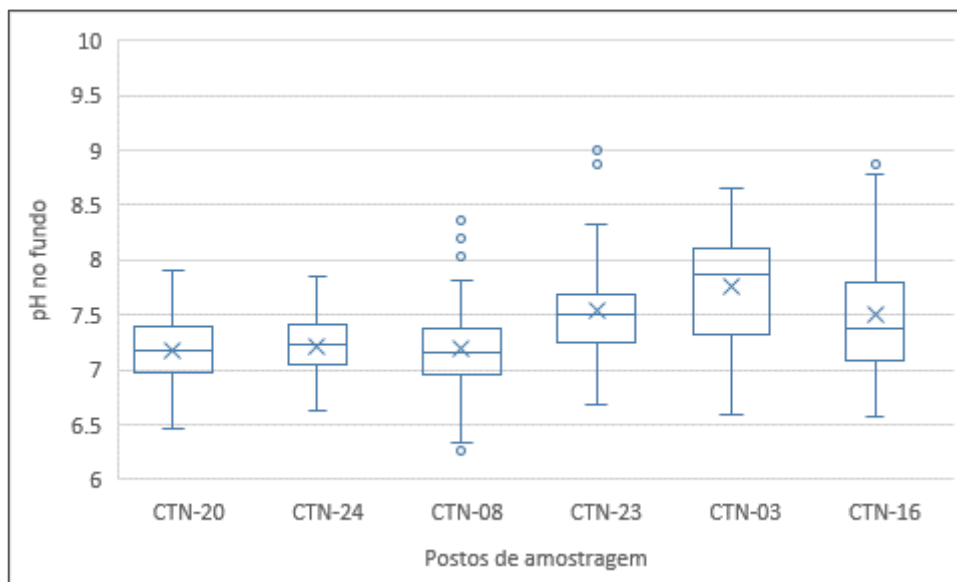
Os lagos e reservatórios normalmente enfrentam estratificação térmica da coluna d'água, especialmente durante os períodos quentes. Isso impacta a qualidade da água, uma vez que as camadas inferiores com reduzida disponibilidade de oxigênio (hipolímnio) ficam isoladas das camadas superiores de água oxigenada (epilímnio), devido à existência de um gradiente de temperatura acentuado (CUNHA; FERREIRA, 2013).

A existência de estratificação térmica dificulta a troca de matéria entre a coluna de água superior e inferior, ocasionando um estado de redução anaeróbica prolongado. Isso faz com que os nutrientes do sedimento continuem a ser liberados para a coluna d'água, provocando a deterioração da qualidade da água (MIAO *et al.*, 2019).

O Teste de Comparação, nos dados de pH no fundo, apresentou resultados similares aos encontrados para OD no fundo do reservatório. O posto CTN-16 novamente não apresentou resultados consistentes diante dos testes, sendo colocado em um grupo a parte (Tabela C-7). O diagrama de caixa de pH no fundo (Figura 14) mostra que todos os postos analisados

apresentaram a maioria dos valores medidos abaixo de pH 8,0, o que caracteriza um ambiente ácido à neutro.

Figura 14. Diagrama de Caixa para potencial hidrogeniônico (pH) no fundo para cada posto de amostragem (CTN).



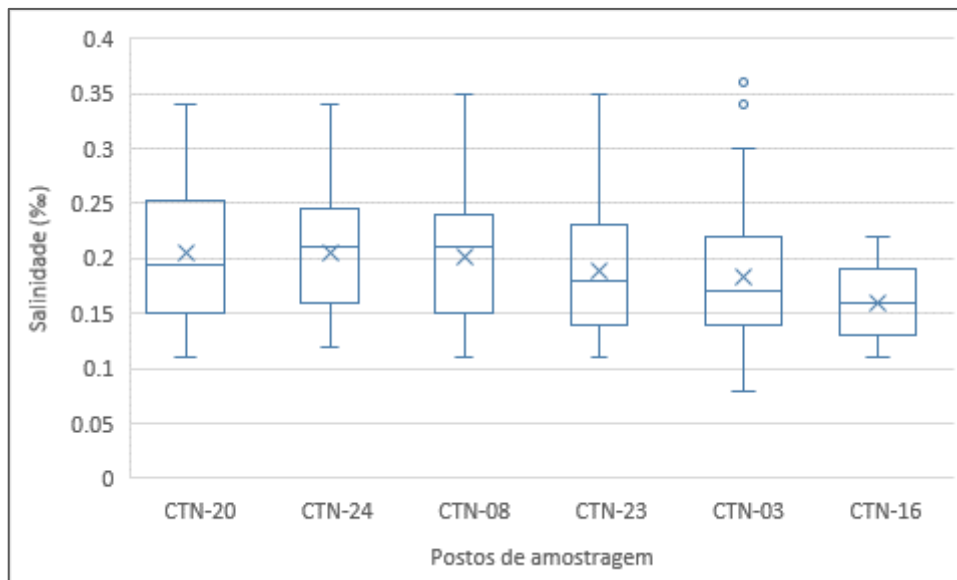
Fonte: Elaborada pela autora, 2021.

Em estudo realizado em um reservatório do semiárido nordestino, foi constatado haver liberação de fósforo do sedimento em uma faixa de 1,0 a 5,0 mg. L<sup>-1</sup> de oxigênio dissolvido, associado a diferentes condições de temperatura e pH, iguais a 6, 8 e 10. A maior liberação de fósforo ocorreu em ambiente anóxico (concentração de OD abaixo de 1,0 mg. L<sup>-1</sup>) em pH 10 e temperatura a 32°C (CAVALCANTE *et al.*, 2021). Com base neste estudo, considerando o parâmetro pH, sugere-se a ocorrência de liberação de fósforo do sedimento do açude Castanhão, principalmente no entorno do grupo B (CTN-03 e CTN-23) e do grupo C (CTN-16) que possuem os maiores valores de pH.

O Teste de Comparação, para os dados de salinidade, mostrou apenas o posto CTN-16 diferente estatisticamente dos postos CTN-20, CTN-24 e CTN-08 (Tabela C-8). A salinidade é uma variável que pode ter grande influência sobre a estratificação dos corpos hídricos, podendo provocar uma maior concentração de sais alterando dessa forma a densidade da água e, conseqüentemente, ocasionar o surgimento de um ambiente estratificado. O diagrama de caixas para salinidade para os seis postos analisados apresenta um cenário praticamente homogêneo para todo o reservatório, com salinidade em torno 0, 20 ‰. (Figura 15). No Brasil, a resolução CONAMA 357/2005 considera água doce quando apresenta salinidade superior a

0.05 % e inferior a 30 %. Em 2007, em um estudo sobre sustentabilidade da atividade de piscicultura verificou-se uma salinidade de 0.30 % no açude Castanhão (Nascimento, 2007).

Figura 15. Diagrama de Caixa para salinidade para cada posto de amostragem (CTN).



Fonte: Elaborada pela autora, 2021.

#### 5.4 ANÁLISE SAZONAL

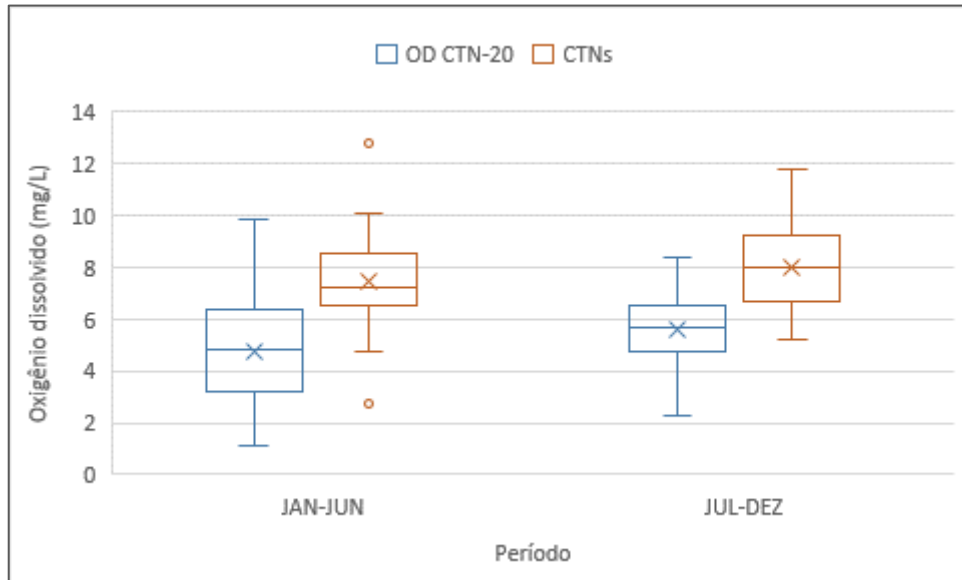
Em presença dos resultados do Teste de Comparações, as análises sazonais foram realizadas em dois contextos. Primeiro considerou-se o reservatório compartimentado nos dois grupos de superfície (CTN-20 e CTNs) e nos três grupos de fundo grupo A (CTN-08, CTN-20 e CTN-24), grupo B (CTN-23 e CTN-03) e grupo C (CTN-16). Em seguida, para confirmar os resultados, as análises foram também realizadas considerando-se os seis postos de amostragem separadamente, com os dados medidos na superfície e no fundo.

Para o teste de Kruskal Wallis, os dados de superfície não apresentaram diferenças significativas entre estações chuvosa e seca para cada posto de amostragem (CTN-20, CTN-24, CTN-08, CTN-23, CTN-03 e CTN-16) e para os grupos CTN-20 e CTNs. Esses resultados estão apresentados nas Tabelas A-8 e A-9 (Anexo A), dessa forma o Teste de Comparações não foi aplicado.

Os diagramas de caixas para o reservatório compartimentado (Figura 16) e para cada um dos postos de amostragem (Figura 17) não apresentaram diferenças entre as estações chuvosa e seca. O diagrama de caixas (Figura 16) mostrou o posto CTN-20 mais deteriorado

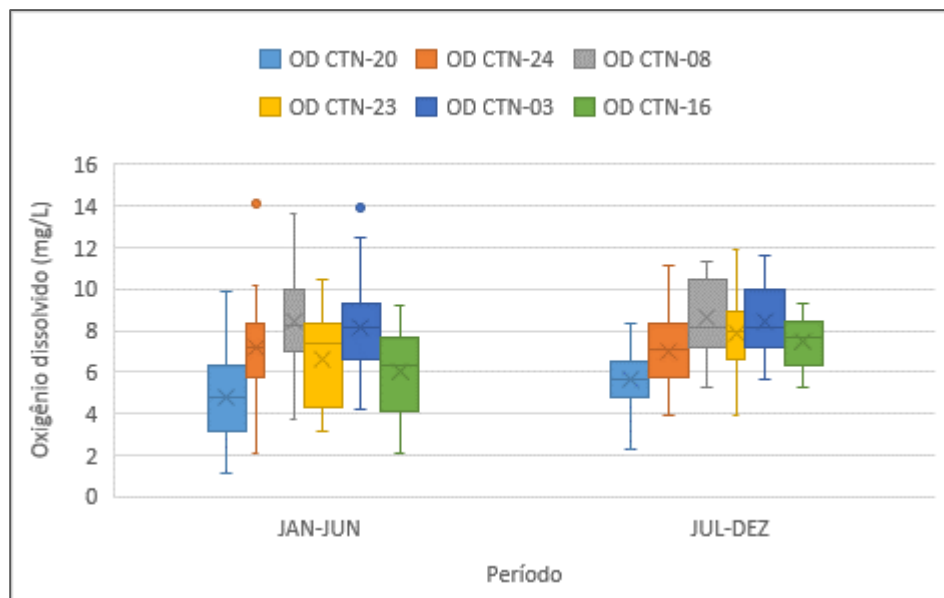
que o grupo dos demais CTNs em ambas as estações, confirmando o cenário observado na análise espacial.

Figura 16. Diagrama de Caixa para oxigênio dissolvido (OD) na superfície, para grupos CTN-20 e CTNs, entre período chuvoso e seco.



Fonte: Elaborada pela autora, 2021.

Figura 17. Diagrama de Caixa para oxigênio dissolvido (OD) na superfície, para cada posto de amostragem, entre período chuvoso e seco.



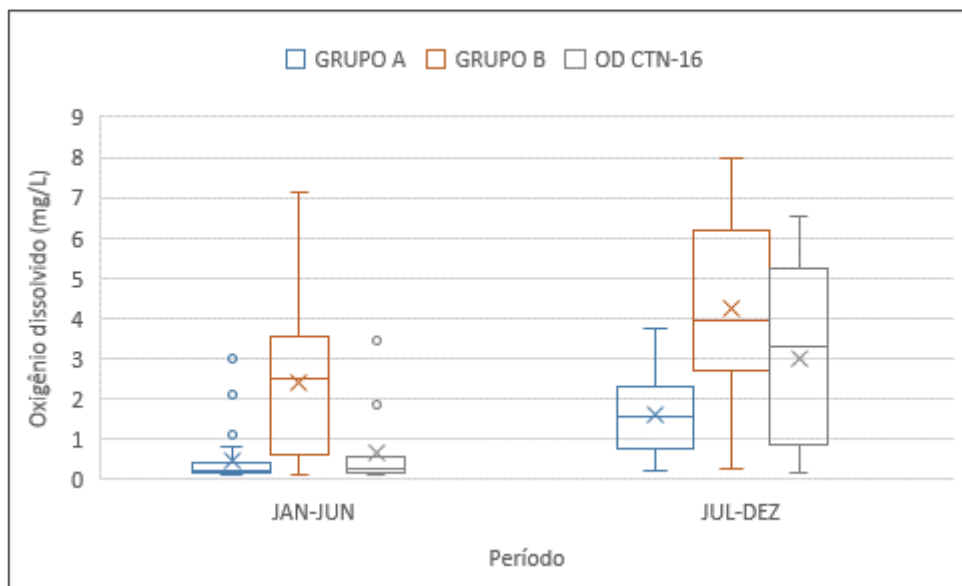
Fonte: Elaborada pela autora, 2021.



A partir do Teste de Comparações, foi possível verificar diferenças estatísticas entre os grupos (A, B e C), considerando o oxigênio dissolvido no fundo do reservatório, entre as estações chuvosa e seca.

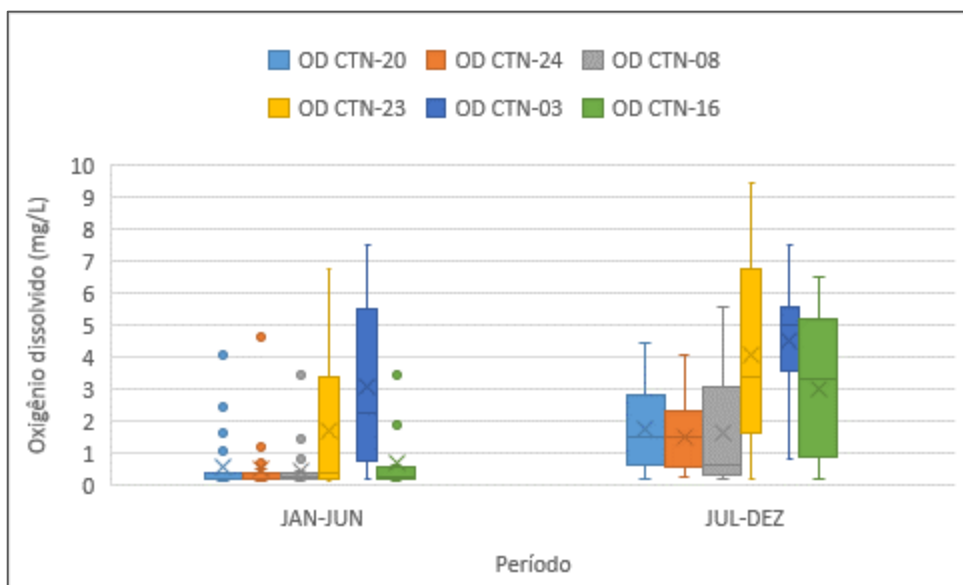
Os valores de oxigênio dissolvido foram estatisticamente inferiores na estação chuvosa para os três grupos analisados (Figura 18). Situação semelhante foi observada no diagrama de caixas para cada um dos postos de amostragem (Figura 19).

Figura 18. Diagrama de Caixa para oxigênio dissolvido (OD) no fundo, para grupo A (CTN-08, CTN-20 e CTN-24); grupo B (CTN-03 e CTN-23) e grupo C (CTN-16), entre período chuvoso e seco.



Fonte: Elaborada pela autora, 2021.

Figura 19. Diagrama de Caixa para oxigênio dissolvido (OD) no fundo, para cada posto de amostragem, entre período chuvoso e seco.



Fonte: Elaborada pela autora, 2021.

As menores concentrações de OD na estação chuvosa podem estar relacionados à entrada de matéria orgânica trazida pelas águas das chuvas. Ecossistemas aquáticos no semiárido nordestino do Brasil tendem a sofrer severas alterações físicas e químicas durante a estação chuvosa. As entradas fluviais são responsáveis pela maior parte dos nutrientes recebidos pelos reservatórios na estação chuvosa (PAULINO; TEIXEIRA, 2012).

Este resultado também pode estar relacionado à estratificação térmica do reservatório. O perfil vertical da temperatura nos reservatórios pode variar devido à estação do ano. A água da chuva, mais fria que as estocadas, chega ao reservatório e mergulha rapidamente para o fundo, dessa forma é gerado um ambiente estratificado devido às diferenças da densidade da água ocasionado pela temperatura (MEIRELES; FRISCHKORN; ANDRADE, 2007). A termoclina dificulta a oxigenação das águas do fundo do reservatório, pois o transporte de OD fica comprometido devido à diferença de densidade e à ação dos ventos.

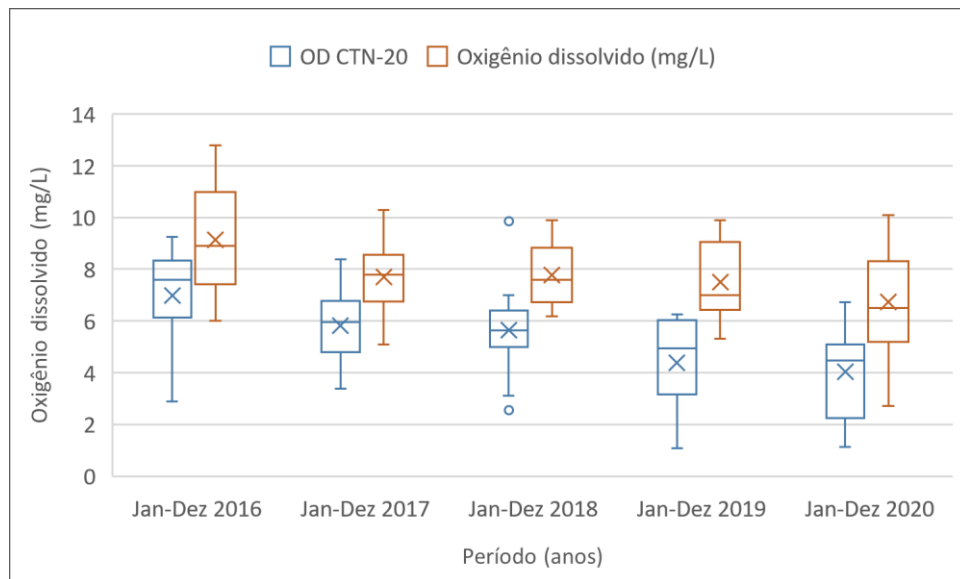
Em Relatório Mensal do Açude Castanhão, foi atribuído maiores concentrações de oxigênio próximo ao fundo, no período seco (julho a dezembro), à estabilidade climática, aos fortes ventos e às menores temperaturas da água (COGERH, 2021). Características que favorecem o aumento da solubilidade do oxigênio e, conseqüentemente, maior oxigenação em toda a coluna de água.

## 5.5 ANÁLISE INTERANUAL

A análise interanual da superfície considerou os grupos CTN-20 e CTNs. Para o fundo do reservatório, considerou-se o reservatório compartimentado em três grupos: grupo A (CTN-08, CTN-20 e CTN-24), grupo B (CTN-03 e CTN-23) e grupo C (CTN-16).

A análise interanual do oxigênio dissolvido na superfície mostrou o CTN-20 com níveis de oxigênio inferiores aos do grupo CTNs (Figura 20). Foi possível observar um acentuado decréscimo dos níveis de oxigênio de ambos os grupos ao longo do período analisado.

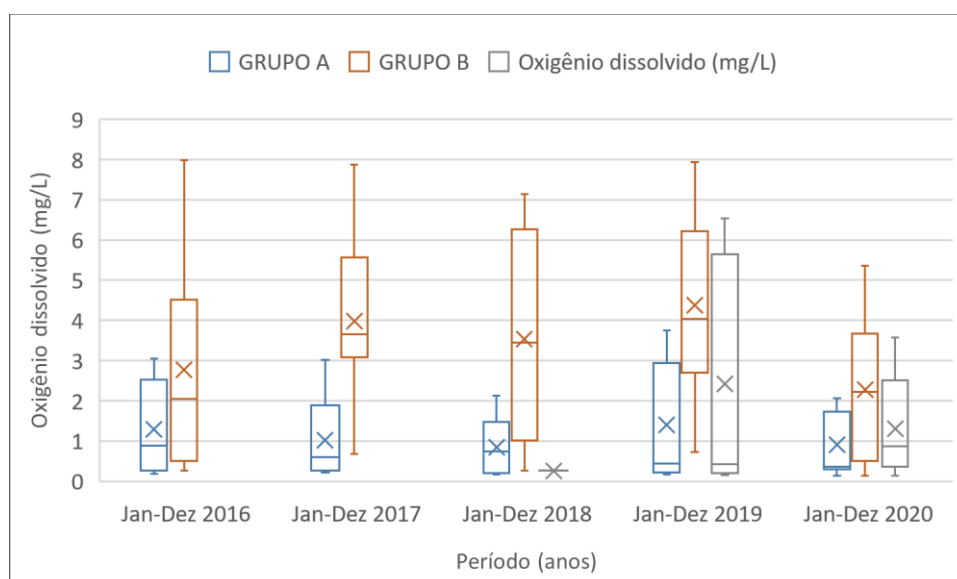
Figura 20. Diagrama de Caixa para oxigênio dissolvido (OD) na superfície, para grupos CTN-20 e CTNS, entre os anos de 2016-2020.



Fonte: Elaborada pela autora, 2021.

Em relação a análise no fundo, o grupo A (CTN-08, CTN-20, e CTN-24) apresentou situação favorável a liberação contínua de fósforo no açude Castanhão, entre os anos de 2016 e 2020. A maioria dos valores de concentração de OD do grupo A são inferiores a  $1,5 \text{ mg. L}^{-1}$  (Figura 21). Conforme Chapra e Canale (1991), as taxas de liberação de fósforo se elevam quando o nível de oxigênio fica abaixo de  $1,5 \text{ mg. L}^{-1}$

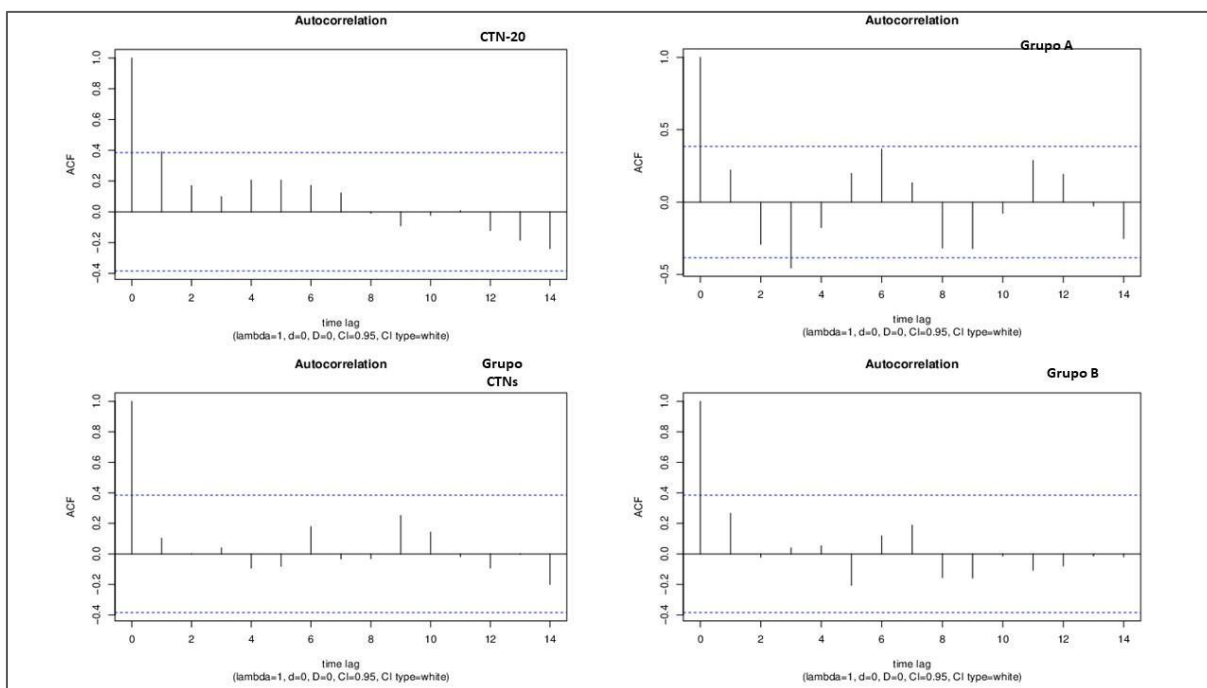
Figura 21. Diagrama de Caixa para oxigênio dissolvido (OD) no fundo para grupo A (CTN-08, CTN-20 e CTN-24); grupo B (CTN-03 e CTN-23) e grupo C (CTN-16), entre os anos de 2016 a 2020.



Fonte: Elaborada pela autora, 2021.

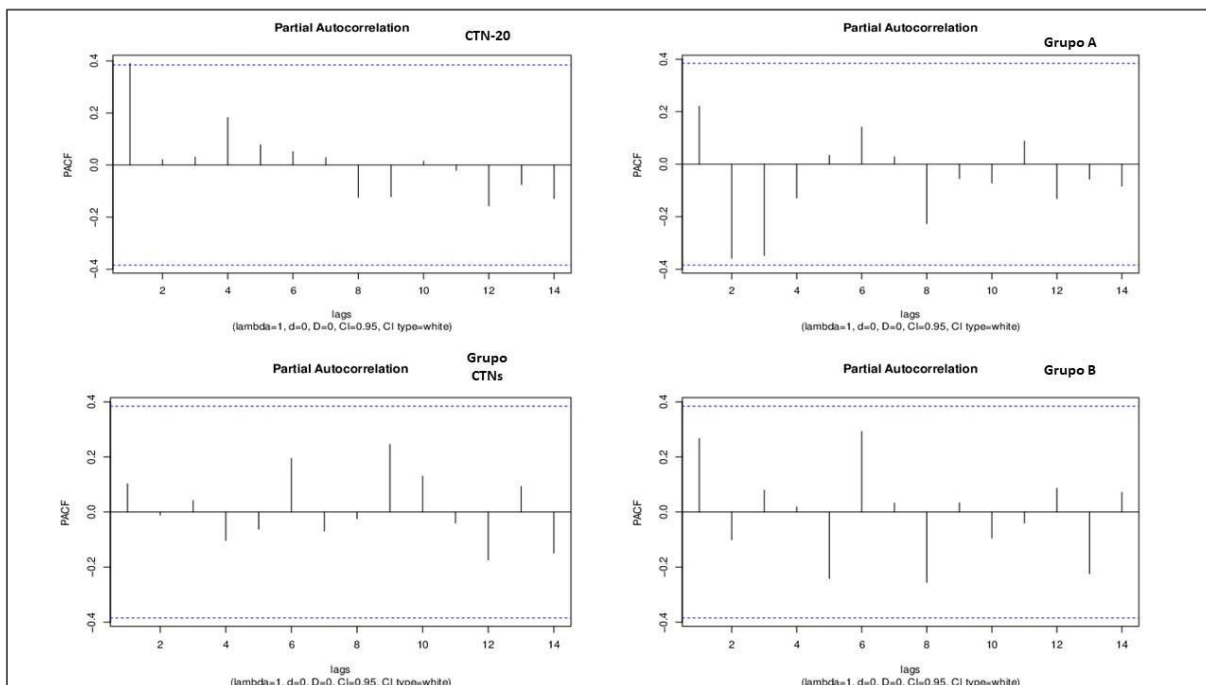
Os resultados da Função de autocorrelação mostraram não haver correlação entre os dados da série histórica de oxigênio dissolvido para os grupos analisados na superfície e no fundo do reservatório. Os resultados da Função de Autocorrelação (Tabelas D-1, D-2, D-3 e D-4) e da Função de Autocorrelação Parcial (D-5, D-6, D-7 e D-8) para cada um dos grupos estão no Anexo D. As figuras 22 e 23 ilustram os gráficos das Funções de Autocorrelação, sendo possível observar que os valores da Função de Autocorrelação Parcial (k) estão dentro do intervalo de confiança ( $\pm 0,37$ ), podendo ser consideradas igual a zero.

Figura 22. Sub-plots com função de autocorrelação para os grupos CTN-20, CTNs, A e B.



Fonte: Elaborada pela autora, 2021.

Figura 23. Sub-plots com função de autocorrelação parcial para os grupos CTN-20, CTNs, A e B.



Fonte: Elaborada pela autora, 2021.

O Teste de Mann-Kendall para os grupos CTN-20 e CTNs (Tabela 3), na superfície, indicou que as concentrações de oxigênio dissolvido apresentaram tendência negativa (Kendall's tau = -0.520 e -0.366, respectivamente). No entanto, as duas tendências não apresentaram significância estatística (p-valor CTN-20 = 1.000 e p-valor CTNs = 0.996 >  $\alpha = 0.01$ , sendo  $\alpha$  o nível de significância).

Tabela 3. Resultado teste de Mann Kendall para série histórica de oxigênio dissolvido na superfície, para grupos CTN-20 e CTNs (CTN-24, CTN-08 e CTN-23).

	MANN-KENDALL		CURVATURA DE SEN
	Kendall's tau	p-value (Two-tailed)	SEN Slope
CTN-20	-0.520	1.000	-0.117
CTNs	-0.366	0.996	-0.119

Fonte: Elaborada pela autora, 2021.

Os resultados do teste de Mann-Kendall para os grupos (A e B) no fundo do reservatório (Tabela 4) indicaram tendência positiva, com (Kendall's tau = 0.003 e 0.182, respectivamente). Entretanto, não houve tendência estatisticamente significativa em nenhum dos grupos (p-valor grupo A = 0.500 e p-valor Grupo B = 0.102 >  $\alpha = 0.01$ , sendo  $\alpha$  o nível de

significância). O Anexo E (Figura E-1, E-2, E-3 e E-4) apresenta os gráficos demonstrando os resultados do Teste de Mann-Kendall para superfície e fundo.

Tabela 4. Resultado teste de Mann-Kendall para série histórica de oxigênio dissolvido no fundo, para grupo A (CTN-08, CTN-20 e CTN-24) e grupo B (CTN-23).

	MANN-KENDALL		CURVATURA DE SEN
	Kendall's tau	p-value (Two-tailed)	SEN Slope
Grupo A	0.003	0.500	0.001
Grupo B	0.182	0.102	0.064

Fonte: Elaborada pela autora, 2021.

## 5.6 RESULTADO DA CORRELAÇÃO

### 5.6.1 Correlação na superfície do Castanhão

O Anexo F (Tabelas F-1, F-2, F-3, F-4, F-5, F-6 e F-7) apresenta os resultados da Função de Correlação, referente à superfície, para cada posto de amostragem (CTN-20, CTN-24, CTN-08, CTN-03, CTN-23 e CTN-16) e para o grupo dos CTNs. Para o posto CTN-16 foi aplicada a Função de Correlação de Pearson, para os demais postos foi utilizado Correlação de Spearman.

O resultado apresentou correlação positiva moderada a forte entre oxigênio dissolvido e pH para os seis postos de amostragem e o grupo dos CTNs. Houve correlação positiva moderada entre oxigênio dissolvido e salinidade para CTN-20, CTN-24 e o grupo CTNs.

Observou-se correlação positiva de moderada a forte entre pH e salinidade nos postos CTN-24, CTN-08, CTN-23, CTN-16 e o grupo CTNs. De acordo com Santos *et al.* (2016), no açude Castanhão, a diminuição do volume do reservatório e a evaporação juntamente com a influência das atividades antrópicas favorece o aumento na concentração de sais e no acúmulo de nutrientes, assim como um aumento do pH.

### 5.6.2 Correlação no fundo do Castanhão

A Função de Correlação de Spearman foi aplicada para cada posto de amostragem (CTN-20, CTN-24, CTN-08, CTN-03, CTN-23 e CTN-16) e para os grupos A e B. Os resultados estão apresentados no Anexo F (Tabelas F-8, F-9, F-10, F-11, F-12, F-13, F-14 e F-15) e serão discutidos a seguir.

Nos postos CTN-20, CTN-24, CTN-08 e no grupo A, foram observadas correlações negativas de moderadas a fortes entre as variáveis profundidade e salinidade; OD e T; e pH e T, exceto para o posto CTN-08 que apresentou fraca correlação entre OD e T. Entre os mesmos postos e grupo, foi constatada correlação positiva forte entre OD e pH.

Para os postos CTN-03, CTN-23 e o grupo B, houve correlação negativa de moderada a forte entre as variáveis (profundidade e salinidade), (profundidade e pH), (profundidade e OD). Entre os mesmos postos e o grupo B, o teste ainda apresentou correlação positiva entre (OD e pH) e (pH e salinidade), o posto CTN-23 não mostrou correlação entre pH e salinidade.

A relação negativa encontrada entre profundidade e OD concorda com os resultados obtidos na análise espacial de OD no fundo do reservatório. Quanto maior a profundidade do reservatório menor a quantidade de oxigênio dissolvido, situação que pode estar relacionada a estratificação do reservatório (CUNHA; FERREIRA, 2013) ou ao processo de decomposição da matéria orgânica que ocasiona queda dos níveis de oxigênio dissolvido na água (LACERDA *et al.*, 2018).

Para o posto CTN-16, foi observado correlação negativa moderada a forte entre (profundidade e salinidade), (pH e temperatura). Houve forte correlação positiva entre as variáveis OD e pH. Ainda houve fraca correlação negativa entre (profundidade e pH) e (OD e temperatura).

## 5.7 RESULTADO DA REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA

Foi aplicada a técnica de Regressão Linear Múltipla às variáveis que apresentaram correlação de moderada a forte com o oxigênio dissolvido na Função de Correlação. Os resultados dos testes usados na validação dos dados estão apresentados no Apêndice B (B-1, B-2, B-3 e B-4).

Em relação ao Teste de White, foi verificado a não validade dos dados para os postos CTN-20, CTN-08, CTN-03 e CTN-16 (superfície), pois os dados não estão em conformidade quanto a homocedasticidade. Os dados na análise de fundo não apresentaram distribuição Normal dos resíduos gerados pelo ajuste da reta para os postos CTN-08, CTN-23, CTN-03 e para o grupo B.

Portanto, as equações estimadas para os respectivos postos que não tiveram as condições exigidas pelo modelo não são consideradas válidas. As equações estimadas para

prever os valores médios de oxigênio dissolvido na superfície e no fundo do Castanhão estão ilustradas nas tabelas 5 e 6.

Tabela 5. Resultado do Teste de Regressão Linear Múltipla para cada posto de amostragem e para o grupo CTNs analisados na superfície do Castanhão.

Posto	R	R <sup>2</sup>	ESTATÍSTICA F	df1	df2	p	
CTN-20	0.692	0.479	18.8	2	41	<.001	Y (OD) = -11,435066 + 2,239452 Ln (SALINIDADE) + 2,677274 pH
CTN-24	0.816	0.6662	83.8	1	42	<.001	Ln (Y (OD)) = -2,173391 + 0,506591 pH
CTN-08	0.777	0.5961	61.9	1	42	<.001	Y (OD) CTN 08 = -19,907237 + 3,371919 pH
CTN-23	0.885	0.782	151.1	1	42	<.001	Y (OD) = -22,071682 + 3,601800 pH
CTN-03	0.694	0.482	39.1	1	42	<.001	Y (OD) = -12,526590 + 2,500567 (pH)
CTN-16	0.559	0.312	9.09	1	20	<.001	Y (OD) = -6,465909 + 1,583531 (pH)
MÉDIA CTNs	0.810	0.653	80.2	1	42	<.001	Ln (OD) = -4,856164 + 3,266784 Ln (pH)

Fonte: Elaborada pela autora, 2021.

As equações estimadas, para os postos CTN-24, CTN-23 e o grupo dos CTNs estão exemplificadas, respectivamente, nas equações 11, 12 e 13. A variável preditora é capaz de explicar a variância do oxigênio dissolvido na superfície do reservatório, respectivamente, 66,7%; 78,2% e 65,3%.

$$\text{Ln (OD)} = -2,173391 + 0,506591 \text{ pH} \quad (11)$$

$$\text{(OD)} = -22,071682 + 3,601800 \text{ pH} \quad (12)$$

$$\text{Ln (OD)} = -4,856164 + 3,266784 \text{ Ln (pH)} \quad (13)$$

Conforme as equações obtidas, a variação de OD pode ser esclarecida pela variação de pH. Essa relação pode ser explicada pelo consumo de gás carbônico dissolvido na água pelos organismos produtores para formação de O<sub>2</sub>. A retirada do gás carbônico da água proporciona o aumento do pH (LEMOS, 2011). Quanto mais intenso o processo de fotossíntese no reservatório, maior será o pH na superfície do reservatório (FUNCEME, 2003).

Tabela 6. Resultado do Teste de Regressão Linear Múltipla para cada posto de amostragem e para os grupos (A e B) analisados no fundo do Castanhão.

Posto	R	R <sup>2</sup>	ESTATÍSTICA F	df1	df2	p	
CTN-20	0.746	0.557	25.1	2	40	<.001	Ln (Y (OD)) = 7,058217 + 1,702287 pH - 0,709272 T
CTN-24	0.711	0.506	42.1	1	41	<.001	Ln (Y (OD)) = 27,438497 - 1,002898 T
CTN-08	0.644	0.415	29.1	1	41	<.001	Ln (Y (OD)) = -26,389248 + 13,031925 Ln (pH)
CTN-23	0.749	0.562	52.5	1	41	<.001	Ln (Y (OD)) = -32,741670 + 16,392858 Ln (pH)
CTN-03	0.539	0.291	16.8	1	41	<.001	Y (OD) = -14,220157 + 2,333493 pH
CTN-16	0.738	0.545	23.9	1	20	<.001	Ln (Y (OD)) = -11,916179 + 1,573491 pH
MÉDIA GRUPO A	0.748	0.5599	25.45	2	40	<.001	Ln (Y (OD)) = 9,064321 + 1,345629 pH - 0,684685 T
MÉDIA GRUPO B	0.765	0.586	58.03	1	41	<.001	Y (OD) = -27,266994 + 4,012601 pH



Fonte: Elaborada pela autora, 2021.

As equações estimadas para os postos CTN-20, CTN-24, CTN-16 e o grupo A estão exemplificadas, respectivamente, nas equações 14, 15, 16 e 17. As variáveis preditoras conseguem explicar a variância do oxigênio dissolvido no fundo do reservatório, respectivamente, 55,7%; 50,6%, 54,5% e 56,0%.

$$\ln(OD) = 7,058217 + 1,702287 \text{ pH} - 0,709272 T \quad (14)$$

$$\ln(OD) = 27,438497 - 1,002898 T \quad (15)$$

$$\ln(OD) = -11,916179 + 1,573491 \text{ pH} \quad (16)$$

$$\ln(OD) = 9,064321 + 1,345629 \text{ pH} - 0,684685 T \quad (17)$$

As equações estimadas para previsão do OD no fundo do reservatório além do pH possuem a T como variável influenciadora do comportamento do OD. A temperatura foi uma variável preditora importante para estimar a variação de OD apenas no fundo do reservatório. A temperatura da água é um fator que influencia a maioria dos processos físicos, químicos e biológicos na água. Uma elevada temperatura diminui a solubilidade dos gases, por exemplo, oxigênio dissolvido.

A superfície de um reservatório passa por movimentos de agitação devido à energia gerada pelo vento proporcionando sua oxigenação, diferente do que ocorre no restante do reservatório. Segundo Esteves (2011), em lagos tropicais o perfil vertical é determinado, sobretudo, pela alta temperatura e pelas características morfométricas do lago, que favorecem ou dificultam a ação do vento. Conseqüentemente, os lagos tropicais apresentam déficits de oxigênio, principalmente, no fundo que não sofrem influência da ação dos ventos.

Os resultados encontrados se comparam aos encontrados por Lima (2019), em que a concentração semestral de oxigênio dissolvido (OD), no reservatório Acarape do Meio, variou em função do pH e da temperatura ( $R = 0,954$ ).

Estudo em reservatórios de Taiwan, para avaliar o estado trófico da água a partir da variação de clorofila, os modelos de Regressão Linear Múltipla apresentaram valores de  $R^2$  todos acima de 0,5. Os modelos de RLM apresentaram como variáveis dependentes fósforo

total, oxigênio dissolvido, temperatura da água, fósforo, nitrogênio amoniacal (HUNG et al. 2021).

## 5.8 SÍNTESE DOS RESULTADOS

Na análise espacial na superfície da água, foram observados valores de OD, nos seis postos analisados, acima de 6,0 mg. L<sup>-1</sup>, conforme o recomendado para criação da tilápia do Nilo e com a resolução CONAMA 357/2005 (OD > 5,0 mg. L<sup>-1</sup> para águas doces de classe 2).

Em relação ao fundo do reservatório, os postos CTN-08, CTN-20 e CTN-24 apresentaram as menores concentrações de OD. As baixas concentrações de OD observadas nesses postos podem estar relacionadas à maior profundidade do reservatório nessa região. Diante dos baixos valores de OD, principalmente na região dos postos CTN-08, CTN-20 e CTN-24, e as condições de pH existentes no reservatório é possível haver liberação de fósforo do sedimento do açude Castanhão. Os perfis de temperaturas apresentaram pequenas variações entre temperatura de superfície e de fundo. Não é possível concluir a condição de estratificação do açude Castanhão a partir das análises realizadas nesse trabalho.

Diante das análises estatísticas, foi possível agrupar os postos analisados em dois grupos nas análises de superfície – CTN-20 e CTNs – e em três grupos nas análises de fundo – grupo A (CTN-20, CTN-24 e CTN-08), grupo B (CTN-23 e CTN-03) e grupo C (CTN-16).

A análise sazonal para superfície não apresentou diferenças significativas entre estações chuvosa e seca para os grupos CTN-20 e CTNs. A análise sazonal no fundo mostrou que o reservatório é mais degradado na estação chuvosa, devido à menor disponibilidade de OD. Resultado possivelmente relacionado à entrada de matéria orgânica trazida pelas águas das chuvas e pela estratificação térmica que dificulta a oxigenação das águas do fundo do reservatório.

A análise interanual do OD na superfície mostrou o CTN-20 com níveis de oxigênio inferiores aos do grupo CTNs. Observou-se um acentuado decréscimo dos níveis de OD de ambos os grupos ao longo do período analisado. Em relação a análise no fundo, observou-se potencial para liberação de fósforo do sedimento para a coluna d'água na região do grupo A, entre os anos de 2016 e 2020.

A Regressão Linear Múltipla apresentou T e pH como bons preditores da variação do OD. As equações estimadas são capazes de explicar para os postos CTN-24, CTN-23 e o grupo dos CTNs a variância do OD, respectivamente, 66,7%; 78,2% e 65,3%. Para o fundo, as variáveis preditoras do OD foram T e pH. As equações estimadas para os postos CTN-20, CTN-

24, CTN-16 e o grupo A, conseguem explicar a variância do OD no fundo do reservatório, respectivamente, 55,7%; 50,6%, 54,5% e 56,0%.

## 6 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Por meio da análise espacial, o grupo A (CTN-08, CTN-20 e CTN-24) apresentou menor concentração de oxigênio dissolvido. Verificou-se que esse grupo é formado pelos postos mais profundos do reservatório. Os baixos níveis de oxigênio nos postos do grupo A podem estar relacionados ao processo de estratificação térmica e à entrada de nutrientes de atividades antrópicas que desencadeia um processo de eutrofização.

A análise sazonal para os dados de fundo mostrou que o reservatório é mais degradado na estação chuvosa, pois as concentrações de oxigênio dissolvido foram inferiores nesse período. Provavelmente, essa situação é decorrente de matéria orgânica de entradas fluviais, podendo também estar relacionada com a estratificação térmica do reservatório.

A análise interanual apresentou uma acentuada diminuição nas concentrações de oxigênio dissolvido na superfície do reservatório entre os anos de 2016 e 2020. Em relação aos dados de fundo do reservatório, para o grupo A, é possível ter ocorrido contínua liberação de fósforo do sedimento para a coluna de água durante todo o período analisado.

O Teste de Regressão estimou equações que apresentaram o pH como preditora da variação do OD na superfície do reservatório. Para o fundo, as variáveis preditoras do OD foram T e pH. Em lagos tropicais, a temperatura com as características morfométricas influenciam a ação do vento e, conseqüentemente, a distribuição de oxigênio na coluna de água.

Este estudo é importante, para a gestão pública dos recursos hídricos, por apresentar uma proposta metodológica que possibilita o agrupamento dos postos de amostragem. Dessa forma, é possível reduzir tempo e custos nas análises de qualidade de água do reservatório Castanhão, podendo ser replicada para outros reservatórios da região semiárida.

Como recomendação a trabalhos futuros, aponta-se desenvolver e validar os modelos de regressão linear múltipla encontrados nesta pesquisa para superfície e fundo do Castanhão, bem como aprofundar a análise espacial, considerando as correlações entre oxigênio dissolvido, potencial hidrogeniônico e temperatura. Sendo necessário ainda realizar a identificação e caracterização de períodos de estratificação do reservatório. Dentre os indicadores físicos, pode-se citar o índice de estabilidade de Schmidt, o número de Richardson e o lake number.

## REFERÊNCIAS

ADDINSOFT. **XLSTAT Statistical and Data Analysis Solution**. New York, USA, 2021. Disponível em: <https://www.xlstat.com>. Acesso em: 28 jul. 2021.

AVELINO, I. I. F. **Estudos Ambientais em Bacias Hidrográficas: a Utilização do Modelo Força Motriz, Pressão, Estado, Impacto e Resposta**. 2019. 81f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) –Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 2019. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/45145>. Acesso em: 10 out. 2021.

BARROSO, G. R.; PINHEIRO, W. F.; PEREIRA, A. A. Avaliação da Qualidade da Água Do Reservatório da Usina Hidrelétrica de Nova Ponte e sua Relação com o Volume de Água do Reservatório. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 12, n. 2, p.91-109, 2018. Disponível em: <https://revista.ufr.br/rga/article/view/5158/2547>. Acesso em: 20 nov. 2021.

BLAIN, G. C. Detecção de Tendências Monótonas em Séries Mensais de Precipitação Pluvial do Estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 69, n. 4, p1027-1033, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/a/LkKYwjtpfnC3xCpXbcZ5znm/?format=pdf>. Acesso em: 27 ago. 2021.

BRASIL. Resolução CONAMA, 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, além de estabelecer as condições e padrões de lançamento de efluentes. Diário Oficial da União, Brasília, DF, nº 53, 18 mar. 2005. Seção 1, p. 58-63. Disponível em: <http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=58&data=18/03/2005>. Acesso em: 22 nov. 2021.

BRITO, D.; RAMOS, T. B.; GONÇALVES, M. C.; MORAIS, M.; NEVES, R. Integrated modelling for water quality management in a eutrophic reservoir in south-eastern Portugal. **Environmental Earth Sciences**, v. 77, n. 2, p. 1-15, 2018. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12665-017-7221-5>. Acesso em: 10 out. 2020.

CAGOL, L.; ZADINELO, I. V.; BALDAN, L. T.; BALLESTER, E. L. C.; PONTES, T. C.; SANTOS, L. D. Concentrações letais de fósforo na água para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Acta Iguazu**, v. 5, n. 3, p. 71-82, 2016. Disponível em: <http://e-revista.unioeste.br/index.php/actaiguazu/article/view/15847/10756>. Acesso em: 14 fev. 2021.

CATELMO, N. F.; FERREIRA, D. F. Desempenho de Testes de Normalidade Multivariados Avaliado por Simulação Monte Carlo. **Ciências e Agrotecnologia**, v. 31, n. 6, p. 1630-1636, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/KWgjCPYHgVxVCStqB8JBHTD/?lang=pt> Acesso em: 04 nov. 2021.

CAVALCANTE, H.; ARAUJO, F.; BECKER, V.; BARBOSA, J. E.L. Internal phosphorus loading potential of a semiarid reservoir: an experimental study. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 33, n. 6, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/alb/a/v8Q6FtY8M9DwWtPFtpWRVnw/?lang=en>. Acesso em: 31 jul. 2021.

CAVALCANTE, H., ARAÚJO, F.; BECKER, V. Phosphorus dynamics in the water of tropical semiarid reservoirs in a prolonged drought period. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v.30, n. 1, p. e105, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/alb/a/yBwsXZ5zcMSJQNnj7QrNtxD/?lang=en>. Acesso em: 22 nov. 2021.

CHAPRA, S. C.; CANALE, R. P. Long-term phenomenological model of phosphorus and oxygen for stratified lakes. **Water Research**, v. 25, n. 6, p. 707-715, 1991.

COGERH - Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos. **Relatório mensal de qualidade do açude Castanhão - janeiro**. FORTALEZA: COGERH, 2021.

COGERH - Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos. **Inventário ambiental do açude Castanhão**. Volume único. FORTALEZA: COGERH, 2011.

CUNHA, C.; FERREIRA, M. Simulação numérica do comportamento térmico do reservatório do Rio Verde. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.18, n.1, p. 83-93, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/LFk3HkQXRyHjfcx4HMqTnNR/?lang=pt#>. Acesso em: 02 nov.2021.

CUNHA, R. W.; GARCIA JR., M. D. N.; ALBERTONI, E. F.; SILVA, C. P. Qualidade de água de uma lagoa rasa em meio rural no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.7, p. 770-779, 2013.

DEVORE, J. L. **Probabilidade e estatística: para engenharia e ciências**; tradução Joaquim Pinheiro Nunes da Silva. São Paulo: Cengage Learning, 2006.

DING S.; HAN C.; WANG Y.; YAO L.; WANG Y.; XU D.; SUN Q. WILLIAMS P.N.; ZHANG C. In situ, highresolution imaging of labile phosphorus in sediments of a large eutrophic lake. **Jornal Water Research**. v. 74, n. 7, p.100-109, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135415000810>. Acesso em: 29 jul. 2021.

DNOCS - Departamento Nacional de Obras Contra as Secas. **Relatório de Gestão: Exercício**, 2010. Acesso em: 14 abr. 2016.

\_\_\_\_\_. **Açude Castanhão**. Disponível em: <https://www.gov.br/dnocs/pt-br>. Acesso em: 14 jul. 2021.

ESTEVEZ, F.A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2011. 826p.

FERREIRA, K. C. D.; LOPES, F. B.; ANDRADE, E. M.; MEIRELES, A. C. M.; SILVA, G. S. Adaptação do índice de qualidade de água da National Sanitation Foundation ao semiárido brasileiro. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 46, n. 2, p. 277-286, 2015.

FIA, R.; TADEU, H. C.; MENEZES, J. P. C.; FIA, F. R. L.; OLIVEIRA, L. F. C. Qualidade da água de um ecossistema lótico urbano. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 20, n. 1, p. 267-275, 2015.

FREIRE, R. H. F.; CALIJURI, M. C.; SANTAELLA, S. T. Longitudinal patterns and variations in water quality in a reservoir in the semiarid region of NE Brazil: responses to hydrological and climatic changes. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 21, n. 2, p. 251-262, 2009. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/236159340\\_Longitudinal\\_patterns\\_and\\_variations\\_in\\_water\\_quality\\_in\\_a\\_reservoir\\_in\\_the\\_semiarid\\_region\\_of\\_NE\\_Brazil\\_Responses\\_to\\_hydrological\\_and\\_climatic\\_changes](https://www.researchgate.net/publication/236159340_Longitudinal_patterns_and_variations_in_water_quality_in_a_reservoir_in_the_semiarid_region_of_NE_Brazil_Responses_to_hydrological_and_climatic_changes). Acesso em: 21 nov. 2021.

FREIRE, L. L.; COSTA, A. C.; LIMA NETO, I. E. Spatio-temporal patterns of river water quality in the semiarid Northeastern Brazil. **Water Air And Soil Pollution**, v. 232, p. 452, 2021.

FUNCEME- Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Estudo da qualidade das águas em reservatórios superficiais da bacia metropolitana**. Fortaleza: Governo do Estado do Ceará, 2002. Disponível em: <http://www.funceme.br/wp-content/uploads/2019/02/PROJETO-ESTUDO-DA-QUALIDADE-DAS-%C3%81GUAS-EM-RESERVAT%C3%93RIOS-SUPERFICIAIS-DA-BACIA-METROPOLITANA.pdf>. Acesso em: 07 nov. 2021.

GAUDIO, A. C.; ZADONADE, E. Proposição, Validação E Análise Dos Modelos Que Correlacionam Estrutura Química E Atividade Biológica. **Química Nova**, v. 24, n.5, p.658-671, 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/bmMxk68vrMfHVzLqsbBbjdF/?lang=pt&format=pdf>. Acesso: 19 nov. 2021.

HUNG, C.; HSIEH, L. C. Analysis of Factors Influencing the Trophic State of Drinking Water Reservoirs in Taiwan. *Water (Basel)*. v.13.22. 2021. Disponível em: <https://www.periodicos-capes-gov-br.ez373.periodicos.capes.gov.br/index.php/buscaador-primo.html>. Acesso em 07 jan. 2022.

KINGDOM, **Calculadora de Teste de Regressão Linear Simples** [Internet]. Software de Estatística Livre (2017). Disponível em: [http://www.statskingdom.com/170median\\_mann\\_whitney.html](http://www.statskingdom.com/170median_mann_whitney.html).

KIRCHNER, R. M.; SOUZA, R. C.; ZIEGELMANN, F. A. Identificação de Estruturas não-Lineares de Séries Temporais através de Regressão Linear Local e Modelos Aditivos. **Pesquisa Operacional**, v.28, n.1, p.45-57, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pope/a/tYnFrzfCRvw5gDLrwyfn7kM/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 16 nov. 2021.

KUBITZA, F. Qualidade da água na produção de peixes – Parte III. **Panorama da Aqüicultura**, v. 23, n. 137, p. 14-23, 2013. Disponível em: [http://www.acquaimagem.com.br/docs/Pan137\\_Kubitza.pdf](http://www.acquaimagem.com.br/docs/Pan137_Kubitza.pdf). Acesso em: 28 jul. 2021.

LACERDA, L. D.; SANTOS, J. A.; MARINS, R. V.; SILVA, F. A.T.F. Limnology of the largest multi-use artificial reservoir in NE Brazil: The Castanhão Reservoir, Ceará State. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 90, n. 2 [supl. 1], p. 2073-2096, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aabc/a/XsTN9KB3dpNYM5n6wBSw4Sc/?lang=en>. Acesso em: 26 jul. 2021.

- LEMOS, W. E. D. **Monitoramento e Gestão da Qualidade da Água em Reservatórios Incorporando Processos Hidrodinâmicos e Climáticos de Regiões Tropicais Semiáridas**. 2018. 164 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 2018. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/575>. Acesso em: 10 nov. 2021.
- LIMA, G. R. R. **Indicadores de Qualidade de Água nos Reservatórios Acarape do Meio e Gavião**. 2019. 78f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil: Saneamento Ambiental) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE. 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/45177>. Acesso em: 07 jan. 2022.
- LIMA NETO, I. E.; MEDEIROS, P. H. A.; COSTA, A. C.; WIEGAND M. C.; BARROS, A. R. M.; BARROS, M. U. G. Assessment of Phosphorus Loading Dynamics in a Tropical Reservoir with High Seasonal Water Level Changes. **The Science of the Total Environment**, v. 815, p. 152875, 2022. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez373.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0048969721079547#!>. Acesso em: 12 jan. 2022.
- LIU, M.; ZHANG, Y.; SHI, K.; ZHU, G.; WU, Z.; LIU, M.; ZHANG, Y. Thermal Stratification Dynamics in a Large and Deep Subtropical Reservoir Revealed by High-frequency Buoy Data. **The Science of the total environment**, v. 651, n.7, p.614-624, 2019.
- LUO, Y.; FICKLIN, D. L., LIU, X.; ZHANG, M. Assessment of Climate Change Impacts on Hydrology and Water Quality with a Watershed Modeling Approach. **The Science of the Total Environment**, v. 450-451, p. 72-82, 2013. Disponível em: <https://www-periodicos-capes-gov-br.ez373.periodicos.capes.gov.br/index.php/buscaador-primo.html>. Acesso em: 22 nov. 2021.
- MARENGO, J. A.; TORRES, R. R.; ALVES, L. M. Drought in Northeast Brazil – past, present, and future. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 129, n. 3, p. 1189–1200, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00704-016-1840-8>. Acesso em: 09 jul. 2021.
- MEIRELES, A. C. M.; FRISCHKORN, H.; ANDRADE, E. M. Sazonalidade da qualidade das águas do açude Edson Queiroz, bacia do Acaraú, no semiárido cearense. **Ciência Agrônômica**. v. 38, n. 1, p. 25-31, 2007 Disponível em: <http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/145/140>. Acesso em: 19 nov. 2021.
- MOURA, D. S.; LIMA NETO, I. E.; CLEMENTE, A.; OLIVEIRA, S.; PESTANA, C. J.; MELO, M. A.; CAPELO-NETO, J. Modeling phosphorus exchange between bottom sediment and water in tropical semiarid reservoirs. **Chemosphere**, v. 246, n. 9, p. 125686, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653519329261>. Acesso em: 30 jul. 2021.
- PAULINO, W. D.; TEIXEIRA, F. J. C. A questão ambiental e a qualidade da água nas bacias hidrográficas do Nordeste. In: Centro de Gestão e Recursos Estratégicos; Agência Nacional de Água (org.) **A Questão da Água no Nordeste**. Brasília, DF: CGEE, 2012. 432 p. Disponível em:



<https://livroaberto.ibict.br/bitstream/1/669/4/A%20quest%C3%A3o%20da%20C3%A1gua%20no%20Nordeste.pdf>. Acesso em: 08 jul. 2021.

PILZ, T. DELGADO, J. M.; VOSS, S.; VORMOOR, K.; FRANCKE, T.; COSTA, A. C.; MARTINS, E.; BRONSTERT, A. Seasonal drought prediction for semiarid northeast Brazil: what is the added value of a process-based hydrological model? **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 23, n. 4, p. 1951-1971, 2019. Disponível em: <https://hess.copernicus.org/articles/23/1951/2019/>. Acesso em: 30 jul. 2021.

PIMENTA, A. M.; ALBERTONI, E. F.; PALMA-SILVA, C. Characterization of water quality in a small hydropower plant reservoir in southern Brazil. **Lakes & Reservoirs: Research & Management**, v. 17, n. 4, p. 243-251, 2012. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/lre.12007>. Acesso em: 15 out. 2020.

PONTES, A. C. F. **Obtenção dos Níveis de Significância para os testes de Kruskal-Wallis, Friedman e comparações múltiplas não paramétricas**. 2000. 140 f. Tese (Mestrado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2000. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11134/tde-15032002-093020/en.php>. Acesso em: 25 jul. 2021.

RAULINO, J. B. S.; SILVEIRA, C. S.; LIMA NETO, I. E. Assessment of climate change impacts on hydrology and water quality of large semi-arid reservoirs in Brazil. **Hydrological Sciences Journal**, v. 66, n 8, p. 1321–1336, 2021.

ROCHA, M. J. D.; LIMA NETO, I. E. Phosphorus Mass Balance and Input Load Estimation from the Wet and Dry Periods in Tropical Semiarid Reservoirs. **Environmental Science and Pollution Research**, p. 1, 2021.

ROCHA, M. De J. D.; LIMA NETO, I. E. Modeling Flow-related Phosphorus Inputs to Tropical Semiarid Reservoirs. **Journal of Environmental Management**, v. 295, p. 113123, 2021. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez373.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0301479721011853?via%3DiHub>. Acesso em: 11 jan. 2022.

ROLIM, H. de O.; NUNES, A. B. de A.; NASCIMENTO, F. J. de S. C.; CHAVES, J. R. Proposal of a trophic state index in semiarid reservoirs using data of the Banabuiú Basin, state of Ceará, Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 31, e. 26, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/alb/a/BndQhW7Myxc933KVTkDmzqC/?lang=en>. Acesso em: 21 nov. 2021.

SANTOS, J. A.; OLIVEIRA, K. F.; ARAUJO, I. C. S.; AVELINO, I. I. F. A.; CAJUI, K. N. S.; LACERDA, L. D.; MARINS, R. V. Phosphorus partitioning in sediments from a tropical reservoir during a strong period of drought. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 23, n. 23, p. 24237-24247, 2016. Disponível em: <https://doi-org.ez373.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s11356-016-7629-6>. Acesso em: 30 jul. 2021.

SANTOS, J. A.; MARINS, R. V.; AGUIAR, J. E.; CHALAR, G.; SILVA, F. A. T. F.; LACERDA, L. D. Hydrochemistry and trophic state change in a large reservoir in the Brazilian northeast region under intense drought conditions. **Journal of Limnology**, v. 76,

n.1, p. 41-51, 2017. Disponível em: <https://www.proquest.com/docview/2417695901?pq-origsite=gscholar&fromopenview=true>. Acesso em: 08 jul. 2021.

SILVA, P. C. G.; MOURA, M. S. B.; KIILL, L. H. P.; BRITO, L. T. L.; PEREIRA, L. A.; SA, I. B.; CORREIA, R. C.; TEIXEIRA, A. H. C.; CUNHA, T. J. F.; GUIMARÃES FILHO, C. Caracterização do Semiárido brasileiro: fatores naturais e humanos. In: SA, I. B.; SILVA, P. C. G. (eds). **Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. 402 p.

SILVA, G. F.; MACIEL, L. M.; DALMASS, M. V.; GONÇALVES, M. T. **Tilápia-do-Nilo: Criação e cultivo em viveiros no estado do Paraná**. Curitiba: GIA, 2015. 290 p. Disponível em: <https://gia.org.br/portal/wp-content/uploads/2017/12/Livro-pronto.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2021.

SØNDERGAARD, M.; JENSEN, J. P.; JEPPESEN, E. Role of sediment and internal loading of phosphorus in shallow lakes. **Hydrobiologia**, v. 506, n. 1, p. 135-145, 2003. Disponível em: <http://search-ebshost-com.ez373.periodicos.capes.gov.br/login.aspx?direct=true&db=fsr&AN=14973896&lang=pt-br&site=ehost-live>. Acesso em: 29 jul. 2021.

SOUZA, M. J. N.; MENELEU NETO, J.; CRUZ, M. L. B.; OLIVEIRA, V. P. V. Prognóstico da Gestão Ambiental da Área de Influência Direta do Açude Castanhão. In: MEDEIROS, C. N.; GOMES, D. D. M.; ALBUQUERQUE, E. L. S.; CRUZ, M. L. B. (Org). **Os Recursos Hídricos do Ceará: Integração, Gestão e Potencialidades**. Fortaleza: IPECE, 2011. 268 p. Disponível em: [https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2015/02/Recursos\\_Hidricos\\_do\\_Ceara.pdf](https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2015/02/Recursos_Hidricos_do_Ceara.pdf). Acesso em: out. 2021.

TAKAHASHI, L. D. S.; SILVEIRA, C. S.; VASCONCELOS, F. C. V. J. Escassez de Água e Seus Impactos Socioeconômicos na Piscicultura Familiar em Tanques-redes no Açude Castanhão no Município de Jaguaribara no Ceará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 5, p. 2476-2490, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/243570> Acesso em: 27 jul. 2021.

THE JAMOVI PROJECT. **Jamovi**. (Version 1.6) [Computer Software], 2021. Disponível em: <https://www.jamovi.org>. Acesso em: 27 jul. 2021.

VICENTE, I. S.; FONSECA-ALVES, C. E. Impact of Introduced Nile tilapia (*Oerochromis niloticus*) on Non-native Aquatic Ecosystems. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 16, n. 3, p. 121-126, 2014. Disponível em: <https://europepmc.org/article/med/24171273>. Acesso em: 22 jun. 2021.

ZHANG, Y.; WU, Z.; LIU, M.; HE, J.; SHI, K.; ZHOU, Y.; WANG, M.; LIU, X. Dissolved oxygen stratification and response to thermal structure and long-term climate change in a large and deep subtropical reservoir (Lake Qiandaohu, China). **Water Research**, v. 75, n. 8, p. 249-258, 2015. Disponível em: <https://www-sciencedirect.com.ez373.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0043135415001256>. Acesso em 18 nov. 2021.

YONGMEI, MIAO et al. Cyanobacteria-/cyanotoxin-contaminations and eutrophication status before Wuxi Drinking Water Crisis in Lake Taihu, China. **Journal of Environmental**

**Sciences**, v. 23, n. 4, p. 575-581, 2011. Disponível em:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1001074210604500> Acesso em: 08 nov. 2020.

WESSA, P. **Função de Autocorrelação Parcial** (v1.0.15) Software de Estatística Livre (v1.2.1), Office for Research Development and Education (2017). Disponível em: URL [http://www.wessa.net/rwasp\\_autocorrelation.wasp/](http://www.wessa.net/rwasp_autocorrelation.wasp/)

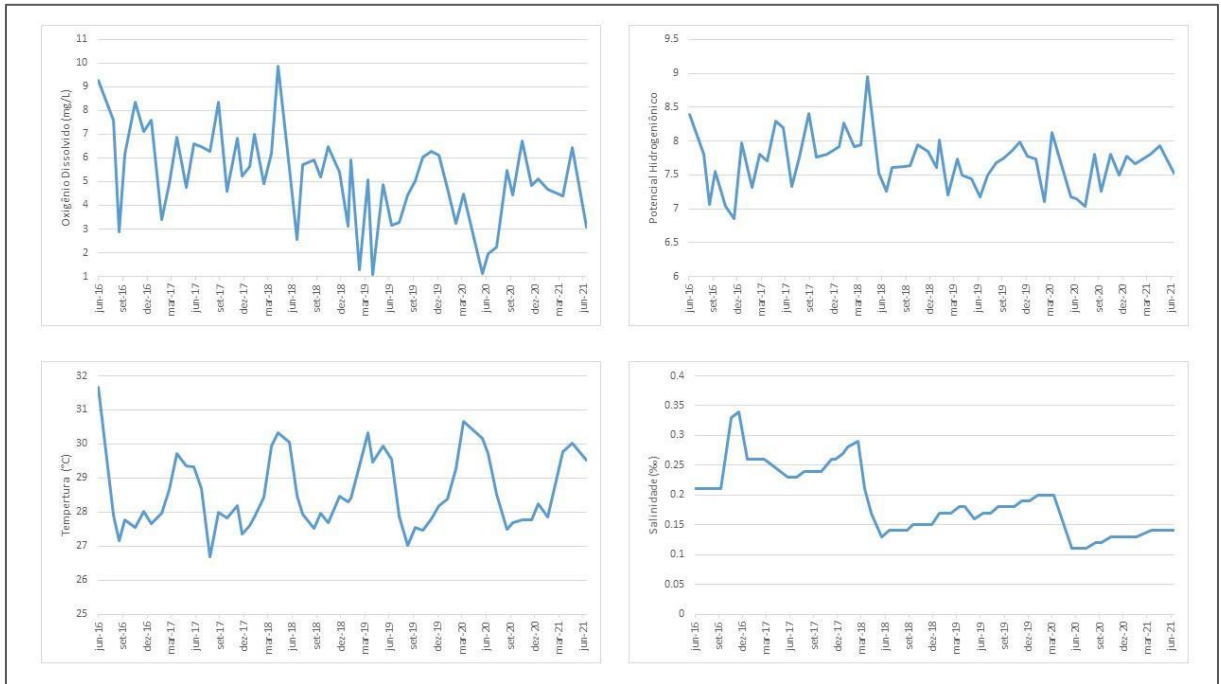
WIEGAND, M. C.; NASCIMENTO, A. T. P.; COSTA, A. C.; LIMA NETO, I. E. Trophic state changes of semi-arid reservoirs as a function of the hydro-climatic variability. **Journal Of Arid Environments**, v. 184, n. 1, p. 104321, 2021. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez373.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0140196320302202?via%3Di> hub. Acesso em: 21 nov. 2021.

WILLIAMS, G. P.; OBREGON, O.; NELSON, E. J.; MILLER, W.; BORUP, M. B.; BUAHIN, C. Sensitivity of water quality indicators in a large tropical reservoir to selected climate and land-use changes. **Lakes & Reservoirs: Research & Management**, v. 19, n. 4, p. 293-305, 2014. Disponível em:  
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10402381.2015.1029151>. Acesso em: 18 out. 2020.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A – SÉRIES HISTÓRICAS DAS VARIÁVEIS ANALISADAS

Gráfico A-1. Sub-plots com as séries históricas OD, pH, T e salinidade para o posto CTN-20 na superfície do Castanhão.



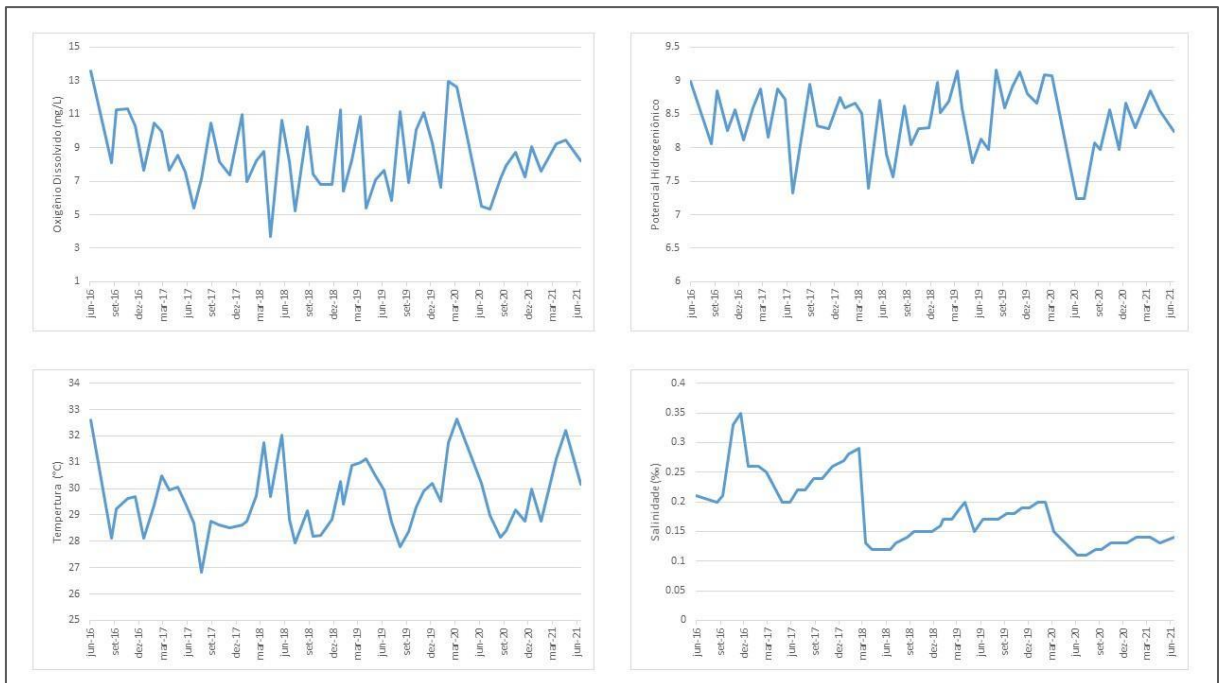
Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Gráfico A-2. Sub-plots com as séries históricas OD, pH, T e salinidade para o posto CTN-24 na superfície do Castanhão.



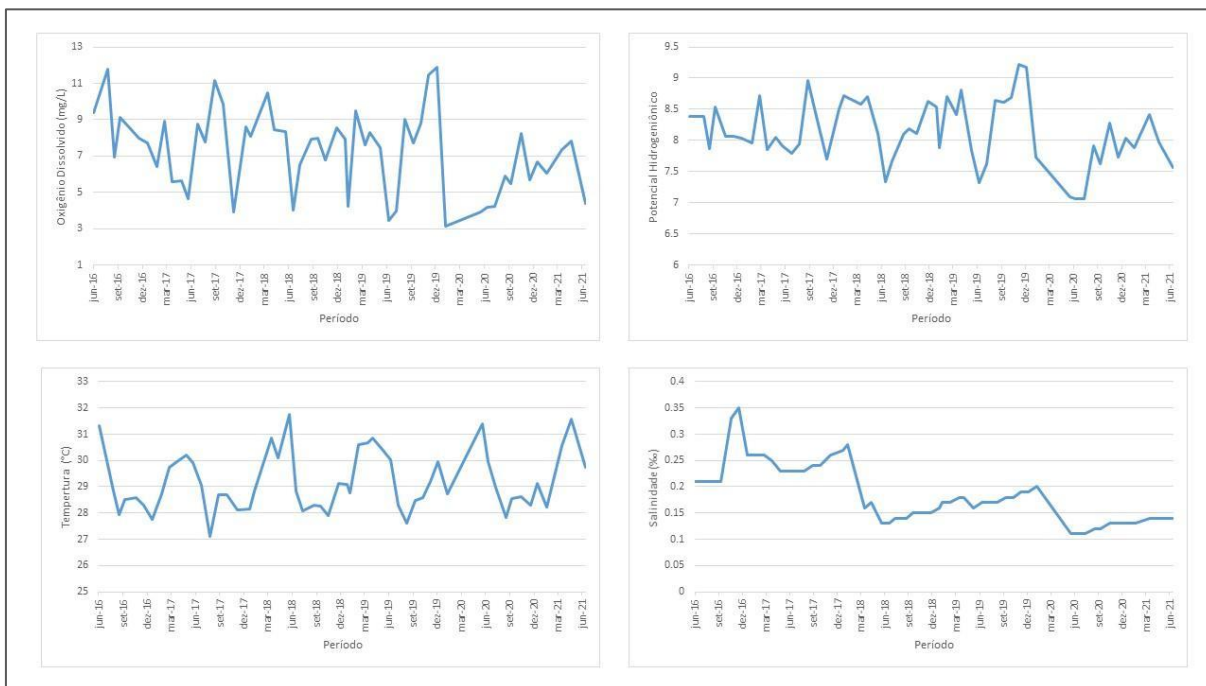
Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Gráfico A-3. Sub-plots com as séries históricas OD, pH, T e salinidade para o posto CTN-08 na superfície do Castanhão.



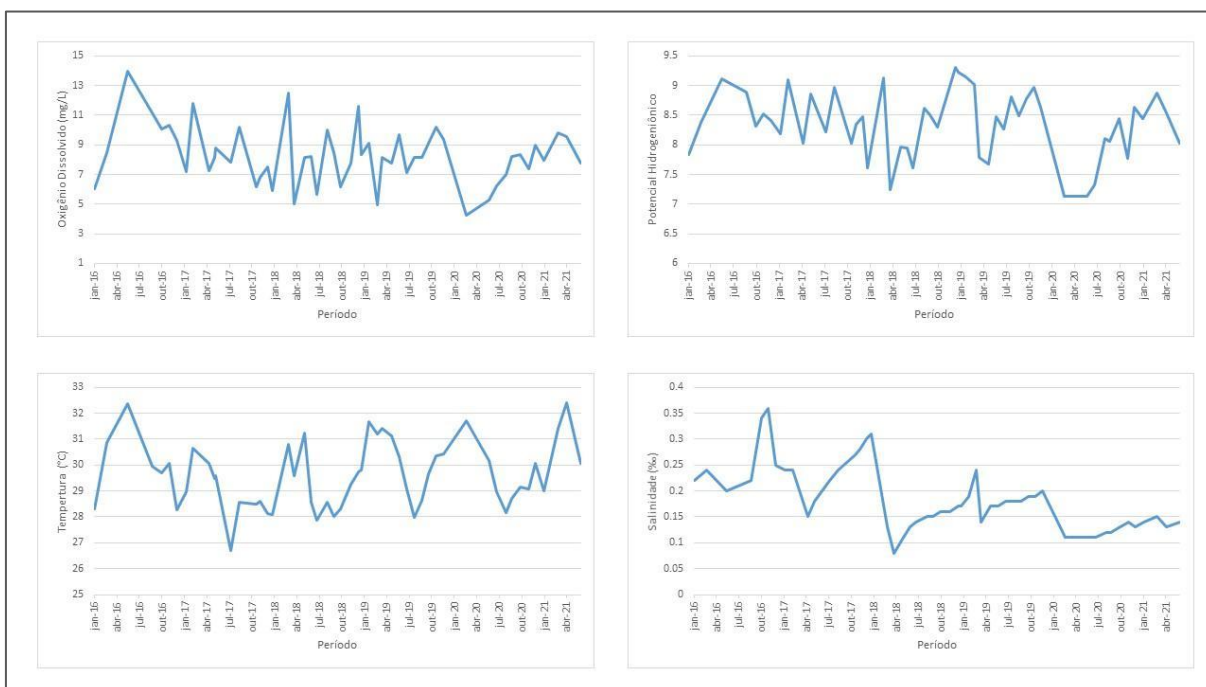
Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Gráfico A-4. Sub-plots com as séries históricas OD, pH, T e salinidade para o posto CTN-23 na superfície do Castanhão.



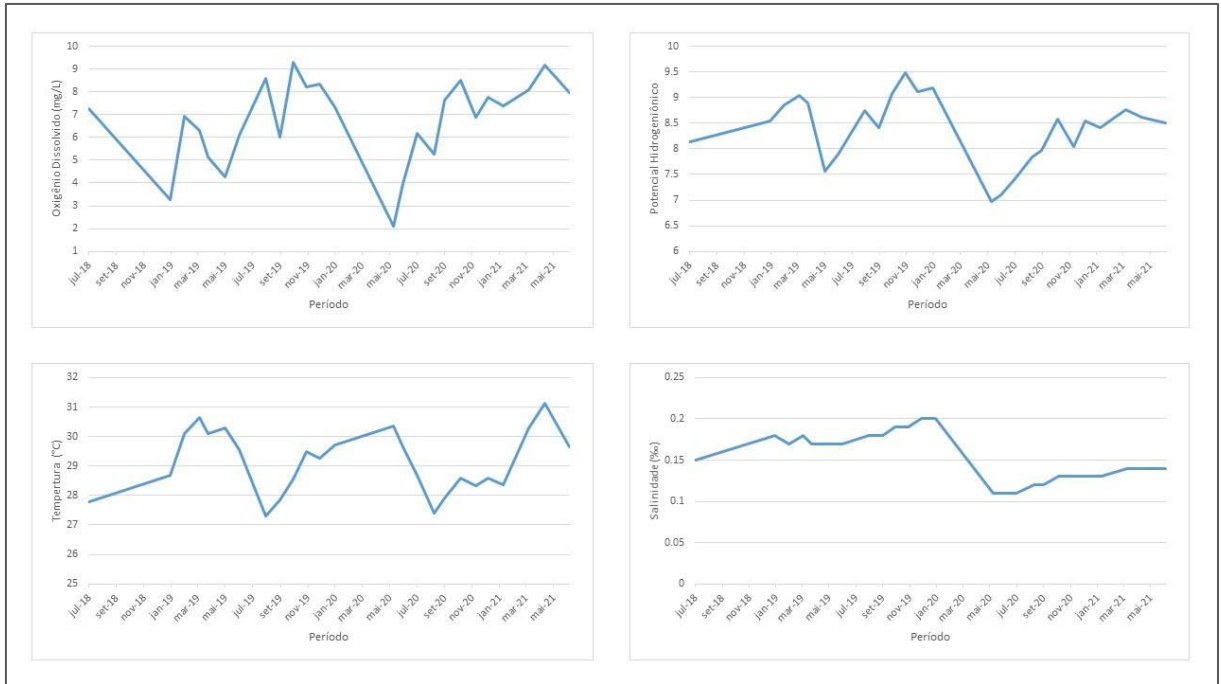
Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Gráfico A-5. Sub-plots com as séries históricas OD, pH, T e salinidade para o posto CTN-03 na superfície do Castanhão.



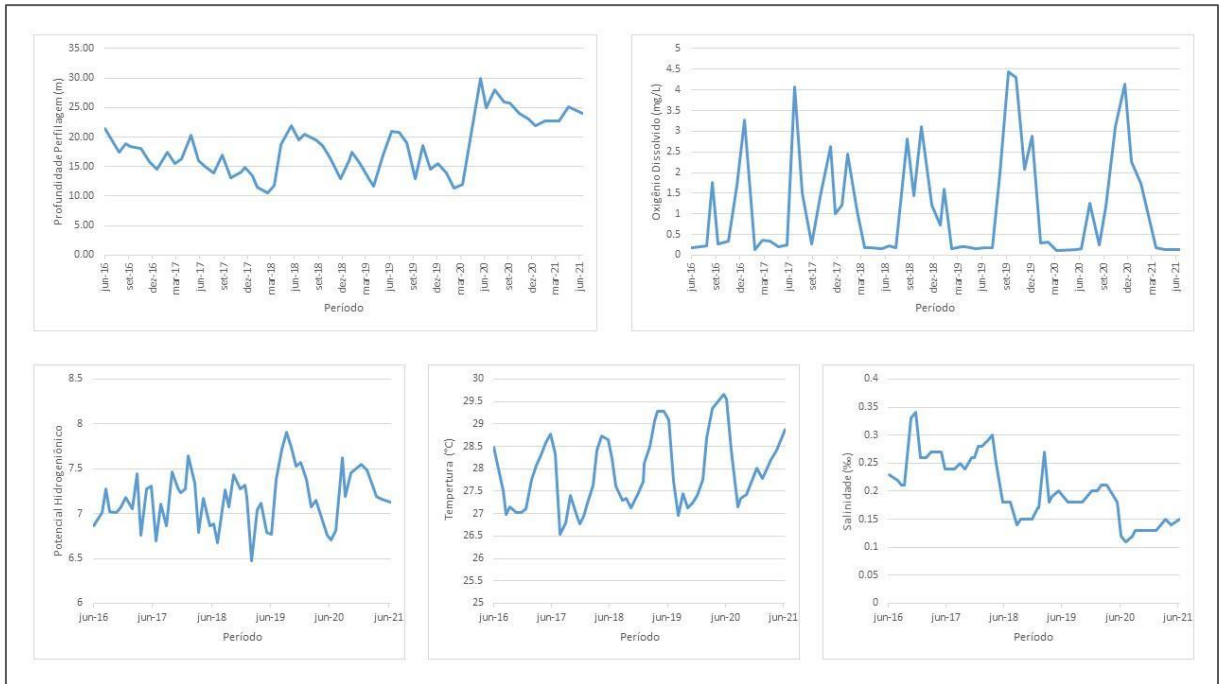
Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Gráfico A-6. Sub-plots com as séries históricas OD, pH, T e salinidade para o posto CTN-16 na superfície do Castanhão.



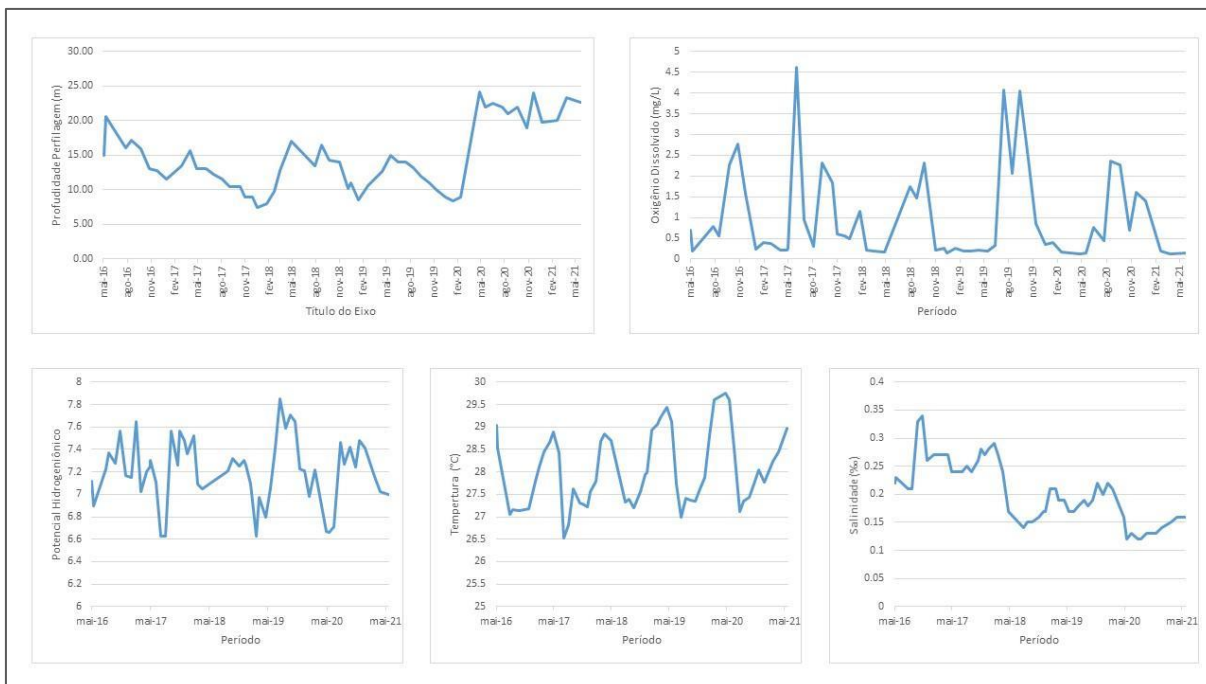
Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Gráfico A-7. Sub-plots com as séries históricas profundidade, OD, pH, T e salinidade para o posto CTN-20 no fundo do Castanhão.



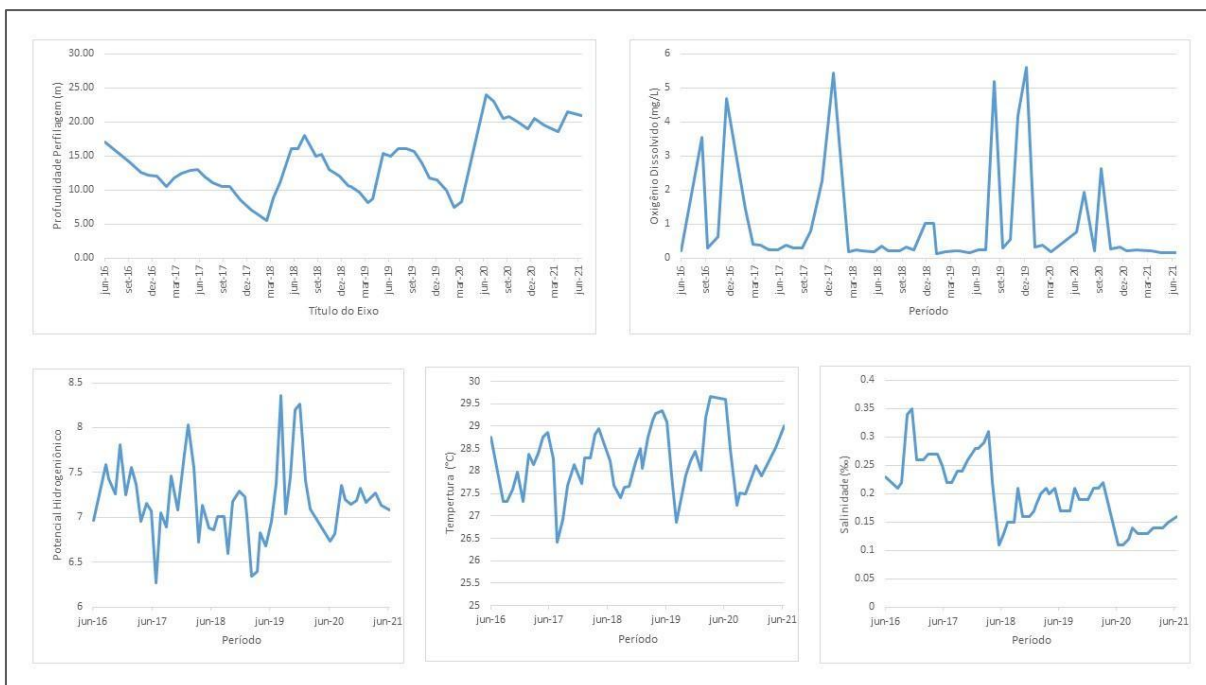
Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Gráfico A-8. Sub-plots com as séries históricas profundidade, OD, pH, T e salinidade para o posto CTN-24 no fundo do Castanhão.



Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

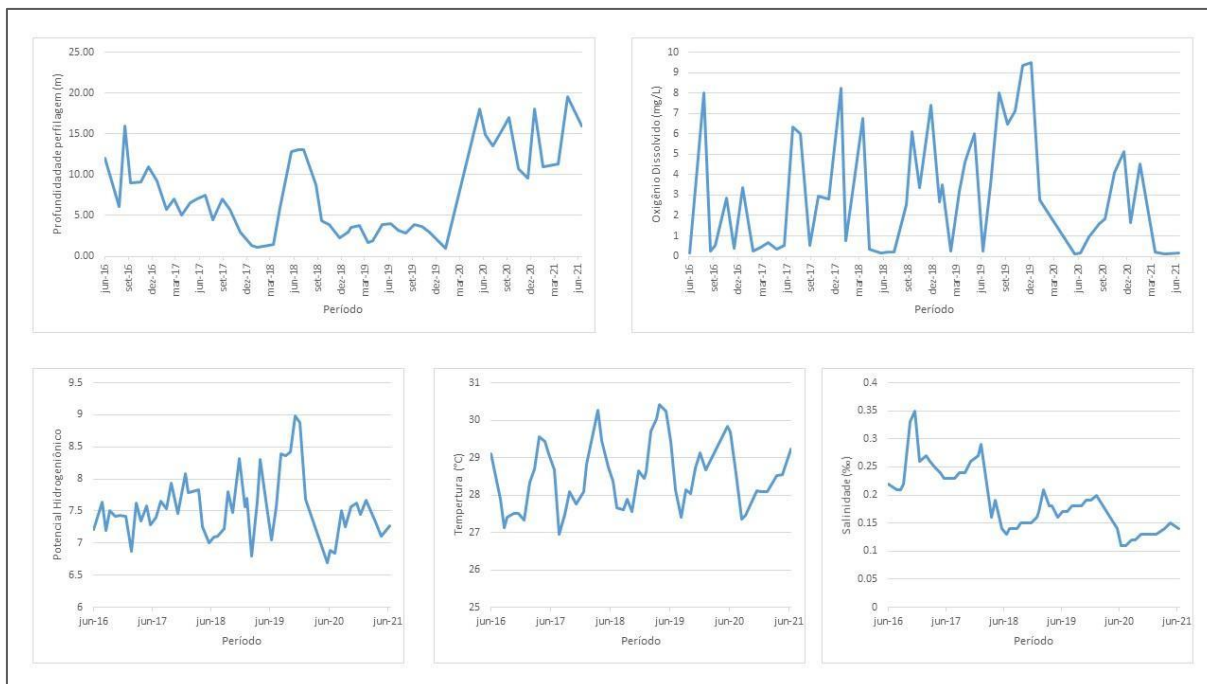
Gráfico A-9. Sub-plots com as séries históricas profundidade, OD, pH, T e salinidade para o posto CTN-08 no fundo do Castanhão.



Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

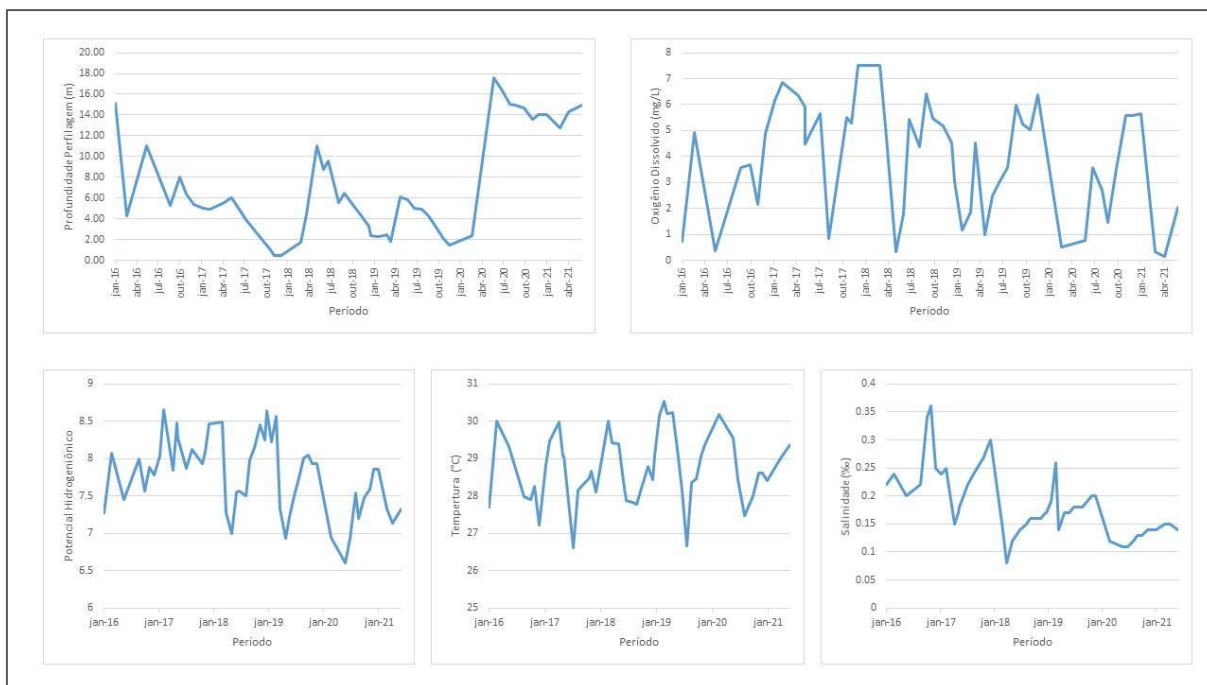


Gráfico A-10. Sub-plots com as séries históricas profundidade, OD, pH, T e salinidade para o posto CTN-23 no fundo do Castanhão.



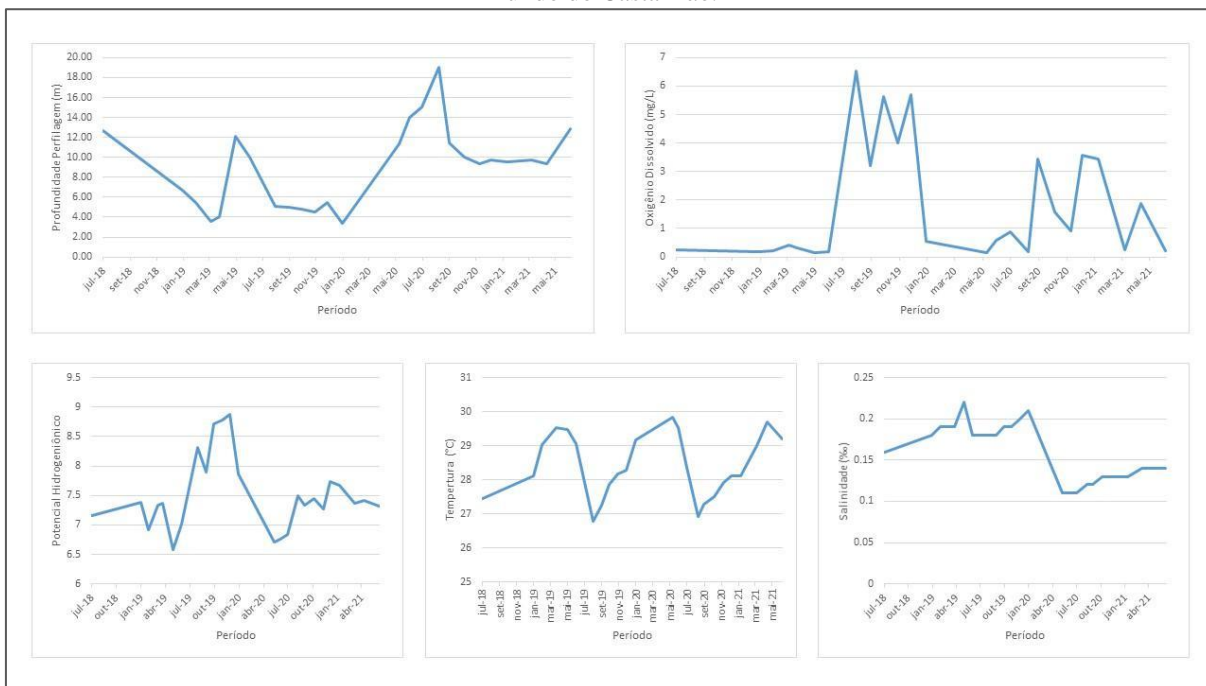
Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Gráfico A-11. Sub-plots com as séries históricas profundidade, OD, pH, T e salinidade para o posto CTN-03 no fundo do Castanhão.



Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Gráfico A-12. Sub-plots com as séries históricas profundidade, OD, pH, T e salinidade para o posto CTN-16 no fundo do Castanhão.



Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

## APÊNDICE B - RESULTADOS DO TESTE DE REGRESSÃO LINEAR SIMPLES

Tabela B-1. Resultado do Teste de White (Homocedasticidade) para cada ponto de amostragem e o grupo dos CTNs na superfície.

Posto	F	p (Teste White)
CTN-20	7.115599	0.00222478
CTN-24	3.249086	0.0489996
CTN-08	6.586284	0.00330819
CTN-23	1.69514	0.196186
CTN-03	11.8824	0.000085039
CTN-16	10.449337	0.000869068
MÉDIA CTNs	2.734119	0.076801

Fonte: Elaborada pela autora, 2021.

Tabela B-1. Resultado do Teste de White (Homocedasticidade) para cada ponto de amostragem e os grupos A e B no fundo.

Posto	F	p (Teste White)
CTN-20	0.184383	0.83232
CTN-24	0.995822	0.378392
CTN-08	3.989816	0.0263064
CTN-23	4.164039	0.227619
CTN-03	4.814717	0.0133787
CTN-16	0.394324	0.679526
MÉDIA GRUPO A	0.596236	0.555703
MÉDIA GRUPO B	1.742574	0.188097

Fonte: Elaborada pela autora, 2021.

Tabela B-2. Resultado do Teste de Multicolinearidade para cada ponto de amostragem e o grupo dos CTNs na superfície.

		<b>VIF</b>	<b>Tolerance</b>
<b>CTN-20</b>	Salinidade CTN-20	1.02	0.98
	pH CTN-20	1.02	0.98
<b>CTN-24</b>	Salinidade CTN-24	1.16	0.859
	pH CTN-24	1.16	0.859
<b>CTN-08</b>	Salinidade CTN-08	1.19	0.838
	pH CTN-08	1.19	0.838
<b>CTN-23</b>	Salinidade CTN-23	1.14	0.877
	pH CTN-23	1.14	0.877
<b>CTN-03</b>	pH CTN-03	1.06	0.948
	Temperatura CTN-03	1.06	0.948
<b>CTN-16</b>	pH CTN-16	1.00	1.00
<b>CTNs</b>	MÉDIA SALINIDADE	1.17	0.852
	MÉDIA Ph	1.17	0.852

Fonte: Elaborada pela autora, 2021.

Tabela B-3. Resultado do Teste de Multicolinearidade para cada ponto de amostragem e os grupos A e B no fundo.

		<b>VIF</b>	<b>Tolerance</b>
<b>CTN-20</b>	pH CTN-20	1.32	0.757
	Temperatura CTN-20	1.32	0.757
<b>CTN-24</b>	pH CTN-24	1.31	0.761
	Temperatura CTN-24	1.31	0.761
<b>CTN-08</b>	pH CTN-08	1.17	0.857
	Temperatura CTN-08	1.17	0.857
<b>CTN-23</b>	Profundidade CTN-23	1.57	0.636
	pH CTN-23	1.57	0.636
<b>CTN-03</b>	Profundidade CTN-03	1.67	0.598
	pH CTN-03	1.67	0.598
<b>CTN-16</b>	pH CTN-16	1.3	0.772
	Temperatura CTN-16	1.3	0.772
<b>Grupo A</b>	pH GRUPO A	1.44	0.695
	Temp GRUPO A	1.44	0.695
<b>Grupo B</b>	PROF GRUPO B	2.05	0.489
	pH GRUPO B	2.05	0.489

Fonte: Elaborada pela autora, 2021.

## ANEXOS

### ANEXO A – RESULTADOS DO TESTE DE SHAPIRO-WILK

Tabela A-1. Resultado do Teste de normalidade para oxigênio dissolvido (OD) na superfície e no fundo para cada posto de amostragem.

	Postos	OD Superfície (mg/L)	OD Fundo (mg/L)
N	CTN-03	52	51
	CTN-08	55	55
	CTN-16	25	25
	CTN-20	58	58
	CTN-23	54	54
	CTN-24	57	57
Shapiro-Wilk W	CTN-03	0.981	0.935
	CTN-08	0.979	0.621
	CTN-16	0.937	0.783
	CTN-20	0.981	0.803
	CTN-23	0.963	0.862
	CTN-24	0.971	0.763
Shapiro-Wilk p	CTN-03	0.567	0.008*
	CTN-08	0.464	< .001*
	CTN-16	0.127	< .001*
	CTN-20	0.485	< .001*
	CTN-23	0.097	< .001*
	CTN-24	0.181	< .001*

\*p < .01

Fonte: Jamovi, 2021.

Tabela A-2. Resultado do Teste de normalidade para profundidade das medições no fundo para cada posto de amostragem.

	Postos	Profundidade (m)
N	CTN-03	51

	CTN-08	55
	CTN-16	25
	CTN-20	58
	CTN-23	54
	CTN-24	57
Shapiro-Wilk W	CTN-03	0.887
	CTN-08	0.969
	CTN-16	0.938
	CTN-20	0.967
	CTN-23	0.920
	CTN-24	0.922
Shapiro-Wilk p	CTN-03	< .001*
	CTN-08	0.167
	CTN-16	0.131
	CTN-20	0.116
	CTN-23	0.001*
	CTN-24	0.001*

---

\*p < .01

---

Fonte: Jamovi, 2021.

Tabela A-3. Resultado do Teste de normalidade para temperatura no fundo para cada posto de amostragem.

	Postos	Temperatura Água (°C)
N	CTN-03	51
	CTN-08	55
	CTN-16	25
	CTN-20	58
	CTN-23	54
	CTN-24	57
Shapiro-Wilk W	CTN-03	0.981
	CTN-08	0.992
	CTN-16	0.941
	CTN-20	0.952

	CTN-23	0.961
	CTN-24	0.948
Shapiro-Wilk p	CTN-03	0.570
	CTN-08	0.975
	CTN-16	0.155
	CTN-20	0.022
	CTN-23	0.077
	CTN-24	0.016

---

\*p < .01

---

Fonte: Jamovi, 2021.

Tabela A-4. Resultado do Teste de normalidade para gradiente de temperatura para cada posto de amostragem.

	Posto	Gradiente
N	CTN-03	51
	CTN-08	55
	CTN-16	25
	CTN-20	58
	CTN-23	54
	CTN-24	57
Shapiro-Wilk W	CTN-03	0.135
	CTN-08	0.877
	CTN-16	0.858
	CTN-20	0.885
	CTN-23	0.798
	CTN-24	0.945
Shapiro-Wilk p	CTN-03	< .001*
	CTN-08	< .001*
	CTN-16	0.003*
	CTN-20	< .001*
	CTN-23	< .001*
	CTN-24	0.011*

---

\*p < .01

---

Fonte: Jamovi, 2021.

Tabela A-5. Resultado do Teste de normalidade para diferença de temperatura para cada posto de amostragem.

	Posto	Diferença de T
N	CTN-03	54
	CTN-08	55
	CTN-16	26
	CTN-20	58
	CTN-23	55
	CTN-24	57
Shapiro-Wilk W	CTN-03	0.262
	CTN-08	0.905
	CTN-16	0.928
	CTN-20	0.819
	CTN-23	0.777
	CTN-24	0.930
Shapiro-Wilk p	CTN-03	< .001
	CTN-08	< .001
	CTN-16	0.071
	CTN-20	< .001
	CTN-23	< .001
	CTN-24	0.003

Fonte: Jamovi, 2021.

Tabela A-6. Resultado do Teste de normalidade para pH (potencial hidrogeniônico) no fundo para cada posto de amostragem.

	Postos	pH Sonda
N	CTN-03	51
	CTN-08	55
	CTN-16	25
	CTN-20	58
	CTN-23	54
	CTN-24	57
Shapiro-Wilk W	CTN-03	0.980
	CTN-08	0.953
	CTN-16	0.911
	CTN-20	0.989
	CTN-23	0.934
	CTN-24	0.971
Shapiro-Wilk p	CTN-03	0.528
	CTN-08	0.033
	CTN-16	0.031
	CTN-20	0.897
	CTN-23	0.005
	CTN-24	0.186

Fonte: Jamovi, 2021.



Tabela A-7. Resultado do Teste de normalidade para salinidade no fundo para cada posto de amostragem.

	Postos	Temperatura Água (°C)
N	CTN-03	51
	CTN-08	55
	CTN-16	25
	CTN-20	58
	CTN-23	54
	CTN-24	57
Shapiro-Wilk W	CTN-03	0.981
	CTN-08	0.992
	CTN-16	0.941
	CTN-20	0.952
	CTN-23	0.961
	CTN-24	0.948
Shapiro-Wilk p	CTN-03	0.570
	CTN-08	0.975
	CTN-16	0.155
	CTN-20	0.022
	CTN-23	0.077
	CTN-24	0.016

\*p < .01

Fonte: Jamovi, 2021.

Tabela A-8. Resultado do Teste de normalidade para oxigênio dissolvido (OD) na superfície para cada posto de amostragem.

	PERÍODO	OD CTN-20	OD CTN-24	OD CTN-08	OD CTN-23	OD CTN-03	OD CTN-16
N	JAN-JUN	28	29	27	25	25	13
	JUL-DEZ	30	28	28	29	27	12
Shapiro-Wilk W	JAN-JUN	0.964	0.947	0.970	0.937	0.947	0.962
	JUL-DEZ	0.975	0.985	0.923	0.958	0.973	0.960
Shapiro-Wilk p	JAN-JUN	0.441	0.152	0.608	0.126	0.217	0.783
	JUL-DEZ	0.683	0.950	0.041	0.295	0.691	0.783

\*p < .01

Fonte: Jamovi, 2021.

Tabela A-9. Resultado do Teste de normalidade para oxigênio dissolvido (OD) na superfície para os grupos CTN-20 e CTNs.

	<b>PERÍODO</b>	<b>OD CTN-20</b>	<b>CTNs</b>
N	JAN-JUN	28	32
	JUL-DEZ	30	30
Shapiro-Wilk W	JAN-JUN	0.964	0.957
	JUL-DEZ	0.975	0.983
Shapiro-Wilk p	JAN-JUN	0.441	0.222
	JUL-DEZ	0.683	0.906

\*p < .01

Fonte: Jamovi, 2021.

Tabela A-10. Resultado do Teste de normalidade para oxigênio dissolvido (OD) no fundo para cada posto de amostragem.

	<b>PERÍODO</b>	<b>OD CTN-20</b>	<b>OD CTN-24</b>	<b>OD CTN-08</b>	<b>OD CTN-23</b>	<b>OD CTN-03</b>	<b>OD CTN-16</b>
N	JAN-JUN	28	29	27	25	24	13
	JUL-DEZ	30	28	28	29	27	12
Shapiro-Wilk W	JAN-JUN	0.529	0.398	0.416	0.715	0.889	0.585
	JUL-DEZ	0.925	0.901	0.761	0.920	0.955	0.918
Shapiro-Wilk p	JAN-JUN	< .001*	< .001*	< .001*	< .001*	0.012*	< .001*
	JUL-DEZ	0.037	0.012*	< .001*	0.031	0.285	0.270

\*p < .01

Fonte: Jamovi, 2021.

Tabela A-11. Resultado do Teste de normalidade para oxigênio dissolvido (OD) no fundo para grupo A (CTN-08, CTN-20 e CTN-24); grupo B (CTN-03 e CTN-23) e grupo C (CTN-16).

	<b>PERÍODO</b>	<b>GRUPO A</b>	<b>GRUPO B</b>	<b>OD CTN-16</b>
N	JAN-JUN	30	29	13

	JUL-DEZ	30	30	12
Shapiro-Wilk W	JAN-JUN	0.548	0.898	0.585
	JUL-DEZ	0.952	0.967	0.918
Shapiro-Wilk p	JAN-JUN	< .001*	0.009*	< .001*
	JUL-DEZ	0.195	0.470	0.270

\*p < .01

Fonte: Jamovi, 2021.

Tabela A-12. Resultado do Teste de normalidade para variáveis medidas na superfície do Castanhão analisadas no Teste de correlação para o posto CTN-20.

	OD CTN-20	Salinidade CTN-20	pH CTN-20	Temperatura CTN-20
N	44	44	44	44
Shapiro-Wilk W	0.979	0.913	0.964	0.906
Shapiro-Wilk p	0.588	0.003*	0.191	0.002*

\*p < .01.

Fonte: Jamovi, 2021.

Tabela A-13. Resultado do Teste de normalidade para variáveis medidas na superfície do Castanhão analisadas no Teste de correlação para o posto CTN-24.

	OD CTN-24	Profundidade CTN-24	Salinidade CTN-24	pH CTN-24	Temperatura CTN-24
N	43	43	43	43	43
Shapiro-Wilk W	0.791	0.914	0.930	0.972	0.941
Shapiro-Wilk p	< .001*	0.004*	0.011*	0.360	0.028

\*p < .01

Fonte: Jamovi, 2021.

Tabela A-14. Resultado do Teste de normalidade para variáveis medidas na superfície do Castanhão analisadas no Teste de correlação para o posto CTN-08.

	OD CTN-08	Salinidade CTN-08	pH CTN-08	Temperatura CTN-08
N	44	44	44	44

Shapiro-Wilk W	0.976	0.900	0.938	0.974
Shapiro-Wilk p	0.481	0.001*	0.020	0.402

\*p < .01

Fonte: Jamovi, 2021.

Tabela A-15. Resultado do Teste de normalidade para variáveis medidas na superfície do Castanhão analisadas no Teste de correlação para o posto CTN-23.

	<b>OD CTN-23</b>	<b>Salinidade CTN-23</b>	<b>pH CTN-23</b>	<b>Temperatura CTN-23</b>
N	44	44	44	44
Shapiro-Wilk W	0.957	0.899	0.976	0.947
Shapiro-Wilk p	0.098	0.001*	0.497	0.042

\*p < .01

Fonte: Jamovi, 2021.

Tabela A-16. Resultado do Teste de normalidade para variáveis medidas na superfície do Castanhão analisadas no Teste de correlação para o posto CTN-03.

	<b>OD CTN-03</b>	<b>Salinidade CTN-03</b>	<b>pH CTN-03</b>	<b>Temperatura CTN-03</b>
N	44	44	44	44
Shapiro-Wilk W	0.976	0.921	0.966	0.979
Shapiro-Wilk p	0.484	0.005*	0.218	0.585

\*p < .01

Fonte: Jamovi, 2021.

Tabela A-17. Resultado do Teste de normalidade para variáveis medidas na superfície do Castanhão analisadas no Teste de correlação para o posto CTN-16.

	<b>OD CTN-16</b>	<b>Salinidade CTN-16</b>	<b>pH CTN-16</b>	<b>Temperatura CTN-16</b>
N	22	22	22	22
Shapiro-Wilk W	0.950	0.905	0.961	0.969
Shapiro-Wilk p	0.309	0.038	0.516	0.687

\*p < .01

Fonte: Jamovi, 2021.

Tabela A-18. Resultado do Teste de normalidade para variáveis medidas no fundo do Castanhão analisadas no Teste de correlação para o posto CTN-20.

	<b>OD CTN-20</b>	<b>Profundidade CTN-20</b>	<b>Salinidade CTN-20</b>	<b>pH CTN-20</b>	<b>Temperatura CTN-20</b>
N	43	43	43	43	43
Shapiro-Wilk W	0.822	0.967	0.930	0.990	0.944
Shapiro-Wilk p	< .001*	0.256	0.012*	0.972	0.036

\*p < .01

Fonte: Jamovi, 2021.

Tabela A-19. Resultado do Teste de normalidade para variáveis medidas no fundo do Castanhão analisadas no Teste de correlação para o posto CTN-24.

	<b>OD CTN-24</b>	<b>Profundidade CTN-24</b>	<b>Salinidade CTN-24</b>	<b>pH CTN-24</b>	<b>Temperatura CTN-24</b>
N	43	43	43	43	43
Shapiro-Wilk W	0.791	0.914	0.930	0.972	0.941
Shapiro-Wilk p	< .001*	0.004*	0.011*	0.360	0.028

\*p < .01

Fonte: Jamovi, 2021.

Tabela A-20. Resultado do Teste de normalidade para variáveis medidas no fundo do Castanhão analisadas no Teste de correlação para o posto CTN-08.

	<b>OD CTN-08</b>	<b>Profundidade CTN-08</b>	<b>Salinidade CTN-08</b>	<b>pH CTN-08</b>	<b>Temperatura CTN-08</b>
N	43	43	43	43	43
Shapiro-Wilk W	0.625	0.954	0.949	0.932	0.991
Shapiro-Wilk p	< .001*	0.086	0.057	0.014*	0.985

\*p < .01

Fonte: Jamovi, 2021.

Tabela A-21. Resultado do Teste de normalidade para variáveis medidas no fundo do Castanhão analisadas no Teste de correlação para o posto CTN-03.

	<b>OD CTN-03</b>	<b>Profundidade CTN-03</b>	<b>Salinidade CTN-03</b>	<b>pH CTN-03</b>	<b>Temperatura CTN-03</b>
N	43	43	43	43	43
Shapiro-Wilk W	0.945	0.871	0.918	0.981	0.982
Shapiro-Wilk p	0.040	< .001*	0.005*	0.675	0.735

\*p < .01

Fonte: Jamovi, 2021.

Tabela A-22. Resultado do Teste de normalidade para variáveis medidas no fundo do Castanhão analisadas no Teste de correlação para o posto CTN-23.

	<b>OD CTN-23</b>	<b>Profundidade CTN-23</b>	<b>Salinidade CTN-23</b>	<b>pH CTN-23</b>	<b>Temperatura CTN-23</b>
N	43	43	43	43	43
Shapiro-Wilk W	0.886	0.904	0.911	0.919	0.947
Shapiro-Wilk p	< .001*	0.002*	0.003*	0.005*	0.044

\*p < .01

Fonte: Jamovi, 2021.

Tabela A-23. Resultado do Teste de normalidade para variáveis medidas no fundo do Castanhão analisadas no Teste de correlação para o posto CTN-16.

	<b>OD CTN-16</b>	<b>Profundidade CTN-16</b>	<b>Salinidade CTN-16</b>	<b>pH CTN-16</b>	<b>Temperatura CTN-16</b>
N	22	22	22	22	22
Shapiro-Wilk W	0.818	0.929	0.887	0.897	0.938
Shapiro-Wilk p	< .001*	0.115	0.017	0.026	0.183

\*p < .01

Fonte: Jamovi, 2021.

## APÊNDICE B – RESULTADOS DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS

Tabela B-1. Resultado do Teste de Kruskal-Wallis para oxigênio dissolvido (OD) na superfície e no fundo para cada posto de amostragem.

	$\chi^2$	df	p
--	----------	----	---

OD Superfície (mg/L)	71.5	5	< .001*
OD Fundo (mg/L)	68.0	5	< .001*

\*p < .01

Fonte: Jamovi, 2021.

Tabela B-2. Resultado do Teste de Kruskal-Wallis para profundidade das medidas no fundo para cada posto de amostragem.

	$\chi^2$	df	p
Profundidade (m)	127	5	< .001*

\*p < .01

Fonte: Jamovi, 2021.

Tabela B-3. Resultado Teste de Kruskal-Wallis para temperatura (T) no fundo para cada posto de amostragem.

	$\chi^2$	df	p
Temperatura Água (°C)	30.8	5	< .001*

\*p < .01

Fonte: Jamovi, 2021.

Tabela B-4. Resultado do Teste de Kruskal-Wallis para gradiente de temperatura para cada posto de amostragem.

	$\chi^2$	df	p
Gradiente	47.5	5	< .001*

\*p < .01

Fonte: Jamovi, 2021.

Tabela B-5. Resultado do Teste de Kruskal-Wallis para diferença de temperatura para cada posto de amostragem.

	$\chi^2$	df	p
Diferença de T	46.5	5	< .001

Fonte: Jamovi, 2021.

Tabela B-6. Resultado Teste do Kruskal-Wallis para potencial hidrogeniônico (pH) no fundo para cada posto de amostragem.

	$\chi^2$	df	p
pH Sonda	64.3	5	< .001*

\*p < .01

Fonte: Jamovi, 2021.

Tabela B-7. Resultado do Teste de Kruskal-Wallis para salinidade no fundo para cada posto de amostragem.

	$\chi^2$	df	p
Salinidade CTN-20	18.2	5	0.003*

\*p < .01

Fonte: Jamovi, 2021.

Tabela B-8. Resultado do Teste de Kruskal-Wallis para oxigênio dissolvido (OD) na superfície para cada posto de amostragem, referente à análise sazonal.

	$\chi^2$	df	p
OD CTN-20	3.1745	1	0.075
OD CTN-24	0.1290	1	0.719
OD CTN-08	0.0772	1	0.781
OD CTN-23	3.0095	1	0.083
OD CTN-03	0.4593	1	0.498
OD CTN-16	3.4201	1	0.064

\*p < .01

Fonte: Jamovi, 2021.

Tabela B-9. Resultado do Teste de Kruskal-Wallis para oxigênio dissolvido (OD) na superfície para os grupos CTN-20 e CTNs, referente à análise sazonal.

	$\chi^2$	df	p
OD CTN-20	3.17	1	0.075
CTNs	1.54	1	0.215

\*p < .01



Fonte: Jamovi, 2021.

Tabela B-10. Resultado do Teste de Kruskal-Wallis para oxigênio dissolvido (OD) no fundo para cada posto de amostragem, referente à análise sazonal.

	$\chi^2$	df	p
OD CTN-20	20.10	1	< .001
OD CTN-24	25.86	1	< .001
OD CTN-08	12.58	1	< .001
OD CTN-23	11.80	1	< .001
OD CTN-03	4.55	1	0.033
OD CTN-16	8.47	1	0.004

\*p < .01

Fonte: Jamovi, 2021.

Tabela B-11. Resultado do Teste de Kruskal-Wallis para oxigênio dissolvido (OD) no fundo para grupo A (CTN-08, CTN-20 e CTN-24); grupo B (CTN-03 e CTN-23) e grupo C (CTN-16), referente à análise sazonal.

	$\chi^2$	df	p
GRUPO A	22.90	1	< .001
GRUPO B	9.80	1	0.002
OD CTN-16	8.47	1	0.004

\*p < .01

Fonte: Jamovi, 2021.

APÊNDICE C – RESULTADOS DO TESTE DE DWASS-STEEL-CRITCHLOW-  
FLIGNER

Tabela C-1. Resultado do Teste de Comparação para oxigênio dissolvido (OD) na superfície entre os grupos de amostras.

		W	p
CTN-03	CTN-08	0.542	0.999
CTN-03	CTN-16	-4.054	0.048
CTN-03	CTN-20	-9.555	< .001*
CTN-03	CTN-23	-2.994	0.278
CTN-03	CTN-24	-4.341	0.026
CTN-08	CTN-16	-4.242	0.032
CTN-08	CTN-20	-9.968	< .001*
CTN-08	CTN-23	-3.133	0.231
CTN-08	CTN-24	-4.651	0.013
CTN-16	CTN-20	-4.759	0.010*
CTN-16	CTN-23	1.550	0.883
CTN-16	CTN-24	0.613	0.998
CTN-20	CTN-23	6.530	< .001*
CTN-20	CTN-24	6.918	< .001*
CTN-23	CTN-24	-1.106	0.971

\*p < .01

Fonte: Jamovi, 2021.

Tabela C-2. Resultado do Teste de Comparação para oxigênio dissolvido (OD) no fundo entre os grupos de amostras.

		W	p
CTN-03	CTN-08	-9.301	< .001*
CTN-03	CTN-16	-5.363	0.002*
CTN-03	CTN-20	-9.031	< .001*
CTN-03	CTN-23	-3.205	0.208
CTN-03	CTN-24	-9.456	< .001*
CTN-08	CTN-16	2.049	0.697

CTN-08	CTN-20	0.321	1.000
CTN-08	CTN-23	5.170	0.003*
CTN-08	CTN-24	0.840	0.991
CTN-16	CTN-20	-1.664	0.848
CTN-16	CTN-23	2.221	0.618
CTN-16	CTN-24	-1.631	0.859
CTN-20	CTN-23	4.909	0.007*
CTN-20	CTN-24	-0.123	1.000
CTN-23	CTN-24	-5.040	0.005*

\*p < .01

Fonte: Jamovi, 2021.

Tabela C-3. Resultado do Teste de Comparação para profundidade das medidas no fundo entre os grupos de amostras.

		<b>W</b>	<b>p</b>
CTN-03	CTN-08	8.370	< .001*
CTN-03	CTN-16	2.596	0.443
CTN-03	CTN-20	10.959	< .001*
CTN-03	CTN-23	0.798	0.993
CTN-03	CTN-24	8.551	< .001*
CTN-08	CTN-16	-5.747	< .001*
CTN-08	CTN-20	6.248	< .001*
CTN-08	CTN-23	-7.667	< .001*
CTN-08	CTN-24	0.914	0.987
CTN-16	CTN-20	8.914	< .001*2
CTN-16	CTN-23	-2.169	0.643
CTN-16	CTN-24	6.218	< .001*
CTN-20	CTN-23	-10.784	< .001*
CTN-20	CTN-24	-5.724	< .001*
CTN-23	CTN-24	8.198	< .001*

\*p < .01

Fonte: Jamovi, 2021.

Tabela C-4. Resultado do Teste de Comparação para temperatura (T) no fundo entre os grupos de amostras.

		<b>W</b>	<b>p</b>
CTN-03	CTN-08	-4.4936	0.019
CTN-03	CTN-16	-1.6418	0.855
CTN-03	CTN-20	-6.3770	< .001*
CTN-03	CTN-23	-2.0764	0.685
CTN-03	CTN-24	-5.3786	0.002*
CTN-08	CTN-16	1.6589	0.850
CTN-08	CTN-20	-2.9734	0.286
CTN-08	CTN-23	2.0743	0.686
CTN-08	CTN-24	-1.7533	0.818
CTN-16	CTN-20	-3.4744	0.137
CTN-16	CTN-23	0.0298	1.000
CTN-16	CTN-24	-2.8206	0.345
CTN-20	CTN-23	4.8752	0.007*
CTN-20	CTN-24	1.5229	0.891
CTN-23	CTN-24	-3.6255	0.106

\*p < .01

Fonte: Jamovi, 2021.

Tabela C-5. Resultado do Teste de Comparação para gradiente de temperatura fundo entre os grupos de amostras.

		<b>W</b>	<b>p</b>
CTN-03	CTN-08	0.519	0.999
CTN-03	CTN-16	1.344	0.933
CTN-03	CTN-20	5.868	< .001*
CTN-03	CTN-23	0.926	0.987
CTN-03	CTN-24	2.670	0.410
CTN-08	CTN-16	1.388	0.924
CTN-08	CTN-20	8.721	< .001*
CTN-08	CTN-23	0.473	0.999
CTN-08	CTN-24	3.329	0.173

CTN-16	CTN-20	5.036	0.005*
CTN-16	CTN-23	-0.994	0.982
CTN-16	CTN-24	1.069	0.975
CTN-20	CTN-23	-7.604	< .001*
CTN-20	CTN-24	-6.689	< .001*
CTN-23	CTN-24	2.589	0.446

\*p < .01

Fonte: Jamovi, 2021.

Tabela C-6. Resultado do Teste de Comparação para diferença de temperatura fundo entre os grupos de amostras.

		<b>W</b>	<b>p</b>
CTN-03	CTN-08	4.509	0.018
CTN-03	CTN-16	-1.548	0.884
CTN-03	CTN-20	-2.236	0.611
CTN-03	CTN-23	-2.310	0.576
CTN-03	CTN-24	1.986	0.725
CTN-08	CTN-16	-6.002	< .001*
CTN-08	CTN-20	-7.856	< .001*
CTN-08	CTN-23	-7.280	< .001*
CTN-08	CTN-24	-3.288	0.184
CTN-16	CTN-20	-0.698	0.996
CTN-16	CTN-23	-0.823	0.992
CTN-16	CTN-24	3.721	0.090
CTN-20	CTN-23	0.191	1.000
CTN-20	CTN-24	5.340	0.002*
CTN-23	CTN-24	5.099	0.004*

\*p < .01

Fonte: Jamovi, 2021.

Tabela C-7. Resultado do Teste de Comparação para potencial hidrogeniônico (pH) no fundo entre os grupos de amostras.

		<b>W</b>	<b>p</b>
CTN-03	CTN-08	-7.803	< .001*
CTN-03	CTN-16	-3.182	0.215
CTN-03	CTN-20	-8.503	< .001*
CTN-03	CTN-23	-3.537	0.124

CTN-03	CTN-24	-8.173	< .001*
CTN-08	CTN-16	3.245	0.196
CTN-08	CTN-20	0.451	1.000
CTN-08	CTN-23	6.004	< .001*
CTN-08	CTN-24	1.478	0.903
CTN-16	CTN-20	-3.229	0.201
CTN-16	CTN-23	1.170	0.963
CTN-16	CTN-24	-3.077	0.249
CTN-20	CTN-23	6.255	< .001*
CTN-20	CTN-24	0.799	0.993
CTN-23	CTN-24	-5.817	< .001*

\*p < .01

Fonte: Jamovi, 2021.

Tabela C-8. Resultado do Teste de Comparação para salinidade no fundo entre os grupos de amostras.

		W	p
CTN-03	CTN-08	2.526	0.475
CTN-03	CTN-16	-2.157	0.648
CTN-03	CTN-20	3.008	0.273
CTN-03	CTN-23	0.900	0.988
CTN-03	CTN-24	3.096	0.243
CTN-08	CTN-16	-4.584	0.015*
CTN-08	CTN-20	0.244	1.000
CTN-08	CTN-23	-1.670	0.846
CTN-08	CTN-24	0.540	0.999
CTN-16	CTN-20	4.663	0.013*
CTN-16	CTN-23	3.126	0.233
CTN-16	CTN-24	4.941	0.006*
CTN-20	CTN-23	-2.134	0.659
CTN-20	CTN-24	0.163	1.000

CTN-23	CTN-24	2.320	0.572
--------	--------	-------	-------

\*p < .01

Fonte: Jamovi, 2021.

Tabela C-9. Resultado do Teste de Comparação para oxigênio dissolvido (OD) no fundo para cada posto de amostragem.

	$\chi^2$	df	p
OD CTN-20	20.10	1	< .001*
OD CTN-24	25.86	1	< .001*
OD CTN-08	12.58	1	< .001*
OD CTN-23	11.80	1	< .001*
OD CTN-03	4.55	1	0.033
OD CTN-16	8.47	1	0.004*

\*p < .01

Fonte: Jamovi, 2021

Tabela C-10. Resultado do Teste de Comparação para oxigênio dissolvido (OD) para o grupo A (CTN-20, CTN-24 e CTN-08).

		W	p
JAN-JUN	JUL-DEZ	6.77	< .001*

\*p < .01

Fonte: Jamovi, 2021.

Tabela C-11. Resultado do Teste de Comparação para oxigênio dissolvido (OD) no fundo para o grupo B (CTN-03 e CTN-23).

		W	p
JAN-JUN	JUL-DEZ	4.43	0.002*

\*p < .01

Fonte: Jamovi, 2021.

Tabela C-12. Resultado do Teste de Comparação para oxigênio dissolvido (OD) no fundo para o grupo C (CTN-16).

---

		<b>W</b>	<b>p</b>
JAN-JUN	JUL-DEZ	4.12	0.004*

---

\*p < .01

Fonte: Jamovi, 2021.



## APÊNDICE D – RESULTADOS DO TESTE AUTOCORRELAÇÃO MÉTODO PLUG-IN

Tabela D-1. Função de Autocorrelação para oxigênio dissolvido (OD) na superfície para o CTN-20.

Time lag k	ACF(k)	T-STAT	P-value
1	0.390742	1.9924	0.028462
2	0.170193	0.8678	0.196717
3	0.099147	0.5056	0.308715
4	0.205524	1.048	0.152148
5	0.206129	1.0511	0.151452
6	0.171434	0.8741	0.195022
7	0.122612	0.6252	0.268643
8	-0.009694	-0.0494	0.480477
9	-0.091336	-0.4657	0.322645
10	-0.023746	-0.1211	0.452279
11	0.007747	0.0395	0.484397
12	-0.121496	-0.6195	0.270486
13	-0.184726	-0.9419	0.177452
14	-0.239541	-1.2214	0.116443

Fonte: Wessa,2021.

Tabela D-2. Função de Autocorrelação para oxigênio dissolvido (OD) na superfície para o grupo CTNs.

Time lag k	ACF(k)	T-STAT	P-value
1	0.102568	0.523	0.302703
2	-0.000863	-0.0044	0.498262
3	0.039821	0.203	0.420339
4	-0.093321	-0.4758	0.319079
5	-0.08168	-0.4165	0.340236
6	0.178482	0.9101	0.18557
7	-0.032226	-0.1643	0.435374
8	-0.031367	-0.1599	0.437082
9	0.251143	1.2806	0.105823
10	0.143161	0.73	0.235964
11	-0.01848	-0.0942	0.462824
12	-0.092294	-0.4706	0.320922
13	-0.003411	-0.0174	0.493129
14	-0.200928	-1.0245	0.157511

Fonte: Wessa, 2021.

Tabela D-3. Função de Autocorrelação para oxigênio dissolvido (OD) no fundo para o grupo A.

Time lag k	ACF(k)	T-STAT	P-value
1	0.22082	1.126	0.135233
2	-0.292314	-1.4905	0.074061
3	-0.454991	-2.32	0.014228
4	-0.176151	-0.8982	0.188661
5	0.198499	1.0122	0.160396
6	0.366283	1.8677	0.036559
7	0.133608	0.6813	0.250862
8	-0.318223	-1.6226	0.058367
9	-0.322043	-1.6421	0.056305
10	-0.077882	-0.3971	0.347259
11	0.287164	1.4643	0.077556
12	0.191592	0.9769	0.168803
13	-0.028356	-0.1446	0.443076
14	-0.253023	-1.2902	0.104174

Fonte: Wessa,2021.

Tabela D-4. Função de Autocorrelação para oxigênio dissolvido (OD) no fundo para o grupo B.

Time lag k	ACF(k)	T-STAT	P-value
1	0.266718	1.36	0.092753
2	-0.022302	-0.1137	0.455167
3	0.039273	0.2003	0.421421
4	0.052352	0.2669	0.395808
5	-0.206756	-1.0543	0.150733
6	0.118433	0.6039	0.275574
7	0.188562	0.9615	0.172584
8	-0.155646	-0.7936	0.217295
9	-0.158586	-0.8086	0.213032
10	-0.014981	-0.0764	0.469847
11	-0.107853	-0.5499	0.293525
12	-0.079144	-0.4036	0.34492
13	-0.013585	-0.0693	0.472652
14	-0.019386	-0.0988	0.461008

Fonte: Wessa,2021.

Tabela D-5. Função de Autocorrelação parcial para oxigênio dissolvido (OD) na superfície para o CTN-20.

Time lag k	PACF(k)	T-STAT	P-value
1	0.390742	1.9924	0.028462
2	0.02067	0.1054	0.458436
3	0.030631	0.1562	0.438545
4	0.182181	0.9289	0.180732
5	0.077596	0.3957	0.347791
6	0.051884	0.2646	0.396718
7	0.028366	0.1446	0.443055
8	-0.124035	-0.6325	0.266305
9	-0.121901	-0.6216	0.269816
10	0.014927	0.0761	0.469956
11	-0.020285	-0.1034	0.459206
12	-0.156545	-0.7982	0.215985
13	-0.075227	-0.3836	0.352202
14	-0.129262	-0.6591	0.25781

Fonte: Wessa, 2021.

Tabela D-6. Função de Autocorrelação Parcial para oxigênio dissolvido (OD) na superfície para o grupo CTNs.

Time lag k	PACF(k)	T-STAT	P-value
1	0.102568	0.523	0.302703
2	-0.011504	-0.0587	0.476836
3	0.041533	0.2118	0.416966
4	-0.103018	-0.5253	0.301916
5	-0.061656	-0.3144	0.377868
6	0.194875	0.9937	0.16477
7	-0.069107	-0.3524	0.363697
8	-0.023807	-0.1214	0.452157
9	0.245395	1.2513	0.110989
10	0.13034	0.6646	0.256077
11	-0.039881	-0.2034	0.420221
12	-0.173932	-0.8869	0.191637
13	0.092747	0.4729	0.320108
14	-0.149024	-0.7599	0.227081

Fonte: Wessa, 2021.

Tabela D-7. Função de Autocorrelação Parcial para oxigênio dissolvido (OD) no fundo para o Grupo A.

Time lag k	PACF(k)	T-STAT	P-value
1	0.22082	1.126	0.135233
2	-0.358559	-1.8283	0.0395
3	-0.347576	-1.7723	0.044032
4	-0.128895	-0.6572	0.258402
5	0.033985	0.1733	0.431882
6	0.141053	0.7192	0.239207
7	0.02789	0.1422	0.444004
8	-0.226396	-1.1544	0.129419
9	-0.054718	-0.279	0.391223
10	-0.071838	-0.3663	0.358551
11	0.087534	0.4463	0.329524
12	-0.131099	-0.6685	0.25486
13	-0.057166	-0.2915	0.386495
14	-0.083519	-0.4259	0.336856

Fonte: Wessa, 2021.

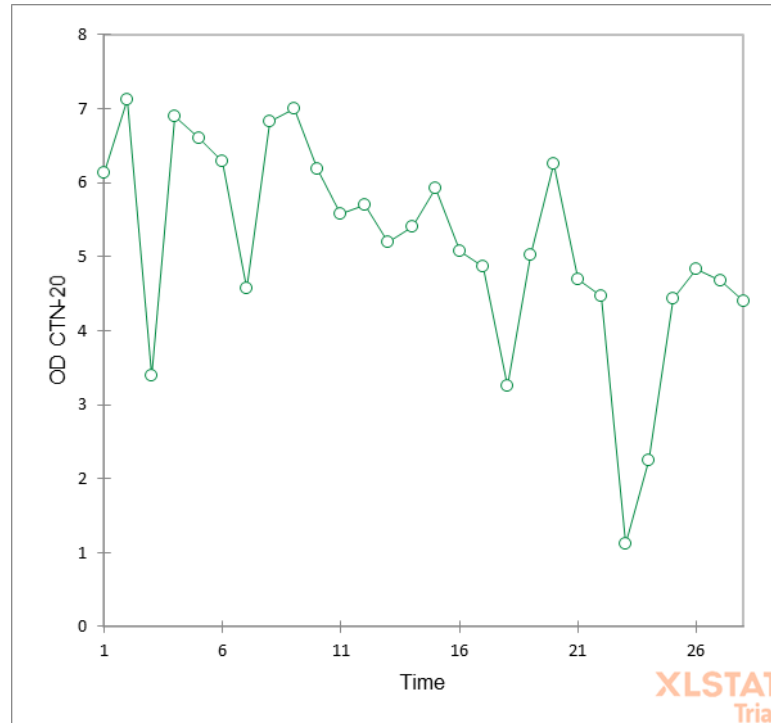
Tabela D-8. Função de Autocorrelação Parcial para oxigênio dissolvido (OD) no fundo para o Grupo B.

Time lag k	PACF(k)	T-STAT	P-value
1	0.266718	1.36	0.092753
2	-0.100597	-0.5129	0.30616
3	0.079014	0.4029	0.345159
4	0.018251	0.0931	0.463284
5	-0.241861	-1.2333	0.114257
6	0.292584	1.4919	0.073881
7	0.032256	0.1645	0.435315
8	-0.25538	-1.3022	0.102136
9	0.033186	0.1692	0.433468
10	-0.094846	-0.4836	0.316351
11	-0.039798	-0.2029	0.420384
12	0.086504	0.4411	0.331398
13	-0.223625	-1.1403	0.132285
14	0.071639	0.3653	0.358925

Fonte: Wessa, 2021.

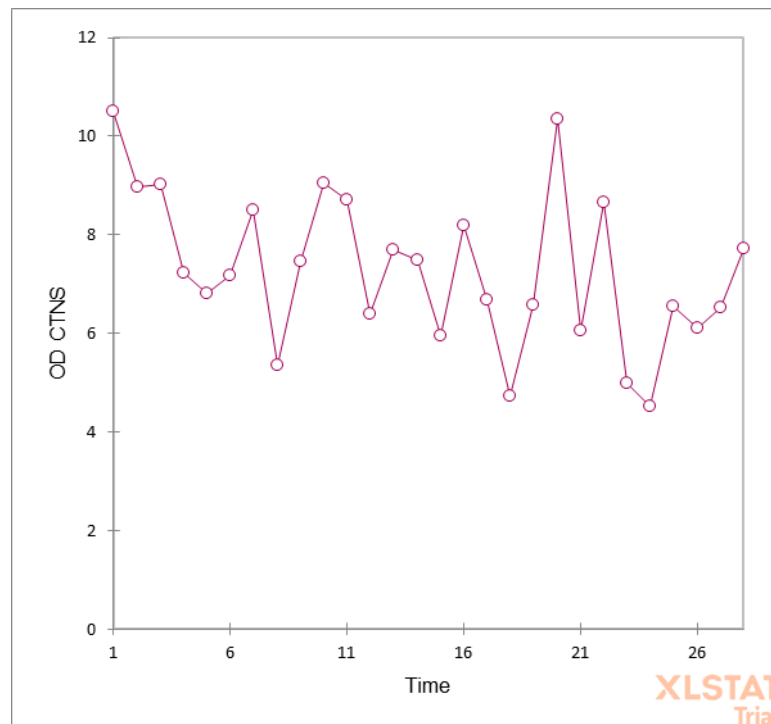
## APÊNDICE E – RESULTADOS DO TESTE DE MANN KENDALL

Figura E-1. Gráfico Teste de Mann-Kendall para oxigênio dissolvido (OD) na superfície para CTN-20.



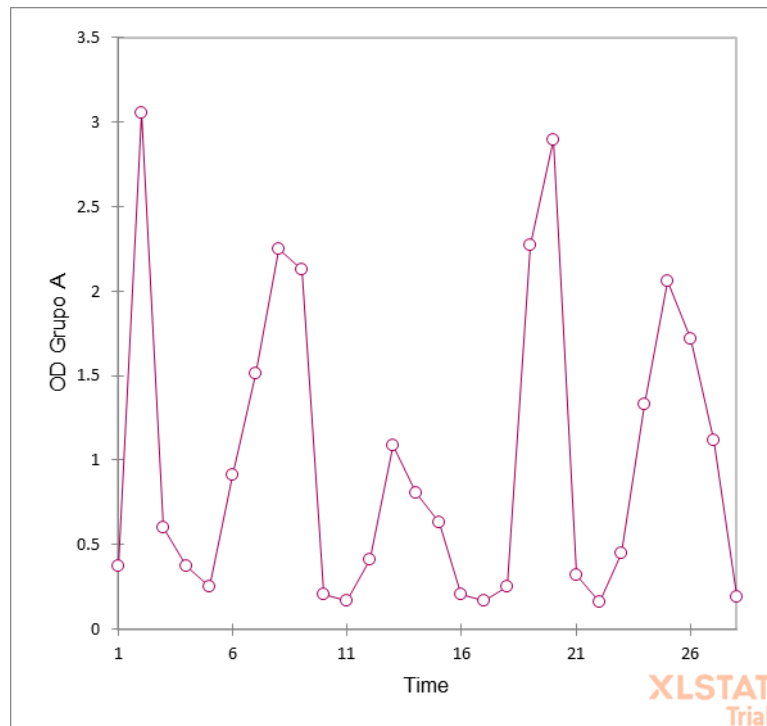
Fonte: XLSTAT, 2021.

Figura E-2. Gráfico Teste de Mann-Kendall para oxigênio dissolvido (OD) na superfície para o grupo CTNs.



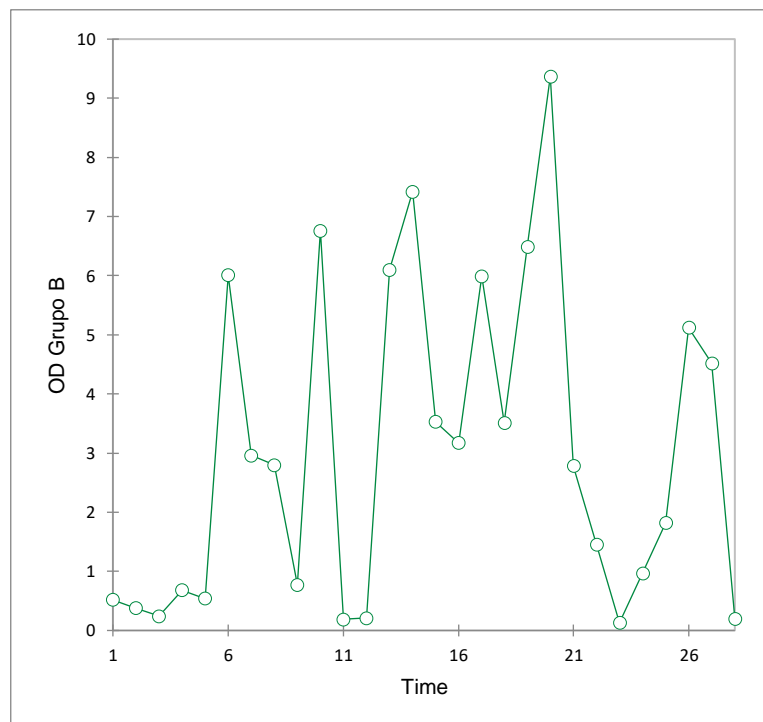
Fonte: XLSTAT, 2021.

Figura E-3. Gráfico obtido no Teste de Mann-Kendall para dissolvido (OD) no fundo para Grupo A (CTN-08, CTN-20 e CTN-24).



Fonte: XLSTAT, 2021.

Figura E-4. Gráfico obtido no Teste de Mann-Kendall para oxigênio dissolvido (OD) no fundo para grupo B (CTN-03 e CTN-23).



Fonte: XLSTAT, 2021.

## APÊNDICE F – RESULTADOS DO TESTE DE CORRELAÇÃO

Tabela F-1. Matriz de Correlação de Spearman para média das variáveis CTN-20 estudadas na superfície do Castanhão.

		OD CTN-20	Salinidade CTN-20	pH CTN-20	Temperatura CTN-20
OD CTN-20	Spearman's rho	—			
	p-value	—			
	N	—			
Salinidade CTN-20	Spearman's rho	0.450 **	—		
	p-value	0.002	—		
	N	44	—		
pH CTN-20	Spearman's rho	0.593 ***	0.278	—	
	p-value	< .001	0.067	—	
	N	44	44	—	
Temperatura CTN-20	Spearman's rho	-0.186	-0.155	0.032	—
	p-value	0.227	0.316	0.838	—
	N	44	44	44	—

\* p < .05, \*\* p < .01, \*\*\* p < .001

Fonte: Jamovi, 2021.

Tabela F-2. Matriz de Correlação de Spearman para média das variáveis CTN-24 estudadas na superfície do Castanhão.

		OD CTN-24	Salinidade CTN-24	pH CTN-24	Temperatura CTN-24
OD CTN-24	Spearman's rho	—			
	p-value	—			
	N	—			
Salinidade CTN-24	Spearman's rho	0.410 **	—		
	p-value	0.006	—		
	N	44	—		
pH CTN-24	Spearman's rho	0.792 ***	0.407 **	—	
	p-value	< .001	0.006	—	
	N	44	44	—	
Temperatura CTN-24	Spearman's rho	0.240	-0.092	0.322 *	—
	p-value	0.117	0.553	0.033	—

N 44 44 44 —

\* p < .05, \*\* p < .01, \*\*\* p < .001

Fonte: Jamovi, 2021.

Tabela F-3. Matriz de Correlação de Spearman para média das variáveis CTN-08 estudadas na superfície do Castanhão.

		OD CTN-08	Salinidade CTN-08	pH CTN-08	Temperatura CTN-08
OD CTN-08	Spearman's rho	—			
	p-value	—			
	N	—			
Salinidade CTN-08	Spearman's rho	0.365 *	—		
	p-value	0.015	—		
	N	44	—		
pH CTN-08	Spearman's rho	0.745 ***	0.412 **	—	
	p-value	< .001	0.006	—	
	N	44	44	—	
Temperatura CTN-08	Spearman's rho	0.291	-0.116	0.334 *	—
	p-value	0.055	0.453	0.027	—
	N	44	44	44	—

\* p < .05, \*\* p < .01, \*\*\* p < .001

Fonte: Jamovi, 2021.

Tabela F-4. Matriz de Correlação de Spearman para média das variáveis CTN-23 estudadas na superfície do Castanhão.

		OD CTN-23	Salinidade CTN-23	pH CTN- 23	Temperatura CTN-23
OD CTN-23	Spearman's rho	—			
	p-value	—			
	N	—			
Salinidade CTN-23	Spearman's rho	0.383 *	—		
	p-value	0.010	—		
	N	44	—		
pH CTN-23	Spearman's rho	0.870 ***	0.409 **	—	
	p-value	< .001	0.006	—	
	N	44	44	—	



Temperatura CTN-23	Spearman's rho	0.185	-0.127	0.207	—
	p-value	0.228	0.413	0.178	—
	N	44	44	44	—

\* p < .05, \*\* p < .01, \*\*\* p < .001

Fonte: Jamovi, 2021.

Tabela F-5. Matriz de Correlação de Spearman para média das variáveis CTN-03 estudadas na superfície do Castanhão.

		OD CTN-03	Salinidade CTN-03	pH CTN-03	Temperatura CTN-03
OD CTN-03	Spearman's rho	—			
	p-value	—			
	N	—			
Salinidade CTN-03	Spearman's rho	0.218	—		
	p-value	0.155	—		
	N	44	—		
pH CTN-03	Spearman's rho	0.706***	0.329*	—	
	p-value	< .001	0.029	—	
	N	44	44	—	
Temperatura CTN-03	Spearman's rho	0.359*	-0.168	0.280	—
	p-value	0.017	0.276	0.066	—
	N	44	44	44	—

\* p < .05, \*\* p < .01, \*\*\* p < .001

Fonte: Jamovi, 2021.

Tabela F-6. Matriz de Correlação de Pearson para média das variáveis CTN-16 estudadas na superfície do Castanhão.

		OD CTN-16	Salinidade CTN-16	pH CTN-16	Temperatura CTN-16
OD CTN-16	Pearson's r	—			
	p-value	—			
	N	—			
Salinidade CTN-16	Pearson's r	0.083	—		
	p-value	0.714	—		
	N	22	—		
pH CTN-16	Pearson's r	0.559**	0.671***	—	

	p-value	0.007	< .001	—	
	N	22	22	—	
Temperatura CTN-16	Pearson's r	-0.039	0.170	0.172	—
	p-value	0.862	0.450	0.444	—
	N	22	22	22	—

\* p < .05, \*\* p < .01, \*\*\* p < .001

Fonte: Jamovi, 2021.

Tabela F-7. Matriz de Correlação de Spearman para o grupo CTN<sub>S</sub> analisado no Castanhão.

		OD Grupo CTNs	SALINIDADE Grupo CTNs	pH Grupo CTNs	Temperatura Grupo CTNs
OD Grupo CTNs	Spearman's rho	—			
	p-value	—			
	N	—			
Salinidade Grupo CTNs	Spearman's rho	0.429 **	—		
	p-value	0.004	—		
	N	44	—		
pH Grupo CTNs	Spearman's rho	0.765 ***	0.403 **	—	
	p-value	< .001	0.007	—	
	N	44	44	—	
Temperatura Grupo CTNs	Spearman's rho	0.254	-0.099	0.274	—
	p-value	0.096	0.521	0.072	—
	N	44	44	44	—

Note. \* p < .05, \*\* p < .01, \*\*\* p < .001

Fonte: Jamovi, 2021.

Tabela F-8. Matriz de Correlação de Spearman para variáveis CTN-20 analisadas no fundo do Castanhão.

		OD CTN-20	Profundidade CTN-20	Salinidade CTN-20	pH CTN-20	Temperatura CTN-20
OD CTN-20	Spearman's rho	—				
	p-value	—				
	N	—				
Profundidade CTN-20	Spearman's rho	-0.220	—			
	p-value	0.156	—			
	N	43	—			

Salinidade CTN-20	Spearman's rho	-0.147	-0.645 ***	—		
	p-value	0.348	< .001	—		
	N	43	43	—		
pH CTN-20	Spearman's rho	0.667 ***	0.002	-0.280	—	
	p-value	< .001	0.989	0.069	—	
	N	43	43	43	—	
Temperatura CTN-20	Spearman's rho	-0.636 ***	0.235	-0.174	-0.418 **	—
	p-value	< .001	0.130	0.264	0.005	—
	N	43	43	43	43	—

\* p < .05, \*\* p < .01, \*\*\* p < .001

Fonte: Jamovi, 2021.

Tabela F-9. Matriz de Correlação de Spearman para variáveis CTN-24 analisadas no fundo do Castanhão.

		OD CTN-24	Profundidade CTN-24	Salinidade CTN-24	pH CTN-24	Temperatura CTN-24
OD CTN-24	Spearman's rho	—				
	p-value	—				
	N	—				
Profundidade CTN-24	Spearman's rho	-0.042	—			
	p-value	0.789	—			
	N	43	—			
Salinidade CTN-24	Spearman's rho	0.009	-0.642 ***	—		
	p-value	0.954	< .001	—		
	N	43	43	—		
pH CTN-24	Spearman's rho	0.660 ***	-0.017	-0.031	—	
	p-value	< .001	0.913	0.841	—	
	N	43	43	43	—	
Temperatura CTN-24	Spearman's rho	-0.739 ***	0.064	-0.139	-0.519 ***	—
	p-value	< .001	0.685	0.374	< .001	—
	N	43	43	43	43	—

\* p < .05, \*\* p < .01, \*\*\* p < .001

Fonte: Jamovi, 2021.

Tabela F-10. Matriz de Correlação de Spearman para variáveis CTN-08 analisadas no fundo do Castanhão.

		OD CTN-08	Profundidade CTN-08	Salinidade CTN-08	pH CTN-08	Temperatura CTN-08
OD CTN-08	Spearman's rho	—				
	p-value	—				
	N	—				
Profundidade CTN-08	Spearman's rho	-0.203	—			
	p-value	0.191	—			
	N	43	—			
Salinidade CTN-08	Spearman's rho	0.253	-0.707 ***	—		
	p-value	0.102	< .001	—		
	N	43	43	—		
pH CTN-08	Spearman's rho	0.523 ***	0.007	0.088	—	
	p-value	< .001	0.967	0.576	—	
	N	43	43	43	—	
Temperatura CTN-08	Spearman's rho	-0.350 *	-0.077	-0.029	-0.420 **	—
	p-value	0.021	0.624	0.851	0.005	—
	N	43	43	43	43	—

\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$

Fonte: Jamovi, 2021.

Tabela F-11. Matriz de Correlação de Spearman para variáveis CTN-03 analisadas no fundo do Castanhão.

		OD CTN-03	Profundidade CTN-03	Salinidade CTN-03	pH CTN-03	Temperatura CTN-03
OD CTN-03	Spearman's rho	—				
	p-value	—				
	N	—				
Profundidade CTN-03	Spearman's rho	-0.409 **	—			
	p-value	0.006	—			
	N	43	—			
Salinidade CTN-03	Spearman's rho	0.165	-0.560 ***	—		
	p-value	0.290	< .001	—		
	N	43	43	—		
pH CTN-03	Spearman's rho	0.524 ***	-0.684 ***	0.561 ***	—	

	p-value	<.001	<.001	<.001	—	
	N	43	43	43	—	
Temperatura CTN-03	Spearman's rho	-0.129	-0.178	-0.164	-0.032	—
	p-value	0.408	0.253	0.294	0.840	—
	N	43	43	43	43	—

\* p < .05, \*\* p < .01, \*\*\* p < .001

Fonte: Jamovi, 2021.

Tabela F-12. Matriz de Correlação de Spearman para variáveis CTN-23 analisadas no fundo do Castanhão.

		OD CTN-23	Profundidade CTN-23	Salinidade CTN-23	pH CTN-23	Temperatura CTN-23
OD CTN-23	Spearman's rho	—				
	p-value	—				
	N	—				
Profundidade CTN-23	Spearman's rho	-0.661 ***	—			
	p-value	<.001	—			
	N	43	—			
Salinidade CTN-23	Spearman's rho	0.074	-0.418 **	—		
	p-value	0.637	0.005	—		
	N	43	43	—		
pH CTN-23	Spearman's rho	0.858 ***	-0.650 ***	0.163	—	
	p-value	<.001	<.001	0.296	—	
	N	43	43	43	—	
Temperatura CTN-23	Spearman's rho	-0.172	-0.258	-0.085	-0.036	—
	p-value	0.271	0.095	0.586	0.818	—
	N	43	43	43	43	—

\* p < .05, \*\* p < .01, \*\*\* p < .001

Fonte: Jamovi, 2021.

Tabela F-13. Matriz de Correlação de Spearman para variáveis CTN-16 analisadas no fundo do Castanhão.

		OD CTN-16	Profundidade CTN-16	Salinidade CTN-16	pH CTN-16	Temperatura CTN-16
OD CTN-16	Spearman's rho	—				
	p-value	—				
	N	—				

Profundidade CTN-16	Spearman's rho	-0.392	—			
	p-value	0.071	—			
	N	22	—			
Salinidade CTN-16	Spearman's rho	-0.011	-0.684 ***	—		
	p-value	0.960	< .001	—		
	N	22	22	—		
pH CTN-16	Spearman's rho	0.713 ***	-0.483 *	0.210	—	
	p-value	< .001	0.023	0.348	—	
	N	22	22	22	—	
Temperatura CTN-16	Spearman's rho	-0.435 *	0.001	0.266	-0.555 **	—
	p-value	0.044	0.996	0.231	0.008	—
	N	22	22	22	22	—

\* p < .05, \*\* p < .01, \*\*\* p < .001

Fonte: Jamovi, 2021.

Tabela F-14. Matriz de Correlação de Spearman para o grupo A analisado no fundo do Castanhão.

		OD Grupo A	Profundidade Grupo A	Salinidade Grupo A	pH Grupo A	Temperatura Grupo A
OD Grupo A	Spearman's rho	—				
	p-value	—				
	N	—				
Profundidade Grupo A	Spearman's rho	-0.185	—			
	p-value	0.234	—			
	N	43	—			
Salinidade Grupo A	Spearman's rho	0.007	-0.693 ***	—		
	p-value	0.965	< .001	—		
	N	43	43	—		
pH Grupo A	Spearman's rho	0.665 ***	-0.017	-0.036	—	
	p-value	< .001	0.915	0.821	—	
	N	43	43	43	—	
Temperatura Grupo A	Spearman's rho	-0.662 ***	0.090	-0.086	-0.505 ***	—
	p-value	< .001	0.564	0.585	< .001	—
	N	43	43	43	43	—

Note. \* p < .05, \*\* p < .01, \*\*\* p < .001

Fonte: Jamovi, 2021.

Tabela F-15. Matriz de Correlação de Spearman para o grupo B no fundo do Castanhão.

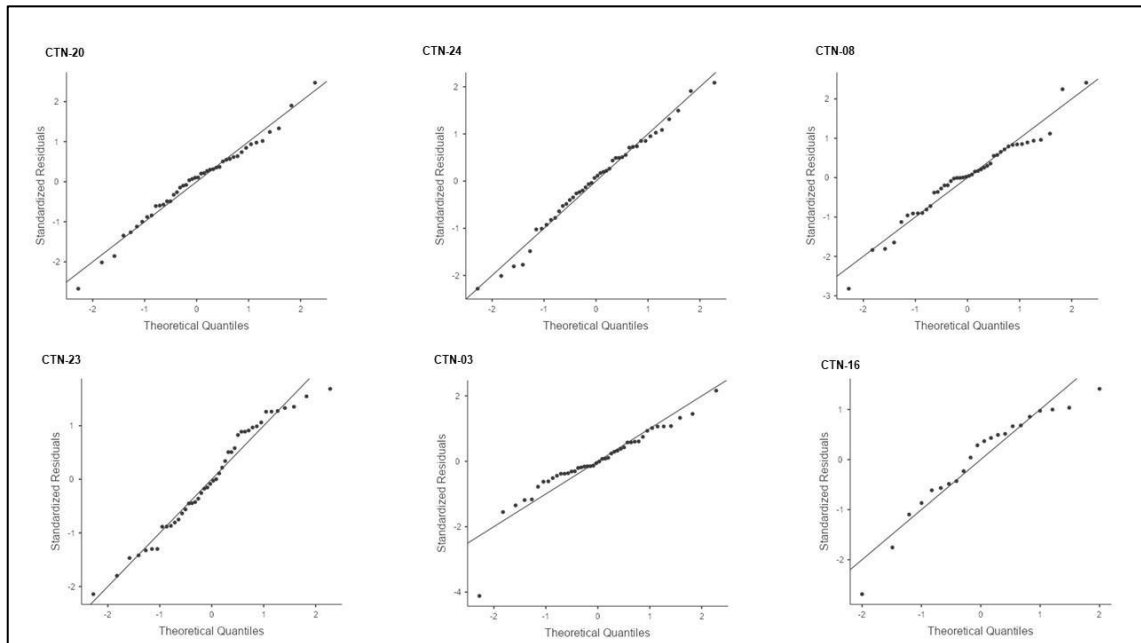
		OD Grupo B	Profundidade Grupo B	Salinidade Grupo B	pH Grupo B	Temperatura Grupo B
OD Grupo B	Spearman's rho	—				
	p-value	—				
Profundidade Grupo B	Spearman's rho	-0.576 ***	—			
	p-value	< .001	—			
Salinidade Grupo B	Spearman's rho	0.176	-0.512 ***	—		
	p-value	0.259	< .001	—		
pH Grupo B	Spearman's rho	0.757 ***	-0.718 ***	0.436 **	—	
	p-value	< .001	< .001	0.003	—	
Temperatura Grupo B	Spearman's rho	-0.159	-0.207	-0.156	-0.087	—
	p-value	0.309	0.183	0.317	0.579	—

Note. \* p < .05, \*\* p < .01, \*\*\* p < .001

Fonte: Jamovi, 2021.

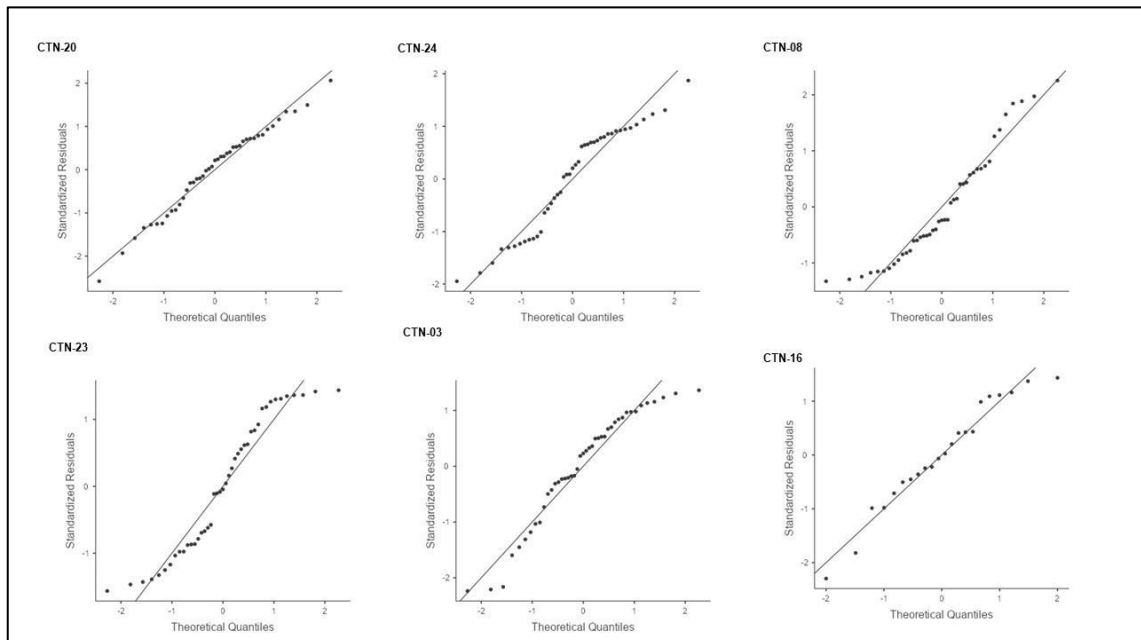
## APÊNDICE G – RESULTADOS DO TESTE DE CORRELAÇÃO

Figura G-1. Q-Q plot para cada posto de amostragem na superfície.



Fontes: Jamovi, 2021.

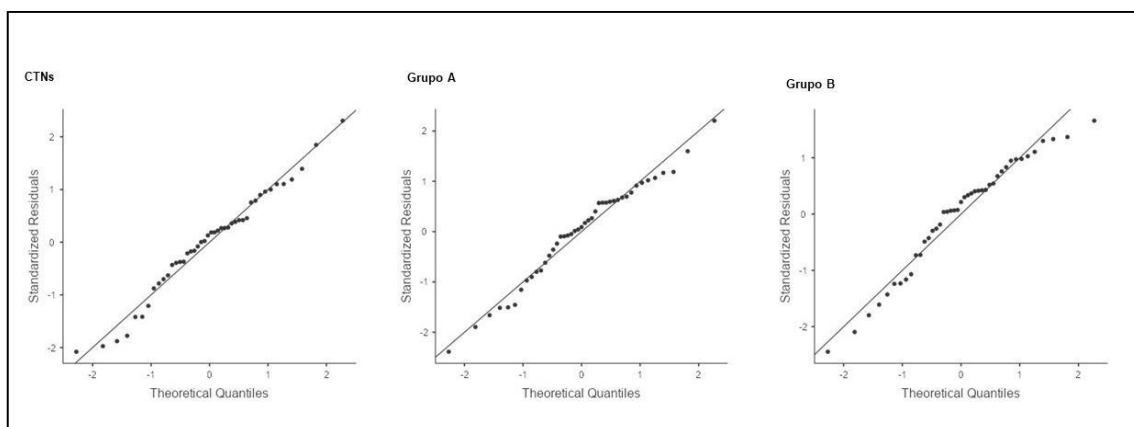
Figura G-2. Q-Q plot para cada posto de amostragem no fundo.



Fontes: Jamovi, 2021.



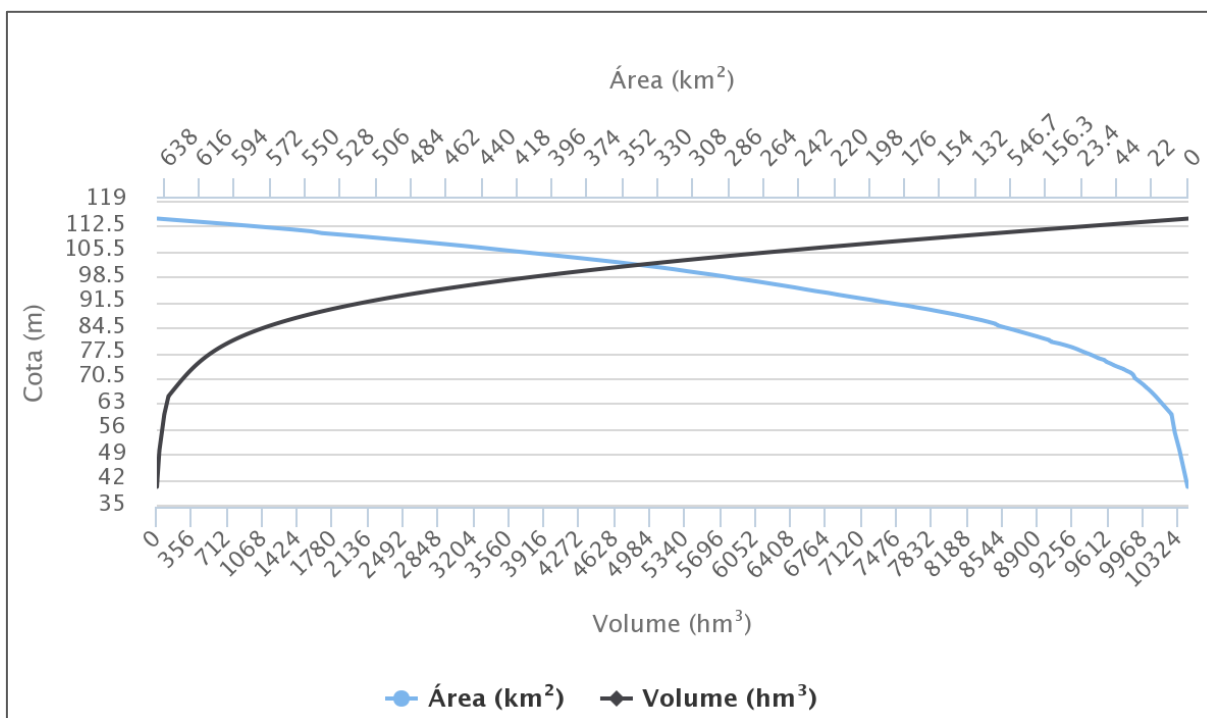
Figura G-3. Q-Q plot para os grupos CTNs (superfície), A e B (fundo).



Fontes: Jamovi, 2021.

## ANEXO H – CURVA COTA-ÁREA-VOLUME DO AÇUDE CASTANHÃO

Figura H-1. CotaxÁreaxVolume do açude Castanhão.



Fonte: Portal hidrológico, 2021.