

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

DINÂMICA TÉRMICA E DO OXIGÊNIO DISSOLVIDO DO AÇUDE EDSON QUEIROZ, SANTA QUITÉRIA-CE

Sandra Beatriz Farias dos Santos¹; Mariana Aparecida Frota Machado Alcantara²; Daniel

Antonio Camelo Cid³ & Janine Brandão de Farias Mesquita⁴

Abstract: The Edson Queiroz reservoir is essential for the supply of the city of Santa Quitéria, so the objective of this work is to evaluate the thermal and water quality standards of the Edson Queiroz dam, in Ceará. The present work uses the CE-QUAL-W2 software to model the water temperature and dissolved oxygen of the Edson Queiroz reservoir, addressing the influence of rainfall seasonality in Ceará and how this affects water quality parameters. The methodology used includes the collection of meteorological and water quality data, the analysis of the thermal patterns of the reservoir and dissolved oxygen. Weather data included air temperature, dew point temperature, wind speed and direction, and cloud cover. The water quality data used as input in the model were water temperature and dissolved oxygen. The data were entered into the CE-QUAL-W2 software, which is a 2D (longitudinal-vertical) water quality and hydrodynamics model. The results show significant variations in water temperature and dissolved oxygen, obtaining an average value of 27.1°C, a maximum of 33.7°C and a minimum of 19.5°C for temperature and an average value of 30.6 mg/L, a maximum of 44.7 mg/L and a minimum of 5.1 mg/L for dissolved oxygen, indicating the thermal stratification of the reservoir and the influence of external factors such as climate variability and rainfall. It is concluded with this study that water quality modeling is an important tool for the sustainable management of water resources in the Edson Queiroz reservoir.

Resumo: O reservatório Edson Queiroz é essencial para o abastecimento da cidade de Santa Quitéria, logo o objetivo desse trabalho é avaliar os padrões térmicos e de qualidade da água do açude Edson Queiroz, no Ceará. O presente trabalho utiliza o software CE-QUAL-W2 para modelar a temperatura da água e o oxigênio dissolvido do reservatório Edson Queiroz, abordando a influência da sazonalidade das chuvas no Ceará e como isso afeta os parâmetros de qualidade da água. A metodologia utilizada inclui a coleta de dados meteorológicos e de qualidade da água, a análise dos padrões térmicos do reservatório e do oxigênio dissolvido. Os dados meteorológicos incluíram temperatura do ar, temperatura do ponto de orvalho, velocidade e direção do vento e cobertura de nuvens. Já os dados de qualidade da água utilizados como entrada no modelo foram temperatura da água e oxigênio dissolvido. Os dados foram inseridos no software CE-QUAL-W2, que é um modelo de qualidade da água e hidrodinâmica em 2D (longitudinal-vertical). Os resultados mostram variações significativas na temperatura da água e no oxigênio dissolvido, obtendo valor médio de 27,1°C, máxima de 33,7°C e mínima de 19,5°C para temperatura e valor médio de 30,6 mg/L, máximo de 44,7 mg/L e mínimo de 5,1 mg/L para oxigênio dissolvido, indicando a estratificação térmica do

1) Bolsista, Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCME): Avenida Rui Barbosa, 1246, Aldeota, CEP: 60.115-221. Fortaleza, CE, Brasil. Fone/Fax: +55 85 3125-8244. E-mail: beatrizfarias894@gmail.com

2) Bolsista, Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCME): Avenida Rui Barbosa, 1246, Aldeota, CEP: 60.115-221. Fortaleza, CE, Brasil. Fone/Fax: +55 85 3125-8244. E-mail: marianafrota1302@gmail.com

3) Pesquisador, Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCME): Avenida Rui Barbosa, 1246, Aldeota, CEP: 60.115-221. Fortaleza, CE, Brasil. Fone/Fax: +55 85 3125-8244. E-mail: daniel.cid@funceme.br

4) Professora Adjunta, Universidade Federal do Ceará (UFC), campus Crateús: Rua Professora Machadinha Lima, SN, Crateús, Ceará. Email: janine@crateus.ufc.br

reservatório e a influência de fatores externos como variabilidade climática e chuvas. Conclui-se com esse estudo que a modelagem da qualidade da água é uma ferramenta importante para a gestão sustentável dos recursos hídricos no reservatório Edson Queiroz.

Palavras-Chave – modelagem de qualidade da água; CE-QUAL-W2; parâmetros de qualidade da água.

1 INTRODUÇÃO

Os reservatórios do Estado do Ceará são intrinsecamente influenciados pela sazonalidade com que ocorrem as chuvas, marcados por intensos e prolongados períodos de seca o que, consequentemente, ressoará nos parâmetros de qualidade da água associados. Além da contribuição do clima do Ceará, Vieira (2023) alerta que o período de chuva restrito, a incidência solar, o tempo que a água fica parada, a pouca profundidade dos açudes e a evaporação podem influenciar na eutrofização.

De acordo com Bonfim (2021) a modelagem da qualidade da água se apresenta como uma forma de auxílio ao monitoramento ambiental atual, à medida que possibilita a criação de uma grande base de dados auxiliando em tomadas de decisão futuras no tocante ao manejo e controle do uso do corpo hídrico que será analisado. Conforme Terry e Lindenschmidt (2023) os modelos são ferramentas eficazes para entender e prever a qualidade futura da água da superfície.

A região semiárida, em específico, que abrange o Estado do Ceará, possui a característica de intermitência dos seus rios. Logo, atividades de origem principalmente antrópicas, que afetam a qualidade dos rios, degradando-os, necessitam de um mecanismo que auxilie a tomada de decisões acerca dos recursos hídricos. Com isso, a modelagem da qualidade da água no contexto semiárido é uma estratégia que possibilita avaliar a condição atual do corpo hídrico, constatando cenários precários, a fim de estabelecer programas e ações que solucionem o problema e, com isso, evitar um colapso hídrico (Lima; Mamede; Lima Neto, 2018; Mesquita et al., 2020; Mesquita e Lima Neto, 2022).

O reservatório em estudo é o açude Edson Queiroz, localizado no município cearense de Santa Quitéria, a 250 quilômetros da capital, Fortaleza. Ele é o responsável pelo abastecimento da cidade de Santa Quitéria. A barragem permitiu aos moradores locais, possibilidades antes inexistentes pela falta de acesso à água, seja em atividades agropecuárias, na aquicultura ou no lazer. Como uma oportunidade de geração de renda e diversas outras por conta do acesso à água, o reservatório Edson Queiroz foi um importante aliado na superação das adversidades características da vida no semiárido nordestino (DNOCS, 2024).

Ainda que muito importante no contexto de abastecimento de água à população e diversos outros fatores, o reservatório, porém, sofre com altas cargas de contribuições de nutrientes, devido a lixiviação dos solos, oriundas de áreas degradadas e manejo agrícola, além de outros desafios, como a criação de animais no entorno do açude, desmatamento, escavações, queimadas, assim como a utilização de agrotóxicos também no entorno do açude Edson Queiroz (COGERH, 2011).

Este presente trabalho faz aplicação do software 2D CE-QUAL-W2, o qual modela processos básicos de eutrofização para rios, estuários, lagos, reservatórios e sistemas de bacias hidrográficas (Portland State University, 2008). A complexidade do modelo W2 aumentou significativamente em resposta à crescente complexidade de questões de qualidade na gestão da água, permitindo que o modelo possa ser aplicado a vários reservatórios e trechos de rios entre os reservatórios até o estuário

receptor, incluindo várias espécies de algas/epífitas, vários grupos de oxigênio biológico carbonáceo (CBOD) para modelagem da qualidade da água (Zhang; Sun; Johnson, 2015).

A modelagem pode ser utilizada para compreender e prever os fatores que influenciam a qualidade da água no açude Edson Queiroz. Com relação à hidrodinâmica, o modelo prevê elevações da superfície da água, velocidades e temperaturas. Já para os dados de qualidade da água, o modelo realiza os cálculos após um cálculo hidrodinâmico, permitindo, assim, um parecer entre a qualidade da água e as variáveis hidrodinâmicas, onde qualquer combinação de constituintes pode ser incluída ou excluída de uma simulação (Wells, 2020).

Portanto, este estudo se demonstra relevante, em razão da importância do reservatório para a região, com a finalidade de abastecimento e produção de renda para as populações no entorno. Em virtude disso, a utilização do modelo CE-QUAL-W2 é aqui utilizada para prever e analisar os constituintes dos parâmetros de qualidade da água do açude, considerando as interferências ambientais e antrópicas que a influenciam. Tendo vista, ainda, da presente escassez de dados, que dificultam os processos de modelagem, onde pretende-se que os estudos e produções científicas sejam intensificados e ampliados nessa área. Assim, o objetivo desse trabalho é avaliar os padrões térmicos e de qualidade da água, como o oxigênio dissolvido, do açude Edson Queiroz, no Ceará.

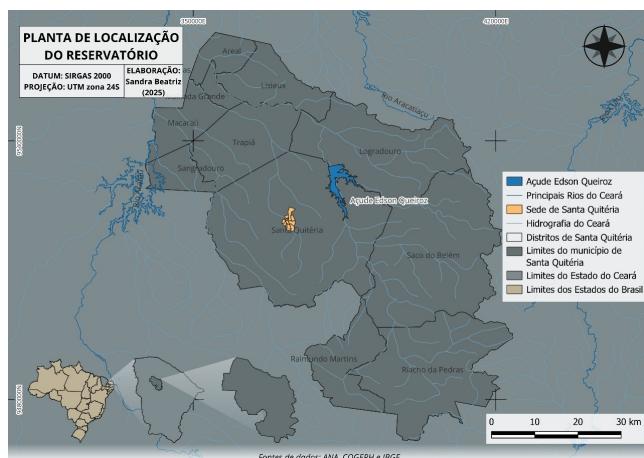
2 METODOLOGIA

2.1 Reservatório analisado

O reservatório escolhido como objeto de estudo deste trabalho foi o açude Edson Queiroz, localizado em Santa Quitéria – CE, conforme observado na Figura 1. É um dos maiores construídos pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), conta com uma bacia hidrográfica de, aproximadamente, 1.777 km² de área, o qual barra o rio Groaíras, que faz parte da bacia hidrográfica do Acaraú (DNOCS, 2024). Segundo a COGERH (2020), o reservatório possui 254 milhões de m³ e uma vazão regularizada de 2,44 m³/s.

O clima é caracterizado como Tropical Quente Semiárido, apresentando regime de chuva irregular e deficiência hídrica de baixa a moderada. A área de entorno do açude apresenta uma cobertura vegetal moderadamente preservada, onde a mata tem sofrido com as ações antrópicas como o desmatamento para diversos fins (COGERH, 2011). Segundo dados do Ipece (2023), a pluviometria histórica da cidade de Santa Quitéria é de 799,8 mm, com temperaturas médias variando de 26°C a 28°C.

Figura 1 – Localização do Açude Edson Queiroz, em Santa Quitéria – CE.



2.2 Dados utilizados

Os dados de entrada para o modelo foram os dados meteorológicos, como temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$), temperatura do ponto de orvalho ($^{\circ}\text{C}$), velocidade do vento (m/s), direção do vento (graus) e cobertura de nuvens (0 a 10) e os dados de qualidade da água utilizados como entrada no modelo foram temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$) e oxigênio dissolvido (mg/L).

Conforme metodologia proposta por Cid (2021), realizou-se a coleta dos dados meteorológicos, através do banco de dados meteorológicos do INMET (<https://bdmep.inmet.gov.br/>) utilizando a estação climática de Sobral, dividindo a extração dos dados da seguinte forma: na estação automática (código A306) selecionou as variáveis necessárias, exceto cobertura de nuvens, enquanto na estação convencional (código 82392) selecionou somente a nebulosidade, que corresponde a cobertura de nuvens. Em alguns horários, de determinadas datas, os valores apresentavam-se como “null”, ou seja, não havia presença de dados. Nesses casos, teve-se que realizar o preenchimento dos dados faltantes, para isso, fez-se uso de um script em R fornecido pela Funceme.

Os dados de qualidade da água obtidos por meio da COGERH foram coletados próximos à barragem, com início do monitoramento em maio de 2008 até julho de 2022, tanto na superfície quanto ao longo da coluna d’água. A frequência das medições variaram de 2 a 4 meses, abrangendo os parâmetros de alcalinidade, cloretos, feofitina, ferro, fósforo, magnésio, nitrogênio, pH, OD, temperatura da água e do ar, dentre outros. Devido à falta de dados em determinados períodos do ano, realizou-se correlações entre os parâmetros para obter uma série temporal a ser inserida no modelo.

2.3 Software de modelagem

O CE-QUAL-W2 é um modelo de qualidade da água e hidrodinâmica em 2D (longitudinal-vertical) que modela por meio de relações entre temperatura, nutrientes, algas, oxigênio dissolvido, matéria orgânica e sedimentos (Portland State University, 2008). Os dados de calibração do modelo são usados para fornecer condições iniciais e de contorno e avaliar o desempenho do modelo durante a calibração. O CE-QUAL-W2 utiliza as equações do movimento lateralmente constantes derivadas das equações tridimensionais de continuidade e de Reynolds (Wells, 2020).

2.4 Avaliação do balanço térmico

Em Sousa *et al.* (2020), evidencia-se que nos períodos secos, as temperaturas do ar são maiores, devido a intensa radiação solar e pouca disponibilidade de chuvas, já nos períodos chuvosos há maiores índices pluviométricos, evidentemente, com menor evaporação e maior umidade, fazendo com que a temperatura da água se torne maior do que a do ar.

Diante disso, realizou o cálculo do desvio médio da temperatura, a partir da equação 1:

$$DM = \frac{|T_{água} - T_{ar}|}{T_{ar}} \quad (1)$$

Onde: DM = desvio médio; Tágua = temperatura da água do reservatório; e Tar = temperatura do ar.

Realizou esse cálculo tanto para o período chuvoso quanto para o período seco, obtendo assim, uma média dos desvios para cada período. No período chuvoso, obteve-se uma média dos desvios equivalente a 0,10 e no período seco equivalente a 0,04. Com isso, gerou-se uma equação para obtenção da temperatura da água.

No período chuvoso, nos meses de janeiro a junho, utilizou a equação 2 e no período seco, nos meses de julho a dezembro, utilizou a equação 3:

$$T_{água} = T_{ar} \cdot 0,1 + T_{ar} \quad (2)$$

$$T_{água} = T_{ar} \cdot 0,04 - T_{ar} \quad (3)$$

Onde: Tágua = temperatura da água; e Tar = temperatura do ar.

2.5 Avaliação do oxigênio dissolvido

Com relação aos dados de oxigênio dissolvido, realizou-se uma regressão com os dados medidos de temperatura da água, para preenchimento dos dados faltantes de oxigênio dissolvido e, assim, obter uma série. Adotou-se a potência como linha de tendência, pois além de apresentar um bom ajuste dos dados, faz mais sentido se comparado a outras, pois essa relação entre OD e temperatura possui variações que não seguem um comportamento linear. Da mesma forma que a temperatura da água, analisou o OD tanto no período chuvoso, quanto no período seco.

No período chuvoso, dos meses de janeiro a junho, utilizou a equação 4 e no período seco, dos meses de julho a dezembro, utilizou a equação 5:

$$OD = 1 \times 10^{-9} \cdot T_{água}^{6,6384} \quad (4)$$

$$OD = 1 \times 10^{-9} \cdot T_{água}^{6,7761} \quad (5)$$

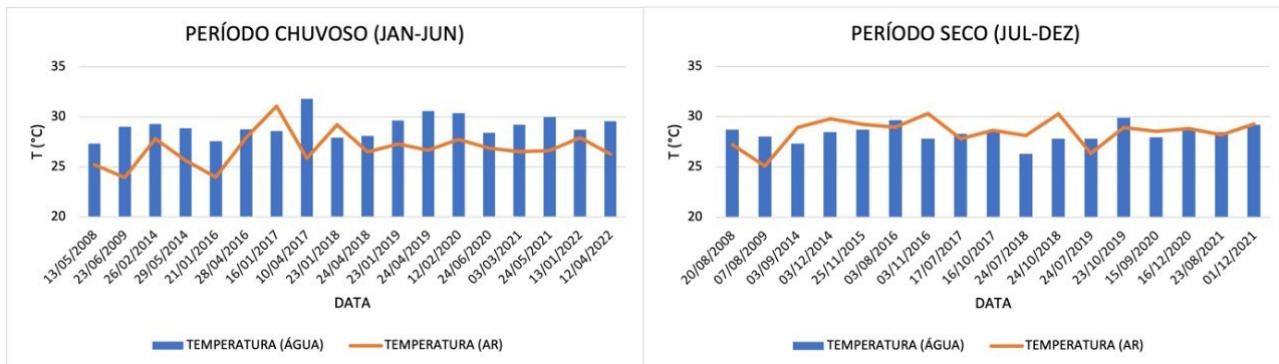
Onde: OD = oxigênio dissolvido; e Tágua = temperatura da água.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Avaliação dos padrões de temperatura

Conforme observação feita nos dados entre temperatura do ar e da água, notou-se que havia momentos em que a temperatura do ar se tornava maior que a temperatura da água, já em outros acontecia o inverso. Para analisar essas tendências, dividiu-se em período chuvoso (janeiro a junho) e seco (julho a dezembro). De acordo com a Figura 2, no período chuvoso a temperatura da água é predominantemente maior que a do ar, enquanto no período seco a temperatura do ar se torna, na maior parte do tempo, maior que a da água.

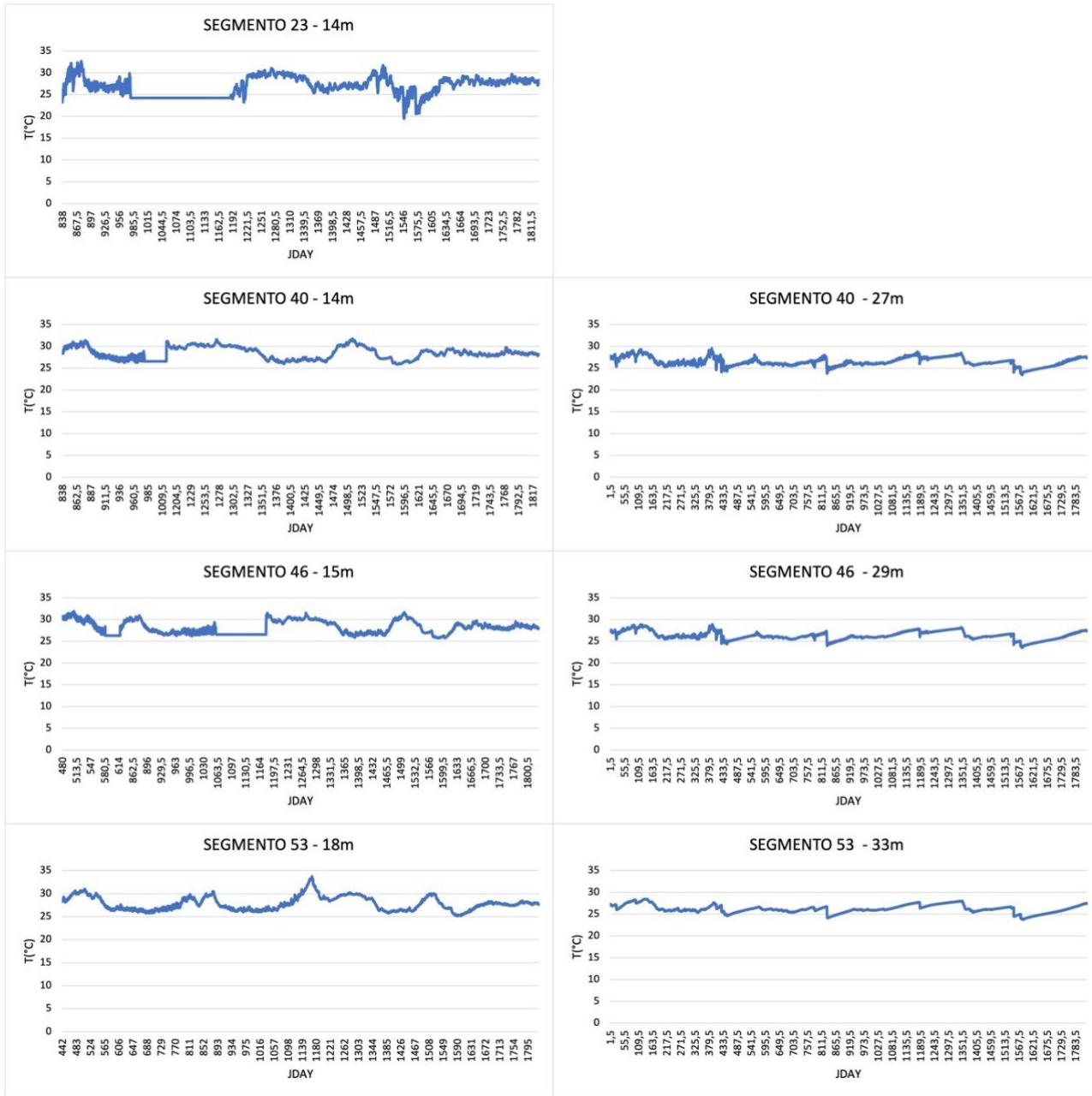
Figura 2 – Temperaturas do ar e da água no período chuvoso e seco.



Em virtude da escassez de dados medidos de temperatura da água, utilizou os dados de temperatura do ar obtidos como forma de correlacionar esses dados e obter uma série. O maior valor de temperatura medido foi de aproximadamente 32°C. Logo, para os dados simulados de temperatura do ar que ultrapassassem esse valor, realizou uma média entre os valores antes e depois e no caso da temperatura da água, repetia o valor da temperatura do ar.

Na Figura 3, tem-se as variações da temperatura simuladas no braço 1, observada em diferentes segmentos e camadas:

Figura 3 – Gráfico das temperaturas no braço 1, em diferentes segmentos e camadas.



Nos segmentos analisados em camadas mais rasas (gráficos do lado esquerdo), notou-se que há variações bruscas de temperatura se comparados com os gráficos das camadas mais profundas, que se apresentam mais estáveis. Isso pode ser explicado devido ao fato de que as camadas superficiais apresentam temperaturas maiores e instáveis, já esperado em reservatórios tropicais, evidenciando a estratificação térmica do reservatório, além de que nas camadas superficiais, em alguns períodos do ano, não há a presença de água, por isso a ausência dos valores de temperatura nesses períodos.

Nas camadas mais profundas (gráficos do lado direito), não há variações abruptas nesses segmentos, visto que há uma estabilidade do termoclina nessas camadas mais profundas do que nas superficiais, onde as temperaturas são mais baixas do que as temperaturas nas camadas superficiais, por sofrer menores variações.

Portanto, analisando a série temporal dos dados de temperatura simulados entre os anos de 2016 a 2020, tem-se que a temperatura média do reservatório foi de 27,1°C, máxima de 33,7°C e mínima de 19,5°C. Essa variação significativa entre a máxima e a mínima demonstra a estratificação térmica do reservatório, que podem impactar no ecossistema aquático, pois quanto maior a temperatura, os níveis de oxigênio diminuem, favorecendo a proliferação de nutrientes. Comparando com os valores medidos, notou-se que a simulação foi bem representativa, visto que a média da temperatura da água dos valores medidos foi de 27,1°C, a máxima de 32°C e a mínima de 18,6°C, assumindo valores bem próximos dos dados de temperatura da água obtidos com a simulação.

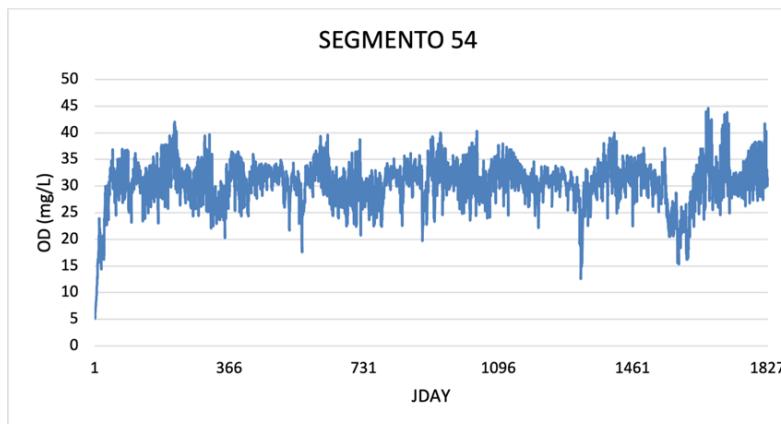
O mesmo foi observado em Mesquita (2020), onde simulações com o CE-QUAL-W2 foram feitas utilizando como objeto de estudo um lago tropical raso localizado no nordeste do Brasil. As temperaturas da água do mesmo variaram entre 27 e 31°C, aproximadamente, e também foi possível identificar estratificações térmicas. Logo, os resultados apresentam um comportamento padrão de estratificação térmica, ou seja, consistentes.

3.2 Avaliação do OD na água

Empregou-se uma análise de regressão para quantificar até que ponto o oxigênio dissolvido e a temperatura da água estão linearmente relacionados, ou seja, obteve uma equação de potência para o período chuvoso e para o período seco, de forma a obter os valores de OD faltantes no período de 2016 a 2020, conforme Equação 4 e 5, respectivamente. Para o período chuvoso, obteve um coeficiente de R^2 de 0,4 e o período seco, o coeficiente de R^2 foi de 0,5, sendo, assim, representativo.

Obteve-se o gráfico da variação do OD ao longo dos anos, representado pela Figura 4.

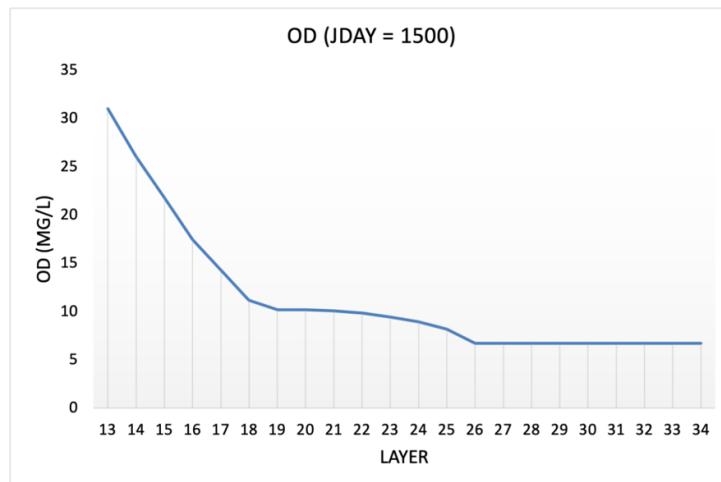
Figura 4 – Variação do OD na coluna de água do açude, no segmento 54.



De acordo com o gráfico dos dados simulados, há mudanças muito bruscas com relação aos valores de OD ao longo dos anos. Isso pode ser explicado devido a diversos fatores de influência, seja por decomposição da matéria orgânica, estratificação térmica e/ou o consumo pelos organismos aquáticos, fazendo com que os níveis de OD sejam baixíssimos, ao passo que em alguns momentos o OD tem um pico de concentração, indicando alguma atividade fotossintética intensa nesse período ou alguma mudança nas condições ambientais.

A variação de OD com a profundidade é observada, para o segmento 54, conforme demonstrado na Figura 5.

Figura 5 – Gráfico de variação do OD no segmento 54 (08/02/2020).



Observa-se que o OD reduz significativamente com a profundidade. As camadas superficiais apresentam valores de aproximadamente 31 mg/L, enquanto nas camadas mais profundas apresentam valores de aproximadamente 7 mg/L, provavelmente por ser uma zona com baixa oxigenação, onde não há mistura de água e um maior consumo de OD por decomposição da matéria.

Analizando a série temporal de OD nos anos de 2016 a 2020, a mesma apresenta um valor médio de 30,6 mg/L, máximo de 44,7 mg/L e mínimo de 5,1 mg/L. Houve uma disparidade entre os valores medidos e os simulados, em que a média de OD nos valores medidos foi de 4,6 mg/L, a máxima de 4,32 mg/L e a mínima de 0,40 mg/L. Os valores simulados são afetados por depender de outros parâmetros na simulação, sendo necessário avaliar essa interação com os demais.

Consoante a isso, Matos (2021) realizou a análise espacial na superfície da água do açude Castanhão, no estado do Ceará e observou valores de OD acima de 5,0 mg/L, onde as menores concentrações encontram-se no fundo do reservatório, ou seja, possivelmente a disponibilidade de OD está inversamente relacionada à profundidade do reservatório.

4 CONCLUSÕES

A parametrização dos parâmetros de oxigênio dissolvido e temperatura da água no reservatório Edson Queiroz foram essenciais para uma análise mais detalhada da qualidade da água ao longo dos anos de 2016 a 2020. Como forma de suprir a falta de dados ao longo desses anos, desenvolveu-se uma metodologia para obter uma equação em que correlacionasse os valores de temperatura da água com os valores de temperatura do ar e os valores de oxigênio dissolvido com os valores de temperatura da água.

Na avaliação dos padrões térmicos do reservatório, observou por meio dos gráficos a estratificação térmica característica de reservatórios tropicais, onde a média da temperatura da água no mesmo foi de 27,1°C, a máxima de 33,7°C e mínima de 19,5°C. Consoante a isso, avaliou o oxigênio dissolvido na água e obteve nos resultados um valor médio de OD na água de 30,6 mg/L, máximo de 44,7 mg/L e mínimo de 5,1 mg/L. Esses valores tendem a diminuir de acordo com a profundidade e podem impactar a qualidade da água e a vida no meio aquático.

O uso de ferramentas avançadas, como o modelo CE-QUAL-W2, foi crucial para uma compreensão abrangente das dinâmicas de oxigenação e estratificação térmica que ocorreram ao longo dos anos. Logo, conclui-se que o monitoramento constante é indispensável para a gestão

sustentável dos recursos hídricos no reservatório Edson Queiroz. Diante do exposto, ressalta a importância de obter como resultados futuros a calibração desses parâmetros analisados em conjunto (oxigênio dissolvido, temperatura, clorofila *a*, fósforo e as formas nitrogenadas).

AGRADECIMENTOS

À Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) pelo apoio institucional e técnico e pela Bolsa de Transferência Tecnológica (BTT) concedida para as duas primeiras autoras e pelo financiamento por meio do Projeto MMCQual – Melhoria da Gestão Hídrica em Ambientes Semiáridos: Monitoramento, Modelagem e Cenarização da Qualidade da Água (Chamada Universal CNPq – Processo No: 409204/2023-4). À Universidade Federal do Ceará (UFC) pelo apoio técnico-institucional para o desenvolvimento desta pesquisa. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 e da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), através do Convênio CAPES/UNESP No. 951420/2023. Agradeço ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua pelo apoio técnico científico aportado até o momento.

REFERÊNCIAS

- BONFIM, A. L. DE S. (2021). *Modelagem de qualidade da água em reservatórios: análise dos efeitos de reservatórios em cascata*. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 47 p.
- CID, D. A. C. (2021). *Modelagem da qualidade da água utilizando CEQUAL-W2: arquivos de entrada para modelo CEQUAL-W2*. Fortaleza – CE: FUNCEME.
- COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS. *Ficha técnica dos açudes: Edson Queiroz*. Fortaleza – CE: COGERH, 2020.
- COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS. *Inventário ambiental: Açude Edson Queiroz*. Fortaleza – CE: COGERH, 2011.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS. *Açude Edson Queiroz: um importante aliado no semiárido nordestino*. BRASÍLIA – DF: DNOCS, 2024.
- INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. *Perfil municipal: Santa Quitéria*. Fortaleza – CE: IPECE, 2023.
- LIMA, B. P.; MAMEDE, G. L.; LIMA NETO, I. E. (2018). “*Monitoramento e modelagem da qualidade de água em uma bacia hidrográfica semiárida*”. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 23, n. 1, pp. 125 – 135.
- MATOS, T. P. DE. P. B. (2021). “*Análise espaço-temporal do oxigênio dissolvido no açude Castanhão, Ceará, Brasil*”. Dissertação (Mestrado em Energia e Ambiente) – Campus de Auroras, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, 112 p.
- MESQUITA, J. B. F. et al. (2020). “*The influence of hydroclimatic conditions and water quality on evaporation rates of a tropical lake*”. Journal of Hydrology, v. 590.
- MESQUITA, J. B. F.; LIMA NETO, I. E. (2022). “*Coupling Hydrological and Hydrodynamic Models for Assessing the Impact of Water Pollution on Lake Evaporation*”. Sustainability, vol. 14, n. 20, p. 13465.

PORLAND STATE UNIVERSITY. *CE-QUAL-W2 Model Description*. Portland – OR: PSU, 2008.

SOUZA, K. A.; ESPINDOLA, G. M.; SILVA, C. E. (2020). “*Análise de atributos limnológicos em reservatórios do semiárido nordestino*”. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 14, n. 1, pp. 357 – 371.

TERRY, J.; LINDENSCHMIDT, K. (2005). “*Water quality and flow management scenarios in the qu’appelle river-reservoir system using loosely coupled WASP and CE-QUAL-W2 models*”. Water, v. 15.

VIEIRA, A. *Ceará vai monitorar qualidade das águas de açudes por meio de satélite*. Fortaleza – CE: O POVO, 2023.

WELLS, S. A. (2020). *CE-QUAL-W2: A Two-Dimensional, Laterally Averaged, Hydrodynamic and Water Quality Model, Version 4.2.2. User Manual: Part 1 Introduction, Model Download Package, How to Run the Model*. Portland – OR: PSU.

ZHANG, Z.; SUN, B.; JOHNSON, B. E. (2015). “*Integration of a benthic sediment diagenesis module into the two dimensional hydrodynamic and water quality model – CE-QUAL-W2*”. Ecological Modelling, v. 297, pp. 213 – 231.