



IV – 97 - VARIAÇÃO DO ESTADO TRÓFICO DO RIACHO DO NAVIO, SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO

Érika Tavares Marques⁽¹⁾

Bióloga pela Universidade Federal Rural de Pernambuco. Mestre em Tecnologia Ambiental pelo Instituto de Tecnologia de Pernambuco e Doutora em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal de Pernambuco.

Cláudia Ricardo de Oliveira⁽²⁾

Professora Adjunta da UNIVASF. Tecnóloga em Gestão Ambiental pelo IFPE. Bacharel em Geografia, Mestre e Doutora em Engenharia Civil na área de Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Pernambuco - UFPE.

Athos Farias Menezes⁽³⁾

Doutorando em Engenharia Civil pela UFPE; Mestre em Geociências (Geologia e Sedimentologia Ambiental) - UFPE; Graduado em Geografia pela UPE e em Engenharia Civil pela Universidade dos Guararapes.

Maria do Carmo Sobral

Professora titular do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da UFPE, Engenheira Civil pela UFPE, mestre em Engenharia Civil (Recursos Hídricos), pela University of Waterloo, Canadá. Doutora em Planejamento Ambiental pela Universidade Técnica de Berlin, Alemanha. Pós-doutorado em Tecnologia Ambiental pela TU Berlin, Alemanha; Pós-doutorado em Gestão de Recursos Hídricos pelo Instituto de Educação para Água (IHE, Unesco), Holanda.

Endereço⁽¹⁾: Av. Prof. Moraes Rego, 1235 – Cidade Universitária – Recife – PE – CEP 50670-901 – Brasil - Tel: +55 (81) 2126-8000 - Fax: +55 (81) 2126-8000 - e-mail: erikatmbio@gmail.com.

1 linha em branco, fonte Times New Roman, corpo 10

RESUMO

O objetivo desse estudo é avaliar o índice de estado trófico (IET) do Riacho do Navio. As informações sobre os parâmetros monitorados foram obtidas através de dados secundários, disponibilizados pelo Ministério da Integração e Desenvolvimento Regional (MIDR), que realizou o monitoramento do reservatório, em 26 campanhas no período de 2009 a 2022. Foram analisados os parâmetros temperatura da água, precipitação, clorofila-a, fósforo total e transparência da água em dois pontos amostrais e em duas profundidades durante os períodos seco e chuvoso. O índice de estado trófico (IET) de Carlson, modificado por Lamparelli (2004) foi aplicado para determinação dos níveis de trofia nas águas. Com relação à qualidade da água, o IET na bacia variou entre Oligotrófico a Hipereutrófico no período estudado. Após a análise estatística foi concluído que em relação aos pontos amostrais, não houve normalidade entre os resultados dos parâmetros e do IET durante os períodos estudados. Em relação à análise sazonal, para os parâmetros clorofila-a e fósforo total, também não houve normalidade. O período de estudo foi caracterizado pela redução dos níveis de água acumulados no reservatório. Com exceção das campanhas 24 e 25, a transparência da água foi baixa (< 1 m). O Açude Barra do Juá apresentou águas com altas concentrações de fósforo total, baixa transparência e clorofila-a que, associados às condições climáticas da região, contribuíram para os elevados valores do IETs observados durante o estudo. Com relação à análise espacial, o IET do Riacho do Navio variou entre Oligotrófico (62) no fundo do Açude Barra do Juá (ponto Q78L na 11ª campanha, período seco) a Hipereutrófico (98) no Açude Barra do Juá superfície. Com relação à sazonalidade, o IET na Bacia do Riacho do Navio variou entre Oligotrófico (48) a Hipereutrófico (98) no período seco, enquanto no período chuvoso variou entre Mesotrófico (55) a Hipereutrófico (84). *1 linha em branco, fonte Times New Roman, corpo 10*

PALAVRAS-CHAVE: eutrofização, semiárido, qualidade de água, monitoramento.

INTRODUÇÃO

A região semiárida caracteriza-se pela irregularidade na distribuição das chuvas durante o ano e está sujeita a longos períodos de estiagem (RANGEL JUNIOR et al. 2018). A carência hídrica sazonal durante parte do ano é característica do clima semiárido, e por isso a construção de reservatórios é uma prática comum, porém a disponibilidade hídrica no semiárido tem reduzido devido aos grandes períodos de seca e às mudanças



climáticas. Isso afeta as taxas de consumo de água, reduz o volume dos reservatórios e muitos deles chegam a secar com frequência (CAMPOS, 2004; MEDEIROS et al., 2015; LEITE, BECKER, 2019).

Além dos fatores dependentes do ciclo hidrológico, a qualidade da água em reservatórios apresenta variações espaço-temporais significativas e dinâmicas dos parâmetros físicos (sólidos suspensos, turbidez, sólidos totais), químicos (pH, demanda bioquímica de oxigênio, oxigênio dissolvido) e biológicos (coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* e clorofila “a”) (ABREU e CUNHA, 2017).

Um dos mais importantes fenômenos que se desenvolve nos reservatórios, e que é determinante na sua qualidade de água é a eutrofização. Sua formação é decorrente de um processo natural que ocorre em todos lagos e reservatórios, ou através da presença de uma intervenção humana, aumentando o fluxo de nutrientes para o corpo hídrico, acelerando, assim, este processo. Sua característica principal é o crescimento exagerado de organismos aquáticos autotróficos, particularmente algas planctônicas e ervas aquáticas (ARAÚJO, SALES e SOUZA, 2013). A principal implicação do processo de eutrofização é a ocorrência de florações de cianobactérias, as quais podem produzir toxinas que têm efeitos diretos sobre a saúde humana e provocam aumento nos custos de tratamento da água (SILVA, 2020).

Devido à dinâmica trófica e à variação de parâmetros de qualidade de água e volume, próprias de corpos aquáticos de regiões de clima quente semiárido, há de se buscar abordagens próprias. Essas surgem com o propósito de melhor representar, e até mesmo esclarecer o comportamento desses ambientes aquáticos (LIMA et al., 2020). Uma forma de classificar e apresentar o estado trófico de um corpo hídrico é utilizar Índices de Estado Trófico (IETs) que permitem acompanhar a evolução do processo de eutrofização em ambientes aquáticos (PONTES, 2022). A avaliação da eutrofização é essencial para a gestão e conservação dos ecossistemas aquáticos, pois afeta as questões ambientais e socioeconômicas (SILVA, 2019).

OBJETIVO

O objetivo desse estudo é avaliar o índice de estado trófico (IET) do Riacho do Navio.

METODOLOGIA

Caracterização da área de estudo

A Bacia Hidrográfica do Riacho do Navio (BHRN), maior afluente pela margem esquerda do Rio Pajeú, está localizada nas coordenadas geográficas entre 08° 03' 55,51" e 08° 42' 22,5" de latitude Sul, e 37° 46' 10,56" e 38° 34' 43,32" de longitude Oeste, abrangendo parte dos municípios de Floresta, Betânia, Custódia e Ibimirim, no Estado de Pernambuco (Figura 1). A BHRN, por sua vez, está inserida na Bacia Hidrográfica do rio Pajeú, porção Centro-Oeste de Pernambuco. Tem uma área de drenagem de 3.312,97 km², perímetro de 432,48 km, 140,78 km de comprimento do curso d'água principal e tem sua foz no rio Pajeú na cidade de Floresta. O curso do Riacho do Navio tem a direção no sentido Nordeste-Sudoeste.

Em relação à classificação climática de Köppen, a bacia é caracterizada como clima semiárido com período chuvoso entre o verão e o outono e período seco entre os meses de inverno. A temperatura média anual na bacia varia entre 27°C a 34°C e seus totais pluviométricos anuais oscilam, geralmente, entre 400 e 1200 mm (PERNAMBUCO, 2022).

O Açude Barra do Juá tem uma expressiva capacidade de armazenamento de água (71.474.000 m³), a qual contribui para perenizar o Riacho do Navio a jusante, com uma vazão de 680 L.s⁻¹ (ANA, 2019). Sua finalidade principal é a irrigação.

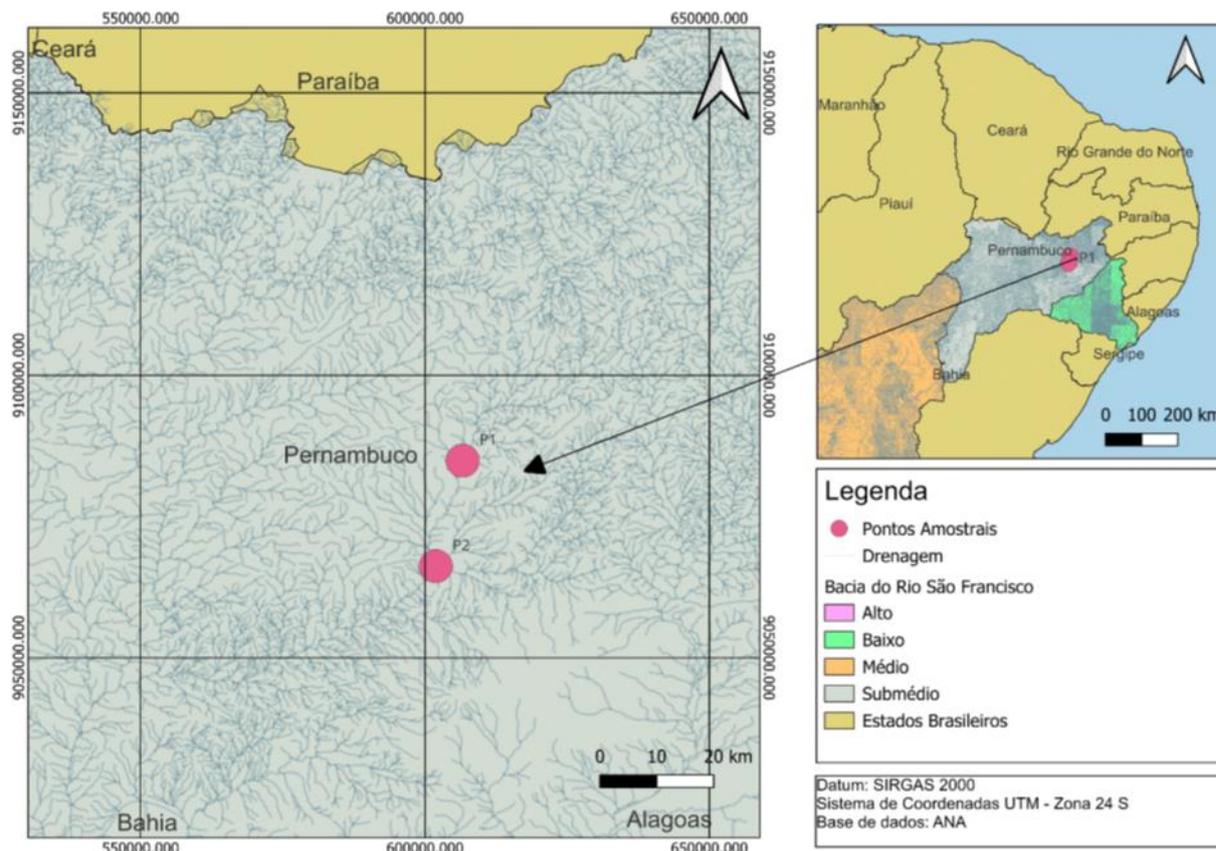


Figura 1: Mapa de localização dos pontos amostrais. Fonte: Athos Menezes.

Os pontos amostrais e suas respectivas suas localizações estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Identificação e localização das estações amostradas durante a 26ª Campanha de Monitoramento de Qualidade da Água e Limnologia.

PONTO AMOSTRAL	LOCAL	CORPO D'ÁGUA	FUSO	COORDENADAS	
				E	N
P1	Afluente do açude Barra do Juá	Lótico	24L	606.619.000	9.084.878.000
P2-S	Açude Barra do Juá (superfície)	Lêntico	24L	601.908.000	9.066.220.000
P2-F	Açude Barra do Juá (fundo)	Lêntico	24L	601.908.000	9.066.220.000

S – Superfície; F – Fundo.

Campanhas de monitoramento

Foram analisados os parâmetros temperatura da água, precipitação, clorofila-a, fósforo total e transparência da água em dois pontos amostrais e em duas profundidades (S - superfície e F-Fundo) durante os períodos seco e chuvoso em 26 campanhas no período de 2009 a 2022 com periodicidade semestral. As informações sobre os parâmetros monitorados foram obtidas através de dados secundários, disponibilizados pelo Ministério do Desenvolvimento Regional, atual Ministério da Integração e Desenvolvimento Regional (MIDR). As amostras dos parâmetros clorofila-a, fósforo total e temperatura da água foram analisadas in loco, utilizando-se uma sonda portátil da marca Horiba, série U-50, modelo U-53G. A transparência da água foi medida com um disco de Secchi (Tabela 2).

**Tabela 2: Cronograma das campanhas de monitoramento na BHRN durante o período de estudo.**

CAMPANHA	DATA	ANO	PERÍODO
1	Março a abril	2009	chuvoso
2	Julho a agosto	2009	seco
3	Fevereiro a março	2010	chuvoso
4	Maião a junho	2010	seco
5	Outubro a novembro	2010	seco
6	Fevereiro a março	2011	chuvoso
7	Maião a julho	2011	seco
8	Agosto a setembro	2011	seco
9	Outubro a novembro	2011	chuvoso
10	Janeiro a março	2012	chuvoso
11	Abril a maio	2012	seco
12	Julho a agosto	2012	seco
13	Novembro	2012	chuvoso
14	Janeiro a março	2013	seco
15	Setembro a outubro	2013	seco
16	Fevereiro a abril	2014	chuvoso
17	Agosto a outubro	2014	seco
18	Fevereiro a maio	2015	chuvoso
19	Agosto a outubro	2015	seco
20	Abril a junho	2016	chuvoso
21	Setembro a novembro	2016	seco
22	Março a junho	2017	chuvoso
23	Agosto a dezembro	2017	seco
24	Agosto a novembro	2018	seco
25	Março a junho	2019	chuvoso
26	Novembro a fevereiro	2019/2020	seco

Parâmetros meteorológicos e morfométricos

Dados da série histórica de precipitação do município de Floresta-PE, bem como as precipitações mensais foram fornecidos pelo INPE CPTEC pela Plataforma de Coleta de Dados (PCD) 32026, localizada no município de Floresta-PE.

Índice de Estado Trófico

O Índice do Estado Trófico tem por finalidade classificar corpos d'água em diferentes graus de trofia, ou seja, avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas e cianobactérias.

Das três variáveis citadas para o cálculo do Índice do Estado Trófico, foram aplicadas apenas duas: clorofila a e fósforo total, uma vez que os valores de transparência muitas vezes não são representativos do estado de trofia, pois esta pode ser afetada pela elevada turbidez decorrente de material mineral em suspensão e não apenas pela densidade de organismos planctônicos, além de muitas vezes não se dispor desses dados.

O Índice do Estado Trófico será composto pelo Índice do Estado Trófico para o fósforo – IET(PT) e o Índice do Estado Trófico para a clorofila a – IET(CL), modificados por Lamparelli (2004), sendo estabelecidos para ambientes lóticos, segundo as Equações 1 e 2:

$$\begin{aligned} \text{IET (CL)} &= 10 \times (6 - ((-0,7 - 0,6 \times (\ln \text{CL})) / \ln 2)) - 20 \\ \text{IET (PT)} &= 10 \times (6 - ((0,42 - 0,36 \times (\ln \text{PT})) / \ln 2)) - 20 \end{aligned} \quad \text{equação (1)}$$

$$\begin{aligned} \text{IET (CL)} &= 10 \times (6 - ((0,92 - 0,34 \times (\ln \text{CL})) / \ln 2)) \\ \text{IET (PT)} &= 10 \times (6 - (1,77 - 0,42 \times (\ln \text{PT})) / \ln 2) \end{aligned} \quad \text{equação (2)}$$

Onde:

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

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

ln: logaritmo natural.

O resultado dos valores mensais apresentados nos quadros do IET será a média aritmética simples, com arredondamento da primeira casa decimal, dos índices relativos ao fósforo total e a clorofila a, segundo a Equação 3:

$$\text{IET} = [\text{IET (PT)} + \text{IET (CL)}] / 2 \quad \text{equação (3)}$$

Na interpretação dos resultados, os pontos serão classificados conforme os resultados obtidos para o IET anual. Assim, para cada ponto, serão utilizadas as médias geométricas das concentrações de fósforo total e clorofila a para cálculo do IET(PT) e IET(CL) anual, sendo o IET final resultante da média aritmética simples dos índices anuais relativos ao fósforo total e a clorofila a (Tabela 3).

Tabela 3: Caracterização dos corpos hídricos de acordo com o estado de trofia.

CLASSE	PONDERAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
Ultraoligotrófico	$\text{IET} \leq 47$	Corpos d'água limpos, de produtividade muito baixa e concentrações insignificantes de nutrientes que não acarretam prejuízos aos usos da água.
Oligotrófico	$47 < \text{IET} \leq 52$	Corpos d'água limpos, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água, decorrentes da presença de nutrientes.
Mesotrófico	$52 < \text{IET} \leq 59$	Corpos d'água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos.
Eutrófico	$59 < \text{IET} \leq 63$	Corpos d'água com alta produtividade em relação às condições naturais, com redução da transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água decorrentes do aumento da concentração de nutrientes e interferências nos seus múltiplos usos.
Supereutrófico	$63 < \text{IET} \leq 67$	Corpos d'água com alta produtividade em relação às condições naturais, de baixa transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem com frequência alterações indesejáveis na qualidade da água, como a ocorrência de episódios florações de



		algas, e interferências nos seus múltiplos usos.
Hipertrófico	IET > 67	Corpos d'água afetados significativamente pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com comprometimento acentuado nos seus usos, associado a episódios de florações de algas ou mortandades de peixes, com consequências indesejáveis para seus múltiplos usos.

Fonte: CETESB (2016); LAMPARELLI (2004).

RESULTADOS

Análise espacial dos parâmetros

O período de estudo foi caracterizado pela redução dos níveis de água acumulados no reservatório. Durante as 26 campanhas de monitoramento a temperatura da água variou entre 22,17°C e 29,90°C na BHRN (Tabela 2 e Figura 2) e a pluviosidade variou entre 0 mm a 1.023,75 mm (Tabela 4 e Figura 3).

Tabela 4: Variação da pluviosidade e da temperatura na PCD 32026, localizada em Floresta-PE.

ANO	PLUV. MÍNIMA	PLUV. MÁXIMA	PLUV. MÉDIA	TEMP MÍNIMA	TEMP MÁXIMA	TEMP MÉDIA
2009	0	1023,75	511,875	41,00	43,40	42,20
2010	0	1023,75	511,875	44,70	44,90	44,80
2011	0	1023,75	511,875	44,00	44,90	44,45
2012	0	1023,75	511,875	43,40	43,80	43,60
2013	0	1023,75	511,875	41,70	43,70	42,70
2014	0	1023,75	511,875	42,70	44,00	43,35
2015	0	1023,75	511,875	42,40	43,40	42,90
2016	0	1023,75	511,875	23,30	35,10	29,20
2017	0	1023,75	511,875	35,40	40,40	37,90
2018	0	1023,75	511,875	47,20	48,90	48,05
2019	0	1023,75	511,875	47,00	48,30	47,65
2020	0	748,25	374,125	40,20	48,10	44,15
2021	0	553,25	276,625	40,40	41,40	40,90
2022	0	128,75	64,375	32,40	36,90	34,65

Fonte: MIDR (2009-2022).

O Açude Barra do Juá (ponto amostral P2-S) apresentou o maior valor para a clorofila-a (309 µg.L⁻¹) durante a 15ª campanha (período seco), enquanto o Riacho do Navio (ponto P1) apresentou o maior valor para o fósforo total (10,03 mg.L⁻¹) durante a 20ª campanha, período chuvoso (Tabela 5).

Deve-se considerar que a avaliação do fósforo total é de extrema importância, pois ele é um indicador da eutrofização artificial dos corpos de água e, conforme Ling e Nyanti Lee (2013), um nutriente limitante. No entanto, a entrada antropogênica do fósforo no ambiente resulta em um aumento na sua concentração. Assim, tem sido fator responsável pela eutrofização em lagos e reservatórios em diferentes partes do mundo.

A transparência da água variou entre 0,11 m no Riacho do Navio (P1) a 1,91 m no Açude Barra do Juá (P2-S) (Tabela 5). Com exceção das campanhas 24 e 25, a transparência da água foi baixa (<1 m). Ribeiro Filho et al. (2011) estabelecem que a transparência da água influencia fortemente o estado trófico do habitat aquático, a penetração da luz determina o desenvolvimento de fitoplâncton e, como consequência, tem-se um enriquecimento no reservatório.

Foi observado por Azevedo et al. (2016) que os reservatórios que apresentaram a maior concentração de

clorofila-a foram também os que estiveram associados aos menores valores de transparência da água. A associação entre as concentrações de clorofila-a e a transparência da água são frequentemente associadas devido à relação linear que esses parâmetros apresentam sendo as concentrações de clorofila indicadas como um fator de verificação do nível de produção primária, refletidos pela concentração de clorofila-a, o que também está associado ao alto percentual de material orgânico suspenso (células fitoplanctônicas) que impedem a penetração da luz na coluna d'água com maior coeficiente de atenuação (menor transparência).

Tabela 5: Variação dos valores dos parâmetros estudados durante o período amostral.

PARÂMETRO	UNIDADE	MVP*	P1		P2-S		P2-F	
			MÍN	MÁX	MÍN	MÁX	MÍN	MÁX
Temp. da água	°C	40°C	22,17	26,81	25,40	29,90	24,21	29,00
Clorofila-a	mm.L ⁻¹	30	7,698	224,90	2,35	309,00	1,00	12,00
Fósforo Total	mg.L ⁻¹	0,03	0,06	10,03	0,013	5,2	0,01	4,40
Transparência	m	-	0,11	0,55	0,08	1,91	-	-

*MVP – Máximo Valor Permissível pela Resolução CONAMA para rios classe 2

Em 14 campanhas o Riacho do Navio estava seco (P1). É importante destacar que na maior parte das campanhas de monitoramento os valores da clorofila-a e do fósforo total apresentaram valores acima do máximo valor permitido de acordo com a Resolução CONAMA 375/2005 para rios Classe 2. O Riacho do Navio chegou a apresentar 15,38% das amostras com inconformidade para a clorofila-a e 38,46% para o fósforo total, enquanto o Açude Barra do Juá superfície (P2-S) apresentou 15,38% das amostras com inconformidade para a clorofila-a e 76,92% para o fósforo total e no fundo (P2-F) 42,31% de inconformidade para o fósforo total.

De acordo com Souza et al. (2021), a BHRN apresenta áreas de caatinga arbustiva, com solos rasos e intensos processos de desmatamento e de uso da terra próximo ao curso d'água principal (Araújo Filho et al., 2001; Feitosa, Santos e Araújo, 2011; Ribeiro, 2016). Um dos principais problemas que afetam a qualidade das águas em mananciais e que tem sido acentuado pelas atividades antrópicas é a eutrofização (SILVA et al. 2018).

Pontes (2022) destaca que os resultados do seu estudo apontam que os reservatórios Cruzeta, Dourado e Passagem das Traíras apresentaram uma intensificação da eutrofização ao longo do tempo, haja vista apresentar altas concentrações médias anuais de clorofila-a e fósforo total. Estudos realizados na região semiárida vêm apontando esse padrão de comportamento principalmente devido aos eventos extremos de seca (BRASIL et al., 2016; COSTA et al. 2016; MENDONÇA JÚNIOR et al. 2018; BRAGA; BECKER, 2020; SANTOS et al., 2021).

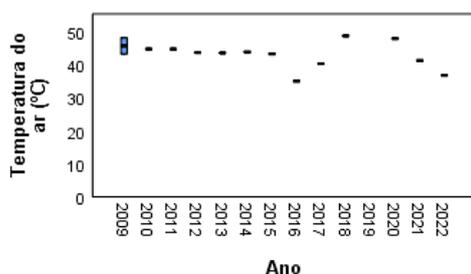


Figura 2: Boxplot da variação da temperatura do ar durante os anos de 2009 a 2022 na Bacia do Riacho do Navio.

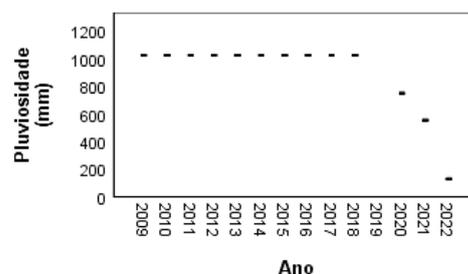


Figura 3: Boxplot da variação da precipitação durante os anos de 2009 a 2022 na Bacia do Riacho do Navio.

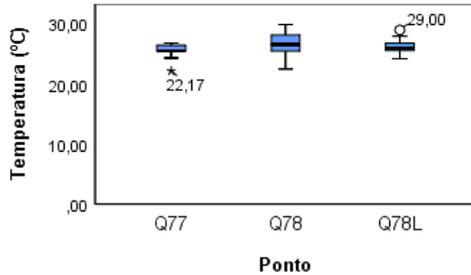


Figura 4: Boxplot da variação da temperatura da água durante os anos de 2009 a 2022 na Bacia do Riacho do Navio.

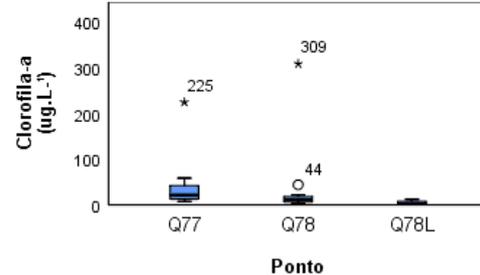


Figura 5: Boxplot da variação da clorofila-a durante os anos de 2009 a 2022 na Bacia do Riacho do Navio.

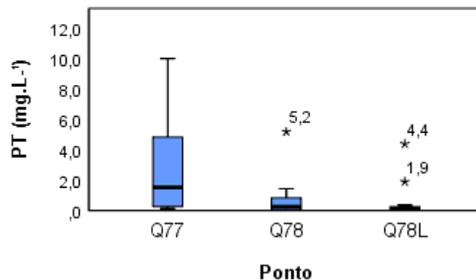


Figura 6: Boxplot da variação do fósforo total durante os anos de 2009 a 2022 na Bacia do Riacho do Navio.

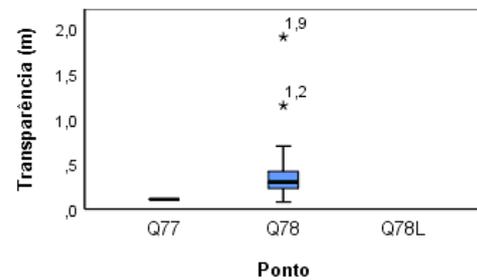


Figura 7: Boxplot da variação da transparência da água durante os anos de 2009 a 2022 na Bacia do Riacho do Navio.

Análise sazonal dos parâmetros

Com relação à análise sazonal, foi observado que a temperatura da água e a clorofila-a apresentaram os maiores valores durante o período seco, enquanto o fósforo total apresentou o maior valor durante o período chuvoso. A transparência da água apresentou o maior valor durante o período chuvoso (Tabela 6 e Figuras 6 a 9).

Tabela 6: Variação sazonal dos parâmetros monitorados.

PARÂMETRO	UNIDADE	SECO	CHUVOSO
Temperatura do ar	°C	40,40 – 48,30	35,10 – 48,90
Temperatura da água	°C	22,17 – 29,90	24,60 – 29,10
Pluviosidade	mm	0 - 553,25	0 - 1023,75
Fósforo Total	mg.L ⁻¹	0,02 - 6,10	0,01 – 10,03
Clorofila-a	µg.L ⁻¹	1,12 – 309,00	1,00 - 58,50
Transparência	m	0,09 – 1,15	0,08 – 1,91

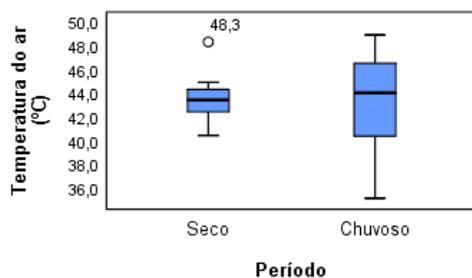


Figura 6: Boxplot da variação sazonal da temperatura do ar na BHRN.

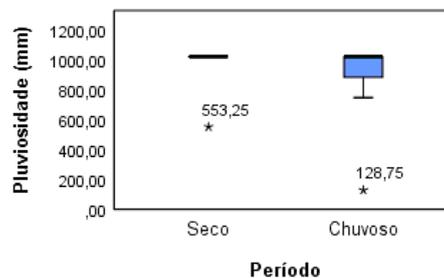


Figura 7: Boxplot da variação sazonal da precipitação na BHRN.

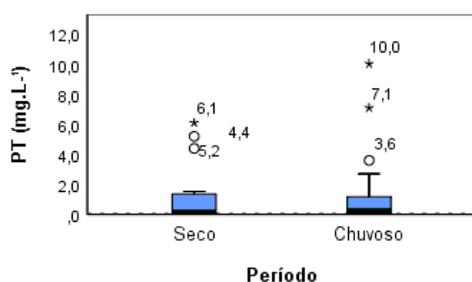


Figura 8: Boxplot da variação sazonal do fósforo total na BHRN.

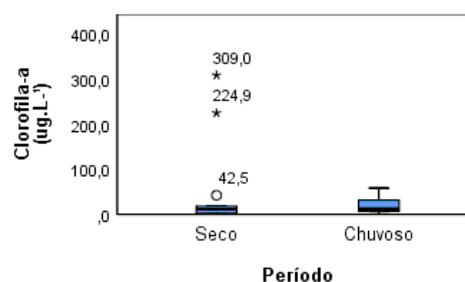


Figura 9: Boxplot da variação sazonal da clorofila-a na BHRN.

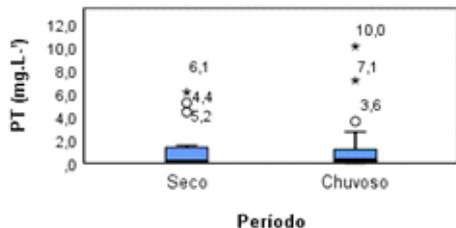


Figura 10: Boxplot da variação sazonal do fósforo total na BHRN.

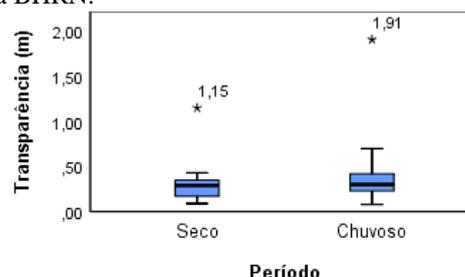


Figura 11: Boxplot da variação sazonal da transparência da água na BHRN.

Variação espacial do IET

Com relação à qualidade da água, o IET na Bacia do Riacho do Navio variou entre Oligotrófico (62) no fundo do Açude Barra do Juá (ponto Q78L na 11ª campanha, período seco) a Hipereutrófico (98) no Açude Barra do Juá superfície (ponto Q78 na 19ª campanha, período seco) (Tabela 7 e Figura 8).

Tabela 7: Variação espacial do IET durante o período de estudo na Bacia do Riacho do Navio.

PONTO AMOSTRAL	IET			ESTADO
	MÍNIMO	MÁXIMO	MÉDIA E DP	
P1	62	98	77,25 ± 3,61	Eutrófico a Hipereutrófico
P2 - S	55	77	63,00 ± 1,76	Mesotrófico a Hipereutrófico
P2 - F	48	68	59,50 ± 2,50	Oligotrófico a Hipereutrófico

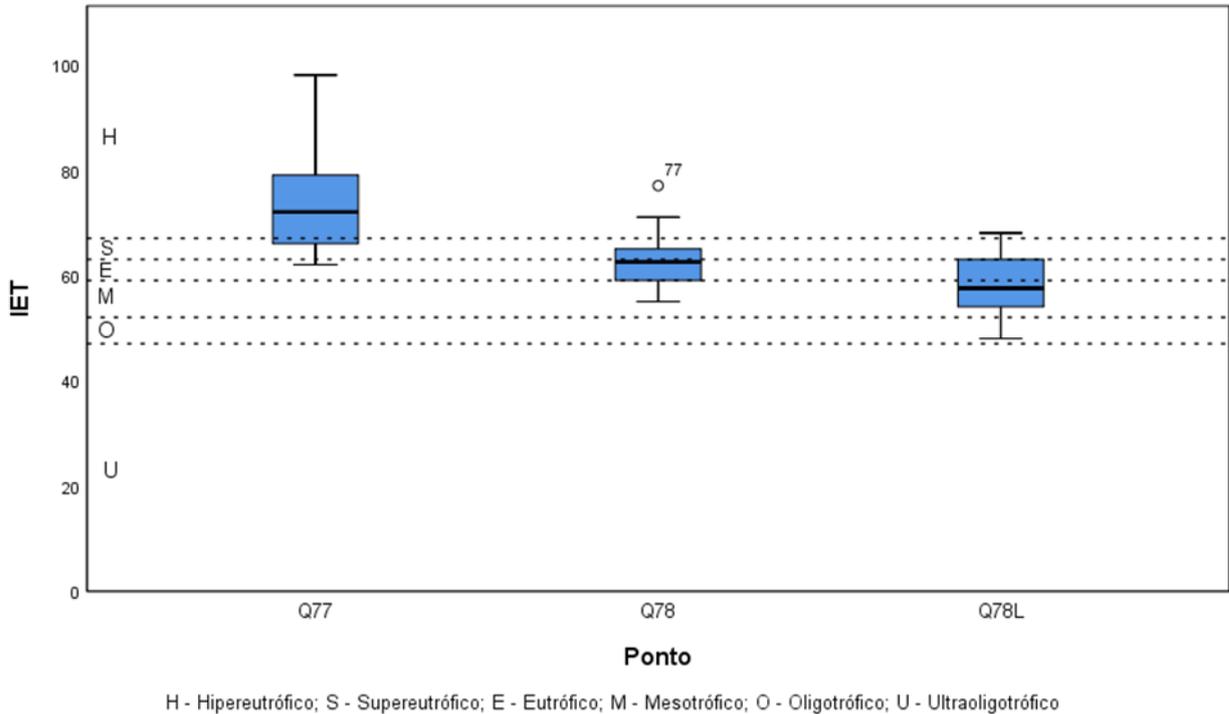


Figura 8: Boxplot variação espacial do IET na Bacia do Riacho do Navio.

Variação sazonal do IET

Com relação à sazonalidade, o IET na BHRN variou entre Oligotrófico (48) a Hipereutrófico (98) no período seco, enquanto no período chuvoso variou entre Mesotrófico (55) a Hipereutrófico (84) (Tabela 8 e Figura 9).

Tabela 8: Variação sazonal do IET na BHRN.

PERÍODO	IET		
	MÍNIMO	MÁXIMO	MÉDIA E DP
Seco	48	98	64,00 ± 2,48
Chuvoso	55	84	66,25 ± 1,89

As modificações que ocorrem na bacia hidrográfica decorrentes das ações antrópicas provocam o aumento da entrada de nutrientes fosfatados e nitrogenados nesses corpos de água, podendo acelerar o processo de eutrofização (LUCENA, 2022). De acordo com o IBGE (2017), os índices de cobertura dos municípios inseridos na BHRN variam entre 32,8% a 52%.

Por estar inserida na região semiárida do Nordeste Brasileiro, vulnerável e susceptível aos efeitos das mudanças climáticas, com sérias implicações econômicas e socioambientais, associado ao impacto ambiental relativo ao desmatamento, queimadas, presença de esgotos, resíduos sólidos e agrotóxico, a BHRN demanda uma gestão que possibilite atendimento aos usos múltiplos, e assegure o equilíbrio entre quantidade e qualidade da água em um regime de intermitência hídrica (GONÇALVES, 2019).

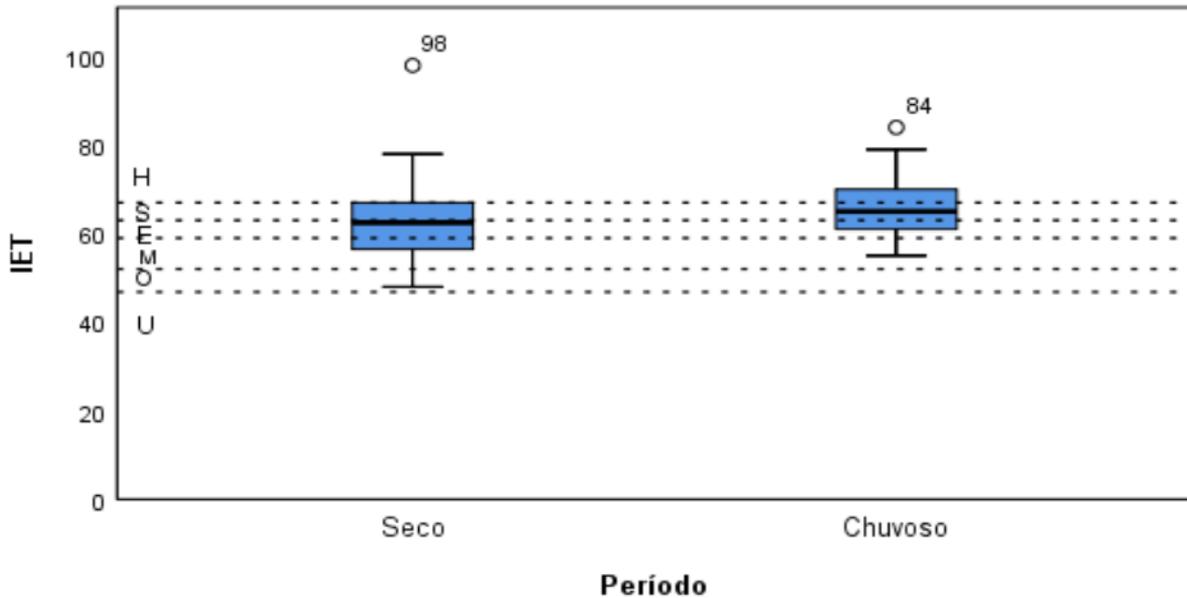


Figura 9: Boxplot da variação sazonal do IET na Bacia do Riacho do Navio.

DISCUSSÃO

Segundo estudos realizados por Costa et al., (2009) e Medeiros et al. (2015), os sistemas em períodos caracterizados por estiagem prolongada, estão propensos a terem seu estado trófico aumentado para condições eutróficas. Esses autores sugerem que esse fato é decorrente da alta taxa de evaporação e concentração de nutrientes. Silva (2019) destaca que no País, não há leis ou programas de origem nacional, estadual ou municipal para a redução da eutrofização nos ambientes aquáticos.

No semiárido nordestino, as altas taxas de evaporação, ausência de chuvas e intermitência dos rios favorecem a condição eutrófica dos reservatórios utilizados prioritariamente para abastecimento humano, ressaltando a importância da existência de políticas de gestão e monitoramento para minimizar os riscos da utilização dessa água e garantir minimamente o abastecimento em períodos de seca prolongada (GOMES et al., 2015).

De acordo com Carvalho (2010), com base de dados disponíveis demonstra-se que, nos rios temporários, a qualidade da água é fortemente influenciada pela quantidade de água do rio e que, portanto, a significativa oscilação de qualidade é especialmente função das condições atmosféricas predominantes.

Os rios temporários são os rios que cessam de fluir ou secam completamente à superfície, em extensão e por tempos variáveis, em oposição aos rios permanentes que fluem à superfície todo o ano. O ciclo hidrológico nos rios temporários compreende três fases: i) a fase com água corrente, ii) a fase fragmentada (com poças), que pode evoluir para a fase seca e iii) a fase do retorno da água. Os rios temporários representam a maioria dos rios a nível global, mas localmente são fatores como a geologia (determina a permeabilidade das rochas) e o clima (determina a temperatura e a frequência e quantidade da precipitação) que controlam o ciclo hidrológico (FERREIRA, 2023).

Segundo Carvalho, Lopes e Silva (2019), a redução da precipitação e do número de dias com chuva, provavelmente implicará em diminuição da disponibilidade hídrica superficial e subterrânea na BHRN e, conseqüentemente, poderá haver mudanças na dinâmica da vegetação nativa e elevação da erosão do solo, causando dificuldade de rendimento na agricultura de sequeiro desta região.



CONCLUSÕES

Foi constatado através da análise do estado trófico que a água da Bacia do Riacho do Navio está submetida a um elevado estado de degradação, sendo o estado de trofia influenciado pela redução drástica do volume hídrico durante todo o período monitorado.

A BHRN está localizada na região semiárida, demandando uma gestão que possibilite atendimento aos usos múltiplos, e assegure o equilíbrio entre quantidade e qualidade da água em um regime de intermitência hídrica.

Ao final do texto deverão aparecer as **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**, utilizando fonte Times New Roman, **corpo 10**, alinhamento de parágrafo justificado e espaçamento de parágrafo de 6 pontos (depois). No início de cada item bibliográfico deverá ser usado um marcador de numeração crescente, de acordo com exemplo abaixo.

2 linhas em branco, fonte Times New Roman, corpo 10

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANA - Agência Nacional de Águas. Termo de alocação de água 2018/2019. 2019. Reservatório da Barra do Juá. Bacia Hidrográfica do Rio Pajeú. Disponível em: <http://www.apac.pe.gov.br/down/t_1074_15295864935b2ba33dd1603_termo_alocacao_agua_barra_do_jua_2018_2019_completo_doc_n_038095_2018....pdf>. Acesso em: 21 de fev. de 2019.
2. ARAÚJO, J. A. F. de; SALES, R. J. de M.; SOUZA, R. O. de. Risco de eutrofização em reservatórios de regiões semiáridas com uso da teoria dos conjuntos difusos. REGA, v. 10, n. 01, p. 29-39, jan./jun. 2013.
3. AZEVEDO, D. J. S.; AZEVÊDO, E. de L.; GOMES, W. I. A.; BEZERRA NETO, J. F.; MOZOLLI, J. Qualidade de água em reservatórios no semiárido durante seca prolongada: uma discussão para avaliação dos efeitos das mudanças climáticas. IV Congresso Baiano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Anais... Cruz das Almas-BA, 13 a 16 de julho de 2016.
4. BRAGA, G.G.; BECKER, V. Influence of water volume reduction on the phytoplankton dynamics in a semi-arid man-made lake: a comparison of two morphofunctional approaches. Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 92, n. 1, p.1-17, 2020.
5. BRASIL, J.; ATTAYDE, J.L.; VASCONCELOS, F.R.; DANTAS, D.D.F. and HUSZAR, V.L.M. Drought-induced water-level reduction favors cyanobacteria blooms in tropical shallow lakes. Hydrobiologia, v. 770, n. 1, 145-164, 2016.
6. CAMPOS, N. A. 2004. A grande seca de 1979 a 1983: um estudo de caso das ações do governo federal em duas sub-regiões do estado do Ceará (Sertão Central e Sertão dos Inhamus). São Carlos, 2004. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Carlos.
7. CARVALHO, S. M. dos S. Qualidade da água em rios temporários: implicações nas ribeiras do Oeste. Dissertação de Mestrado (Engenharia Sanitária). Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 2010. 146p.
8. CARVALHO, A. A.; LOPES, I.; SILVA, O. F. Tendências Observadas na Precipitação sobre a Bacia do Riacho do Navio (Pernambuco). Anuário do Instituto de Geociências-UFRJ, v. 42, n. 4, 2019. p. 56-70.
9. COSTA, M. R. A.; ATTAYDE, J. L., & BECKER, V. Effects of water level reduction in the dynamics of phytoplankton functional groups in tropical semi-arid lakes. Hydrobiologia, v. 778, n. 1, p. 75-89, 2016.
10. COSTA, I. A. S.; CUNHA, S. R. S.; PANOSSO, R.; ARAÚJO, M. F. F.; MELO, J. L. S.; ESKINAZISANT'ANNA, E. M. Dinâmica de Cianobactérias em Reservatórios Eutróficos do Semi-Árido do Rio Grande do Norte. Oecologia Brasiliensis, v.13, n.2, p.382-401, 2009.
11. FERREIRA, V. Rios Temporários. Revista de Ciência Elementar, v. 11(02):023. doi.org/10.24927/rce2023.023
12. GOMES, S. S.; FIGUEIREDO, A. do V.; MEDEIROS, C. E. B. F. S.; BEZERRA, M. G. T. A.; BECKER, V.; MATTOS, A. Alteração do estado trófico de dois reservatórios da região semiárida brasileira durante um evento de seca prolongada. XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Anais... Brasília-DF, 22 a 27 de novembro de 2015.



13. GONÇALVES, M. de L. A. Governança das águas na bacia hidrográfica do rio Pajeú, Pernambuco, Brasil: percepção dos atores e desempenho dos colegiados. Dissertação de Mestrado Profissional (Gestão e Regulação dos Recursos Hídricos em Rede Nacional. Recife: UFPE, 2019. 171p.
14. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE Cidades. 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/panorama> . Acesso em: 03.01.2024.
15. IPCC. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, IPCC AR5 Synthesis Report, 2014. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>>.
16. 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 de Ciências*, v. 90, n. 2, supl. 1, p. 2073-2096, 2018. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201820180085>
17. LEITE, J. N. C & BECKER, V. Impacts of drying and reflooding on water quality of a tropical semi-arid reservoir during an extended drought event. *Acta Limnologica Brasiliensia*, vol. 31, e15. 2019.
18. LIMA, G. R. R.; SOUZA, S. O.; ALENCAR, F. K. M.; ARAÚJO, A. L.; SILVA, F. J. A. O que comunicar os índices de qualidade de água e de estado trófico em um reservatório do semiárido brasileiro? São Paulo, UNESP, *Geociências*, v. 39, n. 1, p. 181 - 190, 2020.
19. LUCENA, C. Y. S. Ambientes lênticos urbanos no semiárido brasileiro: uma análise dos impactos das alterações do uso e ocupação do solo e propostas de mitigação. Dissertação de Mestrado (Desenvolvimento e Meio Ambiente). João Pessoa: UFPB, 2022.
20. MEDEIROS, L. D. C.; MATTOS, A.; LÜRLING, M.; BECKER, V. Is the future blue-green or brown? The effects of extreme events on phytoplankton dynamics in a semi-arid man-made lake. *Aquatic Ecology*, v.49, n.3, p.293-307, 2015.
21. MENDES, D. L.; CUNHA, F. J.; ROLIM, H. d. O.; FERREIRA, L. L.; SOUZA, Y. J. D. de; OLIVEIRA, R. S. Avaliação do índice de estado trófico do açude Banabuiú. In: VII CONNEPI - Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação. Anais... Palmas-TO, 19 a 21 de outubro de 2012.
22. MENDONÇA JÚNIOR, J. R.; AMADO, A.M.; VIDAL, O.L.; MATTOS, A.; BECKER, V. Extreme droughts drive tropical semi-arid eutrophic reservoirs towards CO2 subsaturation. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 30, n. e101, 2018.
23. MISHRA, A. K.; SINGH, V. P. A review of drought concepts. *Journal of Hydrology*, v. 391, n. 1–2, p. 202–216, 2010.
24. PERNAMBUCO. Atlas de bacias hidrográficas de Pernambuco. Plano Estadual de Recursos Hídricos de Pernambuco, Tomo I: Diagnósticos. Secretaria de Infraestrutura e Recursos Hídricos. Secretaria Executiva de Recursos Hídricos. Recife: Seinfra, 2022. 422p.
25. PONTES, A. C. L. Estudo dos índices de estado trófico em reservatórios do semiárido. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil e Ambiental). natal-RN: UFRN, 2022. 38p.
26. 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. <https://doi.org/10.1080/02626667.2021.1933491>
27. RIBEIRO FILHO, R. A.A, PETRERE JUNIOR, M.B, C. BENASSI, S.F. D. PEREIRA, J.M.A.A. Itaipu Reservoir limnology: eutrophication degree and the horizontal distribution of its limnological variables. *Braz. J. Biol.*, vol. 71, no. 4, p. 889-902. 2011.
28. ROCHA JUNIOR, C. A. N. et al. Water volume reduction increases eutrophication risk in tropical semi-arid reservoirs. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 2018, vol. 30, e106, 2018.
29. SANTOS, D. F dos; DA SILVA, J. M.; BECKER, V. Increase eutrophication symptoms during a prolonged drought event in tropical semi-arid reservoirs, Brazil. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Brazilian Journal of Water Resources*, v. 26, e39, 2021.
30. SILVA, A. R. Avaliação do processo de eutrofização das águas superficiais, do cenário nacional ao local: estudo de caso das bacias hidrográficas costeiras dos rios Ratonas, Itacorubi e Tavares (Ilha de Santa Catarina, Brasil). Tese de doutorado (Geografia). Florianópolis: UFSC, 2019. 311p.
31. SILVA, A. M. C.; CASÉ, M.; LOPES, D. V. Qualidade da água como reflexo de atividades antrópicas em bacias hidrográficas do Nordeste, Brasil. *Geosul, Florianópolis*, v. 34, n. 72, p. 102-123, mai./ago. 2019. <http://doi.org/10.5007/1982-5153.2019v34n72p102>
32. SILVA, H. C. D. Eutrofização em reservatórios tropicais semiáridos: fontes de fósforo e subsídios à mitigação. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia Ambiental). Campina Grande: UEPB, 2020. 103p.



33. SOUZA, E. G. F.; NASCIMENTO, A. H. C.; CRUZ, E. A.; PEREIRA, D. F.; SILVA, R. S.; SILVA, T. P.; FREIRE, W. A. Revista Brasileira de Geografia Física, v.14, n.03 (2021)1530-1540.
34. WIEGAND, M. C.; NASCIMENTO, A. T. P.; COSTA, A. C.; LIMA-NETO, I. E.; Trophic satate changes of semi-arid reservoirs as a function of the hydro-climatic variability. Journal of Arid Environments, v. 184, 104321, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.aridenv.2020.104321>