

IV-259 - VARIAÇÃO TEMPORAL DE FATORES LIMNOLOGICOS NO RESERVATÓRIO PAULO SARASATE, CEARÁ

Marianne Mesquita Pontes ⁽¹⁾

Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual Vale do Acaraú (UEVA-CE). Mestre em Biotecnologia pela Universidade Federal do Ceará (UFC/Sobral). Especialista em Gestão Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE/Sobral).

Marcos André Capitulino de Barros Filho ⁽²⁾

Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Mestre em Engenharia Sanitária (PPgES/UFRN). Analista Ambiental do Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte (IDEMA). Professor da Universidade Potiguar – UNP, *Campus* Natal/RN.

Francisco Rafael Sousa Freitas ⁽³⁾

Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Mestre em Engenharia Sanitária (PPgES/UFRN). Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Hidráulica e Saneamento (PPG-SHS) - EESC da Universidade de São Paulo. Professor efetivo do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE, *Campus* de Sobral.

Endereço ⁽³⁾: Avenida Doutor Guarani, 317 – Derby Clube – Sobral – Ceará – CEP: 62042-030 – Brasil - Tel: +55 (88) 3112-8141 - Fax: +55 (88) 3677-2526 - e-mail: rafael.freitas@ifce.edu.br

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo avaliar a variação de parâmetros físico-químicos e biológicos monitorados no reservatório Paulo Sarasate, pertencente à bacia hidrográfica do rio Acaraú no estado do Ceará, nos anos de 2016 e 2017, considerando a variação sazonal (período chuvoso e de estiagem). Os parâmetros avaliados foram Temperatura, Oxigênio Dissolvido (OD), Nitrogênio Total, Fósforo Total, Clorofila *a*, densidade de Cianobactérias e de *Escherichia coli* e o Índice de Estado Trófico (IET), dados estes cedidos pela Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos - COGERH e pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará - CAGECE. A avaliação demonstrou que o reservatório apresentou períodos de estratificação térmica e química ao longo da coluna d'água, sendo mais evidenciada a estratificação no período chuvoso. Em relação ao grau de trofia, o reservatório apresentou elevados níveis de eutrofização. No período de estiagem os impactos sobre o reservatório são ainda mais evidentes, considerando que a água apresentou estado de hipereutrofização, evidenciando que a redução do volume de água contribui efetivamente para a degradação da sua qualidade. Entretanto, com relação aos resultados referentes a densidade de coliformes, foram observadas baixas concentrações de *E. coli*. Desta forma, os resultados analisados mostram que a sazonalidade influencia fortemente na qualidade da água, visto que no período chuvoso o reservatório esteve sujeito à estratificação térmica e química devido ao aumento da coluna d'água, impedindo a recirculação de nutrientes, afetando o equilíbrio do ecossistema aquático, ao passo que no período de estiagem há incremento das concentrações de nutrientes com consequente aumento da produtividade primária no reservatório.

PALAVRAS-CHAVE: Estratificação Térmica, Eutrofização, Semiárido, Reservatório, Poluição Difusa.

INTRODUÇÃO

O Brasil, mesmo sendo um país privilegiado pela disposição dos recursos hídricos, possui uma região semiárida que sofre com a escassez de água, devido a fatores climáticos, como chuvas irregularmente distribuídas no tempo e no espaço, aliados a características geográficas. É também nessas regiões que ocorrem fluxos elevados de evapotranspiração, acentuando os déficits hídricos nos períodos sem chuvas (MONTENEGRO & MONTENEGRO, 2012).

Todas essas características da região semiárida levaram à prática da construção de reservatórios para captação e armazenamento das águas superficiais, popularmente denominados de açudes, tornando-se importantes fontes de renda e de recursos hídricos para populações no semiárido nordestino (SILVA; VIEIRA, 2014; FERREIRA *et al.*, 2015). No Nordeste, os açudes são formados pelo represamento de rios e pelas águas pluviais, a fim de

atender as demandas de abastecimento, regularização de cursos, obtenção de energia elétrica, piscicultura, irrigação, navegação e recreação (MEIRELES *et al.*, 2007).

Todavia, essas fontes hídricas estão sujeitas à deterioração da qualidade de suas águas, provocadas tanto por ação natural como antrópica. Dentre elas a salinização – intimamente relacionada ao alto índice de evaporação, turbidez, assoreamento, além da poluição antropogênica (VON SPERLING, 2005; OLIVEIRA, 2009). Além disso, temos o surgimento de problemas relativos à eutrofização implicando diretamente na baixa qualidade do corpo hídrico e comprometendo seus usos (NASCIMENTO; ARAÚJO, 2013).

A eutrofização é um fenômeno que ocorre naturalmente quando há aumento da concentração de nutrientes como fósforo e nitrogênio no corpo d'água (ESTEVES, 1988). Contudo, ela pode ser induzida pelo ação humana através do despejo de efluentes domésticos, industriais e atividades agrícolas sem tratamento prévio (MACEDO; SIPAÚBA-TAVARES, 2010). Esse fenômeno compromete a ecologia do ambiente aquático trazendo consequências indesejáveis, como o aumento acentuado de biomassa de algas e de macrófitas aquáticas que contribuem para o decréscimo de oxigênio dissolvido limitando a vida que depende deste elemento (FIGUEIRÊDO *et al.*, 2007). Além disso, a presença de espécies de cianobactérias pode trazer riscos à saúde humana através da transferência de toxinas, que podem permanecer na água mesmo após seu tratamento (LAMPARELI, 2004; ALEXANDRE *et al.*, 2010).

Por conta da degradação a que os corpos aquáticos estão sujeitos, é necessário um monitoramento frequente da qualidade da água, para que sejam avaliados os aspectos físico-químicos (temperatura, turbidez, salinidade, pH, nutrientes, entre outros) e biológicos (micro-organismos patogênicos, cianobactérias, clorofila *a* e toxicidade) (LAMPARELI, 2004), bem como a utilização de índices de qualidade de água como alternativa para acompanhar e detectar alterações espaciais e temporais em águas superficiais (FERREIRA *et al.*, 2015).

Uma das maneiras de avaliar a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo de algas é utilizando o Índice de Estado Trófico – IET, que tem por finalidade classificar corpos d'água em diferentes graus de trofia (CETESB, 2009). No Brasil, adota-se o índice elaborado por Carlson de 1977 e modificado por Toledo *et al.*, (1983), para o cálculo do IET dos rios e reservatórios adaptado para ambientes tropicais, que utiliza quatro variáveis: Clorofila-*a*, Fósforo Total, Ortofosfato e Transparência da água (Secchi). Entretanto, atualmente, aplicam-se apenas a Clorofila *a* e o Fósforo Total no cálculo proposto por Lamparelli (2004), pois os valores de transparência muitas vezes podem não ser representativos para o estado de trofia, já que esta pode ser afetada pela elevada turbidez decorrente de material mineral em suspensão e não apenas pela densidade de organismos planctônicos (MAIA; CARVALHO; CARVALHO, 2015).

Os sistemas artificiais possuem uma complexidade espacial e temporal que dificultam seu manejo, dessa forma, o estudo da qualidade de água nos seus aspectos limnológicos busca fornecer informações para detecção e predição de eutrofização a fim de facilitar o desenvolvimento de técnicas para seu gerenciamento integrado (ALEXANDRE *et al.*, 2010).

O monitoramento qualitativo dos reservatórios é importante para avaliação da saúde do corpo hídrico. O estudo da qualidade de água nos seus aspectos limnológicos busca fornecer informações para detecção e predição de eutrofização, visto que os reservatórios artificiais são complexos em sua estrutura espacial e temporal. Desta forma, os processos físicos, químicos e biológicos devem ser conhecidos em profundidade para promoção e desenvolvimento de técnicas e para o gerenciamento integrado dos recursos hídricos (ALEXANDRE *et al.*, 2010).

Portanto, este trabalho teve como objetivo avaliar variações de parâmetros limnológicos em um reservatório da região semiárida do estado do Ceará, considerando a sazonalidade (período seco e chuvoso), no período de 2016 a 2017, a fim de identificar possível deterioração do corpo hídrico e inferir prováveis causas dessa degradação.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

O reservatório Paulo Sarasate, popularmente conhecido como Araras, está localizado no município de Varjota (cerca de 250 km da capital cearense, Fortaleza), e pertence a Bacia do rio Acaraú, conforme mostra a Figura 1. O reservatório foi construído pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas – DNOCS em 1967, sendo responsável pelo abastecimento de diversas cidades como Varjota, Reriutaba, Ipu, Pires Ferreira, Hidrolândia, Tamboril, Ipueiras e Nova Russas (VARJOTA, 2016).

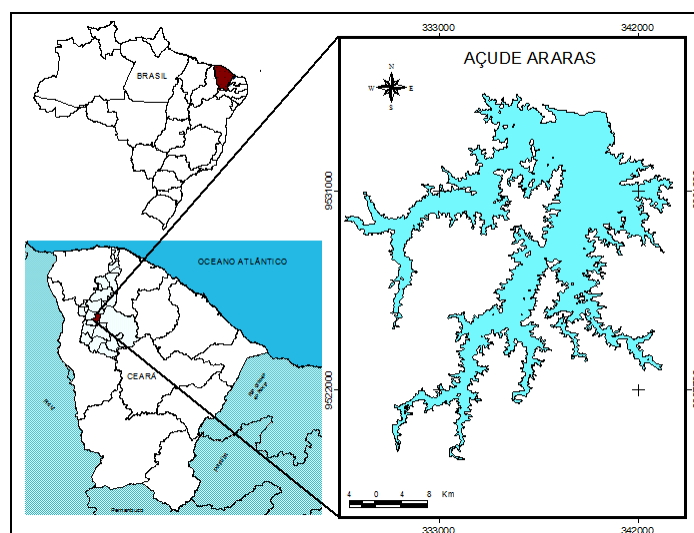


Figura 1: Localização do reservatório Paulo Sarasate no estado do Ceará. (Fonte: ALEXANDRE, 2010).

Além do abastecimento humano, o reservatório possui outras finalidades, dentre elas: regularização de cheias, perenização do rio Acaraú, irrigação de 14 mil hectares de várzeas do mesmo rio, criação de peixes e aproveitamento de culturas na área de montante (MACÊDO, 1981 *apud* ALEXANDRE *et al.*, 2010). Na Tabela 1 estão apresentadas as características físicas do reservatório.

Tabela 1: Características do reservatório Paulo Sarasate.

Hidrologia		Barragem		Tomada D'água	
		Cota (m)	156,4		
Bacia Hidrográfica (km²)	3504,38	Comprimento do Coroamento (m)	2,6	Tipo	Galeria
Capacidade (hm³)	859,53	Largura do Coroamento (m)	8,0	Comprimento (m)	225
Vazão Regularizada (m³/s)	6,14	Altura Máxima (m)	38,0	Diâmetro	2.100mm / 1.200mm

(Fonte: COGERH, 2018).

O clima na região é Tropical Quente Semiárido e a temperatura média varia entre 26° a 29° C, com pluviometria irregular entre os meses de janeiro a abril. Os solos possuem características predominantes do semiárido nordestino, sendo do tipo bruno não cálcico, litólicos e podzólico vermelho-amarelo, cobertos por uma vegetação do tipo caatinga arbustiva aberta e espinhosa (IPECE, 2016).

Metodologia

Os dados analisados neste estudo foram cedidos pela Companhia de Gestão de Recursos Hídricos – COGERH e pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE. Foram considerados para a avaliação, dados gerados no período de 2016 a 2017.

Neste estudo foram considerados os parâmetros: Temperatura, Oxigênio Dissolvido, Nitrogênio Total e Fósforo Total, Clorofila *a*, Densidade de Cianobactérias e o Índice de Estado Trófico – IET (dados cedidos pela COGERH). Em relação aos parâmetros microbiológicos foram analisadas as concentrações de *Escherichia coli* nas amostras de água do reservatório (dados cedidos pela CAGECE).

A Rede de Monitoramento da Qualidade de Água da COGERH (RMQA) realiza campanhas trimestrais em 153 reservatórios no estado do Ceará. Dentre estes está o reservatório Paulo Sarasate (Araras). A perfilagem da qualidade da água foi realizada por meio de sondas multiparamétricas (YSI, 6600 V2 e Hydrolab-MS5).

Os dados cedidos pela COGERH foram coletados no ponto ARA-01. O ponto de coleta denominado ARA-02 refere-se ao ponto de amostragem na área de captação de água para consumo humano monitorada pela CAGECE (Figura 2). As respectivas coordenadas geográficas estão apresentadas na Tabela 2.

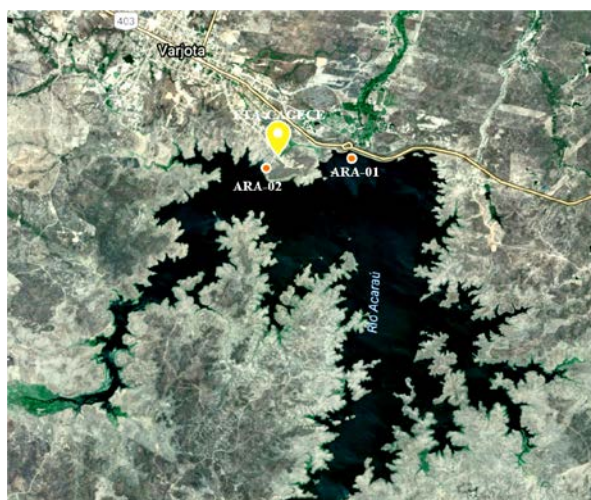


Figura 2 – Localização dos pontos de coleta no reservatório Paulo Sarasate. (FONTE: Google Earth, 2018).

Tabela 2 – Coordenadas Geográficas dos Pontos de Coleta.

Ponto de Coleta	Longitude	Latitude
COGERH (ARA-01)	40° 27' 05.0" O	4°12'37.6" S
CAGECE (ARA-02)	40° 27' 49.7" O	4°12'42.6" S

Fonte: COGERH e CAGECE.

A Figura 3 ilustra o ponto ARA-02, local onde é feita a captação de água pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE, para abastecimento do município de Varjota.



Figura 3 – Captação de água pela ETA no ponto ARA-02. (FONTE: Autor, 2018).

A COGERH realiza através do monitoramento, a classificação o estado trófico dos reservatórios, utilizando como base a transparência e as concentrações de Fósforo Total (mg/L) e Clorofila *a* (µg/L), avaliados nas campanhas, realizadas trimestralmente, totalizando quatro campanhas anuais – duas no período chuvoso e duas no período de estiagem (PAULINO; OLIVEIRA; AVELINO, 2013).

Para a realização das análise microbiológicas de Coliformes, as amostras de água bruta coletadas pela CAGECE são encaminhadas e analisadas em laboratório próprio na cidade de Sobral, sendo que a frequência de coletas é mensal ou semanal. A análise é realizada por meio do método do substrato cromogênico que permite determinar simultaneamente os Coliformes Totais e *Escherichia coli* presentes em uma determinada amostra.

Dados de pluviosidade e volume do reservatório foram extraídos do banco de dados da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME.

Análise dos Dados

Os dados foram analisados e posteriormente organizados em tabelas e gráficos com auxílio do programa Excel®. Os resultados foram comparados conforme os padrões de qualidade estabelecidos pela legislação vigente, Resolução CONAMA 357/05, para águas doces Classe II.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nos últimos anos, o reservatório vem apresentando baixo volume de água acumulado, como pode ser verificado na Figura 4. Em 2016, o reservatório apresentava-se com menos de 5% de sua capacidade total de acumulação.

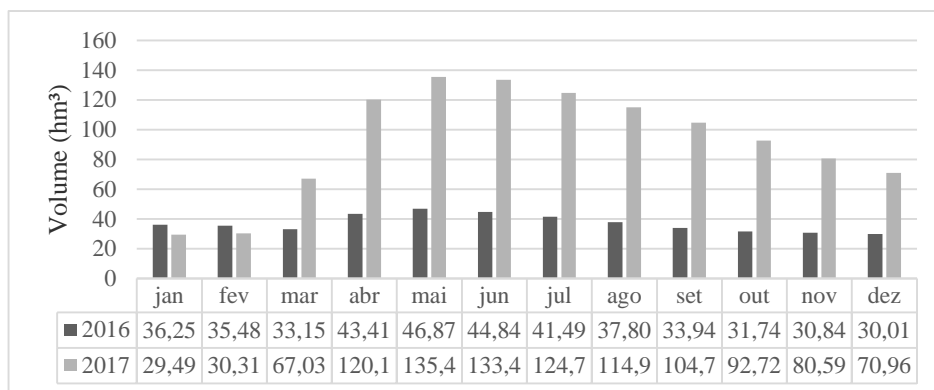


Figura 4: Variação mensal do volume do reservatório nos anos de 2016 e 2017, em hm³. (Fonte: FUNCEME, 2018).

O período chuvoso daquele ano não foi suficiente para elevar significativamente o volume armazenado no reservatório. Ao todo a precipitação acumulada no fim do ano de 2016 foi de 581,9 mm (Figura 5).

Contudo, durante período chuvoso de 2017, o reservatório aumentou o volume armazenado atingindo mais de 15% da capacidade de acumulação. Os meses de maiores precipitações foram fevereiro, março e abril, que ao todo somam 531,5 mm, conforme pode ser observado na figura 5.

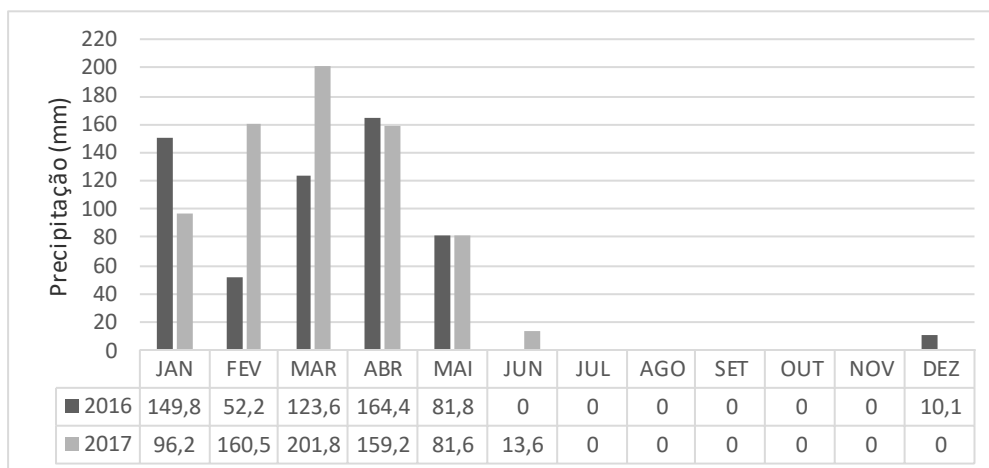


Figura 5: Gráfico da Precipitação mensal acumulada em mm dos anos 2016 e 2017. (Fonte: FUNCEME, 2018).

A alteração na temperatura de águas naturais ocorre principalmente pela radiação solar, que é influenciada pelo clima e pela latitude da região (LIBÂNIO, 2016). O aquecimento térmico gera camadas de água com diferentes densidades, formando uma barreira física que impede que se misturem, ocasionando a estratificação do sistema aquático.

Os dados coletados demonstraram que a estrutura térmica do reservatório apresentou períodos de estratificação ao longo da coluna d'água. Como pode ser observado na Figura 6, as maiores variações de temperatura (entre superfície e fundo da coluna d'água) ocorreram nos meses de março de 2016 – 32,2°C na superfície e 28,5°C no fundo (com diferença de 3,6°C) e em abril de 2017 – 30,1°C na superfície e 27,9°C no fundo (2,15°C), ou seja, no período chuvoso.

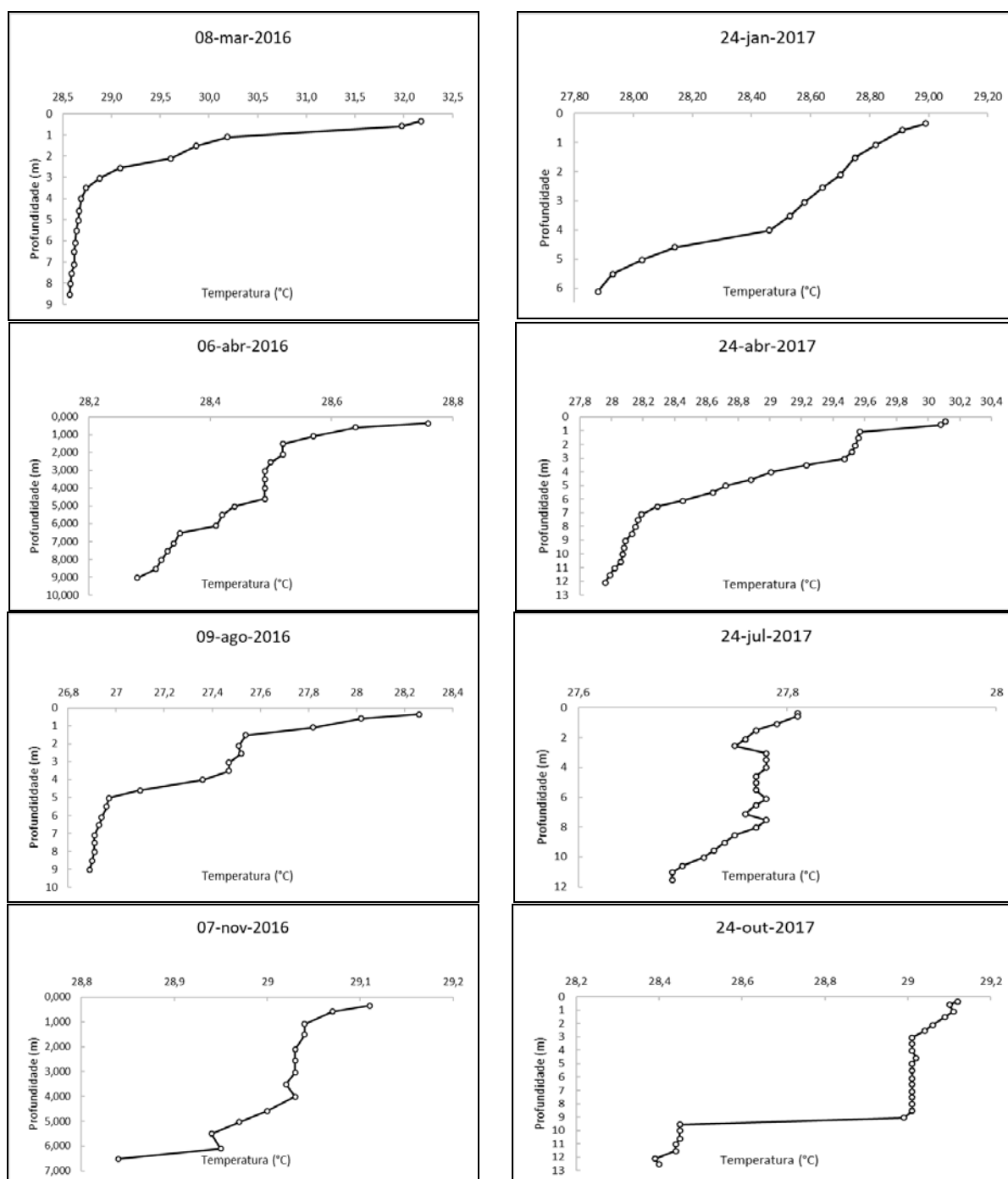


Figura 6: Gráficos dos perfis de Temperatura (°C) dos anos de 2016 e 2017. Nos períodos chuvoso (janeiro a maio) e de estiagem (julho a dezembro). (Fonte: Dados cedidos pela COGERH).

Houve estratificação térmica nos períodos de chuva (janeiro a maio), considerando como critério um gradiente de temperatura $> 0,3^{\circ}\text{C}$, que pode ter sido favorecida pelo aumento no nível de água do reservatório, e circulação nos períodos de estiagem (julho a dezembro), meses onde a coluna d'água diminui expressivamente, como pode ser observado na Figura 4.

Um estudo realizado por Alexandre *et al.*, (2010) no mesmo reservatório, no mês de março de 2010, procurou identificar as possíveis variações de alguns parâmetros limnológicos ao longo da coluna d'água e sua dinâmica nictemeral. Os resultados demonstraram variações na temperatura, na condutividade elétrica e nos níveis de oxigênio dissolvido (OD), ocorrendo estratificação térmica e química, sendo as camadas superiores com maiores valores registrados de OD decorrentes do processo fotossintético, em função do crescimento de algas resultantes do aporte de macronutrientes.

Segundo Libânio (2016), a concentração de oxigênio dissolvido é reconhecidamente o parâmetro mais importante para determinar a qualidade dos ambientes aquáticos por ser o elemento principal no metabolismo dos organismos aeróbios presentes nos corpos hídricos.

As maiores concentrações de oxigênio dissolvido na superfície foram observadas no mês de março e agosto de 2016 apresentando 16,1 mg/L e 9,9 mg/L respectivamente. Por meio desse parâmetro, observou-se também a ocorrência da estratificação química, caracterizando o reservatório com um perfil clinogrado, ou seja, quando há variações nas concentrações de oxigênio, apresentando hipóxia no hipolímnio, como podemos observar na Figura 7 (em 08-mar-16, 06-abr-16, 09-ago-16, 24-jan-17 e 24-abr-17).

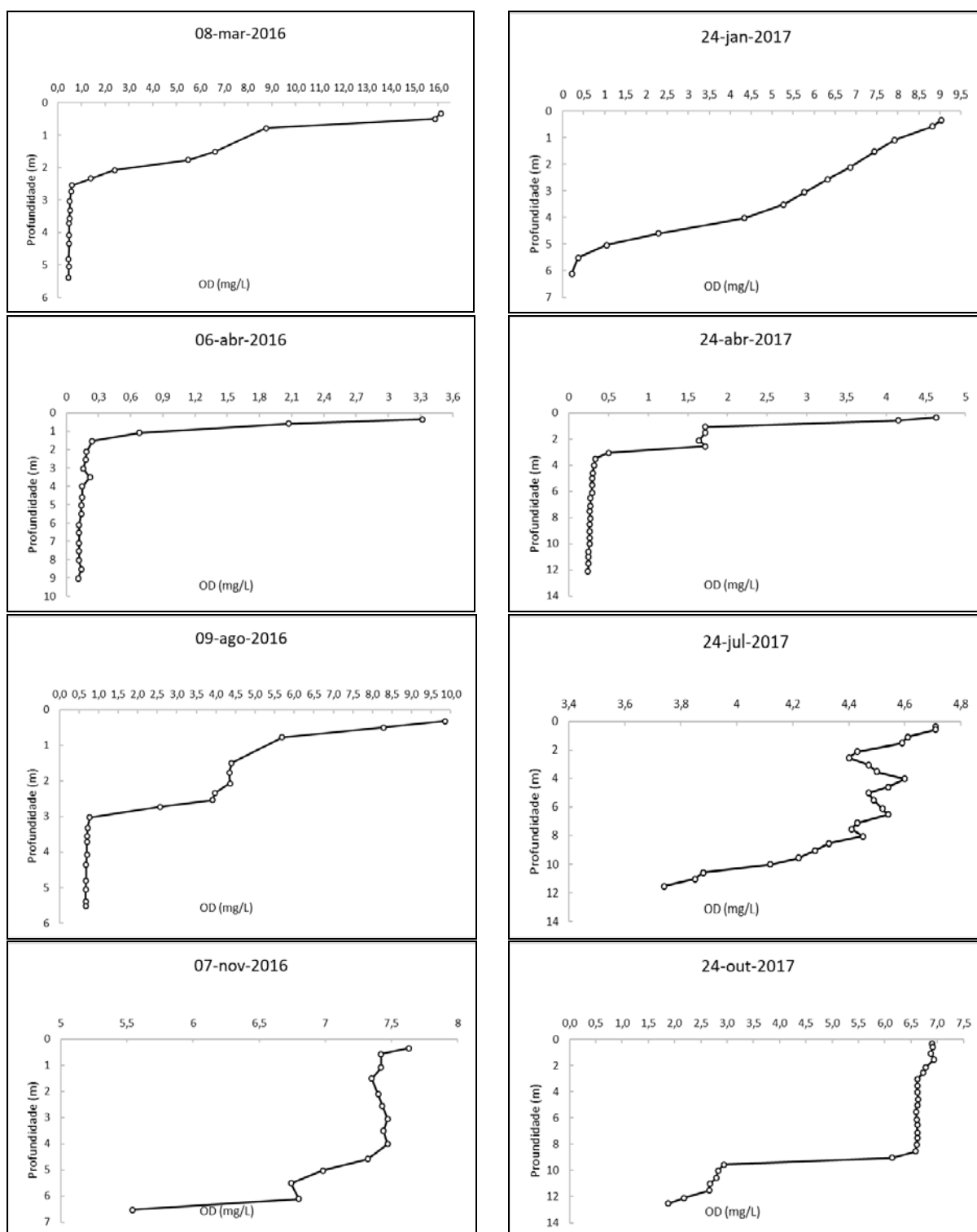


Figura 7: Gráficos dos perfis de Oxigênio dissolvido dos anos de 2016 e 2017. Nos períodos chuvoso (janeiro a maio) e de estiagem (julho a dezembro). (Fonte: Dados cedidos pela COGERH, 2018).

Nos meses de novembro de 2016 e julho de 2017 foi observado que a distribuição de oxigênio dissolvido ocorreu de forma mais homogênea, ou seja, não houve grandes variações de oxigênio ao longo da coluna d'água, caracterizando um perfil ortogrado (quando as concentrações de oxigênio são semelhantes ao longo de toda a coluna de água). Curiosamente, nesses meses também não houve grandes variações de temperatura no corpo hídrico (Figura 6). Segundo Fernandes e Gomes (2016), a temperatura é um dos fatores mais importantes no controle da solubilidade do oxigênio dissolvido na água, sendo que a solubilidade do OD na água tende a decrescer com a elevação da temperatura.

De um modo geral, o perfil clinogrado foi o mais observado no período avaliado. Isso é uma característica predominante em lagos e reservatórios eutrofizados. A dinâmica do oxigênio na camada superior de ambientes eutróficos é frequentemente supersaturado e nas camadas inferiores é abaixo da saturação ou quase ausente (PAULINO; OLIVEIRA; AVELINO, 2013; VON SPERLING, 1994).

Ao realizar o levantamento do perfil vertical de um reservatório do semiárido do Rio Grande do Norte, Freitas (2008) observou que a distribuição de oxigênio dissolvido na coluna d'água apresentou um perfil clinogrado, com maiores reduções nos níveis de oxigênio na coluna d'água no período chuvoso, o que corrobora com os resultados obtidos neste estudo.

As concentrações mais altas de OD na superfície podem ser atribuídas ao intenso processo fotossintético, em função do crescimento algal (LIBÂNIO, 2016). A camada superior, geralmente contém níveis de OD mais elevados devido ao contato direto com a atmosfera, ocorrendo a troca gasosa e produção de OD pela fotossíntese realizada pelo fitoplâncton (microalgas e cianobactérias) e plantas aquáticas (FERNANDES; GOMES, 2016).

Neste estudo também foram analisados os níveis de Nitrogênio Total e Fósforo Total, além de Clorofila a e a densidade de cianobactérias (Tabela 3).

Tabela 3: Parâmetros relativos à eutrofização

Período	Nitrogênio Total (mg/L)		Fósforo Total (mg/L)		Clorofila a (µg/L)		Cianobactérias (cel/mL)		IET	
	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017
1º trim.	4,16	4,18	0,198	0,358	199,4	164,2	359.091	272.645	H	H
2º trim.	3,66	2,85	0,209	0,177	187,6	72,7	1.170.668	344.028	H	E
3º trim.	3,06	1,56	0,200	0,106	187,5	51,5	321.139	47.401	H	E
4º trim.	5,41	1,69	0,183	0,067	219,6	35,0	542.506	30.990	H	E
Média	4,07	2,57	0,198	0,177	198,5	80,8	520.216*	108.343*		

H: Hipereutrófico. E: Eutrófico. IET: Índice de Estado Trófico. *média geométrica. (Fonte: dados cedidos pela COGERH, 2018).

Segundo a Resolução 357/2005 do CONAMA, em ambientes lênticos, o valor de Nitrogênio Total não deve ultrapassar 1,27 mg/L, para águas doces Classe II. Entretanto, os valores desse nutriente no reservatório mostraram-se acima do permitido pela legislação, apresentando maiores valores em 2016, período em que o volume do reservatório estava bastante reduzido.

A presença de nitrogênio nos corpos hídricos pode significar também o lançamento de despejos e efluentes domésticos, assim como fertilizantes utilizados na agricultura que podem ser carreados pelas chuvas (LIBÂNIO, 2016). Isso explicaria o fato de uma maior concentração desse elemento nos períodos chuvosos, como pode ser observado na Tabela 3, durante os dois primeiros trimestres dos anos avaliados.

O mesmo fato pode ser observado com as concentrações de Fósforo Total, cuja concentração limite aceita pela Resolução CONAMA 357/2005 é de até 0,030 mg/L. Observou-se que os valores médios na água do reservatório nos anos analisados (2016 - 0,198 mg/L; 2017 - 0,177mg/L) ultrapassaram expressivamente o valor permitido.

A Clorofila *a*, por se tratar de um pigmento fotossintetizante presente nos organismos fotossintetizantes, serve como indicador da biomassa fitoplanctônica (algas e cianobactérias), no monitoramento de corpos hídricos (FERNANDES; GOMES, 2016). No reservatório Paulo Sarasate as concentrações de Clorofila *a* foram relativamente altas, bem como as densidades de cianobactérias (conforme Tabela 3), ultrapassando os valores definidos pela Resolução CONAMA 357/05 (até 30 µg/L para Clorofila *a*), para águas doces Classe II.

A concentração de células de cianobactérias no período de estudo foi bastante expressiva. A média do ano de 2016 foi 520.216 cel/mL e em 2017 foi 108.343 cel/mL, ultrapassando a densidade permitida pela Resolução CONAMA 357/05 que é de 50.000 cel/mL para águas doces de Classe II. Como pode ser observado na Tabela 3, no segundo trimestre de 2016 houve uma maior densidade desses organismos (1.170.668 cel/mL). Esse período coincide com altos níveis de precipitação, superando o valor observado durante os demais períodos.

De acordo com Rangel Júnior *et al.* (2018), nos reservatórios brasileiros, florações de cianobactérias têm sido comumente reportadas em todas as regiões do país sendo, na sua maioria, em reservatórios utilizados para o abastecimento humano, especialmente na região Nordeste. Ainda na concepção desses autores, as chuvas têm uma forte influência na composição das espécies fitoplanctônicas e na biomassa total, atuando como um fator diluidor e, ao mesmo tempo, como um fator de perturbação das comunidades aquáticas (RANGEL JÚNIOR *et al.*, 2018).

Em relação ao grau de trofia, o reservatório apresentou elevados níveis de eutrofização. Na maior parte do período analisado apresentou-se hipereutrófico, ou seja, em todos os trimestres de 2016 e no primeiro trimestre de 2017. Nos demais períodos avaliados apresentou-se eutrófico. Em 2016, o reservatório apresentava reduzido volume de água acumulado (Figura 4). Tal fato pode ter favorecido o alto grau de eutrofização durante esse período pois, de acordo com Freitas, Righetto & Attayde (2011), a diminuição do volume e da profundidade dos reservatórios incrementam a concentração de nutrientes como Fósforo e Nitrogênio, resultante da evaporação da água no período de estiagem, além da possibilidade de ressuspensão desses nutrientes do sedimento para a coluna d'água. O nitrogênio juntamente com o fósforo constituem-se nutrientes essenciais ao crescimento de cianobactérias e plantas aquáticas, favorecendo portanto a produtividade primária desses ambientes.

Os microrganismos do grupo dos coliformes são um importante parâmetro microbiológico de análise da qualidade da água por indicarem a presença de contaminação, inclusive fecal, no local de detecção, sugerindo a possível existência de microrganismos patogênicos (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

A espécie bacteriana *Escherichia coli* é comumente encontrada no intestino de mamíferos e demais animais homeotérmicos, portanto constitui-se de um importante indicador de contaminação de origem fecal.

Nesse estudo, foram analisados valores de *E. coli* na água do reservatório Paulo Sarasate referentes aos anos 2014 a 2017, como pode ser verificado na Tabela 4.

Tabela 4: Valores de *Escherichia coli* dos anos de 2014, 2015, 2016 e 2017.

Estatística Descritiva	<i>Escherichia coli</i> (NMP/100mL)			
	2014	2015	2016	2017
Mediana	1,0	1,0	1,5	2,0
Média Geométrica	1,8	1,9	2,6	2,9
Mínimo	1,0	1,0	1,0	1,0
Máximo	31,0	16,0	37,0	20,0

(Fonte: Dados cedidos pela CAGECE, 2017).

A resolução CONAMA 357/05 estabelece o limite máximo para coliformes termotolerantes de 1000 NMP/100 mL, para corpos de água doce enquadrados na Classe II. O que pode ser verificado é que os valores de *E. coli* encontraram-se em conformidade com a legislação vigente.

Contudo, tais resultados não corroboram com outros estudos encontrados na literatura a respeito da qualidade microbiológica da água realizada em reservatórios do interior do Ceará. Souza *et al.* (2017) avaliaram a qualidade microbiológica da água do reservatório Sabiá, principal fonte de abastecimento do Município de Meruoca/CE. Os resultados obtidos indicaram que a água do referido reservatório encontrava-se em desacordo com os padrões microbiológicos estabelecidos pela legislação brasileira.

Estudo realizado por Araújo *et al.*, (2014), ao analisar a qualidade microbiológica do reservatório Forquilha, na cidade de Forquilha/CE, que tem como uso primordial o abastecimento da população, irrigação e atividades de pesca, detectou bactérias do grupo dos Coliformes Termotolerantes com maior predominância de *E. coli*.

De acordo com Libânio (2016), diversos fatores podem favorecer o decaimento das concentrações desses microrganismos como radiação solar, temperatura da água inferior ao do corpo humano e competição com outros organismos.

Dessa forma, são necessários estudos mais aprofundados com relação a presença desses microrganismos em pontos estratégicos do reservatório, já que os dados analisados foram coletados em apenas uma estação amostral, podendo não refletir a qualidade sanitária do manancial.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos demonstraram que os longos períodos de baixa pluviosidade tendem a causar diversas consequências negativas para a qualidade da água do reservatório. A crítica redução dos volumes de água acumulados dificulta a renovação da massa de água competindo para a sua deterioração. Os parâmetros limnológicos analisados mostram que a sazonalidade representa importante influência na qualidade da água, visto que no período chuvoso o reservatório esteve sujeito à estratificação térmica e química, devido ao aumento da coluna d'água, impedindo a recirculação de nutrientes, afetando o equilíbrio do ecossistema aquático.

No período de estiagem os impactos sobre a qualidade da água do reservatório são ainda mais evidentes, elevando o estado de trofia à hipereutrofização, e que este é severamente agravado pela diminuição do volume de água armazenado, maximizando os efeitos negativos da ação antrópica através do despejo de efluentes domésticos, atividades agrícolas e atividades de pesca. Apesar da deterioração da qualidade físico-química da água, a concentração de *E. coli* indicou baixa contaminação microbiana no ponto de captação de água para consumo humano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALEXANDRE, Deborah Mithya Barros *et al.* Variação Nictemeral de Alguns Parâmetros Limnológicos do Açude Araras, Ceará. In X Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. 2010 Disponível em <<https://www.cogerh.com.br/publicacoes/category/13-artigos.html>>. Acesso em: fev. 2018.
2. ARAÚJO, Ana Bruna de *et al.* Qualidade Microbiológica e Avaliação do Estado Trófico de Amostras de Água do Açude Forquilha/CE. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, n.18; p. 3368-3370, 2014.
3. BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. Disponível em:<<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 01 de julho de 2018.
4. ESTEVES, Francisco de Assis. Fundamentos de Limnologia. Rio de Janeiro: Interciência, 1988. 574 p.
5. FERREIRA, Kássia Crislayne Duarte *et al.*, Adaptação do índice de qualidade de água da *National Sanitation Foundation* ao semiárido brasileiro. Rev. Ciênc. Agron., v. 46, n. 2, p. 277-286, abr-jun, 2015.
6. FIGUEIRÊDO, Maria Cléa Brito de *et al.* Avaliação da Vulnerabilidade Ambiental de Reservatórios à Eutrofização. Eng. Sanit. Ambient. v. 12, n. 4, p.399-409, out/dez 2007.
7. FERNANDES, Taynara de Souza; GOMES, Lenora Nunes Ludolf. Avaliação do Comportamento de Parâmetros Limnológicos de Qualidade da Água na Região Mais Profunda Do Lago Paranoá/DF. In: Anais do XIV Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Ambiental. *Blucher Engineering Proceedings* v.3 n.2. São Paulo: Blucher, p. 334-340, 2016.

8. FREITAS, Francisco Rafael Sousa; RIGHETTO, Antônio Marozzi; ATTAYDE, José Luiz. Cargas de fósforo total e material em suspensão em um reservatório do semiárido brasileiro. *Oecologia Australis*, [S.l.], v. 15, n. 3, p. 655-665, fev. 2017. ISSN 2177-6199. Disponível em: <<https://revistas.ufrj.br/index.php/oa/article/view/8156>>. Acesso em: 03 Jul. 2018.
9. FREITAS, Francisco Rafael Sousa. Eutrofização do Reservatório Cruzeta na bacia representativa do rio Seridó - RN. Natal. 2008. 143 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.
10. FUNCEME – Fundação Cearense De Meteorologia E Recursos Hídricos. Portal Hidrológico do Ceará. Sistema de Qualidades das Águas: Estado Trófico. 2018 Disponível em: <<http://www.hidro.ce.gov.br/acude/eutrofizacao>> acesso em: abril, 2018.
11. IPECE – Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. Perfil Básico Municipal-VARJOTA. Ceará, 2017. Disponível em: <http://www.ipece.ce.gov.br/perfil_basico_municipal/2017/Varjota.pdf> Acesso em 12 de Abril de 2018.
12. LAMPARELLI, Marta Condé. Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento. 2004. 235 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Ciências, Departamento de Ecologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
13. LIBANIO, Marcelo. Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água. Editora Átomo, Campinas – SP. 4ª ed., 2016. 640 p.
14. MACEDO, Carla Fernandes; SIPAÚBA-TAVARES, Lúcia H. Eutrofização E Qualidade Da Água Na Piscicultura: Consequências E Recomendações. Bol. Inst. Pesca, São Paulo, v. 2, n. 36, p.149-163, 2010.
15. MAIA, Amanda Alves Domingos; CARVALHO, Sérgio Luís de; CARVALHO, Fernando Tadeu de. Comparação de dois índices de determinação do grau de trofia nas águas do Baixo Rio São José dos Dourados, São Paulo, Brasil. Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v. 20, n. 4, p.613-622, dez. 2015.
16. MEIRELES, Ana Célia Maia *et al.* Avaliação Das Águas Do Açude Araras Utilizadas Para Irrigação, Bacia Do Acaraú - Ceará. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 17, 2007, São Paulo. Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. São Paulo: ABRH, 2007. p. 1 - 12.
17. MONTENEGRO, Abelardo A. Assunção; MONTENEGRO, Suzana M. G. Lima. Olhares sobre as Políticas Públicas de recursos hídricos para o Semiárido. In: GHEYI, H. R. *et al.* Recursos Hídricos em Regiões Semiáridas: Estudos e Aplicações. Instituto Nacional do Semiárido, Cruz das Almas, BA: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2012. p. 02-24.
18. NASCIMENTO, Viviane Felix Silva; ARAÚJO, Magnólia F. Florêncio. Ocorrência de Bactérias Patogênicas Oportunistas em um Reservatório do Semiárido do Rio Grande do Norte, Brasil. Revista de Ciências Ambientais. Canoas. v. 7, n.1, jul. 2013.
19. OLIVEIRA, Rafael Reis Alencar. Estudo da qualidade ambiental do reservatório pentecoste por meio do índice de estado trófico modificado. 2009. 124 f.: Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Fortaleza-CE, 2009.
20. PAULINO, Walt Disney; OLIVEIRA, Rafael Reis Alencar; AVELINO, Francimeyre Freire Avelino. Classificação do estado trófico para o gerenciamento de reservatórios no semiárido: a experiência da COGERH no estado do Ceará. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 20, Bento Gonçalves, 2013. Anais do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013.
21. RANGEL JUNIOR, Adjuto *et al.* Composição de *Cyanobacteria* Planctônicas Em Um Reservatório De Abastecimento Público, Ceará, Brasil. Revista Desafios, v. 5, n.1, 2018.
22. SOUZA, Francisco Fábio Pereira de *et al.* Avaliação Microbiológica da Água do Açude Sabiá do Município de Meruoca – CE. Revista da Universidade Vale do Rio Verde, Três Corações, v. 15, n. 1, p. 299-308, jan./jul. 2017.
23. SILVA, Irineu Simão da; VIEIRA, Danielle Machado. Análise Microbiológica Da Água Do Açude De São Gonçalo, Sousa/PB: Um Estudo Comparativo Entre Os Índices Pluviométricos E Níveis Do Reservatório, Em Relação À Qualidade Da Água Para O Consumo Humano. In: CONGRESSO NORDESTINO DE BIÓLOGOS, 4, 2014, João Pessoa. Anais do Congresso Nordeste de Biólogos. João Pessoa: [S.I.], 2014. p. 162 - 171. Disponível em: <<http://congresso.rebibio.net/congrebio2014/anais2014.html>>. Acesso em: 26 maio 2018.
24. VON SPERLING, Marcos. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental-UFMG, 2005. 452 p

25. VARJOTA. Prefeitura Municipal: O Município – Informações Gerais. Disponível em:
<<http://www.varjota.ce.gov.br/v4/index.php/o-municipio.html>> Acesso em: 22/06/2018.