



**UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA LUSOFONIA AFRO-
BRASILEIRA
INSTITUTO DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - IEDS**

JOÃO EVANGELISTA AMBRÓSIO JOÃO

**ANÁLISE DO ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO DOS RESERVATÓRIOS
QUE ABASTECEM A REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA:
CASO DE ACARAPE DO MEIO, GAVIÃO E RIACHÃO**

REDENÇÃO

2023

JOÃO EVANGELISTA AMBRÓSIO JOÃO

ANÁLISE DO ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO DOS RESERVATÓRIOS
QUE ABASTECEM A REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA:
CASO DE ACARAPE DO MEIO, GAVIÃO E RIACHÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Energias na Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, UNILAB.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Rejane Felix Pereira

REDENÇÃO

2023

Joao, Joao Evangelista Ambrosio.

J62a

Análise de índice do estado trófico dos reservatórios que abastecem a região metropolitana de Fortaleza: Caso de Acarape do Meio, Gavião e Riachão / Joao Evangelista Ambrosio Joao. - Redenção, 2023.

57fl: il.

Monografia - Curso de Engenharia de Energias, Instituto de Engenharias e Desenvolvimento Sustentável, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, 2023.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Rejane Felix Pereira.

1. Crise Hídrica. 2. Reservatórios. 3. Eutrofização. 4. Índice pluviométrico. I. Pereira, Rejane Felix. II. Título.

CE/UF/BSCA

CDD 627.123

JOÃO EVANGELISTA AMBRÓSIO JOÃO

ANÁLISE DO ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO DOS RESERVATÓRIOS
QUE ABASTECEM A REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA:
CASO DE ACARAPE DO MEIO, GAVIÃO E RIACHÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Energias na Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, UNILAB.

Aprovada em: 31 / 01 / 2023

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Rejane Felix Pereira (Orientadora)

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)

Prof.^a Dr.^a Juliana Alencar Firmo de Araújo

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)

Procurador Eduardo de Sousa Lemos

Procurador do Ministério Público junto ao TCE-CE

Este trabalho é dedicado a Deus.

À minha mãe, Bernicia e meus irmãos.

À minha orientadora, familiares e amigos.

AGRADECIMENTOS

A Deus em primeiro lugar, pela vida, por me conceder sua infinita misericórdia, por ter me guardado até aqui.

A minha querida orientadora Prof.^a Dr.^a Rejane Félix Pereira, pela paciência, encorajamento, por ser essa pessoa incrível que transmite os seus conhecimentos com muito carinho e amor.

Aos membros da banca, procurador Eduardo de Sousa Lemos e a Prof.^a Dr.^a Juliana Alencar Firmo de Araújo, por terem aceite o convite e para participarem da banca examinadora e por se disponibilizarem em poder avaliar o meu trabalho.

À UNILAB, por ser um local onde eu pude obter muito conhecimento e experiências inesquecíveis que levarei para vida toda.

Ao INAGBE, pelo suporte financeiro durante a minha formação.

Aos professores (as) do IEDS, Prof.^a Dr.^a Sílvia Helena, Prof.^a Dr.^a Ada Sanders, Prof.^a Maria Cristiane, Prof. José Cleiton de Sousa, pelos ensinamentos e carinho que tiveram por mim.

Aos secretários do IEDS, Fabiana e Vinícius, pela prontidão em ajudar,

A minha eterna mãe, Bernícia, por ter sido a minha principal fonte de inspiração e força, pelo incentivo, pelas sábias palavras que estão eternizadas na minha memória. Apesar de não estar viva fisicamente, mas continua viva e presente na minha vida.

Ao meu irmão Ambrósio Luís, meu irmão, João Bernardo, minha Suzana Maiembe, por sempre acreditarem em mim.

À minha namorada Ani Silva, que tem sido uma verdadeira companheira.

Aos meus tios, Gervásio Chicaia, António Chicaia, Alexandre Capita, Xavier Capita, José Capita que sempre me apoiaram financeiramente e pelos concelhos, minhas tias, Maria Chicaia, Madalena Chicaia, pela força e que não deixaram desistir das coisas quando eu achava que já tinha perdido tudo.

Aos meus amigos que se tornaram irmãos, Adilson Cabaça, Augusto Pacato, Benvindo Timoteo, Núrio Mazumbua, Klisman Figueira, Joel Mazumbua, Fernanda Ximbunde, Lídia Cesária, Batista Catumba, Eunice Yango, Lóide Yango, Argentino Chitacumula, Carla de Pina, pela irmandade eterna.

Aos colegas da minha turma (Corrente elétrica), Cláudia Elisa, Pedro Borges, Virgínia Mendes, Amélia Mendes, Nontchenatch Caribe, Claudino Mendes, pelo apoio, pelos momentos inesquecíveis vividos e companheirismo durante minha jornada académica.

RESUMO

A água é elemento fundamental para vida na terra, pois está presente nas mais necessidades do homem e de todos os seres vivos do planeta. Seu tratamento é essencial para saúde. Brasil é um país abundante em recursos hídricos mas nem todos tem acesso a água e de boa qualidade. O monitoramento da qualidade é fundamental antes de chegar até a população. O aumento de concentração de elementos como nitrogênio e fósforo, provenientes de resíduos produzidos pelo homem estão na base para eutrofização da água. E problemas de escassez de água de assola a região nordeste também tem estado na base para das constantes secas nos reservatórios. O presente trabalho tem como objetivo analisar o índice de estado trófico no período de 2008 a 2022 nos casos dos reservatórios de Acarape do Meio que está localizado no município de Redenção, Gavião que fica localizado no município de Pacatuba e Riachão, que fica localizado no município de Itaitinga, todos no estado do Ceará. As precipitações pluviométricas ao longo dos anos apresentaram variações e o volume armazenado também. A fim de poder calcular o índice de estado trófico (IET) nesses reservatórios, tem se em conta primeiro os dados de clorofila a e fósforo. Os dados do fósforo e clorofila a foram obtidos pelo portal da COGERH. Os açudes apresentaram maior ocorrência de chuva nos meses de Fevereiro e Maio, e poucas chuvas em Agosto e Novembro. Os açudes também apresentaram uma alta contagem de cianobactérias. O IET calculado foram: mesotrófica para Acarape do Meio, oligotrófica para os açudes de Gavião e Riachão, diferentes dos apresentados pela Companhia de Gestão de Recursos Hídricos (COGERH) que todos apresentaram o estado de eutrófico.

Palavras-chave: IET; Crise Hídrica; Reservatórios; Eutrofização.

Abstract

Water is a fundamental element for life on earth, as it is present in the most needs of man and all living beings on the planet. Your treatment is essential for health. Brazil is a country abundant in water resources but not everyone has access to good quality water. Quality monitoring is essential before reaching the population. The increased concentration of elements such as nitrogen and phosphorus from waste produced by man are the basis for water eutrophication. And problems of water scarcity plaguing the northeast region have also been the basis for the constant droughts in the reservoirs. The present work aims to analyze the trophic state index in the period from 2008 to 2022 in the cases of the reservoirs of Acarape do Meio which is located in the municipality of Redenção, Gavião which is located in the municipality of Pacatuba and Riachão, which is located in the municipality from Itaitinga, all in the state of Ceará. The rainfall over the years showed variations and the stored volume as well. In order to be able to calculate the trophic state index (TSI) in these reservoirs, the chlorophyll a and phosphorus data are first taken into account. Phosphorus and chlorophyll a data were obtained from the COGERH portal. The dams had more rain in February and May, and little rain in August and November. The dams also showed a high count of cyanobacteria. The TSI calculated were: mesotrophic for Acarape do Meio, oligotrophic for the Gavião and Riachão dams, different from those presented by the Water Resources Management Company (COGERH) which all presented a eutrophic state.

Keywords: TSI; Water Crisis; Reservoirs; Eutrophication.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Classificação do Índice de Qualidade das Águas (IQA).....	20
Figura 2 – Usos consuntivos da água no Brasil.....	21
Figura 3 - Eutrofização da água	23
Figura 4 - Classificação do IET	28
Figura 5 – Localização do Açude Acarape do Meio	30
Figura 6 – Localização do Açude Gavião	31
Figura 7 – Localização do Açude Riachão	32
Figura 8 – Precipitação pluviométrica (mm) no município de Redenção	35
Figura 9 - Precipitação pluviométrica (mm) no município de Pacatuba	36
Figura 10 - Precipitação pluviométrica (mm) no município de Itaitinga	36
Figura 11 – Volume armazenado do açude Acarape do Meio	37
Figura 12 – Volume armazenado do açude Gavião	38
Figura 13 – Volume armazenado do açude Riachão	39
Figura 14 – Contagem de cianobactérias do Açude Acarape do Meio	40
Figura 15 - Contagem de cianobactérias do Açude Gavião	41
Figura 16 - Contagem de cianobactérias do Açude Riachão	42
Figura 17 – Variação do IET no Açude Acarape do Meio (2008 – 2022)	47
Figura 18 – Variação do IET no Açude Gavião (2008 – 2022)	47
Figura 19 – Variação do IET no Açude Riachão (2008 – 2022)	48
Figura 20 – Variação do IET no Açude Acarape do Meio (2008 – 2022): COGERH	49
Figura 21 – Variação do IET no Açude Gavião (2008 – 2022): COGERH	49
Figura 22 – Variação do IET no Açude Riachão (2008 – 2022): COGERH	50
Figura 23 – Fontes poluentes	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação dos corpos de água.....	22
Tabela 2 – Limites e classificação do estado trófico para reservatórios	34
Tabela 3 – Limites de cianobactérias para níveis de trofia	34
Tabela 4 – IET do açude Acarape do Meio (2008 – 2022)	44
Tabela 5 – IET do açude Gavião (2008 – 2022)	45
Tabela 6 – IET do açude Riachão (2008 – 2022)	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Água
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
COGERH	Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos
CETESB	Companhia Ambiental de Estado de São Paulo
IET	Índice de Estado Trófico
UTM	Universal Transversa de Mercator
CL	Clorofila
PT	Fósforo Total

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Objetivos	14
1.2	Justificativa	15
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1	Água: importância e disponibilidade	16
2.1.1	Importância da água	16
2.1.2	Disponibilidade hídrica	17
2.2	Crise Hídrica	17
2.3	Qualidade da água	18
2.4	Usos Múltiplos da Água	20
2.5	Eutrofização da água	23
2.5.1	Eutrofização	23
2.5.2	Cianobactérias	24
2.6	Determinação dos indicadores tróficos	24
2.6.1	Fósforo total	24
2.6.2	Clorofila a	25
2.7	Índice de Estado Trófico – IET	26
2.8	Reservatórios Artificiais	28
3	METODOLOGIA	30
3.1	Caracterização da área de estudo	30
3.1.1	Localização do açude Acarape do Meio	30
3.1.2	Localização do açude Gavião	31
3.1.3	Localização do açude Riachão	32
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	35
4.1	Precipitação Pluviométrica de Redenção, Pacatuba e Itaitinga no período de 2008 a 2022	35
4.2	Volume Armazenado De Água Dos Reservatórios	37
4.3	Contagem de Cianobactérias	39
4.4	IET (Cl a), IET(P) e IET Total dos Açudes Acarape do Meio, Gavião e Riachão no período de 2008 a 2022	43
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
	REFERÊNCIAS	53

1 INTRODUÇÃO

O asseguramento de fontes de água adequada para o consumo do ser humano se tornou um problema discutido no mundo todo. Essa discussão não evidencia somente os níveis quantitativos de disponibilidade hídrica, mas também níveis qualitativos, em que o monitoramento da qualidade das águas se tornou em importante instrumento adequado para o gerenciamento de recursos hídricos (OLIVEIRA, 2014).

O Brasil faz parte de países com maior índice de disponibilidade da água, onde pode se observar ocorrências de chuva em um longo período devido a sua abundância pluviométrica que pode variar, mais de 90% do seu território, acima de 300 mm por ano. Sendo um país rico em água doce, infelizmente existem localidades que enfrentam dificuldades para o abastecimento da água (REBOUÇAS, 2003).

A região Nordeste do Brasil é caracterizada pelas irregularidades de precipitação pluviométrica que ocorrem até 4 meses em cada município, onde em cada 10 anos apenas 3 são vistas como normais tendo em conta a distribuição das precipitações.

Os elevados índices de evapotranspirométricas contribuem de certa forma para a redução de disponibilidade hídrica e favorecendo solutos em fontes hídricas, deteriorando assim a qualidade das águas através do processo de eutrofização, que demanda um rígido monitoramento da qualidade (BRITO, 2007).

A água é o recurso muito importante para vida do homem e do ser vivo em geral e, é considerado o principal recurso da terra, mostrando-se como o componente inorgânico mais abundosa na matéria viva, para animais e vegetais é o cento da vida. A água está muito presente nas diversas atividades do homem e também contribui para equilíbrio do ecossistema (MANZIONE, 2015).

Os seres humanos aprenderam a armazenar este recurso desde a sua antiguidade para beneficiar a si mesmo. Há indícios históricos de que antes mesmo do surgimento das primeiras técnicas para distribuir a água. (DI MAURO, 2014).

Concernente ao uso da água refere-se do recurso natural que se apresenta mais utilizações legítimas, exceto o ar. O seu uso surge a partir das necessidades homem até o momento que se preserva a vida, e também em várias atividades feitas por homem como: abastecer a indústria, trabalhos com agropecuária, preservar a natureza, produzir eletricidade e transportar elemento poluidores. (LIRA, *et al.*, 2015; CRISTOFIDIS, 2013).

Tendo em conta os seus usos múltiplos, a demanda pela água cresce na mesma proporcionalidade com se deseja alargar a sua disponibilidade. De acordo com Arruda *et al.*

(2015), essas diferentes formas de uso da água podem estar aplicadas ao abastecimento doméstico, a demanda industrial, potabilidade, higiene, do mesmo jeito irrigação, navegação e a geração de energia (BUCCI; OLIVEIRA, 2014).

Com começo atual, a gestão das águas subterrâneas passou a ser acionada sobre diferentes óticas legais, tendo uma governança ampla tanto em escala federal como em diferentes regiões brasileiras, cujos diferentes níveis hídricos demandam por uma atenção especial do ponto de vista sociocultural, ambiental e político.

Um dos aspectos ligados a qualidade da água está relacionada com apropriação de terra na bacia hidrográfica, esta por sua vez pode ser afetada de forma natural ou através da ação do homem. Por este motivo, é fundamental que se passe conhecimentos ou informação referentes a importância da qualidade da água nas nossas vidas, relativamente aos impactos resultantes da ação humana na bacia hidrográfica de modo que se faça um planejamento adequado sobre esta ocupação de terra entorno da bacia hidrográfica para que possa ser feito um controle desses impactos (CARVALHO; SIQUEIRA, 2011).

Fia *et al.* (2009) destaca que o índice de estado trófico atua através de certos trabalhos realizados pelo homem em diferentes bacias hidrográficas, também de contribuir na elaboração de planos de manuseamento e gerenciamento de ecossistemas aquáticos, por meio de técnicas voltadas crescimento sustentável dos recursos hídricos.

1.1 Objetivos

- **Objetivo geral**

Apresentar os índices tróficos de açudes que abastecem a região metropolitana de Fortaleza.

- **Objetivos específicos**

- Realizar o levantamento de dados comparativos de 2008 a 2022;
- Estudar e calcular o IET ao longo do período de seca e período chuvosos;
- Relacionar qualidade da água com volume de água armazenada nos açudes de Acarape do Meio, Gavião e Riachão;
- Fazer uma comparação com IET disponibilizado pela COGERH.

1.2 Justificativa

A Região Metropolitana de Fortaleza é um importante centro urbano-industrial localizado na costa leste do Ceará. Esta região é responsável por boa parte da economia regional, sendo fundamental para o desenvolvimento socioeconômico do Estado. O abastecimento de água desta região é garantido por cinco reservatórios (Pacoti, Pacajus, Riachão, Gavião e Aracoiaba), e a qualidade da água destes sistemas de abastecimento é essencial para a manutenção da saúde pública e para o bom desenvolvimento desta região. Sendo assim, este trabalho apresenta uma análise dos índices de Estado Trófico dos reservatórios que abastecem a Região Metropolitana de Fortaleza, a fim de avaliar a qualidade das águas e propor ações para melhorar a qualidade destes sistemas. Esta análise é de grande importância, pois é possível identificar o estado trófico destes sistemas e identificar possíveis problemas que possam comprometer o abastecimento de água para a região.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Água: importância e disponibilidade

2.1.1 Importância da água

A água é considerada como um elemento indispensável na vida humana, pois está presente em quase toda atividade do homem, e também é visto com fundamental para sobrevivência dos animais e vegetais neste planeta, caracterizando-se como um dos elementos mais importantes na vida dos seres vivos. Além de mais, a água é muito importante para o desenvolvimento de diversos trabalhos produzidos pelo homem, tais como a produzir alimentos, de energia, produtos consumidos pela população, de transporte e lazer, assim, como para a manutenção e o equilíbrio ambiental do ecossistema terrestre, A sua relevância para vida na terra não se pode discutir (LIMA, 2001).

Segundo Marchetti e Santos (2020, n.p), “o corpo humano é formado por cerca de 70% de água.” Partindo da ideia dos autores, pode constatar a extrema necessidade da água nas nossas vidas. Os autores ainda afirmam que “a substância está presente em líquidos orgânicos como sangue, e sem ela, o organismo só funciona por alguns dias,” com isso pode se dizer que sem a água não conseguimos sobreviver na terra, pois o nosso organismo depende da água para o seu funcionamento (GRASSI, 2001).

É fundamental compreender que água contaminada gera sérios problemas a saúde para habitantes de uma determinada localidade devido a má qualidade dela, causando assim doenças para estes mesmo habitantes, principalmente para aqueles que não lhes têm oferecido serviços básicos de saneamento (LIBÂNIO; CHERNICHARO; NASCIMENTO, 2005).

O nosso maior dever está no cuidado dos recursos hídricos, pois o mau tratamento da água pode prejudicar a nossa saúde. Segundo Nascimento (2015, p.13) “a água é um importante meio de veiculador de doenças causadas por organismos patogênicos.”

A necessidade por água começou desde os primórdios, ou seja, desde a existência humana. Para Grassi (2001, p.31) “a água tem sido um bem de extrema importância para o homem desde a descoberta de que a produção dos alimentos dependia da oferta de água usada no cultivo.” A água apresenta-se ainda como um elemento indispensável nas atividades do homem (LIMA, 2001).

2.1.2 Disponibilidade hídrica

Brasil é considerado um dos países com maior riqueza hídrica no mundo. Apesar dessa abundância o país tem enfrentado dificuldades para abastecer certas cidades (REBOUÇAS, 2003). Este deve-se também ao fato de que o consumo ser maior em cidades onde tem maior concentração de pessoas.

Para se fazer uma boa gestão desses recursos, é importante que se ter em conta a disponibilidade hídrica de cada região. Para o efeito, é necessário medir regularmente elementos como evapotranspiração, precipitação entre outras formas do ciclo da água, pois esses caracterizam-se como pilar para o gerenciamento de recursos hídricos. A qualidade da água é um elemento essencial de se levar em conta também, pois é através dele o consumo da água é reduzido para certas atividades (LIMA, 2001).

A sobrevivência da humanidade está intimamente ligada à forma como utiliza os recursos naturais, por isso sua gestão deve ser baseada em diretrizes de ciência e inovação para ser sustentável e inteligente. Segundo Jimenez-Cisneros (2015), a escassez é o principal desafio relacionado à água em muitas regiões, muitas vezes limitando certo crescimento da sociedade e da economia. A disponibilidade de água depende não só do volume, mas também da sua qualidade e do acesso atempado e acessível a um serviço de distribuição eficiente com gestão adequada e sustentável.

2.2 Crise Hídrica

O clima é elemento fundamental para o combate à seca, pois é dela que temos chuva uma das principais fontes de água que é usado para agricultura, encher reservatórios, entre outros benefícios para vida no planeta. Então o clima é entendido como uma sequência de etapa média do tempo de um local em período de 30-35 anos, esta etapa é resultado de temperatura, nebulosidade, precipitação, umidade, vento e massa do ar (BRITO; SILVA; CRISPIM, 2019)

O Brasil é um país com extensão territorial muito grande e com essa grandeza, o seu clima é bastante diversificado em muitas regiões. Na região nordeste o clima é de temperaturas altas, secas constantes, fazendo com esta região seja considerada como semiárida (BARRETO; GARCIA, 2010).

As épocas de seca na região Nordeste Brasileiro têm durado por um longo tempo e fazem com esta região seja caracterizada como semiárido, devido secas a população desta localidade encontra grandes dificuldades da falta de água, e que tem originado a falta de

alimento. De forma resolver este problema, alguns açudes foram construídos no semiárido nordestino (BARRETO; GARCIA, 2010).

Os problemas de disponibilidade hídrica no Brasil decorrem fundamentalmente da combinação do crescimento exagerado de demandas localizadas (urbanas e às vezes pela irrigação) e da degradação da qualidade das águas. Torna-se portanto necessário estabelecer controle sobre estes usos (BRANCO, 2006, P. 16)

Na medida em que se vai necessitando mais a águas o mundo vai enfrentando sérias dificuldades de disponibilidade hídrica, pois para certos casos quando se usa desordenadamente a água resulta naquilo que é chamado de seca nos rios, nos lagos, em açudes e nos reservatórios. A maior parte dessa água retirada se destina para o trabalho do homem (LIMA, 2001).

A falta da água em alguns locais se deve ao mau gerenciamento desses recursos. Segundo Lima (2001, p. 15) “em nível global não há escassez hídrica, porém, a má distribuição em especial e temporal dos recursos hídricos faz com que algumas áreas sofram permanentemente com a falta d’água.”

De fato, a crise ambiental em que os recursos hídricos estão inseridos tem como fonte geradora fatores como um exemplar de crescimento a se seguir, falta por conscientização dos indivíduos quanto ao uso excessivo desse recurso natural e o alto nível de poluição que afeta as águas subterrâneas. À medida que a sociedade se tornou mais desenvolvida economicamente e mais complexa em suas atividades, os diferentes usos da água também se diversificaram. É, portanto, necessário adotar um sistema especializado de gestão da água de alto valor técnico para otimizar o uso desse recurso, tornando-o mais eficiente, sustentável e econômico (SILVA, 2011).

2.3 Qualidade da água

Com o crescimento demográfico, tem-se elevado os impactos negativos que interferem na qualidade dos recursos hídricos, deixando a utilização da água vulnerável a poluição, assoreamento, eutrofização, entre outros impactos. Esse cenário tornou crescente a preocupação com relação à qualidade das águas. Não há como pensar em desenvolvimento sustentável sem pensar em água, por isso, tem-se evidenciado cada vez mais estudos e discussões sobre esse assunto, a fim de propiciar o aumento da conservação desse recurso, uma vez que o ser humano, bem como todo tipo de vida, é essencialmente dependente da água (OLIVEIRA, 2018).

Muitas bacias hidrográficas no Brasil não apresentam boas condições sanitárias o que acabam degradando os recursos hídricos isso porque muitos fica muito exposto a resíduos

sólidos, e também dos esgotos que são lançados ao longo curso da água. (LIBÂNIO; CHERNICHARO; NASCIMENTO, 2005).

O aumento populacional resulta em construção em grande escala de centros urbanos, produção crescente da agricultura e mais indústria em operação em zonas próximas a bacias hidrográficas, disso, acabam resultando na crescente evacuação de várias matérias orgânicas que poluem a água e vários compostos químicos como nitrogênio e fósforo, causando e deixando a água mais eutrofizada (CARVALHO *et al.*, 2013).

Souza *et al.* (2014, p.30) afirma “a qualidade e a quantidade das águas dos rios vêm sendo cada vez mais afetadas pela ocupação desordenada da bacia hidrográfica.” Desta feita é necessário que se faça o rigoroso acompanhamento para avaliar a qualidade da água.

O acompanhamento da qualidade da água é resultado do desejo de se firmar a possibilidade de diferentes usos, e que influencia diretamente no gerenciamento de desses recursos, e pelo uso procurar soluções dessas divergências, e delimitando parâmetros relevantes, e o armazenamentos de águas naturais (MAIA; SILVA; LIBANIO, 2019).

A qualidade da água é determinada pelos seus parâmetros que são físicos, químicos e biológicos. Os principais parâmetros físicos são: sabor, odor, turbidez, temperatura, cor; os parâmetros químicos são: cloretos, dureza, nitrogênio, pH, oxigênio dissolvido, fósforo, micropoluentes orgânicos, matéria orgânica e micropoluentes inorgânicos como os metais pesados e, os parâmetros biológicos, os quais são avaliados a partir de organismos indicadores como algas e bactérias (LAUERMAN, 2007)

O estudo de monitoramento da qualidade da água foi desenvolvido como indicadores de qualidade afim de se ter melhor acompanhamento da qualidade da água tendo em conta alguns parâmetros físicos, químicos e biológicos, por esse motivo foi criado o Índice de Qualidade da Água (IQA) de modo a avaliar a qualidade da água bruta tendo em conta o uso para o abastecimento da população, após tratamento. Os parâmetros utilizados no cálculo do IQA são em sua maioria indicadores de contaminação causada pelo arremesso de esgotos na água (ANA, 2021).

O IQA apresenta limitações na sua avaliação da qualidade da água, uma vez que este índice não avalia muitos parâmetros essenciais para o abastecimento público, tais como protozoários patogênicos, substâncias tóxicas, e substâncias que interferem nas propriedades organolépticas da água. Este índice é composto por nove parâmetros que são: Turbidez, pH, oxigênio dissolvido, temperatura da água, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), nitrogênio total, coliformes termotolerantes, fósforo total e resíduo total (ANA, 2021).

Figura 1 - Classificação do Índice de Qualidade das Águas (IQA)

Nível	Cor	Faixa de IQA
Excelente	Azul	$90 < IQA = 100$
Bom	Verde	$70 < IQA = 90$
Médio	Amarela	$50 < IQA = 70$
Ruim	Laranja	$25 < IQA = 50$
Muito Ruim	Vermelha	$0 < IQA = 25$

Fonte: ANA (2004)

2.4 Usos múltiplos da água e seus enquadramentos

O principal instrumento legal sobre o uso dos recursos hídricos é a Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que

Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

De acordo com Portal Brasil (2010), um dos principais objetivos dessa lei é certificar a disponibilidade de água, em padrões de qualidade apropriados, bem como promover uma utilização lógica e integrada dos recursos hídricos, a lei tem como alicerce a compreensão de que a água é um bem público e que não pode ser privatizada e monopolizada, sendo sua gestão baseada em usos diversos (abastecimento urbano, produção de energia, irrigação de culturas agrícolas, produção industrial etc.) e descentralizada, com participação de usuários, da sociedade e do governo, consumo humano e de animais, e deve ser utilizada de forma prioritária em situações de escassez deste precioso recurso. A lei determina em seu primeiro parágrafo que:

Art. 1º A Política Nacional de Recursos Hídricos baseia-se nos seguintes fundamentos:

I - a água é um bem de domínio público;

II - a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;

III - em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;

IV - a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;

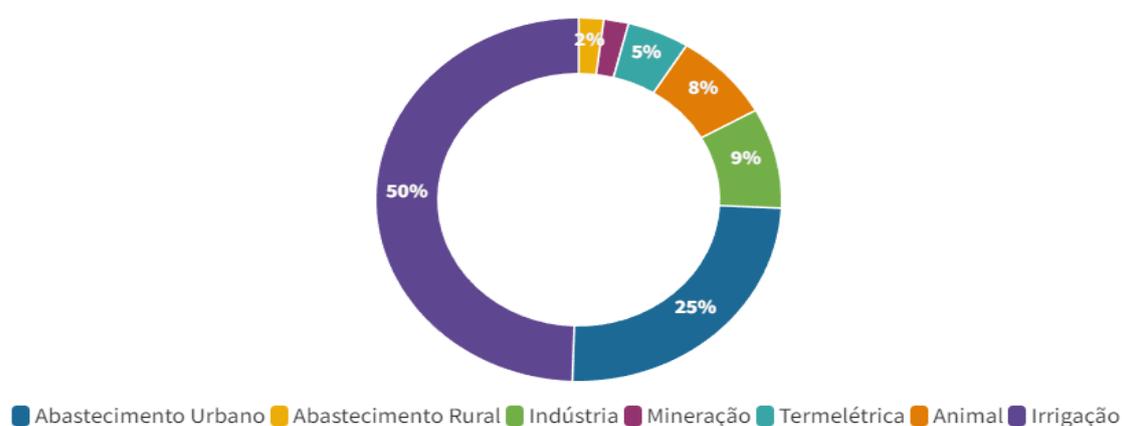
V - a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;

VI - a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

De acordo com ANA (2021), Cada uso da água possui particularidades relacionadas à quantidade e à qualidade, e depende e/ou modifica as condições das águas subterrâneas e superficiais. Os usos podem ser classificados em dois grupos, aqueles que consomem água (consuntivos) e aqueles que não consomem a água de uma forma direta, mas dependem de operação da estrutura hídrica ou da manutenção de condições naturais, usos em recreação, lazer, pesca e navegação (não consuntivos).

No Brasil o uso consuntivo da água acontece especialmente para o abastecimento rural e urbano, indústria, mineração e geração termelétrica (Figura 2).

Figura 2 - Usos consuntivos da água no Brasil



No mundo e no Brasil a irrigação representa o maior uso da água, sendo que no Brasil corresponde a 50% da água retirada. Essa água é destinada a agricultura a partir de técnicas e equipamentos para combater a deficiência de água para as culturas (cana irrigada, café, arroz, entre outras).

O uso da água para o abastecimento urbano é considerado o segundo maior quanto à retirada de água que corresponde 25% do total. Este tipo de uso destaca-se mais em aglomerados urbanos, causando uma pressão crescente em relação aos mananciais e sistemas produtores de água.

Em relação a indústria, ela representa 9% do uso da água retirada. Enquanto para o uso animal são cerca de 8% da água retirada. Onde a criação de bovino é que mais consome a água dentro desse tipo de uso.

No caso de geração de energia termoelétrica o uso representa 5% da água retirada. O uso para mineração e abastecimento rural representam 2% cada da água retirada.

O enquadramento dos corpos de água caracteriza a enorme importância da Resolução CONAMA 357/2005 onde este deve basear-se, não essencialmente no estado em que se encontra, mas nos níveis de qualidade que poderiam ter a fim de atender a de manda populacional. E também, tem-se o CONAMA N° 397/2008, que completa e modifica a Resolução n° 357, de 17 de março de 2005, e N° 430/2011 e CONAMA N° 410/2009 e, dispõe-se também acerca da classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para enquadramento da água.

No capítulo 2 a Resolução CONAMA 357/2005 classifica as águas do território brasileiro em doces (na seção 1), divididas em 5 classes, tendo em conta os usos prioritários e classes de qualidade ambiental determinados para um certo corpo de água.

Tabela 1 – Classificação dos corpos de água

Classe	Destinação
I – Classe Especial	- Com desinfecção para o abastecimento para consumo humano; - Ao equilíbrio natural e a preservação das comunidades aquáticas; e - À preservação em unidades de conservação de proteção integral dos ambientes aquáticos;
II – Classe 1	- Após o tratamento simplificado, destina-se ao abastecimento para consumo humano; - Para recreação, como natação, esqui aquático e mergulho, em razão de serem de contato primário, de acordo com a Resolução CONAMA N° 274 de 2000; e - Proteção das comunidades aquática.
III – Classe 2	- Após o tratamento convencional, destina-se ao abastecimento ao consumo humano; - Para recreação, como natação, esqui aquático e mergulho, em razão de serem de contato primário, de acordo com a Resolução CONAMA N° 274 de 2000; e - Proteção das comunidades aquáticas; - Á aquicultura e à atividade de pesca; e - Á irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto;
IV – Classe 3	- Após o tratamento avançado ou convencional, destina-se ao abastecimento para consumo humano; - à pesca amadorra; - À dessedentação de animais; - À recreação de contato secundário; e - Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras.
V – Classe 4	- Para navegação; e - Harmonia paisagística

Fonte: Resolução CONAMA 357, Seção I, 2005.

A Resolução CONAMA 357/2005 estabelece que quando não há um enquadramento de um corpo d'água, deve-se enquadrá-la como de classe 2. Souza *et al* (2014) critica isso, pois afirma que o enquadramento assegura a qualidade da água, associando-as com os usos mais exigentes a que forem destinadas.

2.5 Eutrofização da água

2.5.1 Eutrofização

O termo eutrofização se origina do grego e significa “bem nutrido” (BARBOSA, 2017). Relativamente ao significado da palavra a seguir tem-se a sua definição:

A eutrofização é a superfertilização de corpos d’água, com o conseqüente crescimento excessivo das plantas aquáticas, tanto planctônicas quanto aderidas, a níveis tais que sejam considerados como causadores de interferências nos usos desejáveis do corpo d’água. (Franz; Cunha; Gobbi, 2007, p.2).

Figura 3 - Eutrofização da água



Fonte: FSM (2009)

O processo de eutrofização é classificado em duas categorias, natural (em que o aumento exagerado de nutrientes é causado pelas águas e chuvas superficiais), e artificial (devido a ação do homem, como influentes industriais, drenagem de dejetos humanos e fertilizantes, entre outros). Este processo é recorrente em ambientes aquáticos como nos lagos, e podendo acontecer também em rios mas de com uma frequência bem menor, uma vez que os rios se caracterizam como ambientes menos favoráveis para o aumento de algas (BARRETO, 20013). Este processo é caracterizado também como a que facilita aumento acelerado das cianobactérias e das algas em corpos d’água que são utilizados para abastecer a população (CARVALHO *et al.*, 2013).

O acúmulo exagerado de elementos como nitrogênio e fósforo presentes na água são vistos como sendo a causa fundamental e impulsionadora do aumento de eutrofização, onde mudanças no aspecto original de saturação do oxigênio em ambientes aquáticos, evolução de algas e doenças, são apontadas como sendo uma das conseqüências deste fenômeno (FRANZ; CUNHA; GOBBI, 2017).

De acordo com Newcombe (2009, p.2),

Esse fenômeno é causado pelo aumento da concentração de nutrientes nos corpos de água superficiais, principalmente matéria orgânica e nutrientes como nitrogênio e fósforo, ligados a outros fatores ambientais como intensidade de luz, temperatura, Ph, concentração de dióxido de carbono.

Fazendo que a qualidade da água fique deteriorada, levando a morte de vários peixes.

Os problemas relacionados a eutrofização são: frequentes florações da água, crescimento excessivo da vegetação, mau odor, mortandade em grandes escalas de peixes, ausência da fotossíntese e turbidez.

O controle da eutrofização usados são classificados em medidas preventivas e corretivas:

As medidas preventivas são: reduzir as fontes externas, tratamento de esgotos de modo a remover nutrientes, evitar emissão dos esgotos junto a bacia hidrográfica onde tem lagos e reservatórios, controle de ocupação e uso do solo da bacia e construir barragens de controle. E as medidas corretivas para von Sperling (1995) pode incluir processos mecânicos (proteger os sedimentos, remover as macrófitas, remover os sedimentos, sombreamento e desestratificação), processos químicos (oxidação do sedimento com nutrientes, precipitação dos nutrientes e uso de algicidas), e processos biológicos (uso de cianófagos, biomanipulação e uso de peixes herbívoros).

2.5.2 Cianobactérias

Segundo Carvalho *et al.* (2015, p.15) “As cianobactérias são organismos procariontes e podem ser filamentosas ou cocóides, ocorrendo isoladamente ou em colônias.” E elas produzem toxinas em um número muito elevado (SIQUEIRA, 2005)

As cianobactérias se desenvolvem em água doce (RAMOS, 2015)

De acordo com Siqueira e Filho (2005, p. 115) “a concentração de toxinas tem sido relacionada com fatores, tais como, a produção de clorofila a, radiação solar, temperatura superficial da água, pH, e percentagem de saturação de oxigênio.”

2.6 Determinação dos indicadores tróficos

2.6.1 Fósforo total

Para Silva (2019) O fósforo (P) é um nutriente fundamental para o processo da eutrofização. Este elemento é um dos mais abundantes na Terra. Ele é encontrado maioritariamente na litosfera, sendo produzido pelo interperismo das rochas. Marins, Paula Filho e Rocha (2007) realçaram que emissão de resíduos urbanos contendo polifosfatos, fosfatos inorgânicos e ortofosfatos; ou o uso desordenado de fertilizantes químicos na agricultura com uma taxa de solubilidade em água elevada, são responsáveis pela presença do fosforo na forma inorgânica no meio aquático.

Os ortofosfatos solúveis são biodisponíveis e quando incorporados, são transformados em fosfatos condensados e em fosfato orgânico. Os fosfatos condensados são liberados na água após a morte de um organismo; no entanto, não estão acessíveis para impregnação biológica até que estejam hidrolizados por bactérias para ortofosfatos (ARAÚJO, 2011).

O fósforo é considerado um macro nutriente devido a importância que este possui para os processos biológicos, e também pelas células o exigirem em quantidades elevadas. Desta forma, se torna um parâmetro indispensável em projeto de caracterização de resíduos líquidos industriais tratados por processos biológicos (CETESB, 2009).

Tal como o nitrogênio, o fósforo institui-se em um dos principais nutrientes para os processos biológicos, ou seja, é um dos chamados macronutrientes, estes são exigidos em grandes quantidades pelas células. Por este ser um nutriente para processos biológicos, o monte de fósforo fluentes industriais e em esgotos sanitários encaminham os processos de eutrofização das águas naturais (CETESB, 2009).

2.6.2 Clorofila a

O conceito da clorofila tem sido muito usado como um medidor do aumento de algas e cianobactérias tendo em conta o desenvolvimento por nutrientes, como fósforo e nitrogênio, está na base do processo de eutrofização (CETESB, 2014). Cianobactérias e a clorofila a são usados como base para avaliar a qualidade da água que são abastecidos para a população. É de salientar que a clorofila está na cianobactéria (MARINO, 2016).

Para Borrmann (2009, p.17) “A clorofila é o pigmento mais abundante na terra cujo principal papel é a absorção da luz solar e sua conversão para energia química durante a fotossíntese, processo este fundamental para vida terrestre.” É de ressaltar a importância da clorofila a no desenvolvimento das plantas, pois ela é um elemento fundamental da que as plantas de mantem vivas. É visto como responsável pela produção de fotossíntese. (SOUSA, 2015).

2.7 Índice de Estado Trófico – IET

Segundo Bem, Braga e Azevedo (2013, p. 41) “Para avaliar a eutrofização é necessário monitorar a qualidade da água, principalmente as concentrações dos nutrientes nitrogênio e fósforo.” Uma das maneiras de se avaliar o grau de deterioração de corpos aquáticos é partir da utilização de índices de qualidade. Os Índices de qualidade da água foram propostos apontando abreviar as variáveis analisadas em um número, que permita analisar a desenvolvimento da qualidade da água no tempo e no espaço e que sirva para promover a compreensão de variáveis ou indicadores (GASTALDINI; SOUZA, 1994).

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 (LAMPARELLI, 2004) e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas ou ao aumento da infestação de macrófitas aquáticas.

Um dos índices utilizados é o Índice do Estado Trófico – IET – foi desenvolvido por Carlson (1977), com finalidade de ocasionar mais transparência na comunicação de estudos envolvendo a classificação de corpos aquáticos e a eutrofização. Através da análise de dados coletados em lagos de zonas térmicas, foi estabelecido um índice que utiliza valores de clorofila-a, disco de Secchi e fósforo total, e são apresentados nas equações 1,2 e 3:

$$\text{IET (PT)} = 10 \left[6 - \left(\frac{\text{Ln } 48}{\text{Ln } 2} \right) \right] \quad \text{Eq. 1}$$

$$\text{IET (Cla)} = 10 \left[6 - \left(\frac{2,04 - 0,68 * \text{Ln Cla}}{\text{Ln } 2} \right) \right] \quad \text{Eq. 2}$$

$$\text{IET (DS)} = 10 \left[6 - \left(\frac{\text{Ln DS}}{\text{Ln } 2} \right) \right] \quad \text{Eq. 3}$$

Onde:

Ln PT é o logaritmo neperiano de fósforo total (mg. L-1);

Ln Cla é o logaritmo neperiano da clorofila a (mg.m-3);

Ln DS é o logaritmo neperiano da transparência da água medida através de disco de Secchi (m).

O método desenvolvido por Toledo Jr (1984) seguiu mesmo modelo desenvolvido por Carlson (1977) para ambientes de clima temperado. Nas equações de Toledo foram levados em conta análise dos valores de fósforo total, clorofila a, transparência de disco de secchi e também levou em conta os valores de ortofosfatos ($\text{PO } 4^{-3}$):

$$\text{IET (PT)} = 10 \left(6 - \frac{\text{Ln } 80,32}{\frac{\text{PT}}{\text{Ln } 2}} \right) \quad \text{Eq. 4}$$

$$\text{IET (Cl a)} = 10 \left(6 - \frac{2,04 - 0,695 * \text{Ln cl a}}{\text{Ln } 2} \right) \quad \text{Eq. 5}$$

$$\text{IET (SD)} = 10 \left(6 - \frac{0,64 + \text{Ln SD}}{\text{Ln } 2} \right) \quad \text{Eq. 6}$$

$$\text{IET (PO } 4^{-3} \text{)} = 10 \left(6 - \frac{\text{Ln } 21,67}{\frac{\text{PO } 4^{-3}}{\text{Ln } 2}} \right) \quad \text{Eq. 7}$$

Onde:

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

PO_4^{-3} é concentração de fósforo total medida à superfície da água, em $\mu\text{g. L}^{-1}$

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

SD é profundidade do disco Secchi, em m

ln é logaritmo natural

As equações desenvolvidas por Toledo (1984) e foram modificados por Lamparelli (2004). De acordo com o Lamparelli as equações são as seguintes:

$$\text{IET} = \frac{\text{IET(P)} + \text{IET(CL)}}{2} \quad \text{Eq. 8}$$

$$\text{IET (P)} = 10 \times \left[6 - \frac{1,77 - 0,42 * (\text{Ln P})}{\text{Ln } 2} \right] \quad \text{Eq. 9}$$

$$\text{IET (Cl a)} = 10 \times \left[6 - \frac{0,92 - 0,34 * (\text{Ln Cl a})}{\text{Ln } (2)} \right] \quad \text{Eq. 10}$$

$$\text{IET (PT)} = 10 (6 - (-0,7 - 0,6 * \text{Ln } 2)) - 20 \quad \text{Eq. 11}$$

$$\text{IET (Cl a)} = 10 (6 - (0,4 - 0,36 * \text{Ln } 2)) - 20 \quad \text{Eq. 12}$$

Onde:

Cl a é a clorofila total ($\mu\text{g. L}^{-1}$);

PT é o fósforo total ($\mu\text{g. L}^{-1}$).

As equações 8 e 9 são para calcular IET(P) e IET (Cl a) dos reservatórios. Enquanto as equações 11 e 12 são para calcular IET do fósforo e da clorofila a para rios.

A comparação das classificações alcançadas entre IET da clorofila a e IET do fósforo, são utilizados para avaliar o grau do Fitoplâncton. A partir do momento em que esses dois índices classificam as áreas nas mesmas classes de trofia, neste caso o grau para limitação é tido como normal. O grau de limitação é considerado alto quando a classificação conseguida do índice do fósforo classifica o espaço em classe elevada atingido por meio das concentrações de clorofila a, apontando que existe algum fator limitante que baixa a produtividade das algas. Caso contrário, é considerado baixa quando as concentrações de clorofila a advêm de uma classificação maior obtida pelo IET do fósforo (LAMPARELLI, 2004).

De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA, 2021), os estados de eutrofização podem ser definidos como: Ultraoligotrófico, oligotrófico, mesotrófico, eutrófico e hipereutrófico.

Figura 4 - Classificação do IET

Categoria de Estado Trófico	Valor do IET	Significado
Ultraoligotrófico	IET = 47	Corpos d'água limpos, de produtividade muito baixa, não acarretam em prejuízos aos usos da água.
Oligotrófico	47 < IET = 52	Corpos d'água limpos, de baixa produtividade, não há interferências indesejáveis sobre os usos da água.
Mesotrófico	52 < IET = 59	Corpos d'água com produtividade intermediária, possíveis implicações sobre a qualidade da água.
Eutrófico	59 < IET = 63	Corpos d'água com alta produtividade, afetados por atividades antrópicas, com alterações indesejáveis na qualidade da água
Supereutrófico	63 < IET = 67	Corpos d'água com alta produtividade, afetados por atividades antrópicas, com alterações indesejáveis na qualidade da água
Hipereutrófico	IET = 67	Corpos d'água afetados pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com consequências indesejáveis para seus usos múltiplos.

Fonte: LAMPARELLI (2004)

2.8 Reservatórios Artificiais

“Os reservatórios artificiais são essenciais para o incremento da oferta hídrica de uma bacia hidrográfica, sendo parte da solução para situações de escassez.” (ANA, 2021)

Lopes (2019) enfatiza os grandes desafios ainda a serem vencidos, como aumentar o conhecimento da natureza, prevendo-se melhor os impactos decorrentes dos reservatórios e desenvolver métodos de mitigar os inevitáveis impactos; fazer estudos mais detalhados,

abrangentes e mais acessíveis aos leigos, inserir as populações afetadas e beneficiadas nas tomadas de decisões além de outros.

O armazenamento do volume água dos reservatórios depende especificamente das precipitações e este tem uma influência direta nas mudanças de estado de trofia da água. “As precipitações irregulares ao longo do ano contribuem para a redução do volume dos reservatórios das regiões semiáridas, favorecendo assim a concentração de solutos e nutrientes na água e conseqüentemente podem causar alterações no estado trófico do reservatório” (STEPHANIE *et al.*, 2018, p. 4).

Para o semiárido cearense, onde as precipitações são escassas e irregulares vê-se a necessidade de criação de um sistema de monitoramento e gestão de recursos hídricos.

Os reservatórios de Ceará têm sofrido com alta degradação ambiental devido os fenômenos de eutrofização que tem ocorrido através da emissão de nutrientes vindo do esgoto doméstico, piscicultura e pecuária (FIGUEIREDO *et al.*, 2007).

Tundisi *et al.* (2008), destacam que a intensa urbanização que ocorreu em escala global (assim como no Brasil) introduziu outras escalas de demanda de água, desperdício e contaminação. Grandes concentrações urbanas exigem grandes volumes de água tratada - milhares de metros cúbicos por hora - e produzem resíduos em grande escala, poluindo e contaminando lençóis freáticos, rios, lagos e reservatórios.

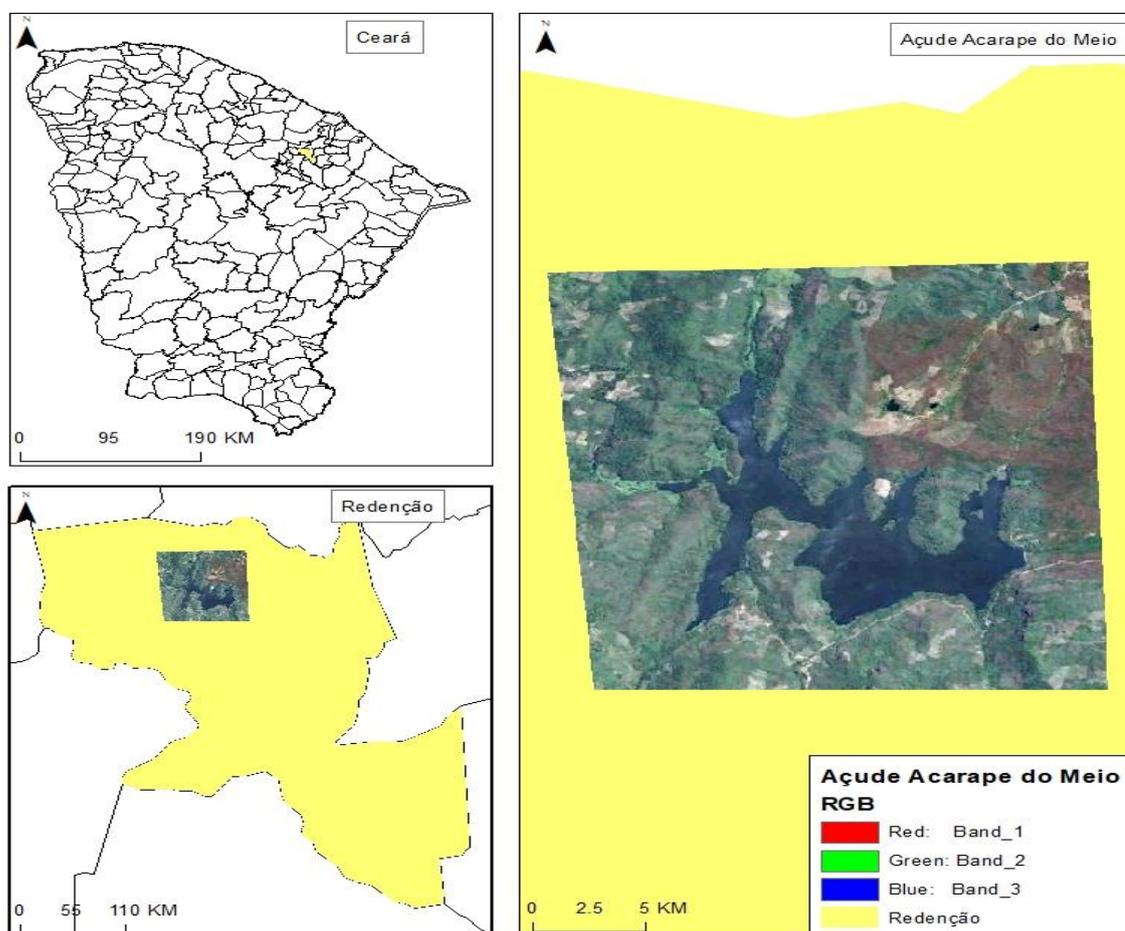
3 METODOLOGIA

3.1 Caracterização da área de estudo

3.1.1 Localização do açude Acarape do Meio

O açude Acarape do Meio localiza-se no município de Redenção, estado do Ceará, e está localizado na bacia hidrográfica da região metropolitana do estado, possui 220 ha (hectares) de área de espelho hídrico e 31.500.00 m³ de capacidade de armazenamento (COGERH, 2008).

Figura 5 - Localização do açude Acarape do Meio



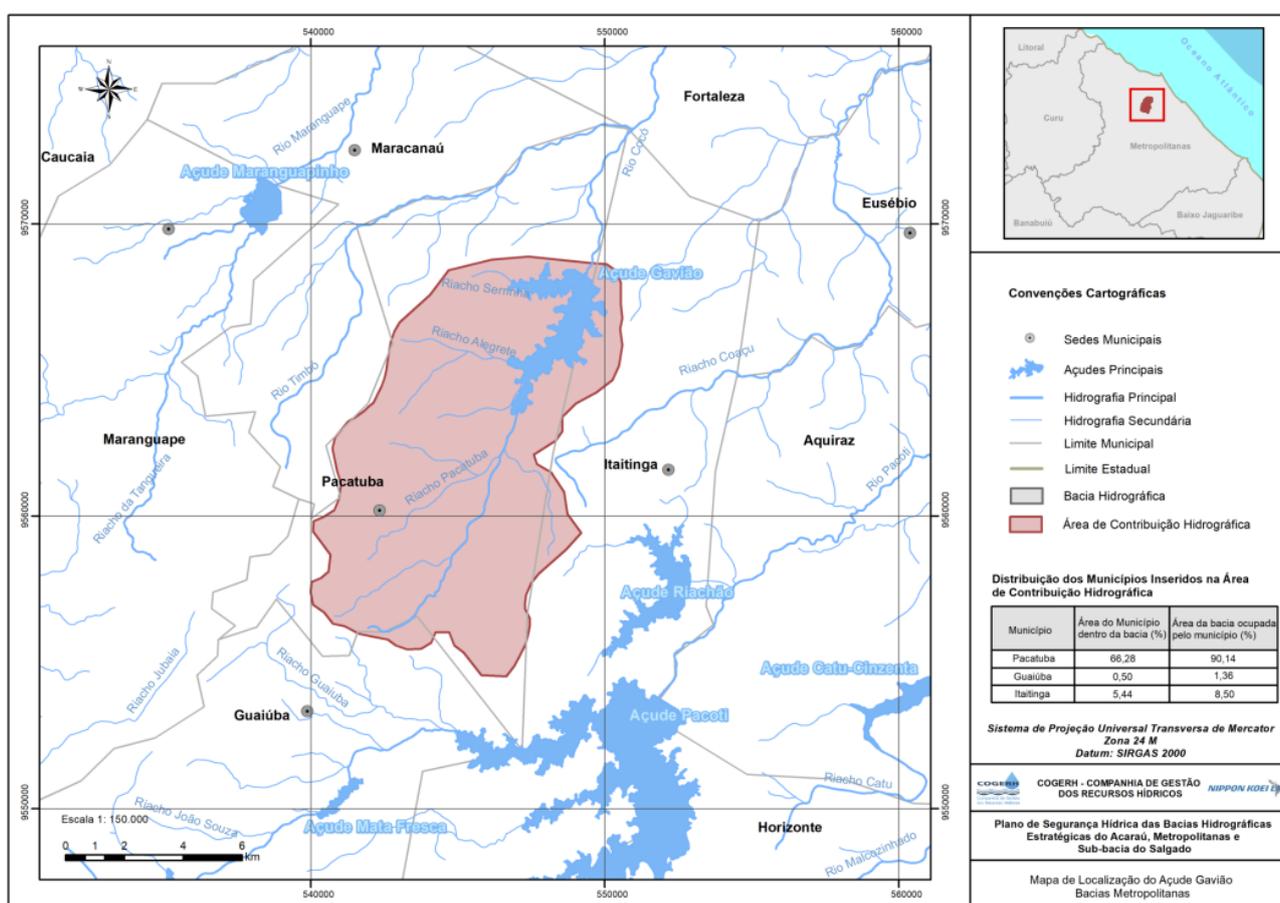
Fonte: Autor

Com aumento da população nos municípios que integram a bacia hidrográfica de Acarape do Meio (Redenção, Pacoti e Palmácia), as práticas de agricultura, pecuária, queimadas ou lixo jogados nos riachos e lançamento de esgotos domésticos próximos ao açude são muito frequentes. O município de Redenção não tem um sistema que faz coleta de esgotos e estes são despejados no reservatório utilizado para efluentes (COGERH, 2008).

3.1.2 Localização do açude Gavião

O açude Gavião localiza-se no município de Pacatuba, que dista a 30 km de Fortaleza, a capital do Ceará, tem as suas coordenadas geográficas localizadas em UTM, Zona 24M, 9568879mN e 9554523mN, e 550600mE e 540006m (figura 2), sua bacia hidrográfica está localizada região metropolitana, e tem 33,3hm³ de capacidade de armazenamento e, 97 km² de área da bacia hidrográfica (COGERH, 2018), que caracteriza sua importância para o abastecimento de Fortaleza e não só.

Figura 6 – Localização do Açude Gavião



Fonte: Adaptado da COGERH (2018)

O reservatório de Gavião foi construído com finalidade de integrar os açudes que abastecem a água para a região metropolitana de Fortaleza.

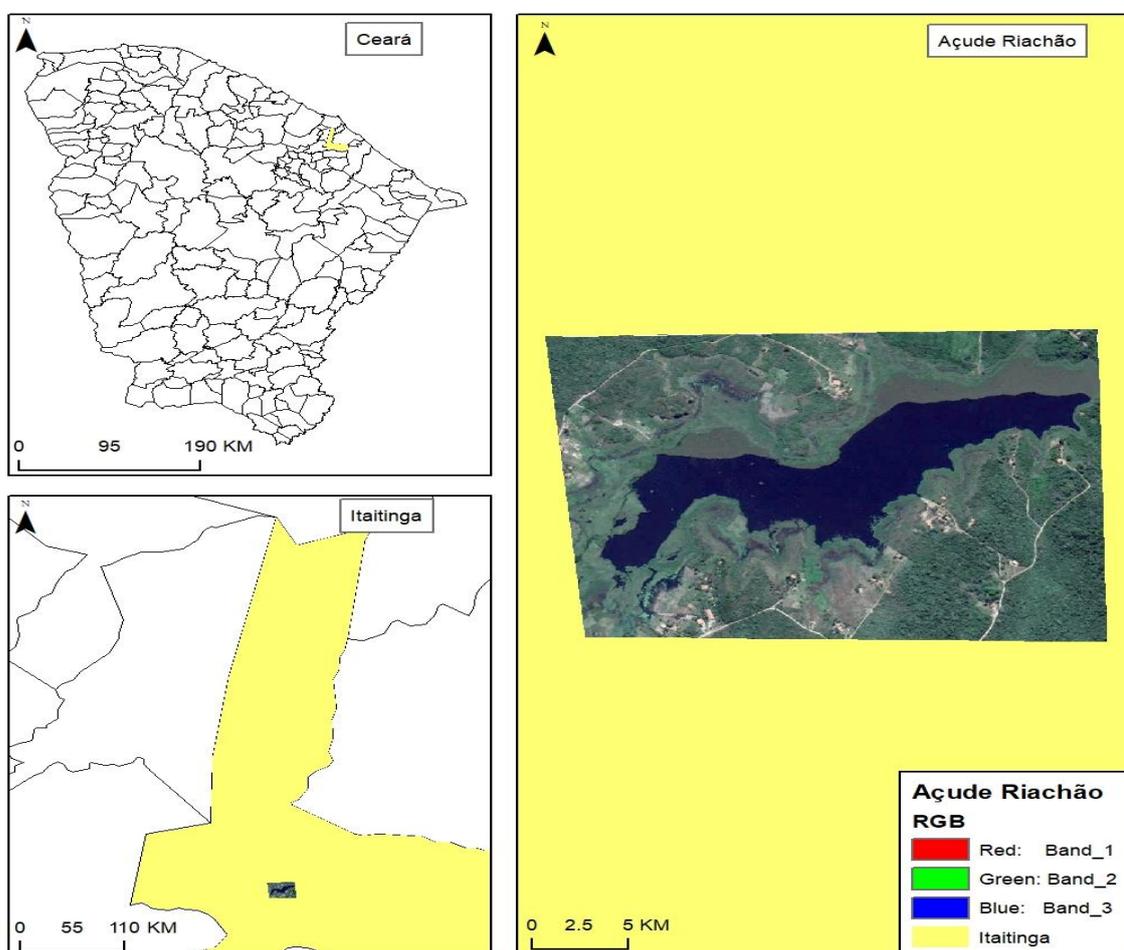
Com o crescimento populacional no município de Pacatuba, aumenta lançamento de efluentes sanitários, industriais e resíduos sólidos junto ao rio cocó onde está o açude. Ao longo do açude são identificadas práticas de agricultura, pastagem, produção de carvão, despejo de lixo em terrenos baldios (contaminando o solo) e lançamento de esgotos ao céu aberto. Os

insumos agrícolas e fezes também são as grandes comprometedoras da qualidade da água do reservatório (COGERH, 2018).

3.1.3 Localização do açude Riachão

O açude Riachão localiza-se no município de Itaitinga, ao norte do estado do Ceará. A sua limitação é: rio Banabuiú ao sul, Oceano Atlântico ao norte, rio Curu ao oeste e rio Jaguaribe ao leste. Possui uma bacia hidrográfica de 33,68 km², faz parte a rede da Bacia Metropolitana do Estado do Ceará (COGERH, 2011).

Figura 7 – Localização do Açude Riachão



Fonte: Autor

O açude possui uma grande importância para o abastecimento hídrico de Fortaleza. No bairro de Angorá (município de Itaitinga), os centros urbanos estão direcionados ao açude Riachão e muitos efluentes são lançados ao longo da margem do açude. Os esgotos domésticos são responsáveis por cerca de 80% de todo nutriente presente no reservatório. Também próximos ao açude são produzidos resíduos sólidos (residenciais e comerciais) que são

lançados nas margens do açude, fertilizantes usados na agricultura e fezes dos animais contaminam os solos ao longo da bacia hidrográfica.

3.2 Metodologia de coleta de dados

O presente trabalho caracteriza-se em pesquisa descritiva, onde será analisado o estado de eutrofização nos reservatórios de Acarape do Meio, Gavião e Riachão num tempo correspondente de 2008 a 2022, e para o efeito serão realizados os devidos cálculos tendo em conta os parâmetros do fósforo total e da clorofila a. Os resultados serão expressos de maneira qualitativa e quantitativa.

A fim de clarificar o grau de trofia usa-se índice de estado trófico desenvolvido pelo Lamparelli (2004), usada pela CETESB. Para realização dos cálculos e obtenção dos resultados do IET, foram extraídos dados como a clorofila a e fósforo total a partir do portal da COGERH, necessário para efetuar os cálculos. Não serão utilizados os dados de transparência. Os cálculos foram feitos a partir do Excel onde, foi desejável ter os resultados do IET da clorofila a (Cl a) e IET do fósforo (P) para ter IET.

Os dados referentes a fósforo totat e clorofila a foram obtidos igualmente no portal da COGERH.

Para os cálculos, foram usadas equações desenvolvidas por Toledo (1984) e modificado pelo Lamparelli (2004). Ainda segundo Lamparelli as equações são as seguintes:

$$IET = \frac{IET(P)+IET(CL)}{2} \quad \text{Eq. 8}$$

$$IET (P) = 10 \times \left[6 - \frac{1,77-0,42*(Ln P)}{Ln 2} \right] \quad \text{Eq. 9}$$

$$IET (CL) = 10 \times \left[6 - \frac{0,92-0,34*(Ln Cl a)}{Ln (2)} \right] \quad \text{Eq. 10}$$

Onde:

PT = concentração de fósforo total, em µg. L-1

Cl a = concentração de clorofila a, em µg. L-1

Tabela 2 - Limites e classificação do estado trófico para reservatórios

Critério	Estado Trófico	Fósforo Total (mg/L)	Clorofila "a" ($\mu\text{g/L}$)
$\text{IET} \leq 44$	Oligotrófico	$\leq 0,026$	3,81
$44 < \text{IET} \leq 54$	Mesotrófico	0,026 – 0,027	3,82 – 10,34
$54 < \text{IET} \leq 74$	Eutrófico	0,053 – 0,211	10,35 – 76,06
$\text{IET} > 74$	Hipereutrófico	$>0,211$	$>76,06$

Fonte: Adaptado de Toledo (1984)

Usou-se também o portal da FUNCEME, a fim de poder obter os dados pluviométricos dos municípios onde estão localizados os açudes em estudo, durante ano de 2008-2022.

De igual modo os dados referentes ao volume armazenado nesses reservatórios foram obtidos a partir do portal da COGERH.

O volume reduzido que a água é armazenada em reservatório provocado principalmente pela evaporação, pode ser considerado como um dos principais causadores da alteração da qualidade das águas, levando para o estado de deterioração, uma vez que o volume representa a expressividade em que a massa de água armazenada é renovada.

Foram extraídos também do portal da COGERH dados referentes a cianobactérias dos reservatórios em estudo. Esses dados foram organizados no Excel de para gerar gráficos com finalidade de poder ter a noção sobre a contagem de cianobactérias no período de 2008-2022.

A Tabela 2 apresenta os intervalos de contagem de cianobactérias e suas respectivas classes tróficas, aferindo uma breve descrição do estado do reservatório quanto a esse parâmetro.

Tabela 3 – Limites de Cianobactérias para níveis de trofia

Ordem	Estado Trófico	Contagem (cél/mL)	Descrição
1	Oligotrófico	até 20.000	Número baixo de cianobactérias
2	Mesotrófico	20.000 – 80.000	Número médio de cianobactérias
3	Eutrófico	80.000 – 400.000	Número alto de cianobactérias
4	Hipereutrófico	acima de 400.000	Número muito alto de cianobactérias

Fonte: Paulino *et al.* (2013)

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

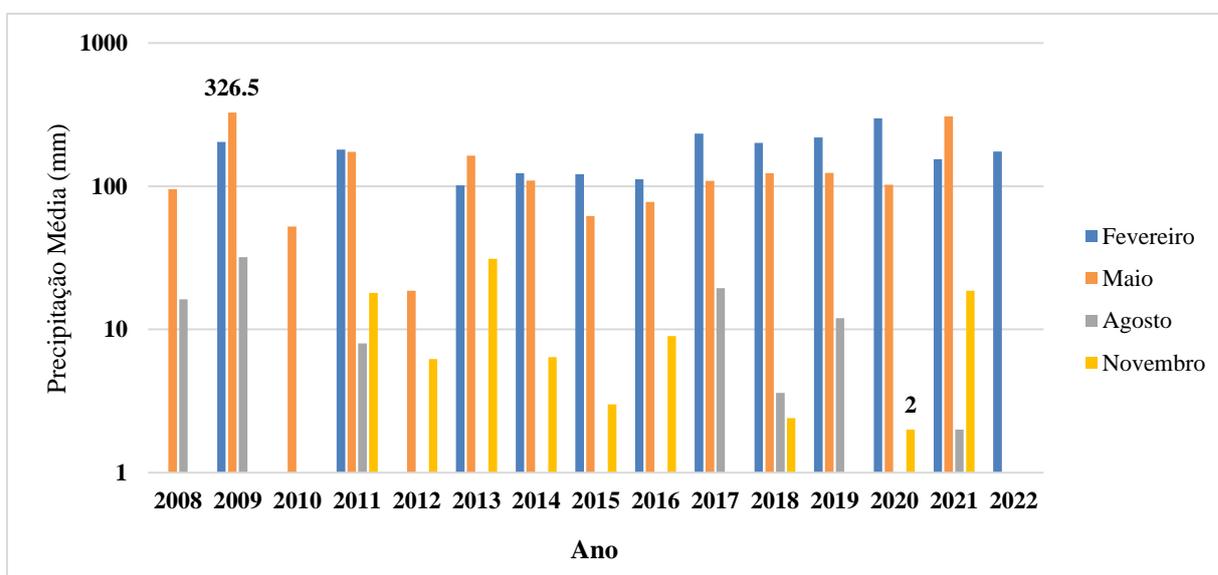
4.1 Precipitação Pluviométrica de Redenção, Pacatuba e Itaitinga no período de 2008 a 2022

Foi realizada uma análise sobre as ocorrências pluviométricas através do volume médio anual das precipitações de águas nos municípios (Redenção, Pacatuba e Itaitinga) onde estão localizados os reservatórios em estudo, uma vez que esse pode ser um dos critérios de avaliação da qualidade da água.

As Figuras a 8 a 10 apresentam as ocorrências da precipitação pluviométrica nos municípios de Redenção, Pacatuba e Itaitinga, respectivamente onde estão encontrados os açudes estudados, num período de 2008 a 2022. Foram destacados os meses de Fevereiro, Maio, Agosto e Novembro, pois os dados obtidos da COGERH sobre eutrofização foram apresentados nos meses referidos.

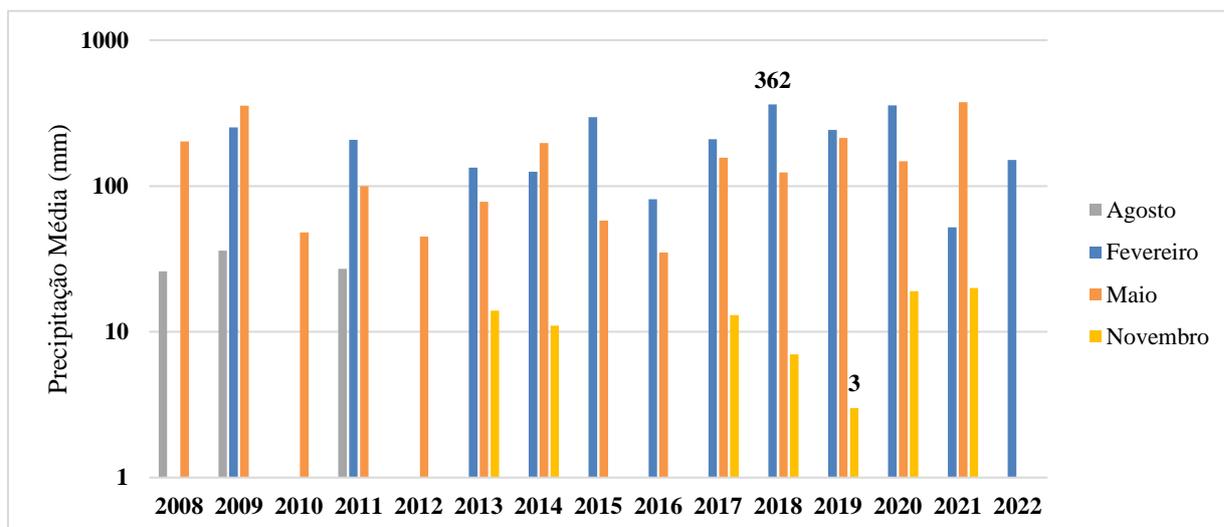
Na figura 8 verifica-se que o município de Redenção apresentou máxima de 326,5 mm em Maio de 2009 e também apresentou mínima de 2 mm em Novembro de 2020.

Figura 8 – Precipitação pluviométrica (mm) no município de Redenção



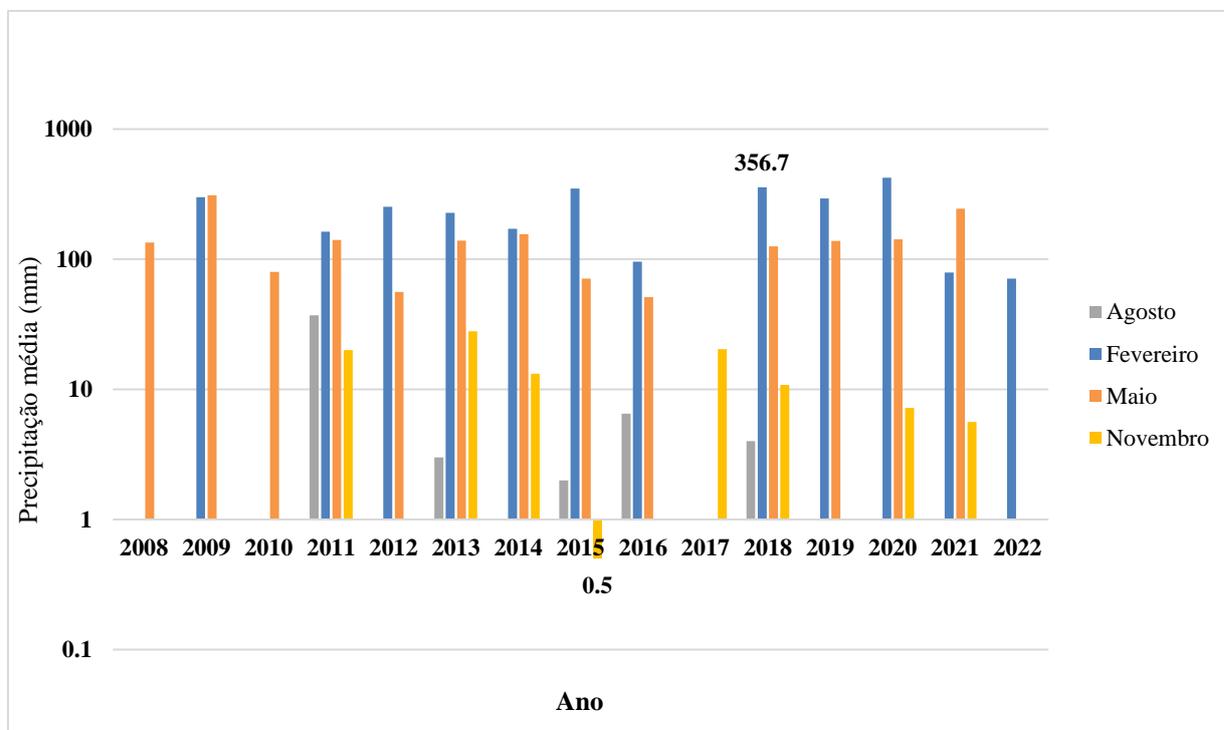
Fonte: Autor (2023)

Na figura 9 o município de Pacatuba apresentou seu ponto máximo de 362 mm em Fevereiro de 2018 e o ponto mínimo registrado foi de 3 mm em Novembro de 2019.

Figura 9 - Precipitação pluviométrica (mm) no município de Pacatuba

Fonte: Autor (2023)

Verifica-se também na figura 10 o município de Itaitinga registrou o ponto máximo de 356,57 mm em Fevereiro de 2018, e seu ponto mínimo de 0,5 mm em Novembro de 2015.

Figura 10 - Precipitação pluviométrica (mm) no município de Itaitinga

Fonte: Autor (2021)

Através das figuras 8, 9 e 10 pode-se observar que nos três (3) municípios houve maiores ocorrências pluviométricas nos meses de Fevereiro e Maio. E menos ocorrência nos meses de Agosto e Novembro.

Ainda de acordo com os gráficos é possível visualizar que não houve registro de ocorrência pluviométrica em alguns meses em diferentes anos nos três (3) municípios (Redenção, Pacatuba e Itaitinga). Fazendo que se registra uma diminuição do volume armazenado nestes reservatórios durante o período em estudo.

O semiárido cearense é afetado pelo fenômeno climático chamado El Niño, que é um fenômeno que provoca alta nas temperaturas do oceano pacífico-tropical e, que no Brasil este fenômeno faz com que em algumas regiões como nordeste e norte as chuvas sejam pouco frequentes, este fator está na base de secas vividas no Ceará. Analisando as figuras de precipitações, observa-se que esse fenômeno pode estar de certa maneira atingindo os municípios onde estão localizados os açudes em estudo, no estado do Ceará.

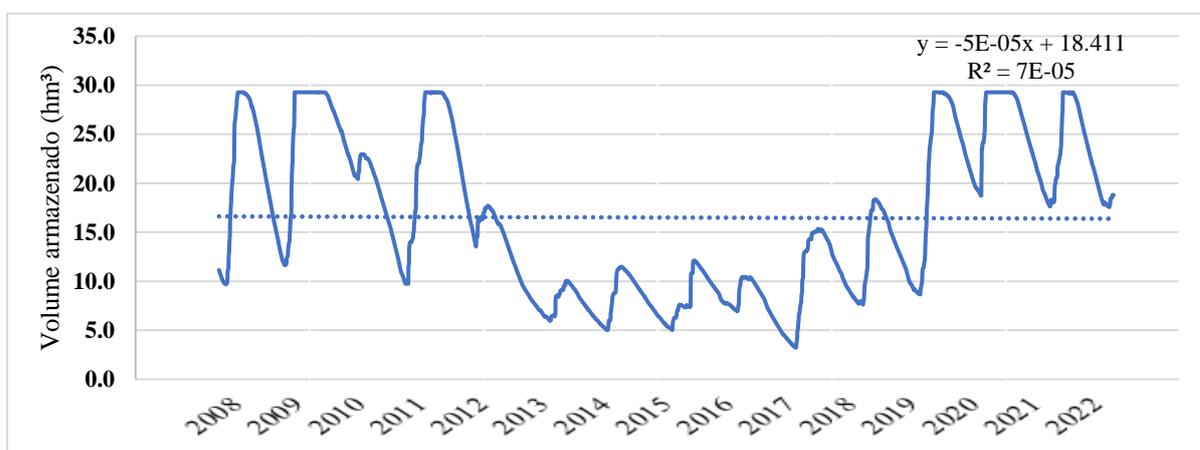
4.2 Volume armazenado de água dos reservatórios

O volume armazenado depende inteiramente da precipitação. Devido ao longo período de estiagem que se verifica no semiárido cearense, o volume de água armazenada pode afetar a qualidade da água dos reservatórios.

Desta feita o levantamento de dados de volume armazenado dos açudes Acarape do Meio, Gavião e Riachão foi realizado de acordo o ano de estudo (2008 a 2022) para averiguar o crescimento e decréscimo do volume (em hm³) nesses açudes.

As Figuras 11 a 13 apresentam a evolução do volume dos reservatórios estudados no ano de 2008 a 2022.

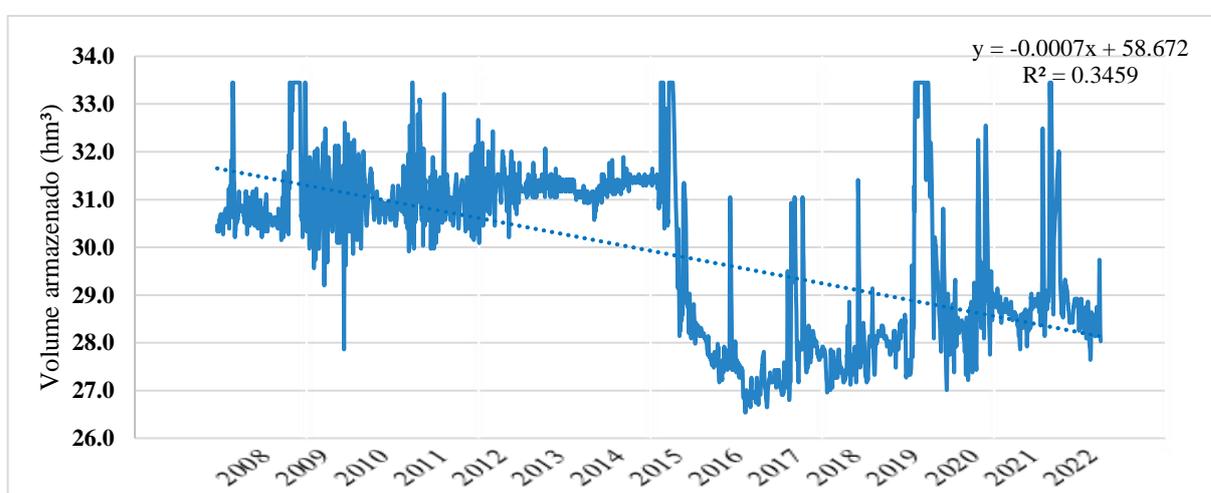
Figura 11 – Volume armazenado do açude Acarape do Meio



Fonte: Autor (2022)

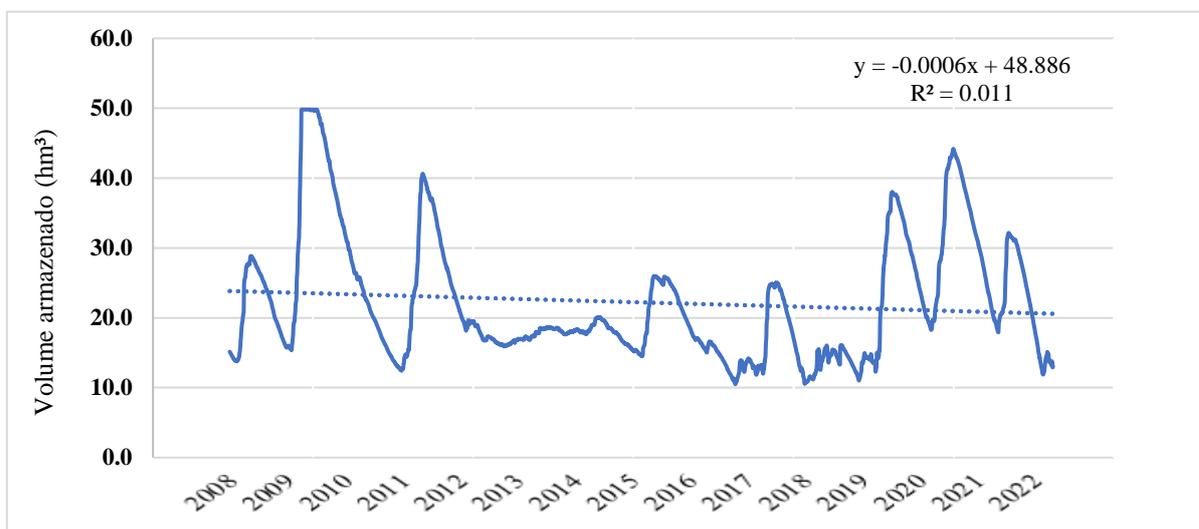
A partir da figura 11 pode-se observar que armazenado de água no açude Acarape do Meio apresentou um volume considerado estável durante o período de 2008 a 2022, como pode-se verificar a partir da linha de tendência que é -05×10^{-5} , existindo oscilações causados pelos períodos de chuva e seca. As baixas no armazenamento da água são resultadas da seca vividas na região, e causam alterações nos aspectos físicos, químicos e biológicos da água, comprometendo a assim o uso da mesma. As subidas são resultadas das chuvas que ocorrem nas localidades onde está o açude, quando há ocorrência de chuva a água fica deteriorada devido a água que fica armazenada com vários nutrientes dentro por um longo período.

Figura 12 – Volume armazenado do açude Gavião



Fonte: Autor (2023)

Na figura 12, para açude Gavião observa-se que teve uma diminuição no seu volume de água armazenado se comparado com açude Acarape do Meio ao longo de período de 2008 a 2022, como destacado na linha de tendência de $-0,0007$. Havendo muitas oscilações causados pelas chuvas e secas. O açude Gavião apresentou uma perda considerável da água armazenada no período de seca, e essa redução foi pouca por conta da transposição do complexo de estação de bombeamento, canais, adutoras e túneis que levavam as águas dos açudes, Riachão e Pacoti, e muitos outros. De maneira a não comprometer a qualidade da água e o abastecimento na região metropolitana de Fortaleza.

Figura 13 – Volume armazenado do açude Riachão

Fonte: Autor (2022)

De acordo com a figura 13, para o açude Riachão foi apresentado muitas oscilações no armazenamento do volume da água, o que pode se dizer que ao longo do período de 2008 a 2022, o açude Riachão obteve uma ligeira diminuição no seu volume armazenado, como pode se ver na linha de tendência de $-0,0006$. Essa perda ou a redução de água no açude Riachão é causada pelo longo período de seca vividos na região, e este problema tem afetado a qualidade da água desse reservatório.

Aspectos climáticos (altas temperaturas, radiação solar e fortes ventos, e também período de estiagem que a região enfrenta) contribuem para enfatizar a redução de água armazenada nos três (3) reservatórios. A grande consequência dos períodos secos no potencial hídrico das regiões é a diminuição do aporte de água nas represas, muitas vezes são insuficientes para resgatar a perda de volume armazenado verificada no período do ano anterior (COGERH, 2008). A seca causa deterioração da qualidade da água devido a acidificação da água e crescimento elevado das concentrações de nutrientes.

4.3 Contagem de Cianobactérias

As cianobactérias são as principais responsáveis pelo processo de eutrofização da água em reservatórios, uma vez que elas produzem fotossínteses que impedem a oxigenação da água.

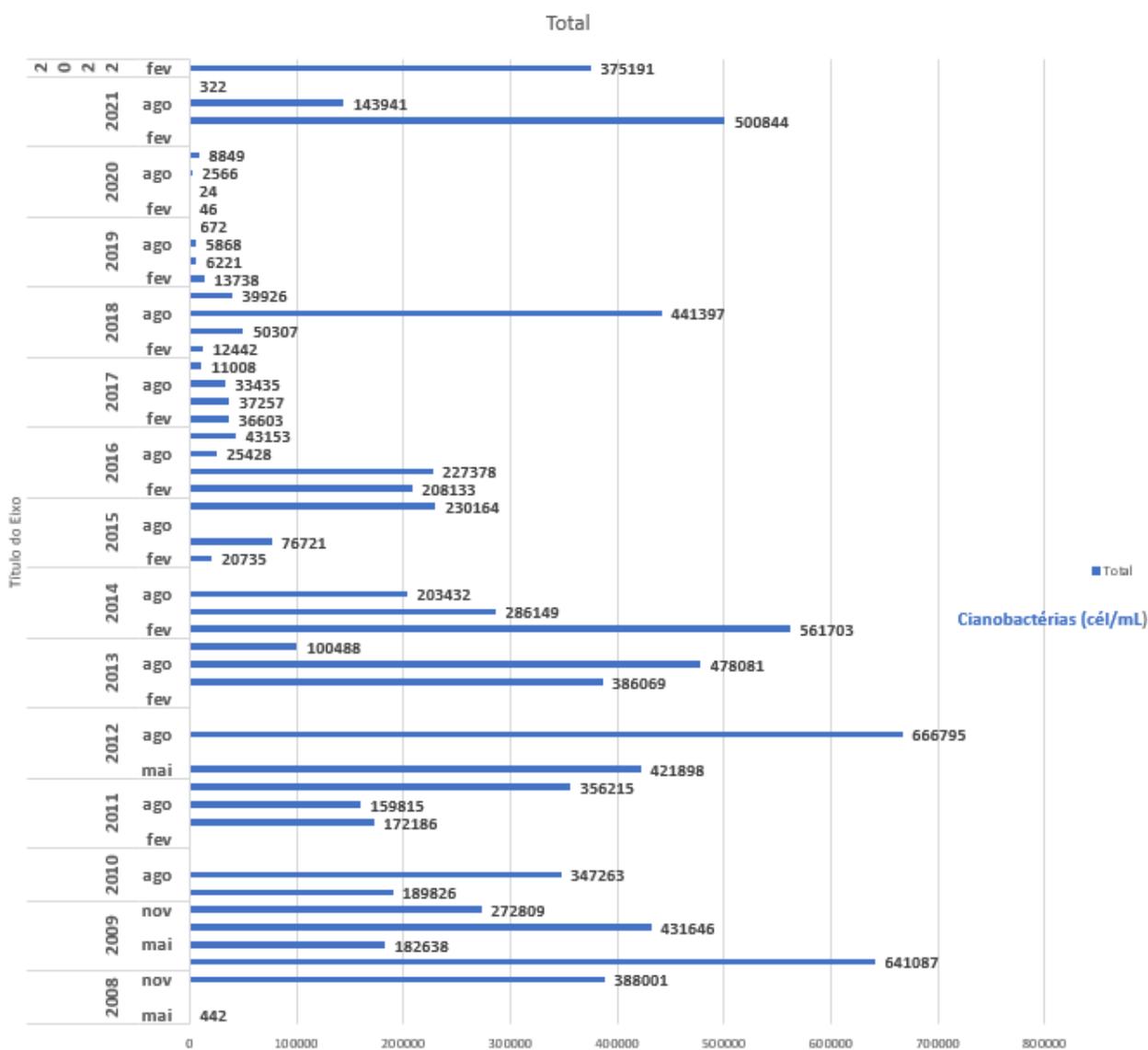
Ao se estudar o estado de trofia em reservatórios, é importante levar em conta a contagem de cianobactérias, uma vez que esta nos apresenta o nível em que a água dos

reservatórios está eutrofizado. Particularmente para certos ambientes onde se observa pouca eutrofização, essa contagem é de capital importância, pois serve para se saber o nível de trofia da água desse reservatório. E também para se ter certeza de que existem falhas que acontecem quando falta dados.

As figuras 14 a 16 apresentam o nível de contagem de cianobactérias dos reservatórios em estudo no período de 2008 a 2022, onde verifica-se a sua influência no processo de eutrofização da água dos desses reservatórios.

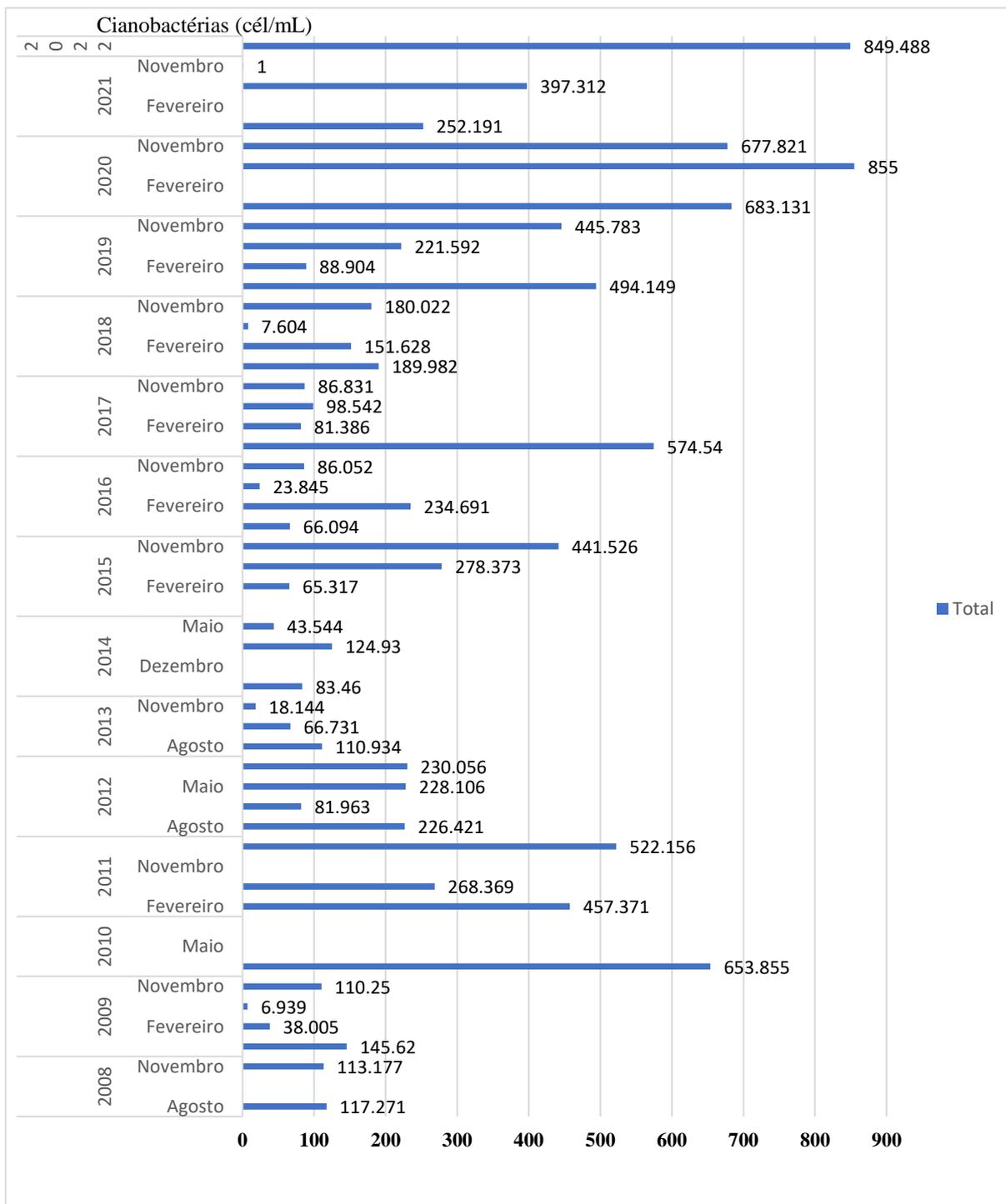
Para o açude Acarape do Meio os resultados (Figura 14) mostraram na maioria da sua campanha foram de um alto nível de concentração de cianobactérias..

Figura 14 – Contagem de cianobactéria de Açude Acarape do Meio



Na Figura 15 é apresentado a contagem de cianobactérias para o açude Gavião no período estudado, onde foi observado que na sua maioria das campanhas apresentou um nível alto de contagem de cianobactérias.

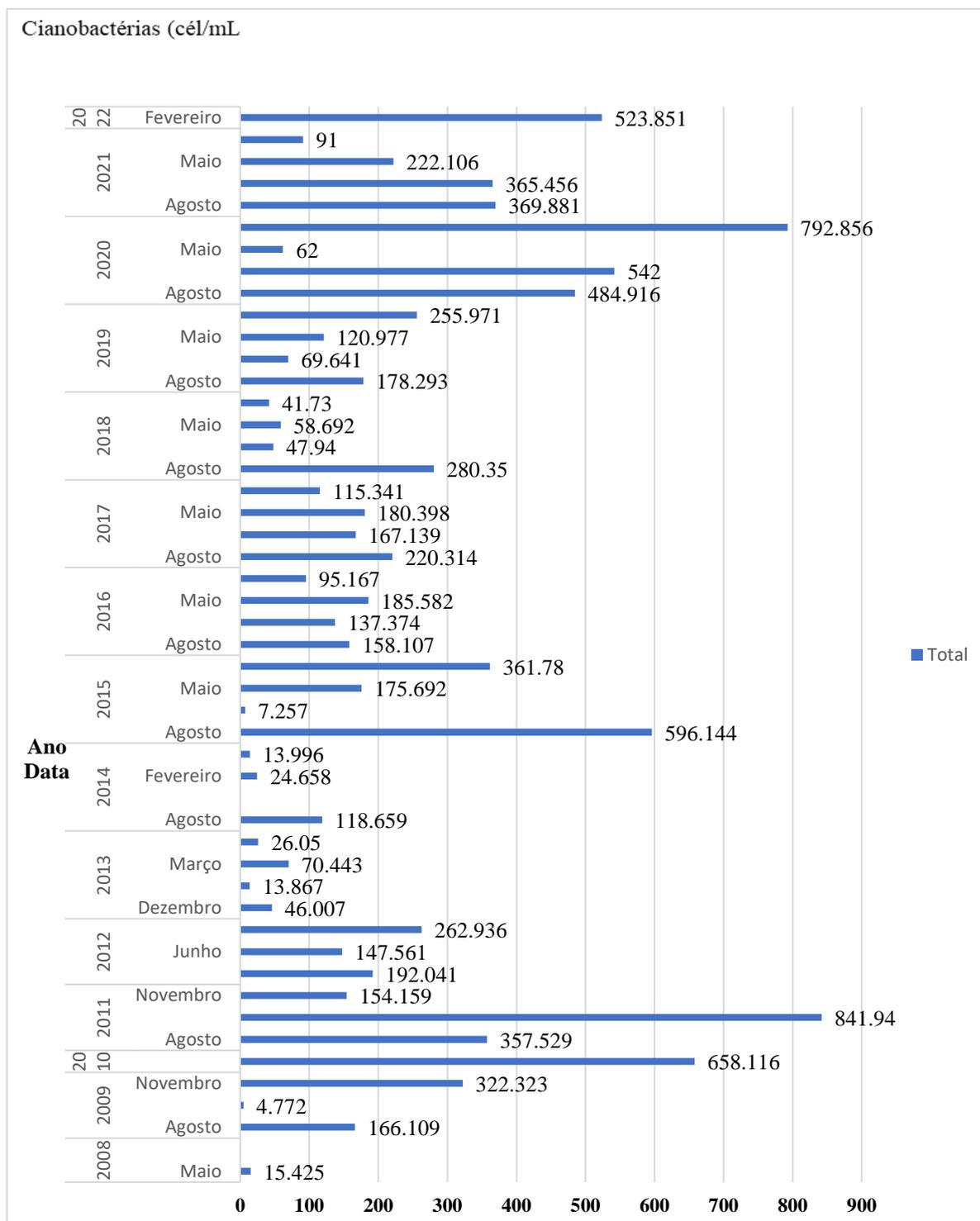
Figura 15 - Contagem de cianobactéria de Açude Gavião



Fonte: Autor (2023)

Na Figura 16 verifica-se que durante as campanhas o açude Riachão apresentou uma alta na contagem de cianobactérias,

Figura 16 - Contagem de cianobactéria de Açude Riachão



Fonte: Autor (2023)

Os gráficos 14 a16 apresentam a contagem de cianobactérias no período de 2008 a 2022 dos açudes de Acarape do Meio, Gavião e Riachão. E neles foram anotados que os níveis tróficos mais altos dos reservatórios foram observados em Agosto de 2012 e Novembro de 2008 para açude Acarape do Meio. No açude Gavião os níveis tróficos mais altos foram observados em Fevereiro de 2022 e Agosto de 2020. E no açude Riachão os níveis tróficos mais altos foram apresentados em Maio de 2011 e Fevereiro de 2020.

4.4 IET (Cl a), IET(P) e IET Total dos Açudes Acarape do Meio, Gavião e Riachão no período de 2008 a 2022

Considerando a metodologia usada, onde se teve em conta os parâmetros de fósforo total e clorofila a que foram usados para os cálculos do Índice de Estado Trófico do fósforo total – IET (P) e da clorofila a – IET (CL). E com base esses valores foi possível determinar a média do IET dos reservatórios em estudo, tendo em conta as equações 8, 9 e 10. As águas do açude de Acarapé do Meio, Gavião e Riachão foram avaliadas quanto aos índices tróficos para as campanhas compreendidas dentro do período de estudo.

Os resultados das médias do IET calculado de cada ano estudado podem ser observados nas Tabelas 4 a 6, e nas Figuras 16 a 18.

Na Tabela 4 pode se observar os resultados dos cálculos do IET (Cl a), IET (P) e IET total, onde verifica-se que o açude Acarape do Meio ao longo do período estudado apresentou um IET classificada como Mesotrófica, diz que a água desse reservatório apresentou um nível produção de nutrientes mediano, desta feita pode comprometer a qualidade da água, apesar de que na sua campanha a maior parte dos acontecimentos os níveis de trofia apresentaram-se admissíveis.

Tabela 4 – IET do açude Acarape do Meio (2008 – 2022)

Ano	IET Cl a	IET P	IET
2008	64.33	20.00	42.33
2009	66.00	26.50	46.00
2010	66.00	20.50	43.00
2011	64.00	16.50	40.00
2012	69.00	42.33	56.00
2013	67.00	25.67	46.50
2014	66.33	25.00	45.67
2015	63.75	23.00	43.00
2016	59.50	14.00	37.00
2017	59.75	21.25	40.75
2018	56.75	14.50	35.75
2019	53.25	16.00	34.75
2020	56.00	13.75	34.75
2021	61.75	15.00	38.75
2022	57.00	16.00	36.00
Média	62.03	20.67	41.35
Desv. Pad.	4.73	7.45	5.75

Fonte: Autor (2023)

Para o açude Gavião ao longo do ano estudado, a sua campanha apresentou (Tabela 5) resultados do IET (Cl a), IET (P) e IET total, onde se observou que o açude apresentou de acordo com os cálculos realizados um índice que pode se classificar em Oligotrófico.

Tabela 5 – IET do açude Gavião (2008 – 2022)

Ano	IET Cl a	IET P	IET
2008	59.23	15.94	37.58
2009	61.45	21.88	41.66
2010	67.70	19.73	43.72
2011	64.55	19.93	42.24
2012	64.59	18.68	41.77
2013	63.29	20.06	41.67
2014	61.75	17.43	39.12
2015	63.03	19.66	41.35
2016	66.88	18.03	42.45
2017	67.07	24.07	45.57
2018	66.37	20.03	43.20
2019	65.97	18.57	42.27
2020	66.21	16.28	41.02
2021	65.56	17.26	41.41
2022	67.42	18.35	42.89
Média	64.74	19.06	41.86
Desv. Pad.	2.51	2.10	1.85

Fonte: Autor (2023)

Na Tabela 6, o açude Riachão durante o ano de estudo na maioria da sua campanha apresentou os resultados do IET (Cl a), IET(P) e IET total, onde de acordo com os cálculos foi observado que o reservatório teve uma classificação Oligotrófica.

Tabela 6 – IET do açude Riachão (2008 – 2022)

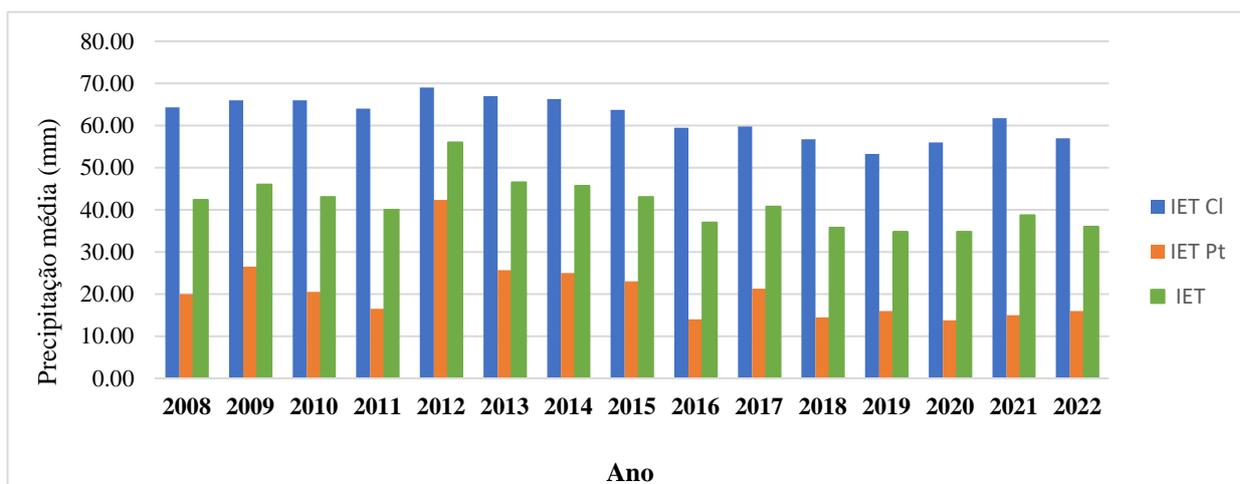
Ano	IET Cl a	IET P	IET
2008	54.33	11.06	32.69
2009	65.34	16.56	40.95
2010	68.33	22.55	45.44
2011	69.96	7.66	38.81
2012	64.83	18.03	41.43
2013	58.72	16.58	37.65
2014	50.74	13.30	32.02
2015	63.99	18.05	41.02
2016	67.35	21.00	44.18
2017	66.99	23.96	45.48
2018	64.54	17.93	41.23
2019	63.89	17.88	40.88
2020	63.48	17.53	40.50
2021	64.24	16.96	40.60
2022			
Média	63.34	17.07	40.21
Desv. Pad.	5.33	4.26	3.99

Fonte: Autor (2023)

As Figuras 17 a 19 tal como as Tabelas 4 a 6, apresentam da os resultados dos cálculos do IET (CI a), IET (P) e IET total, destas apresentadas em formas de gráficos.

Na Figura 17, temos representação dos resultados do açude Acarape do Meio onde foram apresentadas o comportamento do gráfico com relação de acordo com os cálculos feitos. Onde foi observado o nível de IET classificado como Mesotrófico ao longo da sua campanha.

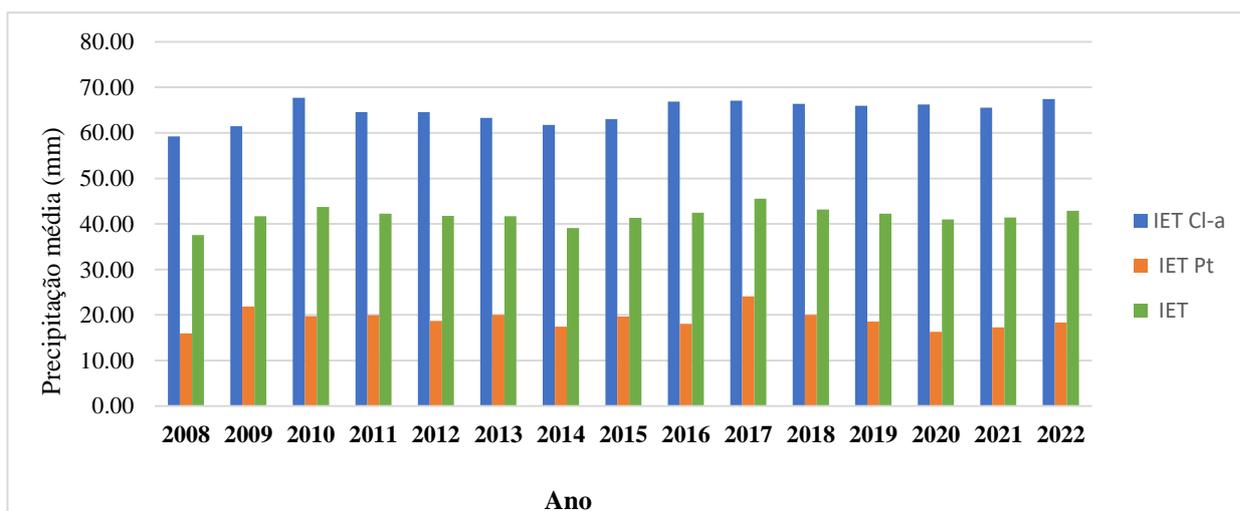
Figura 17 – Variação do IET no Açude Acarape do Meio (2008 – 2022)



Fonte: Autor (2023)

O açude de Gavião durante sua campanha apresentou (Figura 18), um nível de trofia classificada como Oligotrófica.

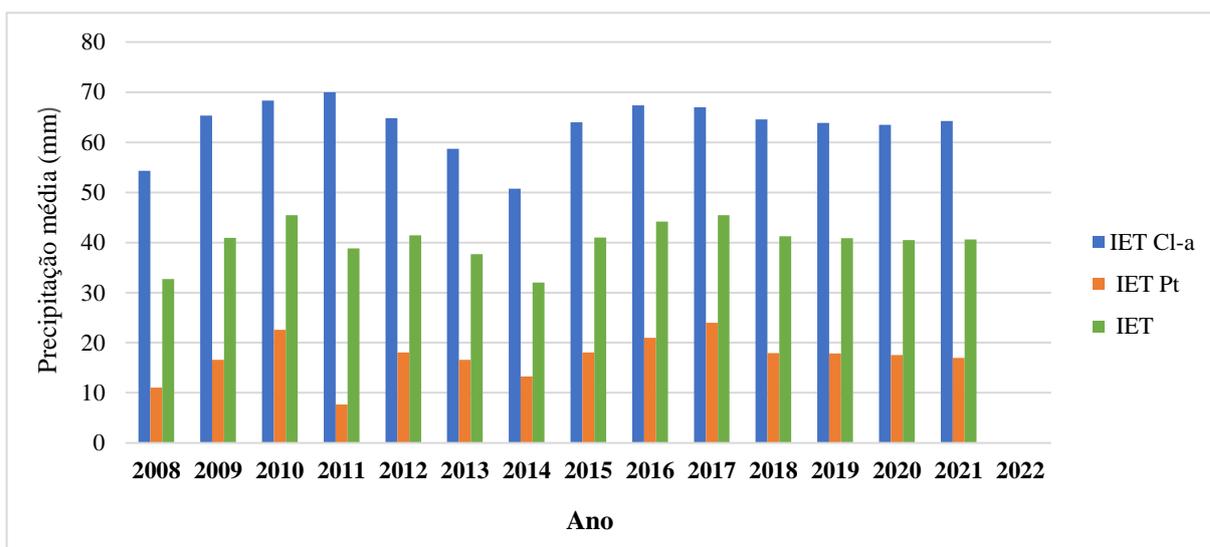
Figura 18 – Variação do IET no Açude Gavião (2008 – 2022)



Fonte: Autor (2023)

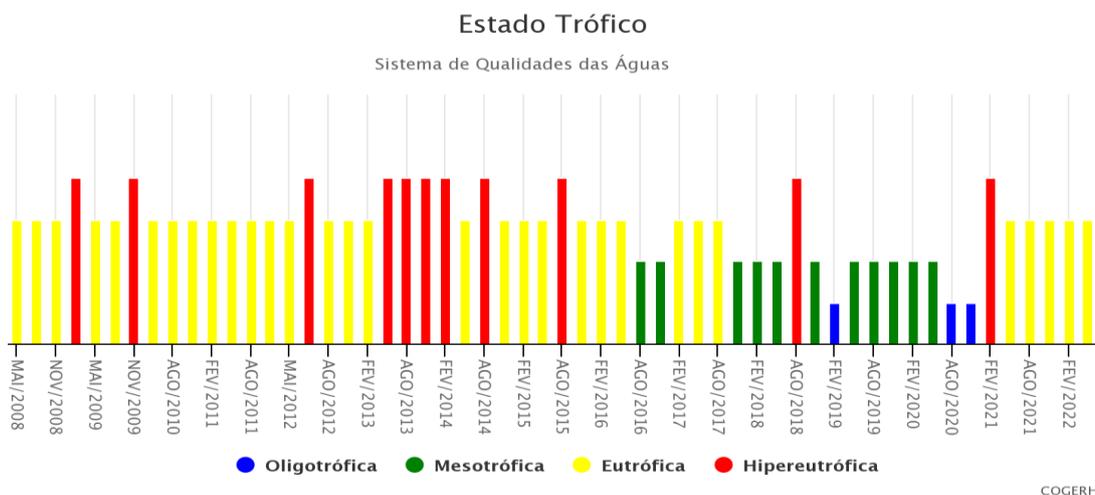
Para o açude Riachão como apresentado na Tabela 7, de acordo com os resultados dos cálculos realizados, apresentou um nível de trofia classificado como Oligotrófica durante o período de estudo.

Figura 19 – Variação do IET no Açude Riachão (2008 – 2022)



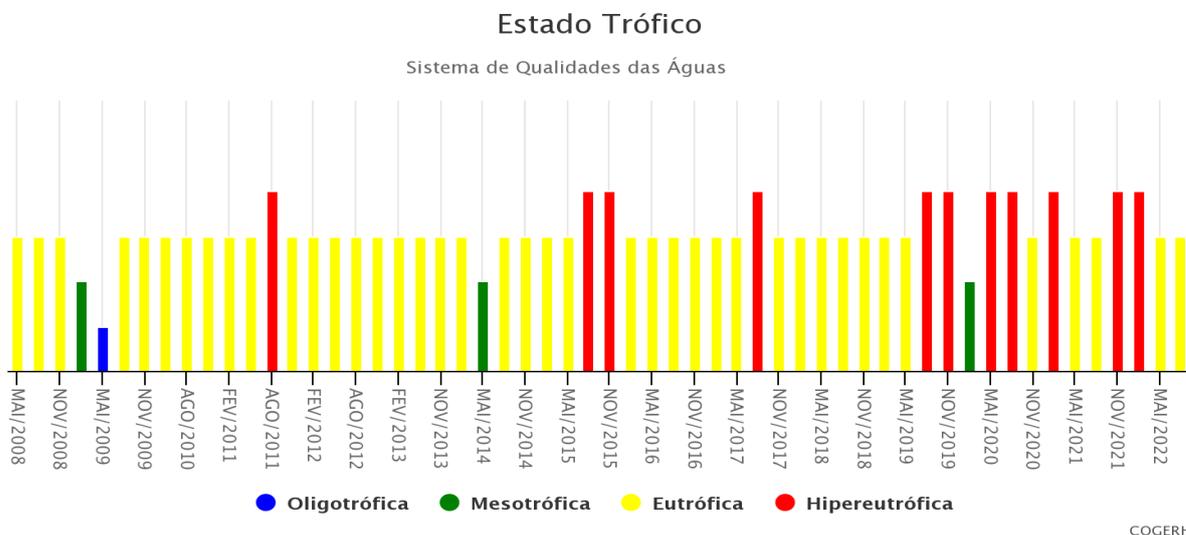
Fonte: Autor (2023)

Após analisar as Figuras, pode-se considerar que o açude de Acarape do Meio apresentou um grau de trofia classificado como mesotrófico. Assim pode se dizer que os corpos de água desse reservatório, possui nível intermediário de concentração nutrientes e de contendo turbidez, e podendo comprometer o uso, as vezes não o consumo da água. Diferente da dos dados da COGERH (Figura 17) que durante este mesmo período estudado, o açude Acarape do Meio apresentou nível de trofia classificado como Eutrófica e Hipereutrófica, que quer dizer que a água desse reservatório apresentou um nível concentração muito elevada de nutrientes, turbidez alta, podendo comprometer o consumo da água.

Figura 20 – Variação do IET no Açude Acarape do Meio (2008 – 2022): COGERH

Fonte: Adaptado da COGERH (2022)

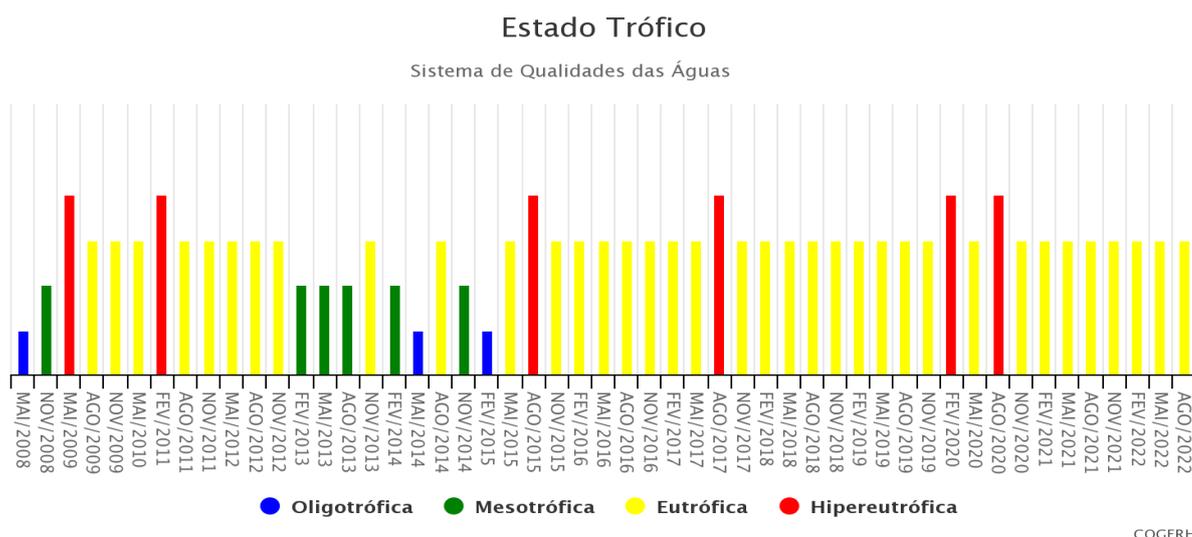
Relativamente ao açude Gavião, apresentou grau de trofia classificada com Oligotrófica, apresentando assim uma concentração de nutrientes muito baixa, água limpa, sem turbidez, sem prejuízo para seu consumo. Diferente da dos dados da COGERH que durante este mesmo período estudado, o açude Acarape do Meio apresentou nível de trofia classificada como Eutrófica e Hipereutrófica (Figura 18), que quer dizer que a água desse reservatório apresentou um nível concentração muito elevada de nutrientes, turbidez alta, podendo comprometer o consumo da água.

Figura 21 – Variação do IET no Açude Gavião (2008 – 2022): COGERH

Fonte: Adaptado da COGERH (2022)

Assim como açude Gavião, o açude Riachão também apresentou grau de trofia classificada com Oligotrófica, apresentando assim uma concentração de nutrientes muito baixa, água limpa, sem turbidez, sem prejuízo para seu consumo. Diferente da dos dados da COGERH que durante este mesmo período estudado, o açude Acarape do Meio apresentou nível de trofia classificada como Eutrófica e Hipereutrófica, que quer dizer que a água desse reservatório apresentou um nível concentração muito elevada de nutrientes, turbidez alta, podendo comprometer o consumo da água.

Figura 22 – Variação do IET no Açude Riachão (2008 – 2022): COGERH



Fonte: Adaptado da COGERH (2022)

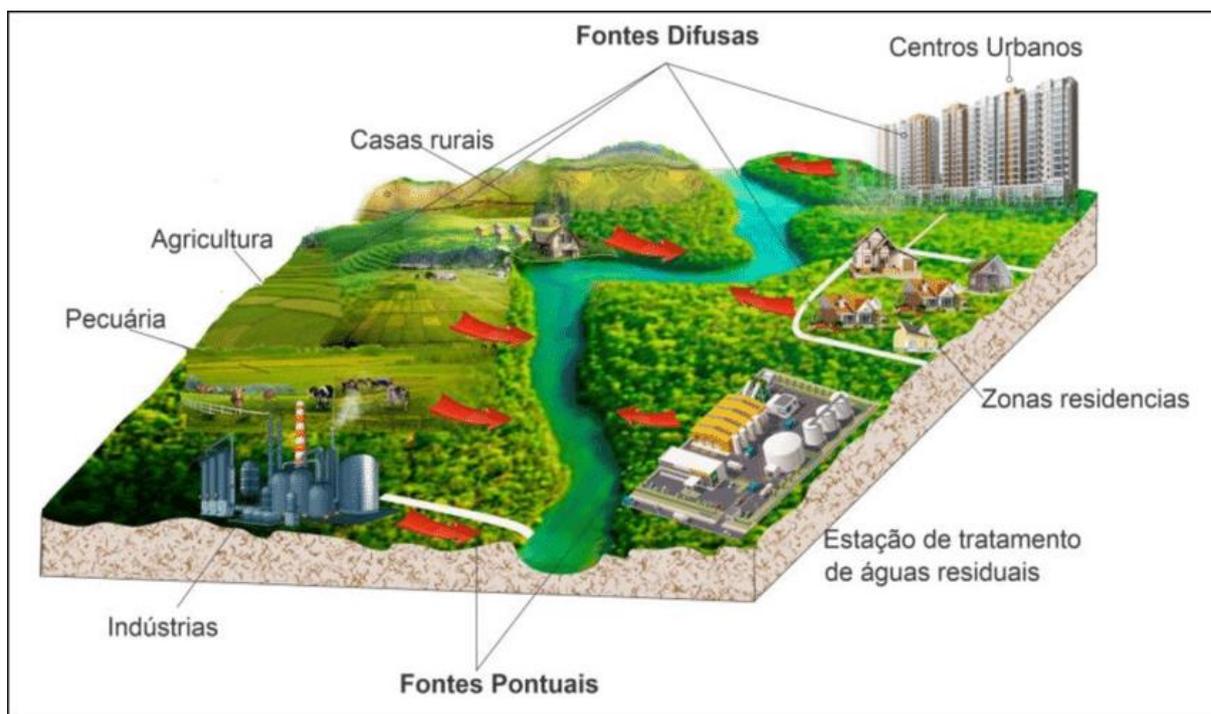
A baixa qualidade da água desses reservatórios está ligada com as excessivas práticas de agricultura, uso de fertilizantes e emissão de resíduos sólidos junto ao açude de Acarape do Meio, Gavião e Riachão.

De modo a avaliar os resultados e determinar o estado de trofia da água a COGERH leva em conta índice de estado trófico (IET) de Carlson que foi adaptado por Toledo, que utilizam: contagem de cianobactéria, nutriente limitante, volume armazenado no açude, Observações das gerências regionais e intensidade de plantas quânticas presentes no espelho d'água (PAULINO, 2013). Com isso, pode-se dizer que o método utilizado pela COGERH é o mais suscetível e abrangedor, os reservatórios de Acarape do Meio, Gavião e Riachão

apresentaram águas com níveis eutróficos e hipereutróficos ao longo das campanhas. Esses níveis implicam em modificações desagradáveis na qualidade das águas, reduzindo a transparência da água e afetando seus diferentes usos pelas altas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, acima de tudo práticas de pecuária nas regiões próximas as bacias hidrográficas. Para além disso, mortandade de peixes e/ou atos de floração de algas estão vinculados a represas com baixos níveis tróficos. A companhia também obtém os resultados através das análises feitas nos laboratórios, onde são feitas coletas da água e levados nos laboratórios a fim de serem avaliados (COGERH, 2021).

Maus odores e morte de peixes, alterações na biodiversidade aquática, valor comercial do peixe mudando, estão os efeitos da eutrofização.

Figura 23 – Fontes poluentes



Fonte: ZABOTTO *et al.*, (2019)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi verificado que no período de 2008 a 2022, os reservatórios de Acarape do Meio, Gavião e Riachão apresentam um nível de trofia majoritariamente oligotrófico, com certos períodos se elevando para outros níveis tais como: mesotrófico para Açude de Acarape do Meio, oligotrófico para Gavião e oligotrófico para Riachão.

A partir da COGERH, foi verificada uma metodologia diferente e utilizada para determinação de índice de estado trófico, em que no qual foi constatado que os três (3) reservatórios (Acarape do Meio, Gavião e Riachão), apresentaram na sua maioria estado de estrófico eutrófico ou hipereutrófico. Também apresentaram certas concentrações de clorofila-a e fósforo total. Para o período de 2008 a 2022 foi também apresentado a contagem de cianobactérias para os reservatórios estudados, que apresentou uma maior contagem em agosto de 2012 para Acarape do Meio, fevereiro de 2020 para Gavião e Maio de 2011 para Açude Riachão.

A alta de cianobactérias não teve influência para classificação do grau de eutrofia, visto os reservatórios apresentaram o nível oligotrófico e mesotrófica.

Apesar do volume armazenado apresentarem um nível um pouco alto, os reservatórios apresentaram índice elevado de trofia, ou seja, muito eutrófica, isso devido o período de estiagem que assola a região, emissão de resíduos sólidos e uso excessivo de fertilizante usadas na agricultura próximos a zona de bacia hidrográfica. Estes têm contribuído para deterioração da água e comprometendo no seu diverso uso.

A eutrofização dos reservatórios estudados foram aumentando através das práticas de agricultura e, também através da escassez hídrica no semiárido cearense, que de certa forma acaba prejudicando a qualidade da água desses reservatórios e comprometendo o uso dessa água para suas diversas finalidades.

Conclui-se que, para a gestão dos recursos hídricos no caso do semiárido cearense, tendo em vista a situação atual de diminuição de fenômenos que ocorrem na natureza, é indispensável acostumar-se com a falta de água no que diz respeito aos aspectos quantitativos, com isso, certos trabalhos precisam ser feitos com vista a melhorar a qualidade das águas, de modo a evitar e diminuindo o processo de eutrofização nos reservatórios e garantir seu uso em várias finalidades.

REFERÊNCIAS

- ANA (Agência Nacional de Águas). **Relatório-conjuntura**. 2021. Disponível em: <https://relatorio-conjuntura-ana-2021.webflow.io/capitulos/usos-da-agua>. Acesso em: 26 jan. 2023.
- ANA (Agência Nacional de Águas). **Indicadores de qualidade- Índice de Estado Trófico (IET)**. 2004. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-estado-trofico.aspx>. Acesso em: 26 jan. 2023.
- ARAÚJO, Juliana Alencar Firmo de. **DESENVOLVIMENTO DE UMA METODOLOGIA, COM BASE NA TEORIA FUZZY, PARA O ESTUDO DO RISCO DE EUTROFIZAÇÃO EM RESERVATÓRIOS COM ESTUDO DE CASO NO RESERVATÓRIO ACARAPE DO MEIO DO ESTADO DO CEARÁ**. 2011. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/17408/1/2011_dis_jafaraujo.pdf. Acesso em: 04 fev. 2023.
- ARRUDA, N.M.B. RIZZI, N. E; MIRANDA, T.L.G. Análise multivariada na avaliação da qualidade de água do reservatório de foz da areia, estado do Paraná. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, setembro de 2015.
- BARBOSA, Francisco Luan Almeida. **A EUTROFIZAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NO ESTADO DO CEARÁ**. 2017. 49 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/30981/1/2017_tcc_flabarbosa.pdf. Acesso em: 24 jan. 2023.
- BARRETO, L. V. et al. Eutrofização em rios brasileiros. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 9, n. 16; p. 2.165, 2013.
- BARRETO, P.R.; GARCIA, A.B. Caracterização da qualidade da água do açude Buri-Frei Paulo/SE. **Scientia Plena**, Sergipe, v.6, n.3, p.2, abr./set.2010.
- BEM, Carla Cristina; BRAGA, Maria Cristina Borba; AZEVEDO, Júlio César Rodrigues de. **Avaliação do estado trófico de um lago urbano raso**. 2013. Disponível em: https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/127/13b3132a7e34eb7e2be412df85ac302a_2b72ac1d4962572e2efe59ee2914a278.pdf. Acesso em: 24 jan. 2023.
- BEMPAH, Godfred. BOAMA, Prince. **EFFECTS OF HYDROELECTRIC DAM CONSTRUCTION ON LAND USE LAND COVER CHANGES IN BUI NATIONAL PARK, GHANA**. Mercator, Fortaleza, v.20, e 20027, 2021. ISSN:1984-2201
- BORRMANN, Daniela. **Efeito do déficit hídrico em características químicas e bioquímicas da soja e na degradação da clorofila, com ênfase na formação de metabólitos incolores**. 2009. 1 v. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência dos Alimentos Área de Bromatologia,

Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/9/9131/tde-25092009-150741/publico/TESEDANIELABORRMANN.pdf>. Acesso em: 26 jan. 2023.

BRANCO, Otavio Eurico de Aquino. **Avaliação da disponibilidade hídrica: Conceitos e aplicabilidade**. 2006. Disponível em: <https://www2.ufjf.br/engsanitariaeambiental//files/2012/04/Disponibilidade-H%3%addrica.pdf>. Acesso em: 26 jan. 2023.

BRASIL. **Lei nº 9433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial da República Federativa do Brasil [online], Brasília, 1997.

BRITO, Érika; SILVA, Marcus; CRISPIM, Andrea. **Geografia: Climatologia**. 1 ed. Fortaleza: Editora da Universidade Estadual do Ceará, 26 ago.2019, p.7.

BUCCI, M. H. S.; OLIVEIRA, L. F. C. Índices de qualidade da água e de estado trófico na represa Dr. João Penido (Juiz de Fora, MG). **Revista Ambiente & Água**, v. 9, n. 1, p. 130-148, 2014. <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1290>. Acesso em dez. 2022.

CARLSON, R. E. **A trophic state index for lakes**. Limnology and Oceanography. Vol.22. 1977.

CARVALHO, Glaucia Lemes de; SIQUEIRA, Eduardo Queija de. Qualidade da água do rio meia ponta no perímetro urbano do município de Goiânia-Goiás. **Reec**, Goiânia, v. 1, n. 2, p. 20-33, jul. 2011. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/reec/article/view/12293/9336>. Acesso em: 25 jan. 2023.

CARVALHO, Maria do Carmo *et al.* **Manual de Cianobactérias Planctônica: Legislação, Orientações para o Monitoramento e Aspectos Ambientais**. São Paulo: Cetesb, 2013.

CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental). Relatório de Qualidade das Águas interiores de São Paulo. São Paulo: CETESB, 2004.

CETESB, (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental) (2005). Relatório da qualidade das águas do Estado de São Paulo. Anexo V: Índice de Qualidade das Águas (2006). São Paulo SP, 23 p.

CHRISTOFIDIS, Demetrios. Água, irrigação e agropecuária sustentável. **Revista de Política Agrícola**, v. 22, n. 1, p. 115-127, 2013.

COGERH. **INVENTÁRIO AMBIENTAL DO AÇUDE RIACHÃO**. Fortaleza: Cdn.Funceme, 2011. Disponível em: https://cdn.funceme.br/hidroce/data/arquivos/inventarios_synced_201605/Inventario%20Ambiental%20do%20Acude%20Riachao%202011.pdf. Acesso em: 24 jan. 2023.

COGERH. **INVENTÁRIOS AMBIENTAIS DE AÇUDES DAS BACIAS METROPOLITANAS AÇUDE GAVIÃO**. Fortaleza: Cdn.Funceme, 2018. Disponível em: https://cdn.funceme.br/hidro-ce/uploads/documentos/inventarios/IVA-Gavi%C3%A3o_PSH.pdf. Acesso em: 24 jan. 2023.

COGERH. **INVENTÁRIO AMBIENTAL DO AÇUDE ACARAPE DO MEIO: Fatores Condicionantes da Qualidade das Águas**. Fortaleza: Cdn.Funceme, 2008. Disponível em: https://cdn.funceme.br/hidro-ce/data/arquivos/inventarios_synced_201605/Inventario%20Ambiental%20do%20Acude%20Acarape%20do%20Meio-abr%202008.pdf. Acesso em: 24 jan. 2023.

COGERH. **Sistema de Qualidades das Águas: Estado Trófico**. Fortaleza: Cdn.Funceme, 2022. Disponível em: <http://www.hidro.ce.gov.br/hidro-ce-zend/acude/eutrofizacao>. Acesso em: 26 jan. 2023.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (S.P.) Relatório da qualidade das águas interiores do estado de São Paulo 2008/CETESB. São Paulo: CETESB, 2009. Disponível em: . Acesso em: 24 jan. 2023.

DI MAURO, Cláudio Antonio. Conflitos pelo uso da água. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 1, n. 36, p. 81-105, 2014.

DUARTE, M. A. C., CEBALLOS, O.S.B.; ANNEMAMRIE, K.; MELO, H.N.M.; ARAÚJO, J.A.H. **Índice do estado trófico de Carlson (IET) aplicado em corpos aquáticos lênticos do nordeste do Brasil**. Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 1998.

ESTEVES, F.A. *Fundamentos de Limnologia*. Rio de Janeiro: **Editora Interciência**, 1988. 574p.

FIA, R.; MATOS, T.A.; CORADI, P.C.; RAMIREZ, O.P. Estado trófico da água na bacia hidrográfica da Lagoa Mirim, RS, Brasil. **Revista Ambiente e Água**, 2009.

GASTALDINI, M.C.C.; SOUZA, M.D.S. (1994). **Diagnóstico do Reservatório do Vacacaí – Mirim através de Índices de Qualidade de Água**. 1º Seminário sobre Qualidade de Águas Continentais no Mercosul, Porto Alegre – RS.

GRASSI, Marco Tadeu. As águas Planeta Terra. **Qnesc**, Curitiba, v. 1, n. 8, p. 31-40, maio 2001.

JIMENEZ-CISNEROS, B. **Responding to the Challenges of Water Security: the Eighth Phase of the International Hydrological Programme 2014-2021 PIAHS 366**, 2015, pp. 10-9.

FRANZ, G. A. S.; CUNHA, C. L. N.; GOBBI, M. F. Eutrofização em um reservatório destinado ao abastecimento público: o caso do reservatório do Iraí-PR. **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS**, v. 17, p. 2, 2007.

Figueiredo, M. C. B.; Teixeira, A. S.; Araújo, L. F. P.; Rosa, M. F.; Holi, W. D.; Mota, S.; Araújo, J.C. **Avaliação da vulnerabilidade ambiental de reservatórios à eutrofização**. Eng. Sanit. Ambient, v.12, n.4, p.399-409, Rio de Janeiro, dez. 2007.

FSM. A **Eutrofização de Algas**. 2009. Disponível em: <https://fsm2009amazonia.org.br/eutrofizacao/>. Acesso em: 04 fev. 2023.

LAMPARELLI, M. C. **Graus de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento**. 238f. 2004. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

LAUERMANN, A. **Caracterização química dos efluentes gerados pelo aterro controlado de Santa Maria e retenção de chumbo e zinco por um argissolo da depressão central do Rio Grande do Sul**. 2007. 72 f. Dissertação (Mestre em Ciência do Solo) Universidade federal de Santa Maria, Santa Maria. 2007.

LIBÂNIO, Paulo Augusto Cunha; CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos; NASCIMENTO, Nilo de Oliveira. A DIMENSÃO DA QUALIDADE DE ÁGUA: AVALIAÇÃO DA RELAÇÃO ENTRE OS INDICADORES SOCIAIS, DE DISPONIBILIDADE HÍDRICA, SANEAMENTO E SAÚDE PÚBLICA. *SciELO*, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 218-227, 28 jun. 2005.

LIMA, S. F. S.; BATISTA, G. T. **Impacto da represa da Usina Hidrelétrica de Paraibuna, SP, Brasil**. *AmbiÁgua*, Taubaté, v. 5, n. 3, p. 208-221, 2010.

LIMA, Jorge Enoch Furquim Werneck. **Recursos Hídricos no Brasil e no Mundo**. Platina: Embrapa, 2001.

LIRA, Raquele Mendes et al. A utilização de águas de qualidade inferior na agricultura irrigada| The use of lower quality water in irrigated agriculture. **Revista Geama**, p. 341-362, 2015.

LOPES, Maria Conceição. **Qualidade das águas de represas artificiais do córrego da Olaria Pindorama – SP: perspectivas para o controle e manejo do solo e da água para usos múltiplos**. Tese (Doutorado) Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2019. 76p.

MAIA, K.P.; SILVA, G.A.D.; LIBÂNIO, M. Aplicação de análise multivariada no estudo da frequência de amostragem e do número de estações de monitoramento de qualidade da água. *SciELO*., v.24, n.05, 1013-1025, 2019.

MANZIONE, Rodrigo Lilla. **Águas Subterrâneas**. Paco Editorial, 2015.

MARCHETTI, J. R., & Mendes dos Santos, S. (2020). A IMPORTÂNCIA DA ÁGUA PARA A VIDA. *Anuário Pesquisa E Extensão Unoesc Xanxerê*, 5, e24180.

MARINO, Ligia. Relação entre clorofila-a e cianobactéria no estado de São Paulo. **Revista dae**, São Paulo, p. 32-43, out.2014, jun.2016.

MARINS, R. V.; PAULA FILHO, F. J. de; ROCHA, C. A. S. **Geoquímica de fósforo como indicadora da qualidade ambiental e dos processos estuarinos do Rio Jaguaribe - costa nordeste oriental brasileira**. Quim. Nova, v. 30, n. 5, p. 1208-1214, 2007.

MARTINS, Caroline Soler. **Influência do tipo de uso e ocupação do solo no assoreamento do reservatório Bom Jardim, Uberlândia-MG**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2018.1122>. - 2018. 155 f.

NASCIMENTO, C.V. **POLUIÇÃO DAS ÁGUAS E DOENÇAS RELACIONADAS: EDUCAR PARA A PREVENÇÃO**. Tese (Monografia em Ensino de Ciências por Investigação) - Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais. Minas, p. 13. (2015).

NEWCOMBE, G. (Ed.). **International guidance manual for the management of toxic cyanobacteria**. London: Global Water Research Coalition, 2009. Disponível em: <http://edepot.wur.nl/210694>. Acesso em: 18 jan. 2023.

OLIVEIRA, Michele Araújo de. **Influência operacional de um reservatório na dinâmica de nutrientes no processo de eutrofização –Estudo de caso UHE Tucuruí**. Dissertação (Mestrado) –Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Barragem e Gestão Ambiental, Tucuruí, 2018.

PAULINO, W. D.; OLIVEIRA, R. R. A.; FREIRE, F.A. (2013). Classificação do Estado Trófico para o Gerenciamento de Reservatórios no Semiárido: A Experiência da Cogerh no Estado do Ceará. In Anais do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Bento Gonçalves.

RAMOS, C.P.S; LIRA, O.O; LIRA, G.A.S. Cianobactérias em mananciais utilizados por sistemas autônomos de abastecimento de água e esgoto (SAAE) de municípios da Zona Mata Sul de Pernambuco. **Visa em debate**, Recife, p.2, ago./out. 2015.

REBOUÇAS, Aldo C. **Água no Brasil: abundância, desperdício e escassez**. Bahia Análise & Dados, v. 13, n. esp., p. 341-345, 2003Tradução. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/directbitstream/e9f86828-38da-4701-8905-a7b10ff7775f/1594350.pdf>. Acesso em: 28 jan. 2023.

Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências**. Alterado pela Resolução CONAMA 430/2011. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/conama>>. Data de cesso em: jan. 2023.

SIQUEIRA, Fernanda Barbosa. **Conflitos de usos múltiplos dos recursos hídricos e reservatórios hidrelétricos no Brasil**. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2021.

SILVA, Aichely Rodrigues da. **AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE EUTROFIZAÇÃO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS, DO CENÁRIO NACIONAL AO LOCAL: ESTUDO DE CASO NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS COSTEIRAS DOS RIOS RATONES, ITACORUBI E TAVARES (ILHA DE SANTA CATARINA, BRASIL)**. 2019. 390 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019.

SIQUEIRA, D.B; FILHO, C.O. Cianobactérias de água doce e saúde pública: Uma visão. **Universitas Ciências da Saúde**, Brasília, v.3, n.1, pp. 109-127. 2005.

SOUZA, Juliana Rosa de et al. A Importância da Qualidade da Água e os seus Múltiplos Usos: Caso Rio Almada, Sul da Bahia, Brasil. **REDE - Revista Eletrônica do Prodem**, v.8, n.1, p. 26-45, abr. 2014, Fortaleza.

TOLEDO, A.P.; AGUDO, E.G.; TOLARICO, M.; CHINEZ, S.J. (1984). A Aplicação de Modelos Simplificados para a **Avaliação do Processo de Eutrofização em Lagos e Reservatórios Tropicais**. In Anais do XIX Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental – AIDIS, Santiago do Chile.

TUNDISI, J.G.; TUNDISI, T.M. **Impactos potenciais das alterações do Código Florestal nos recursos hídricos**. Biota Neotropica, v. 10, n.4, p. 68-75, 2010.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Desa, 1995. 243 p.

XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 1., 2015, Natal. **Anas...: Clorofila A e B, Clorofila total e sua relação com área foliar total em mudas de caju**. 2015. Disponível em: <https://www.eventossilos.org.br/cbcs2015/anais/index.html>. Acesso em: 24 jan. 2023.

ZABOTTO, Alessandro Reinaldo *et al.* **Estudos sobre os impactos ambientais: Uma abordagem contemporânea**. -Botucatu: Fepaf, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/339336774_ESTUDOS_SOBRE_IMPACTOS_AMBIENTAIS_UMA_ABORDAGEM_CONTEMPORANEA?enrichId=rgreq-9ebf7670b3e650a9305d991d2d05ce05-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzMzOTMzNjc3NDtBUzo4OTQ4ODg2NTY3ODk1MTFAMTU5MDM2OTQ5MDg0Mw%3D%3D&el=1_x_2&_esc=publicationCoverPdf. Acesso em: 26 jan. 2023.