



UNILAB

**UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA LUSOFONIA AFRO-
BRASILEIRA**

**INSTITUTO DE ENGENHARIAS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO LATO SENSU EM GESTÃO DE RECURSOS
HÍDRICOS, AMBIENTAIS E ENERGÉTICOS**

FRANCISCA NAIANE DA SILVA ROCHA

**ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO E OS MÚLTIPLOS USOS NO AÇUDE
GAVIÃO, ESTADO DO CEARÁ**

REDENÇÃO - CE

2018

FRANCISCA NAIANE DA SILVA ROCHA

ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO E OS MÚLTIPLOS USOS NO AÇUDE
GAVIÃO, ESTADO DO CEARÁ.

Monografia apresentada ao Curso de Especialização Lato Sensu em Gestão de Recursos Hídricos, Ambientais e Energéticos da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Gestão de Recursos Hídricos, Ambientais e Energéticos.

Orientadora: Prof. Dra. Rita Karolinny Chaves de Lima

Coorientador: Prof. Me. Eduardo Galdino de Souza

REDENÇÃO - CE

2018

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

Rocha, Francisca Naiane da Silva.

R571i

Índice de Estado Trófico e os múltiplos usos no Açude Gavião,
Estado do Ceará / Francisca Naiane da Silva Rocha. - Redenção,
2018.

31f: il.

Monografia - Curso de Especialização Gestão De Recursos
Hídricos, Ambientais E Energéticos, Instituto De Engenharias E
Desenvolvimento Sustentável, Universidade da Integração
Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, 2018.

Orientadora: Profa. Dra. Rita Karolinny Chaves de Lima.

1. Pluviometria. 2. Índice de Estado Trófico - IET. 3.
Qualidade de água. I. Título

CE/UF/BSCL

CDD 551.57

UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA LUSOFONIA
AFRO-BRASILEIRA

FRANCISCA NAIANE DA SILVA ROCHA

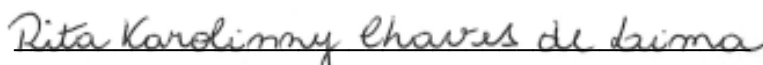
ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO E OS MÚLTIPLOS USOS NO AÇUDE
GAVIÃO, ESTADO DO CEARÁ.

Monografia julgada e aprovada para obtenção do título de Especialista em Gestão de Recursos Hídricos, Ambientais e Energéticos da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira.

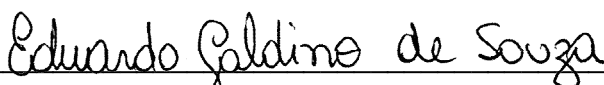
Data: 25/08/2018

Nota: 10,0

Banca Examinadora:



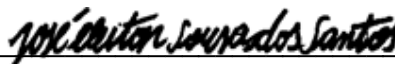
Prof. Dra. Rita Karolinny Chaves de Lima
IEDS/UNILAB



Prof. Me. Eduardo Galdino de Souza
DEHA/UFC



Dra. Ticiane Fontoura Vidal
DEHA/UFC



Dr. José Cleiton Sousa dos Santos
IEDS/UNILAB

AGRADECIMENTOS

À minha filha Laura, que me alegra e fortalece, razão do meu viver e minha esperança em um futuro melhor.

Aos meus pais Liduina e Cesário, pela educação formal que me foi proporcionada e pelos valores familiares sólidos que ensinaram a mim e meu irmão.

Ao meu esposo Diego, meu melhor amigo, esteio da nossa família.

Às queridas amigas Silvana, Camila e Regiane, parceiras de trabalho, de estudo e de vida.

À minha orientadora, Dra. Karolinny Chaves, pelas sugestões pertinentes a este trabalho e por ter indicado alterações essenciais para a melhoria do resultado apresentado.

Ao meu coorientador Msc. Eduardo Galdino e a Dra. Ticiania Vidal pelo apoio e amizade duradoura.

À Unilab e aos componentes do curso de Pós-Graduação em Gestão de Recursos Hídricos, Ambientais e Energéticos, que vem fazendo um brilhante trabalho na educação a distância.

Por fim, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Capes pelo apoio financeiro que fomentou a realização do curso pela Unilab.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Açude Gavião.....	15
Figura 2 - Ponto de coleta GAV 05, no Açude Gavião	23
Figura 3 - Variação da pluviosidade durante os meses de campanha	24
Figura 4 - Variação do volume armazenado no Açude Gavião	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação do nível de trofia	24
Tabela 2 - Dados de IET encontrados durante o período de estudo	27

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANA	Agência Nacional de Águas
COGERH	Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos
IET	Índice de Estado Trófico
PLANERH	Plano Estadual de Recursos Hídricos
PNQA	Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas
SEMACE	Superintendência Estadual do Meio Ambiente

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	09
2	REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1	Gestão pública de recursos hídricos no Estado do Ceará	11
2.2	Reservatórios como alternativa para a escassez de água no semiárido	13
2.3	Açude Gavião	15
2.4	Nutrientes e eutrofização	16
2.5	Índice de Estado Trófico	21
3	METODOLOGIA	22
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	25
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	28
	REFERÊNCIAS	29

ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO E OS MÚLTIPLOS USOS NO AÇUDE GAVIÃO, ESTADO DO CEARÁ

Francisca Naiane da Silva Rocha¹

Eduardo Galdino de Souza²

Rita Karolinny Chaves de Lima³

RESUMO

No Nordeste do Brasil, região marcada por extensivas secas, a reservação é uma saída viável para aumentar o volume de água disponível para diversos usos. A importância de fósforo para o metabolismo de organismos aquáticos presentes nos mananciais que abastecem as mais diversas localidades fez com que este nutriente fosse utilizado como indicativo da qualidade de água, estimado por meio dos índices de estado trófico. Estes índices são bons modelos para manejo, sendo utilizados em estudos de recuperação de ambientes eutrofizados. Considerando a necessidade de combater e monitorar a degradação dos recursos hídricos, particularmente em âmbito regional, este trabalho teve como objetivo estimar a eutrofização no Açude Gavião, localizado no estado do Ceará, utilizando como parâmetro de avaliação o Índice de Estado Trófico (IET). Os dados obtidos foram relacionados com a pluviometria no local. É importante observar que os valores de IET encontrados durante os meses chuvosos são bem maiores que no período seco. Isso decorre do fato de que as chuvas são grandes responsáveis pelo carreamento superficial de nutrientes, enriquecendo os sistemas aquáticos com fósforo, principalmente. Os resultados mostraram que o reservatório objeto de estudo foi classificado como hipereutrófico durante todo o período analisado, com alta produtividade em relação às condições naturais, acarretando alterações indesejáveis na qualidade da água e interferências nos seus múltiplos usos.

Palavras-chave: IET. Pluviometria. Açudes. Qualidade de água. Usos múltiplos.

ABSTRACT

In the Northeast of Brazil, region characterized by extensive droughts, the reservation is a viable way to increase the volume of water available for various uses. The importance of phosphorus for the metabolism of aquatic organisms present in the sources that supply the most diverse localities made this nutrient to be used as indicative of water quality, estimated by the trophic state indexes. These indices are good management models and are used in recovery studies of eutrophic environments. Considering the need to combat and monitor the degradation of water resources, particularly at the regional level, this study aimed to estimate the eutrophication of the Gavião Dam, located in the state of Ceará, using the Trophic State Index (EIT) as the evaluation parameter. The data obtained were related to the local rainfall. It is important to note that the EIT values found during the rainy months are much higher than in the dry season. This is due to the fact that rainfall is mainly responsible for the superficial transport of nutrients, mainly enriching aquatic systems with phosphorus. The results showed that the reservoir under study was classified as hypereutrophic throughout the analyzed period, with high productivity in relation to natural conditions, leading to undesirable changes in water quality and interference in its multiple uses.

Keywords: Trophic state index. Rainwater. Ponds. Water quality. Multiple uses.

¹Estudante do Curso de Especialização em Gestão de Recursos Hídricos, Ambientais e Energéticos pela Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira e Universidade Aberta do Brasil, polo Redenção.

²Mestre em Engenharia Civil (Recursos Hídricos) pela Universidade Federal do Ceará.

³Doutora em Engenharia Química pela Universidade Federal de São Carlos.

1 INTRODUÇÃO

Os mananciais superficiais de água doce desempenham papel importante na história da sociedade. Em geral, estes mananciais foram responsáveis por fixarem as primeiras colônias habitacionais em seu entorno, enquanto o estabelecimento populacional nas regiões litorâneas ocorreu tardiamente (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2008). Em alguns locais, onde há o predomínio do clima semiárido, existem problemas em relação a disponibilidade de recursos hídricos, principalmente devido ao período de distribuição irregular das chuvas, que geralmente ocorrem em quadras concentradas.

Nestes locais, a reservação é uma saída viável e tem como intuito principal fazer o represamento e, conseqüentemente, aumentar o volume de água disponível para diversos usos. Na região Nordeste do Brasil, a maioria dos reservatórios é do tipo açude e são construídos especificamente para represar (deter ou desviar) águas. Entretanto, podem consistir também de barramentos no fluxo de corrente dos rios, formando bacias hidráulicas a montante e interferindo, particularmente, na dinâmica dos ecossistemas fluviais.

Os açudes podem se degradar naturalmente, mas também, podem receber influências antrópicas, acelerando o processo. O uso e ocupação do entorno de mananciais podem ser os principais responsáveis pelo que se denomina de poluição pontual como, p. ex., aquela causada pela presença de esgotos. Normalmente, as cidades respondem pela maior carga de contaminantes em rios e córregos que cruzam as áreas urbanas. Além disso, essas áreas densamente povoadas contribuem também, de forma indireta, como fontes difusas, desde que o seu sítio esteja a montante de qualquer curso hídrico (ESTEVES; MENEZES, 2011).

Dessa forma, a qualidade da água em um reservatório está relacionada às atividades humanas e aos múltiplos usos em bacias hidrográficas. O desmatamento das matas ciliares, o uso de fertilizantes e biocidas, o crescimento populacional desordenado e o lançamento pontual ou difuso de efluentes têm um papel de destaque no processo de eutrofização, que se caracteriza pelo enriquecimento de nutrientes em um corpo d'água, afetando seu uso regular e desejável pela população (TUNDISI; MATSUMURA TUNDISI, 2008).

Salas e Martino (1991) explicam que tempo de retenção e taxa de evaporação elevados, além da própria mistura dos compartimentos limnológicos, ampliam a concentração de nutrientes na coluna de água. Como consequência tem-se o aumento populacional de microalgas, cuja estimativa pode ser feita através da concentração de clorofila α (FREITAS; RIGHETTO; ATTAYDE, 2011).

Ressalta-se que a eutrofização trata-se, fundamentalmente, de um acontecimento natural. Nas últimas décadas, devido a má utilização dos recursos hídricos, tem havido a aceleração desse processo, causando: odor pronunciado; redução na penetração de luz solar; alterações visíveis na cor e turbidez da água; crescimento excessivo de plantas aquáticas, que provoca a deterioração do ecossistema local; diminuição da disponibilidade de oxigênio dissolvido; modificações na produtividade, na biota e na fauna aquática superior; além de danos ao turismo, ao abastecimento público, ao desempenho das hidrelétricas e ao transporte de pessoas e mercadorias por navegação (ROSA; FRACETO; MOSCHINI-CARLOS; 2012).

A utilização de índices para representar a qualidade da água é, assim, de grande importância não só para que se possa adotar estratégias corretivas ou preventivas, como para simplificar o entendimento do público quanto ao consumo seguro, evitando agravantes à saúde pública. Deve-se ressaltar que o IET é um dos parâmetros estabelecidos como padrão pelo Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas (PNQA), da Agência Nacional de Águas (ANA), e tem por finalidade classificar corpos d'água em diferentes graus de trofia, ou seja, avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes, representados pelo fósforo (PORTAL PNQA, 2018).

Diante do impacto negativo da eutrofização na qualidade hídrica de açudes, e por consequência no abastecimento de água tratada, este trabalho teve como objetivo geral estimar a eutrofização do Açude Gavião, localizado no estado do Ceará, nordeste brasileiro, utilizando, como indicador, o Índice de Estado Trófico (IET). Os dados obtidos foram relacionados com a pluviometria no local. Vale destacar que o açude objeto de estudo é estratégico para o fornecimento de água bruta à Estação de Tratamento de Água (ETA) Gavião e ocasionalmente ao Distrito Industrial de Maracanaú.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Gestão pública de recursos hídricos no estado do Ceará

No Ceará, a distribuição de água é feita de modo muito exclusivo: aproximadamente três milhões de pessoas não tem acesso à água tratada e mais de cinco milhões não tem saneamento. A Constituição brasileira de 1988 define o domínio das águas em dois grupos: águas federais, compartilhadas por mais de um Estado, e águas estaduais, estritamente subterrâneas. Ainda de acordo com a Constituição em seu parágrafo 1º do artigo 20, os estados, o Distrito Federal e os municípios, bem como os órgãos de administração direta da União têm asseguradas a participação e a compensação financeira correspondente aos recursos hídricos de seus territórios.

Para MOTA (1995), o gerenciamento dos recursos hídricos pode ser definido como o conjunto de ações a desenvolver para garantir às populações e às atividades econômicas uma utilização otimizada da água, tanto em termos de preservação como de qualidade. Segundo Campos e Vieira (1991), desde a promulgação do Código de Águas em 1934, a legislação de recursos hídricos aplicada no Nordeste tem sido estabelecida com base na realidade da região Sul do país, sendo, de acordo com os autores, em grande parte inadequada às condições do semiárido nordestino.

Existem profundas discrepâncias entre a região Nordeste e o resto do país, sendo necessário à existência de leis específicas para a mesma. Além disso, em conjunto com o estudo das bacias hidrográficas da região, o desenvolvimento de novos mecanismos de gerenciamento e a disposição destes dados em sistemas de informação acessíveis. A gestão das águas em nosso país é do tipo descentralizada, visto que é realizada por comitês em nível de Bacia Hidrográfica, e participativa pois a Lei Federal 9.433/97 (artigo 39) prevê a gestão por órgãos públicos, usuários e organizações civis na seguinte composição: 40% de representantes da União, estados, Distrito Federal e Municípios; 20% de representantes das entidades civis e 40% de representantes dos usuários. Existem esforços independentes, por parte de alguns estados, para manterem uma rede de monitoramento, entretanto não há integração entre as várias redes de monitoramento de qualidade e quantidade. Este

fato faz com que haja problemas na distribuição espacial das estações de coleta, proporcionando o adensamento e superposição de estações em algumas regiões e em outros espaços vazios (IBAMA, 2009).

A Política Nacional de Recursos Hídricos propôs importantes instrumentos e técnicas para a administração e conservação dos recursos hídricos, entre os quais o conceito de gerenciamento integrado e articulação do planejamento de recursos hídricos com os diversos setores regional, estadual e nacional utilizando ferramentas como: os Planos de Recursos Hídricos, elaborados por bacia hidrográfica e por Estado; o enquadramento dos corpos d'água em classes, de acordo com os diversos usos; a outorga de direito de uso; e a cobrança devida pelo uso dos recursos hídricos (BRASIL, 1997).

Especificamente no Estado do Ceará, o planejamento do gerenciamento dos recursos hídricos tem como principal ferramenta o Plano Estadual de Recursos Hídricos – PLANERH. Regulamentado em meados de 1992, este plano teve como objetivo estabelecer opções de equilibrar o balanço da demanda em relação à oferta de água, considerando as condições de abastecimento das populações e as propostas de intervenção governamental nos setores de irrigação e indústria (TEIXEIRA, 2003), assegurando água disponível para o desenvolvimento econômico, o bem-estar social, devendo, por isso, ser controlada e bem utilizada, apresentada em padrões de qualidade satisfatórios, pronta para o uso por seus usuários atuais em todo o estado (SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS, 2010).

O PLANERH definiu como principais parâmetros de referência a serem seguidos: a bacia hidrográfica como unidade funcional de planejamento de políticas na área de recursos hídricos (sendo o Ceará possuidor de onze bacias distintas); o estudo da relação entre a oferta e a demanda de água nas diversas regiões hidrográficas para seus diferentes usos; a modernização da legislação incidente sobre a área e a resolução da problemática legal envolvida nos processos de outorga; uso e cobrança da água, bem como o monitoramento da qualidade dos reservatórios como forma de controle e preservação dos mesmos (TEIXEIRA, 2003).

2.2 Reservatórios como alternativa para a escassez de água no Ceará

Os reservatórios brasileiros foram construídos com diversas finalidades, entre as quais, fornecimento de água para as populações locais, piscicultura, irrigação e lazer. A maioria dos açudes localizados em regiões de clima semiárido é originária do represamento de rios e, além da importância econômica, são importantes berçários naturais de espécies animais, além de possuírem grande diversidade de plantas aquáticas e fitoplâncton (RODGHER, 2005).

Entretanto, o crescimento populacional das regiões no entorno destes corpos d'água tem influenciado negativamente a qualidade da água, situação piorada devido à natureza artificial dos reservatórios e às condições climáticas semiáridas. Em muitos casos observa-se a eutrofização rápida destes corpos d'água, geralmente relacionada com a entrada de águas residuais não tratadas, bem como à retenção dos nutrientes resultantes destas entradas, em comparação com sistemas semelhantes em zonas temperadas (NASELLI-FLORES et al., 2007; TORRES et al., 2007).

Em geral, os estados nordestinos apresentam solos rasos com baixa capacidade de retenção de umidade, carência de rios perenes, elevada incidência de radiação solar e chuvas irregulares que justificam o armazenamento da água por períodos consideráveis de tempo em reservatórios públicos. Dada a importância que os açudes têm como suprimento de água em meio a um ambiente de escassez, suas particularidades devem ser compreendidas para a correta manutenção destes recursos (ESTEVES, 1988; PÁDUA, 2006).

Estes corpos d'água apresentam, de forma geral, concentrações de íons mais elevadas e isso se deve, em maior parte, ao tipo de formação rochosa local. No caso dos açudes do estado do Ceará, este fato agrava-se também porque a maioria destes reservatórios são rasos e apresentam elevada taxa de evaporação. Na maioria dos açudes cearenses, os sangradouros estão localizados na parte superior da barragem. Além disso, tendem a sangrar somente após um longo período de chuvas. Quando estas chuvas prolongadas ocorrem, a água salinizada mistura-se com a água pluvial encharcando todo o vale á jusante e inutilizando o solo no entorno (FUNCEME, 2002; DEJENIE et al., 2008).

Por tratar-se de um Estado localizado na região semiárida, o Ceará, possui como fator determinante à condição de vida de seus habitantes a oferta de água em todo o seu território. No entanto, o fornecimento no estado nem sempre é assegurado com quantidade adequada. Para garantir o abastecimento da população é necessária a construção de reservatórios artificiais, causando o barramento de rios. Os reservatórios do estado, especificamente os localizados nas bacias metropolitanas, além de receberem influência do regime climático, são alvos dos impactos resultantes das diversas atividades desenvolvidas ao longo de suas bacias hidrográficas, além das decorrentes do uso e ocupação do solo destas áreas, sem planejamento prévio.

Os reservatórios estão sujeitos a períodos sucessivos da escassez de água, com vazão baixa e tempo de residência alto, associados ao déficit hídrico e temperaturas elevadas durante a maior parte do ciclo hidrológico. Além disso, devido à proximidade da linha do Equador, existe uma insolação maior. Intensificando a evaporação, e, conseqüentemente, a acumulação e concentração de nutrientes, fazendo com que sejam vulneráveis à eutrofização do que reservatórios em áreas mais úmidas.

A eutrofização tem sido relatada como uma questão importante para a diminuição da qualidade da água (COSTA et al., 2006; ESKINAZI-SANT'ANNA et al., 2007). Além disso, os reservatórios receber pesadas cargas de nutrientes, como conseqüência da alta suscetibilidade à erosão do solo, insumos de esgoto das áreas urbanas e uso do solo e ocupação inadequada. A má qualidade da água acumulada nos reservatórios tais restringe severamente o seu uso e agrava as já escassas fontes de água para consumo humano.

As atividades impactantes desenvolvidas no entorno destes corpos de água refletem direta ou indiretamente na qualidade da água, portanto, o monitoramento de variáveis bióticas e abióticas pode ser utilizado como eficiente ferramenta para avaliar extensão e magnitude de cada atividade antrópica poluidora. Daí a necessidade de um acompanhamento qualitativo das águas de cada reservatório.

O açude Gavião foi o “reservatório piloto” durante a implantação do programa de monitoramento efetuado pelo convênio COGERH/SEMACE sendo submetido a estudos detalhados da qualidade da água. Entre outras observações foi avaliada a contribuição externa de nutrientes para o estado trófico deste reservatório, a identificação e quantificação da comunidade fitoplanctônica (COGERH, 2004).

2.3 O Açude Gavião

Os estados localizados na região Nordeste, apresentam sérios problemas de disponibilidade de água, pois os rios da região são intermitentes, os solos são rasos desfavorecendo a acumulação e as águas superficiais, aqui representadas pelos açudes, tendem a salubridade. Entretanto, o quadro apresentado não chega a configurar um estresse hídrico porque a disponibilidade de água por habitante durante o ano não é superior a 500 e inferior a 1000 m³/habitante/ano e nem ocorre escassez de água quando a disponibilidade habitante/ano é inferior a 500 m³/habitante/ano (MACHADO, 2003; HENKES, 2010).

O açude Gavião (Figura 1), objeto deste estudo, possui origem a partir do barramento do rio Cocó, em Pacatuba, estando localizado a montante da Estação de Tratamento de Água (ETA Gavião) responsável pelo abastecimento de água potável da região metropolitana de Fortaleza. Uma característica marcante desse reservatório é que o volume armazenado varia dentro de uma faixa muito estreita durante o ano justamente em razão de ter que abastecer a ETA Gavião.

Figura 1 – Açude Gavião.



Fonte: COGERH (2018)

O reservatório possui uma capacidade de acumulação de 32,9 milhões de metros cúbicos, tempo de residência de 101,4 dias, profundidade média de 5,12 m e por ser estratégico para o abastecimento, é monitorado pela Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH, 2007). Grande parte da bacia do açude Gavião está assentada sobre subsolos de rocha cristalina, como o restante da região litorânea. Tal característica favorece um escoamento rápido e a não formação de reservas subterrâneas significativas, tornando incipiente a contribuição fluvial para a perenização do mesmo.

Pode-se apontar como fator problematizante também o regime pluviométrico, que é sujeito à profunda irregularidade, de características marcadamente sazonais, que propicia, em certos anos, chuvas abundantes e, alternadamente, períodos de anos consecutivos secos, marcados por pluviosidade muito abaixo da média. A variação espacial dessa precipitação sujeita-se extensa faixa litorânea e ao molde orográfico da região, originando isoietas que se comprimem de encontro aos cerros, criando microclimas diversos.

2.4 Nutrientes e eutrofização

A presença e a permanência de um organismo ou de um grupo dependem de um conjunto de condições. Qualquer condição que se aproxime ou exceda os limites de tolerância é uma condição limitante ou um fator limitante. Este conceito é baseado na “Lei do Mínimo” proposta por Liebig, a qual estabelece que a produção de um organismo seja determinada pela abundância da substância que estiver presente no ambiente na menor quantidade relativa à sua necessidade (ODUM, 1988; WETZEL, 2001).

Entretanto há algumas questões que interferem na sua aplicação, uma vez que, diferentemente do pressuposto do estado constante na proposta teórica da Lei do Mínimo, na prática, os nutrientes podem atuar como limitante simultaneamente, alternando suas concentrações no meio. Diversos trabalhos comprovam a aplicabilidade desse conceito (HUSZAR et al., 2005; PAERL, 2008). O conceito de nutriente limitante é baseado na premissa de que a uma dada estequiometria celular das plantas aquáticas, o nutriente que controlará a máxima quantidade de biomassa

vegetal é o nutriente que será exaurido primeiramente, ou aquele que atinge um valor mínimo antes dos outros (SALAS; MARTINO, 1991).

Os fatores limitantes do nível trófico de um reservatório são o nitrogênio e fósforo. O enriquecimento do meio com esses nutrientes pode resultar na eutrofização, que é o crescimento excessivo de algas e de plantas aquáticas, causando problemas ao próprio ambiente e aos usos da água, tais como sabor e odor desagradáveis, bem como toxidez, provocados pelas algas; formação de massas de matéria orgânica, cuja decomposição pode levar à diminuição do oxigênio dissolvido e consequentes prejuízos à vida aquática aeróbica; prejuízos às atividades de recreação e navegação; entupimentos de tubulações e danos às bombas e turbinas hidrelétricas; prejuízos ao tratamento da água; assoreamento de reservatórios.

O fósforo é geralmente o nutriente limitante ao crescimento fitoplanctônico em ecossistemas aquáticos tropicais, sendo a sua quantidade requerida pela biomassa algal equivalente a 14% da demanda para o nitrogênio (CHORUS; MUR, 1999). As diversas atividades antrópicas têm incrementado as concentrações de nitrogênio e fósforo nos ambientes aquáticos, sendo que a quantidade, a proporção e a composição química dos nutrientes podem influenciar a magnitude, a duração e a composição das florações (PAERL, 2008).

Pode-se expressar a razão N/P de diversas formas, incluindo o cálculo do número de átomos de ambos os nutrientes nas suas diversas frações, dissolvidos, particulada ou total, dependendo da natureza e objetivos dos estudos. Barica (1990), estudando a variação sazonal da razão N/P em lagos eutróficos, concluiu ser a razão N:P total, na qual soma-se os nutrientes particulados e dissolvidos, a forma mais prática para a caracterização de lagos. A razão estequiométrica entre os macronutrientes (fósforo, nitrogênio e carbono) indica que para a manutenção do citoplasma da maioria dos organismos fitoplanctônicos é assimilado cerca de 1 mol de fósforo e 16 moles de nitrogênio para cada 106 moles de carbono (REDFIELD, 1958). A baixa razão entre as concentrações de nitrogênio e fósforo (entre 10 e 16 átomos de N para 1 átomo de P) pode favorecer as florações de cianobactérias, enquanto que para algas eucariontes a razão N/P ótima situa-se entre 16 a 23 átomos de N para 1 átomo de P (MUR, 1999).

Segundo Paerl (2008), ambiente com razão molar N/P menor que 15 é mais propício à dominância de cianobactérias, principalmente por espécies fixadoras de nitrogênio e águas com razão N/P superior a 20 favorecem a dominância de algas eucarióticas. O autor comparou as diferenças nos ciclos biogeoquímicos, de ambientes temperados e tropicais, observando que as características tropicais favorecem a dominância de cianobactérias, devido, principalmente, a estratificação com formação de hipolímnio anóxico, resultando na solubilização do fósforo e elevada desnitrificação, levando a uma baixa razão N/P, podendo este fato ser determinante para a predominância das cianobactérias em ambientes tropicais.

Costa et al. (2009) estudando a dominância de cianobactérias em reservatórios eutróficos do semiárido nordestino, verificaram que a razão N/P nos ecossistemas estudados mantiveram-se com média anual entre 25-50:1, indicando uma possível limitação por fósforo nos reservatórios do Rio Grande do Norte. Segundo IETC-UNEP (2001), a razão N/P é baixa em lagos eutrofizados e mais alta (entre 20 e 30) em lagos mesotróficos e oligotróficos. No entanto, a ocorrência de altas densidades de cianobactérias fixadoras de nitrogênio pode alterar, rapidamente, essa relação. Quando, em ambientes eutróficos, o crescimento do fitoplâncton passa a ser limitada pela disponibilidade, relativa do nitrogênio, que favorece o aparecimento de espécies capazes de fixar o nitrogênio atmosférico.

Se forem considerados somente fósforo e nitrogênio, para cada átomo de fósforo são necessários vinte átomos de nitrogênio (20:1) para formar as moléculas das células dos organismos vivos. Se a relação N/P num corpo d'água fosse 30:1, certamente todo o fósforo seria consumido antes de todo nitrogênio, por outro lado, se a relação fosse 6:1, a remoção mais rápida do nitrogênio limitaria o crescimento biótico (O'NEIL, 1993). Salas e Martino (1991) através da análise de vários corpos de água em áreas tropicais e subtropicais da América do Sul e o Caribe observaram que a limitação do crescimento do fitoplâncton nos mesmos é devida principalmente ao fósforo.

A relação N/P em efluentes urbanos é de 3:1, enquanto fontes não pontuais costumam apresentar uma relação superior. Portanto, o nitrogênio pode ser frequentemente o fator limitante para a produtividade primária em lagos. Isso não implica que a eutrofização pode ser melhor controlada mediante a remoção de

nitrogênio. Como o fósforo é removido mais facilmente das águas residuárias que o nitrogênio, mediante precipitação química, e, também, como a parcela mais significativa do fósforo tem como origem esses efluentes, ao contrário do nitrogênio, a eutrofização pode ser frequentemente controlada pela remoção do fósforo dos esgotos (OVERBECK, 2000).

A definição de quais são os nutrientes limitantes em cada corpo de água é crucial para o estabelecimento de planos de manejo em bacias hidrográficas, quando se pretende reduzir o grau de eutrofização do local. A eutrofização ocorre mediante o excesso da carga orgânica proveniente de lançamentos de efluentes domésticos, municipais ou industriais, os quais transportam, para os reservatórios, grandes quantidades de nutrientes.

Esse quadro é favorável à proliferação de grandes quantidades de diferentes espécies de algas e plantas aquáticas, as quais consomem a maior parte do oxigênio disponível na água, tornando-as de má qualidade. Estes nutrientes provêm dos diferentes usos dos solos nas bacias hidrográficas, bem como da descarga incorreta de resíduos. O lançamento excessivo de nutrientes nos ambientes modifica as características dos corpos d'água e afeta diversos usos que vão desde a preservação da vida aquática até o abastecimento público.

Segundo Mason (1998), são diversos os efeitos decorrentes da eutrofização nos ecossistemas aquáticos, dentre eles: geralmente ocorre a diminuição da diversidade de espécies e modificação da biota dominante; aumento da biomassa de plantas e animais; aumento da turbidez; aumento da taxa de sedimentação; diminuição da vida útil dos reservatórios; possibilidade de desenvolvimento de condições anóxicas.

O mesmo autor enumerou também uma série de problemas relacionados aos diferentes usos dos corpos d'água pelo homem, dentre os quais estão: o tratamento da água potável pode ser dificultado e o suprimento de água pode vir a ter odor e gostos inaceitáveis; a água pode ser prejudicial à saúde; o aumento da vegetação aquática pode impedir o fluxo de água e a navegação; as espécies comercialmente importantes podem desaparecer.

Assim, o enriquecimento dos corpos d'água está associado ao aumento da produtividade primária e ocorrência de episódios de desenvolvimento excessivo de algas ou macrófitas aquáticas, as quais podem prejudicar o uso para o abastecimento, produção de energia, recreação e proteção da vida aquática. A deterioração da qualidade da água também implica em maiores custos no seu tratamento para distribuição nos sistemas de abastecimento público.

O processo de eutrofização pode ser natural, correspondendo ao envelhecimento lento e natural do corpo d'água, e artificial, também conhecido como cultural ou antrópico, provocando envelhecimento precoce destes. Diferentemente do processo natural de eutrofização, cuja escala é geológica, no qual os ambientes tendem a passar de uma condição oligotrófica para a mesotrófica e finalmente para a eutrófica resultando no seu assoreamento e desaparecimento, o fenômeno de aceleração antrópica do processo de eutrofização pode ser observado em uma escala mais curta (Costa et al., 2006).

Segundo Eskinazi-Sant'Anna et al. (2007) a eutrofização é um dos estados da sucessão natural dos ecossistemas aquáticos. À medida que o tempo passa e os nutrientes vão se acumulando, havendo um desenvolvimento cada vez maior das populações de fitoplâncton, observa-se com frequência o florescimento de algas. Quando acontece naturalmente, a eutrofização é gradual e muito lenta, demorando dezenas de anos para se estabelecer.

Entretanto, quando este processo é acelerado, há um aumento desordenado na produção de biomassa, impossibilitando a sua incorporação pelo sistema aquático com a mesma velocidade e provocando, assim, um desequilíbrio ecológico. Denomina-se este processo de eutrofização cultural. A eutrofização artificial é a designação empregada para diferenciar a ação do homem, daquela causada na evolução dos ambientes aquáticos, isto é, a eutrofização causada por um influxo nutritivo natural (Costa et al., 2006; Eskinazi-Sant'Anna et al., 2007)

A ausência de precipitação durante o período seco, e o consumo contínuo de água durante todo o ano diminui os níveis de água reservatórios, no período de agosto a dezembro. Durante este período, denominado estiagem, alguns reservatórios podem secar completamente. Esta forte redução do nível de água

resulta em uma série de modificações no reservatório, incluindo a salinidade e concentração de nutrientes. Devido às condições climáticas da região semiárida do Brasil, reservatórios e lagos artificiais apresentam longo tempo de residência da água, sendo geralmente entre um e dois anos (BARBOSA et al., 2012).

2.5 Índice de Estado Trófico

A importância de fósforo e nitrogênio para o metabolismo dos ecossistemas aquáticos continentais fez com que estes nutrientes fossem utilizados para estimar o estado trófico e a tendência à eutrofização por meio dos índices de estado trófico. Estes índices são bons modelos para manejo da qualidade de água, sendo utilizados em estudos de recuperação de ambientes eutrofizados natural e artificialmente (PETERS, 1989).

A utilização de índices de qualidade de água tem como objetivo facilitar o entendimento de uma série de parâmetros físico-químicos de qualidade de água sendo uma ferramenta de fácil entendimento utilizada pelo público em geral, comunidade científica e poder público (ZANINI, 2012). Em estudos realizados em águas temperadas, Carlson (1977) propôs um índice que permite uma avaliação limnológica que se aproxima bastante do nível de enriquecimento nutricional existente em um corpo aquático, baseado nos três parâmetros que melhor definem a concentração de biomassa, que avaliada através de regressão linear utilizando dados de transparência de Secchi, clorofila-a e fósforo total. Portanto, o Índice de Estado Trófico de Carlson (IETc) é um bom representante do enriquecimento nutricional em águas de regiões temperadas, no qual o metabolismo dos ecossistemas aquáticos difere dos encontrados em ambientes tropicais (FIA et al., 2009).

Entretanto, fazia-se necessário o desenvolvimento de um índice que melhor se adequasse às regiões tropicais. Desta forma, Toledo Jr. et al. (1983) adaptaram uma nova metodologia para ecossistemas aquáticos de ambientes tropicais a partir modificações na metodologia de Carlson. Através destas versões modificadas os autores puderam concluir que este formato é o mais adequado para realizar a

determinação do estado trófico, em comparação com as suas formas originais (FIA et al., 2009)

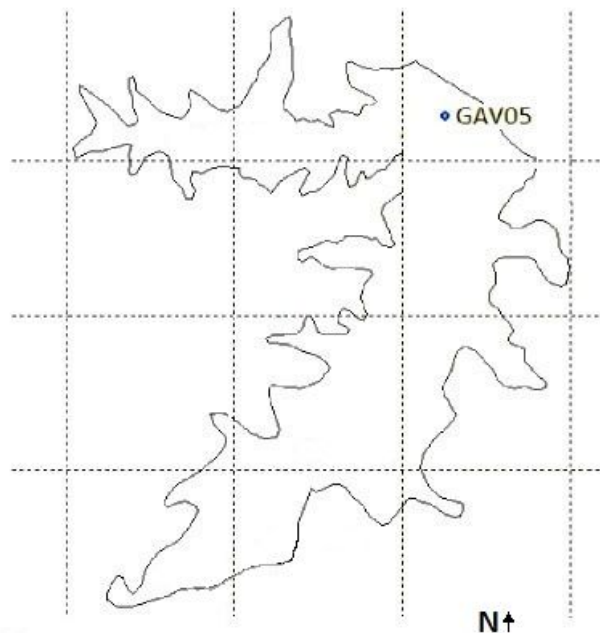
Em uma tentativa mais recente de melhorar o índice, Lamparelli (2004) apresentou novas classificações de estado trófico, assim como novos índices tanto para ambientes lóticos quanto para lênticos. Estes novos índices mostraram uma maior coerência frente aos índices calculados a partir de concentrações de Clorofila α e de Fósforo Total, sendo largamente utilizados em estudos e trabalhos científicos que visam estimar situação trófica dos reservatórios no semiárido nordestino, que diferem fundamentalmente de reservatórios em outras regiões, não sendo representados pelos índices convencionais.

3 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do presente trabalho foram utilizados os dados fornecidos pela COGERH (Companhia de Gestão de Recursos Hídricos do Estado do Ceará), provenientes de amostras coletadas no açude Gavião, no ponto GAV-05 (Figura 2), em campanhas realizadas em novembro de 2016, assim como em fevereiro, maio, agosto e novembro de 2017, que foi o mês com menor volume de precipitações (COGERH, 2018). Estas amostras foram submetidas às análises de fósforo total, (APHA, 2017) e clorofila α (WETZEL e LIKENS, 1991). Foi coletada em campo também a medida da transparência através do disco de Secchi, utilizada para estimar a profundidade de coleta na zona fótica (SALAS, MARTINO, 1990).

A escolha do ponto de estudo monitorado foi feita levando em consideração a importância estratégica dentro do reservatório. O ponto GAV-05 apresenta a maior profundidade média, estando localizado mais próximo à barragem do açude. Desta forma, reflete bem as mudanças ocorridas nas variáveis estudadas no manancial. As coletas de água foram realizadas nas profundidades correspondentes a transparência apontada pelo disco de Secchi, utilizando garrafa de Van Dorn (COELHO, 2004).

Figura 2 – Ponto de coleta GAV 05, no Açude Gavião.



Fonte: a autora

As equações sugeridas para os cálculos do Índice de estado trófico através da Transparência, Clorofila α e Fósforo Total apresentam-se a seguir (Equações 1, 2, 3 e 4). Nas quais: PT = fósforo total ($\mu\text{g.L}^{-1}$); Cla = clorofila a total ($\mu\text{g.L}^{-1}$); ln = logaritmo natural; DS = transparência de Secchi. Os valores encontrados são classificados de acordo com a Tabela 1.

$$IET (PT) = 10 \left(6 - \left(1,77 - 0,42 \frac{\ln PT}{\ln 2} \right) \right) \quad (1)$$

$$IET (Cla) = 10 \left(6 - \left(0,92 - 0,34 \frac{\ln Cla}{\ln 2} \right) \right) \quad (2)$$

$$IET (DS) = 10 \left(6 - \frac{\ln DS}{\ln 2} \right) \quad (3)$$

$$IET \text{ total} = \frac{[IET (PT) + IET (Cla) + IET (DS)]}{3} \quad (4)$$

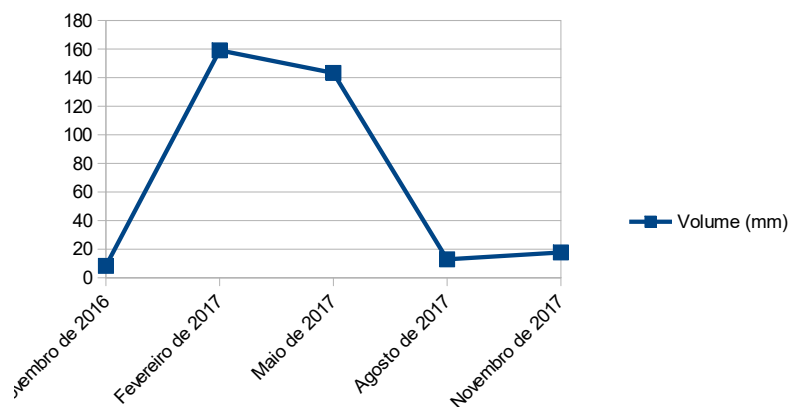
Tabela 1 – Classificação do nível de trofia segundo Lamparelli (2004).

Classificação do IET	
Grau de trofia	Min - Max
Ultraoligotrófico	0 - 47
Oligotrófico	47 - 52
Mesotrófico	52 - 59
Eutrotófico	59 - 63
Supereutrófico	63 - 67
Hipereutrófico	> 67

Fonte: Lamparelli (2004).

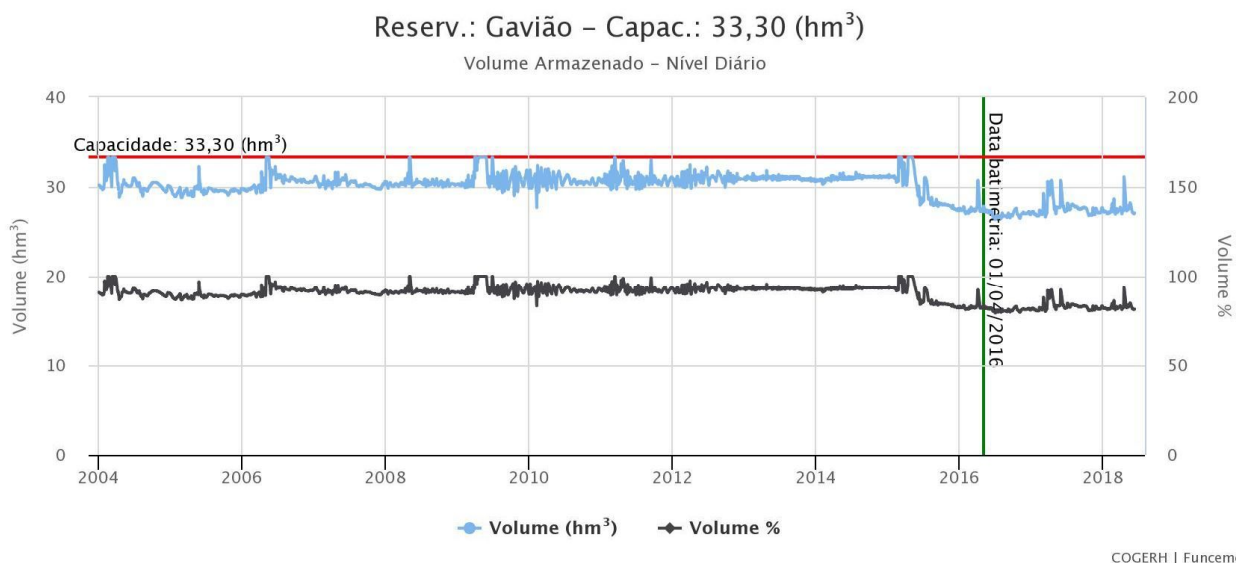
Os dados de pluviometria utilizados neste trabalho foram retirados da base de dados do site da FUNCEME, para a estação pluviométrica existente no Açude Gavião. As informações pluviométricas são fundamentais para se conhecer o regime de escoamento de uma bacia hidrográfica. O primeiro semestre do ano de 2017 foi caracterizado pela pluviosidade abaixo da média histórica (203,4 mm). No mês da primeira e das duas últimas campanhas realizadas no Açude Gavião (novembro de 2016, agosto e novembro de 2017), a condição climática foi caracterizada pela presença de pouquíssimas chuvas (Figura 3). O reservatório apresentou tendência de volume decrescente a partir de meados de 2015, permanecendo em todo o período de estudo, conforme pode ser observado na Figura 4.

Figura 3 – Variação da pluviosidade durante os meses de campanha.



Fonte: a autora

Figura 4 – Variação do volume armazenado no Açude Gavião.



Fonte: FUNCEME (2018).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A ocorrência de materiais alóctones provenientes do escoamento superficial foi determinante para os dados de transparência encontrados (IET DS), já que a presença de sólidos em suspensão impede a penetração dos feixes de luz na água, reduzindo a fotossíntese da vegetação submersa e algas. Por isto, logo após findar o período de chuva e ocorrer a diminuição da transparência, ocorre o aumento da incidência de luz, que aliado a maior disponibilidade de nutrientes (fósforo) e, conseqüentemente, ao crescimento fitoplanctônico, causa a elevação da clorofila α no reservatório. De modo contrário, podemos observar baixa concentração de clorofila-a nos períodos de maiores concentrações de material em suspensão.

O rápido crescimento populacional das cidades e a ocupação desordenada do solo são os principais fatores responsáveis por causar pressão ambiental nos recursos hídricos locais, aumentando, assim, a eutrofização. Salas; Martino, 1991; Tundisi; Matsumura-Tundisi (2008), bem como Esteves; Menezes (2011), relatam que o micronutriente fósforo tem sido apontado como o principal responsável pela eutrofização artificial em ecossistemas aquáticos, sendo limitante da produtividade primária em açudes da região semiárida. O excesso de fósforo

surge em águas naturais por conta, principalmente, de descargas de esgotos domésticos e industriais. A presença de fertilizantes, pesticidas e produtos químicos em geral também são fontes de fósforo que, através das chuvas, podem chegar até os corpos hídricos.

É importante observar que os valores de fósforo encontrados durante os meses chuvosos é maior que no período seco (Tabela 2). Isso decorre do fato de que as chuvas são grandes responsáveis pelo carreamento superficial de nutrientes, enriquecendo os sistemas aquáticos com nitrogênio e fósforo, principalmente. Estes nutrientes tanto podem estar no solo, na coluna de água e/ou retidos nas plantas aquáticas presentes no espelho d'água, que findam por alterar o índice trófico do corpo hídrico. Corroboram para isso o fato de o fósforo ser o agente limitante em grande maioria dos corpos hídricos, além dele acumular-se nos reservatórios por não participar de processos bioquímicos e, por consequência, não passar ao estado gasoso (Reckhow et al., 1980; Salas e Martino, 1991; Lima, 2007).

Em geral, há uma correlação entre valores maiores do parâmetro e o período de chuvas no Açude Gavião. O mês de agosto de 2017 apresentou o menor volume acumulado no período estudado e a segunda menor taxa pluviométrica dentre as campanhas. Todas as observações feitas acima corroboram com os valores de clorofila α encontrados durante este mesmo mês e que se mostraram bem acima dos demais. Tal fato é um claro indicativo de uma floração cianobacteriana (BRAGA, 2006; VIDAL, CAPELO NETO, 2014). Os resultados encontrados corroboram com os de Chellappa et al. (2008), que concluíram que a dinâmica de nutrientes em reservatórios do semiárido é controlada, principalmente, pela variação sazonal das condições climatológicas e hidrológicas.

Na Tabela 2, os valores de IET médio são mostrados para os períodos estudados, de forma que, em todos os períodos estudados, o reservatório pôde ser classificado como hipereutrófico, pois o valor do IET médio ficou em torno de 83,720. Este padrão de hipereutrofia se mantém inclusive ao analisarmos isoladamente o IET para as variáveis fósforo total (PT) e clorofila a (cla), todos os valores encontrados foram acima do limite inferior requerido pela classe 2, de corpos hídricos adequados ao abastecimento (BRASIL, 2005).

Tabela 2 – Dados de IET encontrados durante o período de estudo.

Açude	Ponto	Data	PT (mg/L)	IET (PT)	Cla (mg/L)	IET (Cla)	DS (m)	IET (DS)	IET médio	Classificação
Gavião	GAV-05	03/11/16	31,0	97,13	55,11	72,14	0,75	72,14	84,63	HPE
Gavião	GAV-05	01/02/17	201,0	94,50	68,46	73,53	0,80	73,53	84,01	HPE
Gavião	GAV-05	02/05/17	274,0	96,39	36,46	69,49	0,80	69,49	82,94	HPE
Gavião	GAV-05	01/08/17	178,0	93,77	70,06	73,39	0,60	73,67	83,72	HPE
Gavião	GAV-05	07/01/17	107,0	90,68	91,63	75,39	0,80	75,39	83,04	HPE
		Média	158,2	94,50	64,34	73,53	0,75	73,60	83,72	HPE

Nota: *HPE = Hipereutrófico

Fonte: a autora

Em geral, mananciais que se encontram na classe eutrófica ou superior apresentam alta produtividade em relação às condições naturais, acarretando alterações indesejáveis na qualidade da água e interferências nos seus múltiplos usos. Como exemplo de inter-relação entre fatores naturais como determinantes de níveis de qualidade de água, podemos citar que em ambientes caracterizados pela conformação irregular de suas margens, onde é possível uma indesejável acumulação de matéria orgânica em baías ou reentrâncias, pode ocorrer o enriquecimento de nutrientes na coluna d'água pela decomposição deste material, piorando a qualidade das mesmas. Mas, por outro lado, o crescimento de uma vegetação litorânea mais consolidada nestas áreas permite uma melhoria na capacidade de absorção destes nutrientes disponíveis no corpo d'água, melhorando a qualidade (BATISTA et al., 2014).

Portanto, podemos considerar que a variabilidade das distribuições do Índice de Estado Trófico Modificado ao longo de um açude está intimamente condicionada às diversidades ambientais desse ambiente estudado. Dessa forma, como a resposta do Índice pode ser bem representada pela variação das concentrações de seus elementos constituintes, fósforo total, ortofosfato e clorofila *a*, a escolha do ponto de amostragem, assim como de outros parâmetros, como o oxigênio dissolvido, se tornam elementos fundamentais na distinção do grau de interferência humana ou natural na qualidade da água desse reservatório.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O efeito de diluição das concentrações de nutrientes na água dos reservatórios durante o período chuvoso pode, por um curto período de tempo, melhorar as características tróficas destes mananciais, mas as cargas de fósforo recebidas devem agravar o estado trófico em longo prazo. Na maioria dos casos, o controle das atividades antrópicas é suficiente como medida restaurativa. A gestão das fontes de fósforo caracteriza-se como uma eficaz estratégia ao controle do processo de eutrofização de reservatórios (MEDIONDO, 2015)

O regime de chuvas do município de Pacatuba acompanhou a sazonalidade climática do estado do Ceará, bem como do nordeste brasileiro, concentrando as precipitações no primeiro semestre do ano. Foi observada variabilidade sazonal dos parâmetros entre os períodos de estiagem e chuvoso e os valores de IET verificados indicaram a presença de condições típicas de um quadro de eutrofização. Desta forma, o processo de alteração da qualidade da água do Açude Gavião, em termos físico-químicos, é mais intenso de janeiro a junho (período de chuvas), ao passo que as mudanças biológicas são mais expressivas nos meses posteriores (julho a dezembro - período de estiagem).

Por estar localizado em uma bacia hidrográfica de grande porte, pelas condições naturais do solo e práticas de manejo aplicadas na área (ocupações irregulares, desmatamento das margens, assoreamento dos afluentes), durante a quadra chuvosa ocorre o agravamento dos processos erosivos, com remoção de maiores quantidades de sedimentos, causando alterações na transparência da água do reservatório. Em conformidade com o disposto por Azevedo et al. (2008), este fato contribuiu, para a redução da zona eufótica (transparência).

Em açudes, a presença ou não de estratificação estável na coluna de água, bem como a interação entre o regime de mistura vertical e a disponibilidade de luz e de nutrientes, tem consequências importantes para o estado fisiológico, produtividade, estrutura, tamanho e composição taxonômica da comunidade de produtores e consumidores, aqui representados pelo fitoplâncton (KIMMEL et al. 1990).

Nos reservatórios do semiárido Nordeste, normalmente a concentração de clorofila α , representativa da produtividade fitoplanctônica, se relaciona intimamente ao ciclo hidrológico em razão do índice pluviométrico, sendo comum o registro de valores mais elevados de clorofila a nos meses mais quentes, em função do déficit hídrico provocado pela elevada evaporação, acarretando no aumento da concentração de nutrientes e, conseqüentemente, de organismos fitoplanctônicos.

Conclui-se, por fim, que o estado hipereutrófico do Açude Gavião, identificado em todos os períodos estudados, está relacionado com as flutuações sazonais hidrológicas, controladas substancialmente pela chuva (FREIRE, 2000). Dessa forma pode-se verificar que o índice utilizado (IET) constitui uma metodologia bastante prática de avaliação da qualidade de corpos d'água, de fácil interpretação e divulgação dos resultados para o público.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Indicadores de Qualidade: Índice de Estado Trófico**. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-estado-trofico.aspx>>. Acesso em: 03 de maio de 2018.

APHA - American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 23.ed. Washington: APHA, 1207p., 2017.

BATISTA, A. A.; MEIRELES, A. C. M.; ANDRADE M. A. DE; IZIDIO N. S. de C.; LOPES, F. B. **Sazonalidade e variação espacial do índice de estado trófico do açude Orós, Ceará**. Revista Agroambiente, v. 8, n. 1, pp. 39 -48, 2014.

BRAGA, E. DE A. S. **Determinação dos compostos inorgânicos nitrogenados (amônia, nitrito e nitrato) e fósforo total, na água do açude Gavião, e sua contribuição para a eutrofização**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

BRASIL, Resolução CONAMA n°357. **Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional**. Publicado no D.O.U. de 17 de março de 2005.

CARLSON, R. E. **A trophic state index for lakes**. *Limnol. and Oceanogr.*, v.2, n.2, p. 361-369. 1977.

CHELLAPPA, N. T.; BORBA, J. M.; ROCHA, O. **Phytoplankton community and physical - chemical characteristics of water in the public reservoir of Cruzeta, RN, Brazil.** Brazilian Journal of Biology, v. 68, n. 3, pp. 477-494, 2008.

COGERH – Companhia de Gestão de Recursos Hídricos. **Ficha Técnica dos Açudes.** Disponível em: <<https://www.cogerh.com.br/ficha-tecnica-dos-acudes.html>>. Acesso em: 15/06/2018.

COELHO, R. M. P. **Métodos de coleta, preservação, contagem e determinação de biomassa em zooplâncton de águas epicontinentais.** In: BICUDO, C. E. M.; BICUDO, D. C. (Ed.). Amostragem em limnologia. São Carlos: Editora Rima. p. 149-166, 2004.

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.

FREIRE, R. H. F. **Aspectos limnológicos de três reservatórios que abastecem a região metropolitana de Fortaleza - Açudes Pacajus, Pacoti e Gavião.** 2000. 308 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)-Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2000.

FREITAS, F.R.S.; RIGHETTO A.M.; ATTAYDE J.L. **Cargas de fósforo total e material em suspensão em um reservatório do semiárido brasileiro.** Oecologia Australis, 15(3): 655-665. 2011.

FUNCEME - Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Portal Hidrológico do Ceará.** Disponível em: <<http://www.hidro.ce.gov.br/reservatorios/chuva/diaria>>. Acesso em: 01/08/2018.

LAMPARELLI, M.C. **Grau de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento.** Tese de doutorado. Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, 238p. 2004.

MEDIONDO, E. M. **Global review of lake and reservoir eutrophication and associated management challenges.** Disponível em: <http://http://wldb.ilec.or.jp/ILBMTrainingMaterials/resources/eutrophication_challenges.pdf> Acessado em 14 de Agosto de 2018.

NASELLI-FLORES, L. **Limnological aspects of Sicilian reservoirs: a comparative, ecosystemic approach.** In: TUNDISI, J. G; STRASKRABA, M. (Eds). Theoretical reservoir ecology and its applications. Neatherlands, Buckhuys, p. 283-311, 2007.

PORTAL PNQA. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-estado-trofico.aspx>>. Acesso em: 10/08/2018.

ROSA, A. H.; FRACETO, L. F.; MOSCHINI-CARLOS, V. **Meio Ambiente e Sustentabilidade**. Editora Bookman, 1ª. ed., Porto Alegre, 2012.

REDFIELD, A.C. **The Biological Control of Chemical Factors in the Environment**. American Scientist, 46, 205-221, 1958.

SALAS, H. J.; MARTINO, P. **A simplified phosphorus trophic state model for warm water tropical lakes**. Water Research, v. 25, No3, p.341-350, 1991.

TUNDISI, J.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.. Limnologia. São Paulo, SP: **Oficina de Textos**, 632 p. 2008.

VIDAL, T. F. **Balço de macro nutrientes no açude Gavião/CE—uma nova abordagem. 2011. 183f**. Dissertação (Mestrado em Saneamento Ambiental) – Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

VIDAL, T. F.; CAPELO NETO, J. **Caracterização limnológica e influência da precipitação em reservatório de Abastecimento público da região metropolitana de Fortaleza/CE**. X Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 10, n. 2, pp. 298 -312, 2014.

WETZEL, R. G.; LIKENS, G. E. **Limnological Analyses**. 20 ed., Springer-Verlag. 391 p., 1991.

ZANINI, H. L. H. T.; AMARAL, L. A. do.; ZANINI, J. R.; TAVARES, L. H. S. **Caracterização da água da microbacia do córrego Rico avaliada pelo índice de qualidade de água e de estado trófico**. 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/eagri/v30n4/17.pdf>>. Acesso em: 18 de set de 2012.