

I-377 - AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RESERVATÓRIO PEDRAS BRANCAS ATRAVÉS DA DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO - IET

José Fernandes Cavalcante⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental e Sanitarista pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE).

Eduarda Maria Farias Silva⁽²⁾

Engenheira Ambiental e Sanitarista pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE).
Mestranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal do Ceará (UFC).

Mikaell Coelho Fernandes⁽³⁾

Engenheiro Ambiental e Sanitarista pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE).
Mestrando em Ecologia e Recursos Naturais (UFC).

Patrícia Marques Carneiro Buarque⁽⁴⁾

Graduação em Tecnologia em Processos Químicos pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE). Mestre em Engenharia Civil pelo Universidade Federal do Ceará (UFC). Doutora em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Ceará (UFC).

Endereço⁽¹⁾: Rua Raimundo Rodrigues Paiva, 14 – Duque de Caxias - Quixeramobim - CE - CEP: 63800-000 - Brasil - Tel: (88) 98802-0912 - e-mail: netoqxbce@gmail.com

RESUMO

O monitoramento da qualidade da água de um reservatório é instrumento fundamental para a gestão dos recursos hídricos de uma região. Açudes utilizados para abastecimento público necessitam de maiores cuidados e de uma fiscalização mais frequente dos parâmetros químicos, físicos e biológicos que estão contidos nas legislações vigentes. Visto a crescente utilização das águas e o baixo nível do manancial em estudo, esse trabalho pretende avaliar a qualidade da água do açude Pedras Brancas, localizado no Município de Quixadá, no Estado do Ceará, Brasil, de acordo com os parâmetros que compõem o Índice de Estado Trófico - IET utilizado pela CETESB, bem como enquadrá-lo de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005. Os resultados do IET demonstraram uma má qualidade da água e uma tendência a eutrofização cada vez mais presente, uma vez que o reservatório chegou a ser enquadrado como supereutrófico, muito em virtude da elevada quantidade de clorofila a e fósforo nas amostras, nas duas últimas coletas deste estudo. Os índices necessitam de adaptações, principalmente para regiões de clima tropical semi-árido, onde o estudo em questão está inserido. Fatores antrópicos, como a recreação, a pesca, o despejo de esgotos domésticos, e algumas atividades nas proximidades do açude, como a agricultura e a criação de gado, foram algumas das causas da piora da qualidade da água, mas o principal motivo para essa deterioração que pôde ser constatado, foi a diminuição do volume do reservatório no período de escassez de chuvas.

PALAVRAS-CHAVE: Qualidade da Água, Eutrofização, Recursos Hídricos.

INTRODUÇÃO

A preocupação com os recursos naturais, que a cada dia se tornam mais escassos, passa a ser uma temática cada vez mais presente e necessária. Isso se deve à uma exploração constante e pobre em estudos e ações que deveriam preservar e monitorar o meio ambiente em geral. De acordo com o relatório da Organização das Nações Unidas – ONU (2015), 748 milhões de pessoas no mundo ainda não têm acesso a fontes de água potável de qualidade, isto é, fontes que sejam protegidas de contaminação externa. O documento estima que a população global deva totalizar 9,1 bilhões de pessoas em 2050, com acréscimo de cerca de 80 milhões por ano.

De acordo com Suguio (2006), a água, especialmente a considerada doce, representa um recurso natural tão significativo quanto o petróleo para a sociedade moderna. É de conhecimento dos estudiosos que a porcentagem de água considerada adequada para consumo humano é mínima, visto que a maioria, não potável, se encontra nos oceanos.

Existem vários usos para esse recurso tão importante. De acordo com a Política Nacional dos Recursos Hídricos – Lei Nº 9433/1997, o abastecimento humano é considerado prioridade, e além dele, existem outros tipos de uso, como a utilização industrial, higiene pessoal, irrigação, produção de energia elétrica, navegação, recreação, entre outros. Para manter uma conformidade e principalmente preservar a saúde da população, existem legislações para esses diferentes usos, que visam destacar padrões importantes de enquadramento e de tratamento da água, já que quando não tratada, é um meio de disseminação de doenças patogênicas (SAAD *et al.*, 2007), por isso torna-se fundamental o monitoramento dos parâmetros físicos, químicos e biológicos.

A poluição da água dos rios requer grandes esforços por parte do poder público, e a qualidade da água é uma questão importante no campo do planejamento e gestão dos recursos hídricos e requer a coleta, análise e interpretação dos dados (YEHIA e SABAE, 2011). Em países em desenvolvimento, esse monitoramento é ainda mais necessário, uma vez que, em muitos casos, as populações mais pobres tendem a utilizar a água bruta para consumo. Um consumo de água poluída acarretará num aumento de doenças. Na África (2010), por exemplo, de acordo com Wanda (2016), 70% dos casos de diarreia nas crianças de até 5 anos, são ocasionados pela precariedade ou falta do tratamento dessa água de abastecimento público.

De acordo com Von Sperling (2005), a boa ou má qualidade de um corpo hídrico, é determinada principalmente em razão do uso e ocupação do solo na região, ou seja, as diferentes ações antrópicas nas proximidades de uma matriz aquosa, impactam diretamente nesse ecossistema aquático.

A preocupação com a degradação dos recursos hídricos e as perspectivas de escassez, principalmente na região Nordeste do país, traz à tona a necessidade de uma interpretação eficaz da qualidade das águas (MANOEL *et al.*, 2016). Tendo em vista a pouca disponibilidade de água e as baixas precipitações históricas do Estado do Ceará, onde o estudo em questão está inserido, o monitoramento contínuo dos açudes se torna necessário para a prevenção de possíveis problemas ambientais que possam vir a comprometer o abastecimento público.

O açude Pedras Brancas atualmente é utilizado para abastecer os dois maiores municípios da região do Sertão Central cearense, Quixadá e Quixeramobim, razão essa que torna o monitoramento da qualidade ainda mais essencial. A vantagem deste reservatório em relação a outros, é a relevante distância de centros urbanos e de ações do homem, características essas que tendem a tornar a água desse açude de qualidade mais elevada do que outros que se localizam próximos a atividades antrópicas.

De acordo com a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB (2004), uma forma de analisar a qualidade da água é utilizando o Índice do Estado Trófico – IET, ele tem por finalidade classificar corpos d'água em diferentes graus de trofia, ou seja, avaliar a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo de algas ou ao aumento da infestação de macrófitas aquáticas. Portanto, utilizando o IET, este trabalho tem por objetivo avaliar a qualidade da água do reservatório Pedras Brancas em Quixadá, Estado do Ceará, Brasil, e fazer seu monitoramento no decorrer do ano de 2017.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O açude de Pedras Brancas fornece água para cerca de 160.000 habitantes, abastecendo dois grandes municípios do Ceará, Quixadá e Quixeramobim. O manancial está localizado na cidade de Quixadá (04° 58' 17" S; 39° 00' 55" W) e possui capacidade de 434.049.250 milhões de metros cúbicos com uma profundidade média de 4m (COGERH, 2016).

O monitoramento da qualidade da água foi realizado em um dos pontos de captação de água bruta, conforme apresentado nas Figura 1 e 2. Este ponto de amostragem é padronizado para as coletas trimestrais realizadas pela Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos – COGERH, que também monitora outros reservatórios ao longo da bacia em que o corpo hídrico está inserido. Após a coleta realizada pela COGERH, as amostras são levadas ao laboratório credenciado da Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE, com uma sede em Quixadá. Os resultados das análises são mandados de volta à COGERH para formação do banco de dados do órgão. A população em geral pode ter acesso a essas informações, assim com o autor deste trabalho teve.

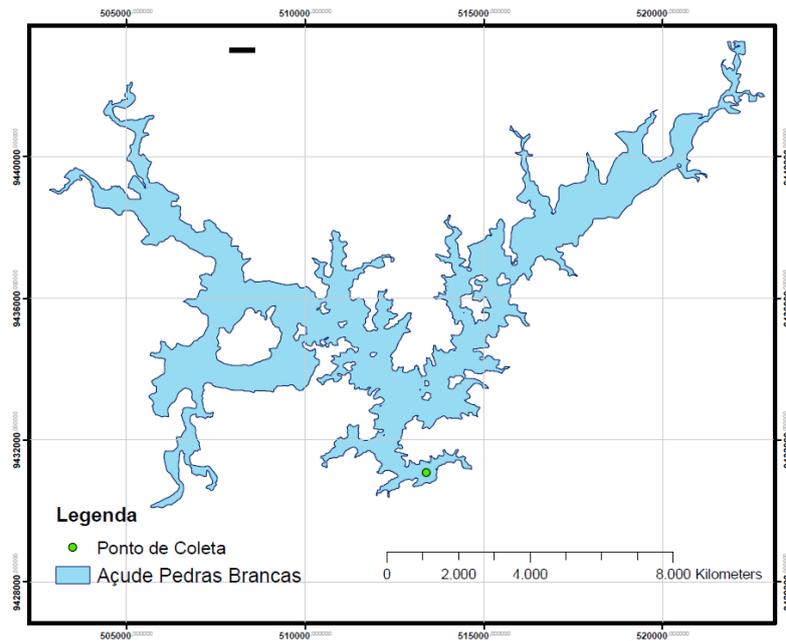


Figura 1 - Mapa do reservatório Pedras Brancas e localização do ponto de coleta
Fonte: COGERH.



Figura 2 - Foto do reservatório e seu ponto de coleta
Fonte: Próprio autor.

A figura 2 representa uma foto retirada de cima do barramento do Açude Pedras Brancas, demonstrando o local do ponto de coleta, bem como o início da adutora construída para abastecer a cidade de Quixeramobim.

Amostragem e Análise laboratorial

As amostras foram coletadas trimestralmente ao longo do ano de 2017 para o IET, nos meses de janeiro, abril, julho e outubro. Para isso, foram utilizados frascos de coleta de 2000 mL, cujo acondicionamento foi realizado em caixas térmicas contendo gelo. Em seguida, as amostras foram levadas para o laboratório da concessionária de

abastecimento de água da cidade.

Os parâmetros de qualidade da água selecionados para avaliação da qualidade da água do manancial estão dispostos na Tabela 1. A coleta das amostras, bem como a preservação e análises laboratoriais para os parâmetros físico-químicos e microbiológicos seguiram as normas descritas no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA (2005).

Tabela 1 - Parâmetros químicos, físicos e microbiológicos analisados

Parâmetro de Qualidade da Água	Unidade
Fósforo Total	mg/L
Clorofila a	mg/L

Fonte: Próprio autor.

Cálculo do Índice de Estado Trófico Modificado de Lamparelli (2004)

Para o cálculo do IETm, será utilizado o método de Lamparelli (2004), visto que é o mais recente e mais utilizado no país, principalmente em São Paulo pela CETESB. A determinação se dará pela análise dos parâmetros fósforo total e clorofila a. O IETm do fósforo será dado pela equação 1, enquanto que o IETm da clorofila a, será dado pela equação 2. Obtendo-se, portanto os dois resultados, será feita uma média a fim de determinar um IETm geral do reservatório, como representado pela equação 3.

$$IETm (PT) = 10 \times \left[6 - \frac{1,77 - 0,42 \times \ln PT}{\ln 2} \right] \quad \text{equação (1)}$$

$$IETm (CLa) = 10 \times \left[6 - \frac{0,92 - 0,34 \times \ln CLa}{\ln 2} \right] \quad \text{equação (2)}$$

$$IETm = \left[\frac{IETm PT + IETm CLa}{2} \right] \quad \text{equação (3)}$$

Fonte: Adaptado de Lamparelli (2004).

Os valores de IET são classificados segundo classes de estado trófico (graus de trofia), apresentadas na tabela 2

Tabela 2 - Classificação do estado trófico modificado segundo Lamparelli (2004)

Estado Trófico	Critério	Fósforo Total (mg/m ³)	Clorofila a (mg/m ³)
Ultraoligotrófico	IET ≤ 47	P ≤ 8	Cl _a ≤ 1,17
Oligotrófico	47 < IET ≤ 52	8 < P ≤ 19	1,17 < Cl _a ≤ 3,24
Mesotrófico	52 < IET ≤ 59	19 < P ≤ 52	3,24 < Cl _a ≤ 11,03
Eutrófico	59 < IET ≤ 63	52 < P ≤ 120	11,03 < Cl _a ≤ 30,55
Supereutrófico	63 < IET ≤ 67	120 < P ≤ 233	30,55 < Cl _a ≤ 69,05
Hipereutrófico	IET > 67	233 < P	69,05 < Cl _a

Fonte: Adaptado de Lamparelli (2004).

Tabela 3 - Classes de estado trófico e suas principais características

Graus de Trofia	Característica das águas de acordo com o grau de trofia
Ultraoligotrófico	Corpos d'água limpos, de produtividade muito baixa e concentrações insignificantes de nutrientes que não acarretam em prejuízos aos usos da água.
Oligotrófico	Corpos d'água limpos, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água, decorrentes da presença de nutrientes.
Mesotrófico	Corpos d'água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos.
Eutrófico	Corpos d'água com alta produtividade em relação às condições naturais, com redução da transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água decorrentes do aumento da concentração de nutrientes e interferências nos seus múltiplos usos.
Supereutrófico	Corpos d'água com alta produtividade em relação às condições naturais, de baixa transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem com frequência alterações indesejáveis na qualidade da água, como a ocorrência de episódios florações de algas, e interferências nos seus múltiplos usos.
Hipereutrófico	Corpos d'água afetados significativamente pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com comprometimento acentuado nos seus usos, associado a episódios florações de algas ou mortandades de peixes, com conseqüências indesejáveis para seus múltiplos usos, inclusive sobre as atividades pecuárias nas regiões ribeirinhas.

Fonte: Adaptado de Lamparelli (2004) e ANA.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliação dos parâmetros estudados

Os resultados das análises de Fósforo Total e Clorofila a nos faz concluir que o Reservatório em estudo possui uma forte tendência de eutrofização do meio aquático por estarem bem acima das recomendações. Tomando como base os resultados das análises, fica comprovada a má qualidade da água, principalmente no final do ano de 2017. Os valores de Fósforo Total, em todas as quatro coletas, estiveram não só acima, mas o dobro da recomendação de valor máximo estabelecido pelo CONAMA para reservatórios de classe II, destinados ao abastecimento público. Em duas das quatro coletas (Abril e Outubro), a Clorofila a teve seus valores também elevados em relação à recomendação (81,24 e 112,45 ug/L). Os altos valores deste parâmetro nos remetem a uma excessiva quantidade de algas, possivelmente causada pelo acúmulo dos nutrientes.

Tabela 4 - Resultados das análises dos parâmetros em 2017

Parâmetros	Janeiro	Abril	Julho	Outubro	VME*
FT (mg/L)	0,071	0,065	0,086	0,076	≤ 0,030
Clorofila a (ug/L)	4,66	7,22	81,24	112,45	≤ 30

*Valor máximo estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 para corpos hídricos de classe 2, destinados ao abastecimento humano.

Avaliação do Índice de Estado Trófico – IET

A compilação dos resultados das análises dos parâmetros fósforo total e clorofila a, utilizando a equação X, reflete o estado de trofia do reservatório. Os valores de IETm variam de 0 a 100, e de acordo com que esses valores aumentem, aumenta também o estado trófico, e conseqüentemente, a diminuição da qualidade da água do manancial. A partir do número 59, já se considera preocupante a qualidade da água, uma vez que a partir desse valor, já começam as classes que representam o carácter eutrofizado do açude.

No estudo em questão, os resultados encontrados nas últimas duas coletas, demonstraram uma elevação considerável dos valores, e conseqüentemente uma diminuição da qualidade da água. Essa elevação pode ser observada na figura 6. A tabela 10 mostra os valores do Índice de Estado Trófico médio para os quatro meses de coleta do ano de 2017. Em janeiro e abril, os valores, 57,28 e 58,09 respectivamente, se mantiveram numa qualidade dita como aceitável, uma vez que se enquadravam na classe “mesotrófica” da avaliação de IET segundo Lamparelli, 2004. Já os meses de julho e outubro trouxeram valores bastantes elevados. No penúltimo mês de coleta desse estudo, o valor de IETm encontrado foi de 64,88, e na última coleta, 65,3. Esses dois resultados são enquadrados na classe “supereutrófica”.

Tabela 5 – Resultados do IET médio para os meses de coleta de 2017

Mês de Coleta	Valor do IETm
Janeiro	57,28
Abril	58,09
Julho	64,88
Outubro	65,3

Fonte: Próprio autor.

O estado de trofia mesotrófico representa, segundo Lamparelli, 2004, uma classe em que há uma produtividade intermediária de algas, com quantidade, também intermediária, de nutrientes, podendo haver possíveis implicações na qualidade da água, mas com padrões aceitáveis na maioria dos casos. Já o estado dito como supereutrófico representa alta produtividade em relação às condições naturais, além de uma baixa transparência. Em geral, são afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem com frequência alterações indesejáveis na qualidade da água, como a ocorrência de episódios de florações de algas, e interferências nos seus múltiplos usos, afetando diretamente no tratamento utilizado nas estações de tratamento de água.

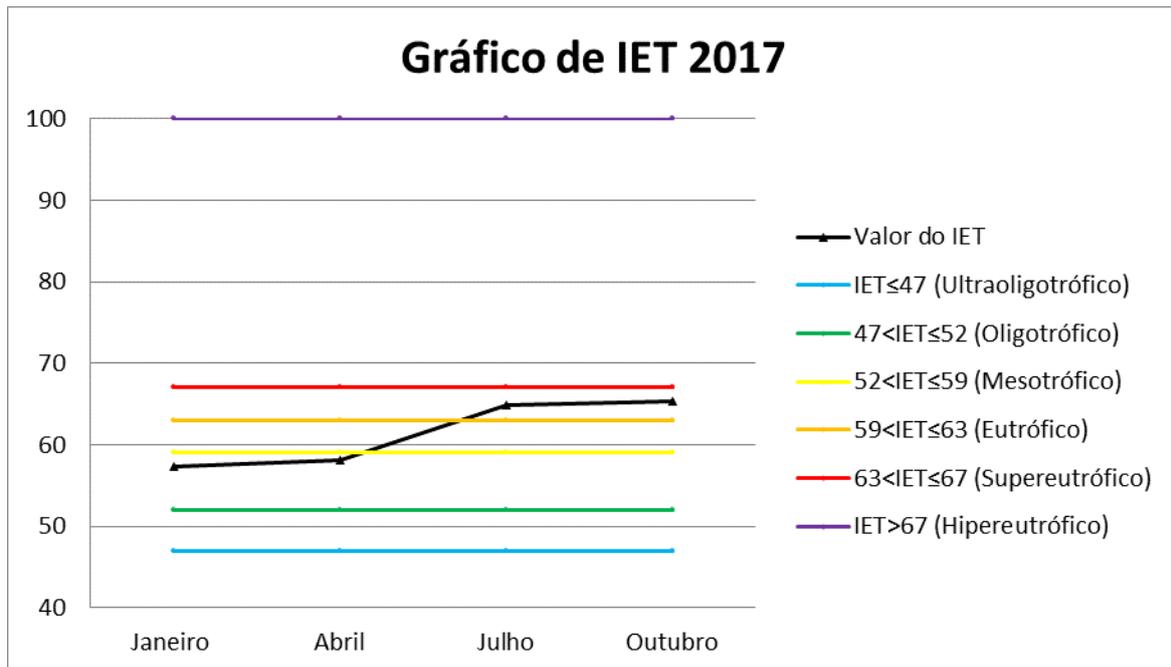


Figura 3 - Gráfico da variação do IETm do Açude Pedras Brancas no ano de 2017

Fonte: Próprio autor.

Essas atividades antrópicas citadas anteriormente puderam ser observadas no local em que esse estudo está inserido, demonstrando uma possível relação direta na diminuição da qualidade da água (NAVAL *et al.*, 2004). Atividades como a recreação e a pesca, destacadas nas figuras X e X, ocorrem constantemente no reservatório. Outra atividade rotineira no local é a pecuária, onde os animais utilizam da água para dessedentação, e muitas vezes, os seus dejetos entram em contato com o reservatório. Buzelli e Santino (2012), em seus estudos no açude Barra Bonita em São Paulo, encontraram como causa principal da eutrofização, os fertilizantes utilizados na agricultura.



Figura 4 - Pescadores no Açude Pedras Brancas

Fonte: Próprio autor.



Figura 5 - Recreação no Açude Pedras Brancas

Fonte: Próprio autor.

De acordo com a COGERH, no seu relatório de qualidade dos reservatórios do Estado do Ceará de novembro de 2017, o Açude Pedras Brancas se encontrava com apenas 5,73% da sua capacidade. Já no relatório de qualidade datado de novembro de 2016, o mesmo reservatório possuía 8,4% do seu volume total. Esses dados são extremamente importantes para comprovar a autenticidade deste estudo, uma vez que em todos os resultados, a qualidade da água do manancial foi diminuindo gradativamente no decorrer dos meses, e a causa está diretamente ligada com a diminuição do volume do corpo hídrico. Estes relatórios citados, bem como outros relatórios anteriores, avaliaram que a grande maioria dos reservatórios monitorados pela COGERH no estado do Ceará, se encontram no estado eutrófico ou pior, no que se refere ao enquadramento do IET.

Batista *et al.*, (2014), também estudaram um reservatório no estado do Ceará. Calcularam o IETm, utilizando o modelo adaptado de Toletto *et al.*, (1983), em diferentes pontos do Açude Orós, o segundo maior do estado, e demonstraram que a qualidade da água, em relação aos níveis de trofia, caiu no período de estiagem e aumentou no período chuvoso, corroborando com uma das hipóteses do presente estudo. Batista *et al.*, (2014) também comprovaram a tese de Lamparelli (2004), no que se refere a presença do parâmetro transparência da água nos cálculos, pois foi constatado que os sedimentos carregados pela chuva eram os principais responsáveis pela elevação dos resultados deste parâmetro.

Outros estudos como o de Sousa *et al.*, (2007), que utilizou como área de estudo o reservatório Acarape do Meio, na região metropolitana de Fortaleza/CE, relataram uma tendência de eutrofização, no decorrer do tempo, dos reservatórios do Ceará. Uma das principais razões atribuídas para essa deterioração da qualidade da água são os esgotos *in natura* de cidades e da zona rural, além dos efluentes de estações de tratamento lançados nos corpos hídricos (MOURA *et al.*, 2012). Laspidou *et al.*, (2017) afirmam que o tempo de permanência do lago, a profundidade e o fluxo de nutrientes são os fatores determinantes para o estado trófico de um lago.

O reservatório ao ser enquadrado como supereutrófico nas duas últimas coletas do ano de 2017, demonstra uma má qualidade da água utilizada para abastecimento público. A elevada quantidade de nutrientes, e conseqüente aumento de floração e presença de algas, são maléficis para o ambiente aquático. Através do processo de eutrofização, diminuem o oxigênio existente, bem como a penetração de luz, impossibilitando a realização da fotossíntese, e pode acarretar numa mortandade de peixes. A água que possui estas características necessita de um tratamento mais avançado, e conseqüentemente, mais caro, para atender os padrões de potabilidade previstos por lei.

De acordo com Salas e Martino (1991), e Petrucio *et al.*, (2006), os índices de qualidade requerem adaptações. O auxílio de métodos estatísticos se faz necessário, uma vez que, as metodologias utilizadas nas variações do IET, superestimam os resultados (LOBATO *et al.*, 2015). Alguns pesquisadores como Olmanson *et al.*, (2008) e Sheela *et al.*, (2011) sugerem, por exemplo, a utilização de imagens de satélite para auxiliar nos resultados do IET.

Mesmo Lamparelli (2004) tendo elevado bastante a confiabilidade do IET, por tem feito adaptações utilizando um grande banco de dados, com 24 reservatórios do Estado de São Paulo entre os anos de 1996 e 2001, Cunha (2012) afirma a necessidade de uma nova atualização deste índice para verificar a necessidade de eventuais ajustes nos limites e classificações originais, e para isso, destaca que é preciso análise de uma série temporal mais ampla de dados e a inclusão de uma abordagem probabilística nos episódios de florações fitoplanctônicas.

El-Serehy *et al.*, (2017), destacam a importância de se fazer um monitoramento contínuo em todos os corpos hídricos por ser uma questão de saúde pública, e mesmo que os resultados dos índices de qualidade demonstrem uma água de melhor qualidade, faz-se necessário um estudo mais detalhado, principalmente dos microorganismos presentes.

O Índice de Estado Trófico demonstrou-se necessário e importante para o monitoramento da qualidade da água, principalmente a utilizada para abastecimento público, sendo instrumento fundamental para o funcionamento das companhias que gerenciam os recursos hídricos. Apesar da enorme importância, o IET requer adaptações para diferentes regiões, e em virtude disso, é motivo de estudos pelo mundo todo, havendo constantemente a utilização de novos parâmetros e padrões de avaliação da qualidade da água.

CONCLUSÕES

O IET recebeu a classificação eutrófica, e nas duas últimas coletas, a classificação supereutrófica, demonstrando uma avaliação negativa da qualidade da água do açude Pedras Brancas. O reservatório Pedras Brancas demonstrou possuir parâmetros em diferentes classes de classificação segundo a Resolução 357/2005 do CONAMA e a diminuição do seu volume de água no decorrer do ano pode ser a principal causa da má qualidade da água. Além deste, outros fatores podem ser citados como possíveis causas da degradação do ambiente aquático, tais como a recreação, a pesca, a pecuária e a agricultura no entorno, e os efluentes de estações de tratamento de esgoto ou de comunidades rurais próximas.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABBASI, T. ABBASI, S.A. **Water quality indices Elsevier, Amsterdam, Netherlad (2012)** p. 384.
2. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION- APHA. Standard methods for the examination of water and wastewater. 2005.
3. ANA – Agência Nacional de Águas. **Panorama da Qualidade das Águas Superficiais no Brasil**, v. 1, p. 16, 2005.
4. ANA – Agência Nacional de Águas. Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-estado-trofico.aspx>. Acesso em 24 de jan. de 2018.
5. BAIRD, C. **Química Ambiental**. 4 ed. 2011.
6. BARROS, L. R. **O Índice Do Estado Trófico e sua adaptação para os sistemas lênticos do Semiárido Cearense**. Universidade Federal do Ceará. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Gestão de Recursos Hídricos. Fortaleza, 2013.
7. BATISTA, A. A.; MEIRELES, A. C. M.; ANDRADE, E. M.; IZÍDIO, N. S. C.; LOPES, F. B. Sazonalidade e variação espacial do índice de estado trófico do açude Orós, Ceará, Brasil. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 8, n. 1, p. 39-48, janeiro-abril, 2014.
8. BRAGA, B. **Introdução a Engenharia Ambiental**. 2 ed. 2005.
9. Brito, L. T. L.; Srinivasan, V. S.; Silva, A. de S.; Gheyi, H. R.; Galvão, C. de O.; Hermes, L. Influência das atividades antrópicas na qualidade das águas da bacia hidrográfica do Rio Salitre. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 4, p. 596-602, 2005.
10. BUZELLI, G. M.; SANTINO, M. B. C. Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita, SP. **Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**. v. 8, n.1, 2013.
11. CARLSON, R. E. A trophic state index for lakes. **Limnol. Oceanogr.** vol. 22: 361-80, 1977.
12. CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental). **Norma Técnica N5.306 - Determinação de pigmentos fotossintetizantes - clorofila-A, B e C e feofitina-A: método de ensaio**. São Paulo. 1990, p. 22. Disponível em <<http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/servicos/normas/pdf/L5306.pdf>>. Acesso em 29/01/18.
13. CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo - Apêndice A - Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem**. 2008.
14. CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Índices de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo**, 2006. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/indice.asp>>. Acesso em: 15 Dez.2016.
15. CETESB. **Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas de Amostragem**. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. São Paulo, p. 44. 2009.
16. COGERH – **Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos**. 2016.
17. CUNHA, D. G. F. **Heterogeneidade especial e variabilidade temporal do reservatório de Itupararanga: uma contribuição ao manejo sustentável dos recursos hídricos da bacia do rio Sorocaba (SP)**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo – USP. 2012.
18. DELLAGIUSTÍNA, A. **Determinação das concentrações de nitrogênio e fósforo dissolvidos em diferentes locais do rio Itajaí-Açu**. Florianópolis, 2000.
19. DEMBOWSKA, E. A.; NAPIÓRKOWSKI, P.; MIESZCZANKIN, T.; JÓZEFOWICZ, S. Planktonic indices in the evaluation of the ecological status and the trophic state of the longest lake in Poland. **Ecological Indicators**. v. 56, p. 15-22, 2015.
20. DERISIO, J.C. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. São Paulo: Cetesb, 1992, p. 210.
21. EL-SEREHY, H. A.; ABDALLAH, H. S.; AL-MISNED, F. A.; IRSHAD, R.; AL-FARRAJ, S. A.; ALMALKI, E. S. Aquatic ecosystem health and trophic status classification of the Bitter Lakes along the main connecting link between the Red Sea and the Mediterranean. **Saudi Journal of Biological Sciences**. 2017.
22. ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 3 ed, 2011.
23. FERNANDES, M. C.; CAVALCANTE, J. F.; SILVA, J. A. S.; NASCIMENTO, J. G. S.; BUARQUE, P. M. C. Aplicação do índice de qualidade (IQA) das águas no Açude Pedras Brancas para a determinação do índice de qualidade das águas brutas para fins de abastecimento público (IAP). **Congresso ABES/FENASAN 2017**. 2017.
24. FERREIRA, D. N. **Umidade, sólidos totais e cinzas**. Currais Novos, 2015.

25. FUNASA - **Fundação Nacional de Saúde. Manual de Saneamento.** 4 ed, 2006.
26. GUTKOWSKA, A.; PATUREJ, E.; KOWALSKA, E. Rotifer trophic state indices as ecosystem indicators in brackish coastal waters. **Oceanologia.** v. 55, p. 887-899, 2013.
27. KLEIN, C.; AGNE, S. A. A.; Fósforo: de nutriente a poluente!. **Rev. Elet. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental (e-ISSN: 2236-1170).** n° 8, p. 1713-1721, SET-DEZ, 2012.
28. LAMPARELLI, M. C. **Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo:** avaliação dos métodos de monitoramento. São Paulo : USP/ Departamento de Ecologia., 2004. 235 f. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, 2004.
29. LASPIDOU, C.; KOFINAS, D.; MELLIOS, N.; LATINOPOULOS, D.; PAPADIMITRIOU, T. Investigation of factors affecting the trophic state of a shallow Mediterranean reconstructed lake. **Ecological Engineering.** v. 103, p. 154-163, 2017.
30. LEMOS, M.; NETO, M. F.; DIAS, N. S. Sazonalidade e variabilidade espacial da qualidade da água na Lagoa do Apodi, RN1. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental,** v. 14, n. 2, p. 155-164, 2010.
31. LERMONTOV, A.; YOKOYAMA, L.; LERMONTOV, M.; MACHADO, M. A. S. River quality analysis using fuzzy water quality index: Ribeira do Iguape river watershed, Brazil. **Ecological Indicators,** v. 9, n. 6, p. 1188, 2009.
32. LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água.** 3 ed, 2010.
33. LOBATO, T. C.; DAVIS, R. A. H.; OLIVEIRA, T. F.; MACIEL, M. C.; TAVARES, M. R. M.; SILVEIRA, A. M.; SARAIVA, A. C. F. Categorization of the trophic status of a hydroelectric power plant reservoir in the Brazilian Amazon by statistical analyses and fuzzy approaches. **Science of the Total Environment.** p. 613-620, 2015.
34. MAIA, A. A. D.; CARVALHO, S. L.; CARVALHO, F. T. Comparação de dois índices de determinação do grau de trofia nas águas do Baixo Rio São José dos Dourados, São Paulo, Brasil. **Eng Sanit Ambient.** v.20, n.4, p. 613-622, out/dez 2015.
35. MANOEL, L. O.; PINHEIRO, J. H. P. A.; CARVALHO, S. L. Avaliação do Índice de Qualidade da Água do Córrego do Ipê no município de Ilha Solteira/SP. **XIII Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas.** 2016.
36. MANUN, M.; AN, K. G. Major nutrients and chlorophyll dynamics in Korean agricultural reservoirs along with an analysis of trophic state index deviation. **Journal of Asia-Pacific Biodiversity.** v. 10, p. 183-191, 2017.
37. MOTA, S. **Introdução a engenharia ambiental.** 5 ed, 2014.
38. MOURA, G. C.; MONTEIRO, F. M.; VIANA, L. G.; ALBUQUERQUE, M. V.; SILVA, S. M. Evolução do estado trófico do reservatório de Bodocongó, semiárido, Brasil. **Encontro Nacional de Educação, Ciência e Tecnologia/UEPB.** 2012.
39. NAVAL, L. P.; SILVA, C. D. F.; Souza, M. A. A. **Comportamento dos índices do estado trófico de Carlson (IET) e modificado (IETm) no reservatório da UHE Luís Eduardo Magalhães, Tocantins – Brasil.**
40. **Norma Técnica Interna NTS 013 da SABESP.**
41. OLMANSON, L. G.; BAUER, M. E.; BREZONIK, P. L. A 20-year Landsat water clarity census of Minnesotas's 10,000 lakes. **Remote Sensing of the Environment.** 2008.
42. OMS - **Organização Mundial de Saúde.**
43. ONU - Organização das Nações Unidas. **Relatório da Organização das Nações Unidas** (2015).
44. PELCZAR JR. M. J. **Microbiologia, Conceitos e Aplicações.** ed 2, v. 2, 1997.
45. PETRUCIO, M. M.; BARBOSA, F. A. R.; FURTADO, A. L. S. Bacterioplankton and phytoplankton production in seven lakes in the Middle Rio Doce basin, south-east Brazil. **Limnológica – Ecology and Management of Inland Waters.** p. 192-203, 2006.
46. PONSADAILAKSHMI, S.; SANKARI, S. G.; PRASANNA, S. M.; MADHURAMBAL, G. Evaluation of water quality suitability for drinking using drinking water quality index in Nagapattinam district, Tamil Nadu in Southern India. **Groundwater for Sustainable Development.** v. 6, p 43-49, 2018.
47. Política Nacional de Meio Ambiente - Lei Nº 6.938/81.
48. Políticas Nacional dos Recursos Hídricos – Lei Nº 9.433/1997.
49. Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde.
50. RAND, M. C., GREEMBERG, A.G.,TARAJ, M.J.(Ed.) **Standard methods for examination of water and wastewater.**18.ed., Washington: American Public Heath Association/American Water Works Association/Water Pollution Control Federation, 1992.
51. Relatório de qualidade das águas dos açudes monitorados pela COGERH – campanha de novembro/2017. **Portal Hidrológico do Ceará.** 2018.



52. Relatório de qualidade das águas dos açudes monitorados pela COGERH – campanha de novembro/2016. **Portal Hidrológico do Ceará**. 2017.
53. Resolução 357 do CONAMA de 2005.
54. SAAD, A. R., SEMENSATTO JR, D. L., AYRES, F. M., OLIVEIRA, P. E. Índice de Qualidade da Água – IQA do Reservatório do Tanque Grande, Município de Guarulhos, Estado de São Paulo, Brasil: 1990-2006. **UnG – Geociências**, v. 6, n. 1, p. 118-133. Guarulhos, 2007.
55. SALAS, H. J; MARTINO, P.; A simplified phosphorus trophic state model for warm-water tropical lakes. **Water Research**. p. 341-350, 1991.
56. SHEELA, A. M.; LETHA, J.; JOSEPH, S.; RAMACHANDRAN, K. K.; SANALKUMAR, S. P. Trophic state index of a lake system using IRS (P6-LISS III) satellite imagery. **Environmental Monitoring and Assessment**. p. 575-592, 2011.
57. SILVA, L. C. M.; BROTTTO, M. E. **Nitrogênio: ocorrência e conseqüências**. Escola Superior de Química, Faculdade Oswaldo Cruz, São Paulo - SP.
58. SOUSA, I. V. A.; SOUZA, R. O.; PAULINO, W. D. Cálculo do índice de estado trófico em reservatório com estudo de caso no reservatório Acarape do Meio/CE. **XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. 2007
59. SUGUIO, K. **Água**. Ribeirão Preto: Holos, p. 313, 2006.
60. TOLEDO, J. A. P.; TALARICO, M.; CHINEZ, S. J.; AGUDO, E.G. A aplicação de modelos simplificados para a avaliação do processo da eutrofização em lagos e reservatórios tropicais. **Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Balneário Camboriú, Santa Catarina, 1983.
61. VALENTE, J. P. S.; PADILHA, P. M.; SILVA. Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/Botucatu - SP. **Eclética Química. Fundação Editora da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP**, v. 22, p. 49-66, 1997.
62. VESILIND, P. A.; MORGAN, S. M. **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Cengage Learning, 2013.
63. VIEIRA, M. R. Disponível em: https://www.agsolve.com.br/news_upload/file/Parametros%20da%20Qualidade%20da%20Agua.pdf. Acessado 28/10/2017.
64. VON SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água dos rios**. p. 252, 2007.
65. VON SPERLING, M. **Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4 ed, v. 1, 2014.
66. VON SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, v. 7. Belo Horizonte, 2005.
67. WANDA, E. MAMBA, B. MSAGATI, T. Determination of the water quality index ratings of water in the Mpumalanga and North West provinces, South Africa. **Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C**. v. 92, p. 70–78. Abr. 2016.
68. YEHIA, H.; SABAE, S. Microbial pollution of water in El-salam canal Egypt American-Eurasian J. **Agric. Environ. Sci.**, 11 (2), pp. 305–309, 2011.
69. YOUSEFI, H.; ZAHEDI, S.; NIKSOKHAN, M. H. Modifying the analysis made by water quality index using multi-criteria decision making methods. **Journal of African Earth Sciences**. v. 138, p. 309-318, 2018.
70. ZAHEDI, S. Modification of expected conflicts between Drinking Water Quality Index and Irrigation Water Quality Index in water quality ranking of shared extraction wells using Multi Criteria Decision Making techniques. **Ecological Indicators**. v. 83, p. 368-379, 2017.
71. ZANINI, H. L. T.; AMARAL, L. A.; 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. **Engenharia Agrícola, Jaboticabal**, v. 30, n. 4, p. 732-741, 2010.