



AVALIAÇÃO DE EUTROFIZAÇÃO NO RIO SÃO JOSÉ PARA FINS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

EUTROFIZATION ASSESSMENT IN SÃO JOSÉ RIVER FOR WATER SUPPLY PURPOSES

Micaela Buss Surlo¹, Gemael Barbosa Lima²

¹Graduação em Engenharia Civil pelo Centro Universitário do Espírito Santo (UNESC), ²Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), graduação em Engenharia Ambiental pela FAESA. Professor do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Espírito Santo (UNESC).

RESUMO

O presente artigo teve por objetivo avaliar a eutrofização da água do rio São José, à jusante do lançamento de efluente de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), a partir do cálculo do Índice do Estado Trófico (IET). Para o cálculo do IET foram utilizados os parâmetros clorofila a (cla) e fósforo total (PT) durante o período de 2010 a 2014. Os dados dos parâmetros usados para realização dessa pesquisa foram adquiridos junto à Agência Estadual de Recursos Hídricos (AGERH). A partir dos valores do IET, a água, o ponto de monitoramento, foi classificado como ultraoligotrófico ($IET \leq 47$), oligotrófico ($47 < IET \leq 52$), mesotrófico ($52 < IET \leq 59$), eutrofico ($59 < IET \leq 63$), supereutrótico ($63 < IET \leq 67$) e hipereutrótico ($IET > 67$). Os resultados mostram que os valores de clorofila a estiveram muito acima do preconizado na legislação vigente, assim como o IET à jusante do lançamento da ETE variou de 75 a 95, ou seja, em todas as campanhas o IET foi classificado como hipereutrótico. Por fim, espera-se, com os resultados dessa pesquisa, que os tomadores de decisão passem definir ações que melhorem a qualidade da água no ponto estudado, de modo que a ETA não reduza a qualidade da água.

Palavras-chave: IET, Qualidade da água, Fósforo total, Clorofila a.

ABSTRACT

This article aimed to evaluate the eutrophication of water from the São José River, downstream of the effluent discharge from a sewage treatment station, by calculating the Trophic State Index. For this calculation, the parameters chlorophyll a and total phosphorus were used during the period from 2010 to 2014. Data from the parameters used for this research were obtained from the State Water Resources Agency. From the Trophic State Index values, water and the monitoring point were classified as ultraoligotrophic ($EIT \leq 47$), oligotrophic ($47 < EET \leq 52$), mesotrophic ($52 < EET \leq 59$), eutrophic ($59 < EET \leq 63$), supereutrophic ($63 < EIT \leq 67$) and hypereutrophic ($EIT > 67$). The results show that the chlorophyll a values were much above recommended in the current legislation, just as the Trophic State Index



downstream of the launch of the ETE ranged from 75 to 95, that is, in all campaigns the EIT was classified as hypereutrophic. Finally, it is expected, with the results of this research, the decision makers will define actions that improve the water quality in the studied point.

Keywords: EIT, Water quality, Total phosphorus, Chlorophyll-a

INTRODUÇÃO

O Brasil é um país privilegiado nas questões hídricas, dado que 12% de toda a água da Terra encontram-se nele. Entretanto, com o grande aumento populacional e das atividades humanas, parte dessa água está com a sua qualidade comprometida devido a poluição do meio aquático, ocasionado pelo lançamento inapropriado de rejeitos e resíduos, impossibilitando seu uso, principalmente no âmbito doméstico.

No contexto da poluição do meio aquático, a eutrofização está associada aos problemas que afetam sobretudo os lagos, por serem ambientes de vazão lenta, facilitando a proliferação de algas, cianobactérias e bactérias aeróbicas, devido ao acúmulo excessivo de nutrientes, como fósforo e nitrogênio, em decorrência do lançamento de esgotos domésticos. Devido à grande necessidade de utilização dessas águas, se torna necessário o monitoramento pelo sistema de avaliação de Índice do Estado Trófico (IET), que visa analisar a qualidade da água, bem como a variação ao longo do tempo.

Dessa forma, o presente artigo tem por objetivo principal avaliar o índice do Estado Trófico (IET) do meio aquático em ponto do rio São José após o lançamento de efluente de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), a fim de avaliar a qualidade da água e seu nível trófico, para a obtenção de dados e estudos, de modo a poder fazer a captação e ser utilizada para o abastecimento humano.

A metodologia utilizada na elaboração do presente trabalho foi baseada no cálculo do IET, de acordo com o procedimento proposto por Carlson (1977), considerando dados de fósforo total e clorofila monitorados no período de 2010 a 2014. Esses dados foram fornecidos pela Agência Estadual de Recursos Hídricos do Espírito Santo (AGERH).

Sendo assim, o trabalho reconhece que existe o aumento desse fenômeno e com esse entendimento devem ser desenvolvidas tecnologias e ferramentas de

gestão que possam reduzir a incidência e o impacto da eutrofização e das algas nocivas. Necessitando, assim, de uma conduta urgente e de medidas mitigadoras.

MATERIAIS E METODOS

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do rio São José está localizada integralmente no estado do Espírito Santo, a nordeste da bacia hidrográfica do rio Doce. Possui área de drenagem de 2.406 km². Ademais, o rio São José nasce no município de Mantenópolis, percorrendo aproximadamente 154 km até desaguar na Lagoa Juparanã, considerada a maior lagoa natural de água doce do Brasil (PIRH RIO DOCE, 2010).

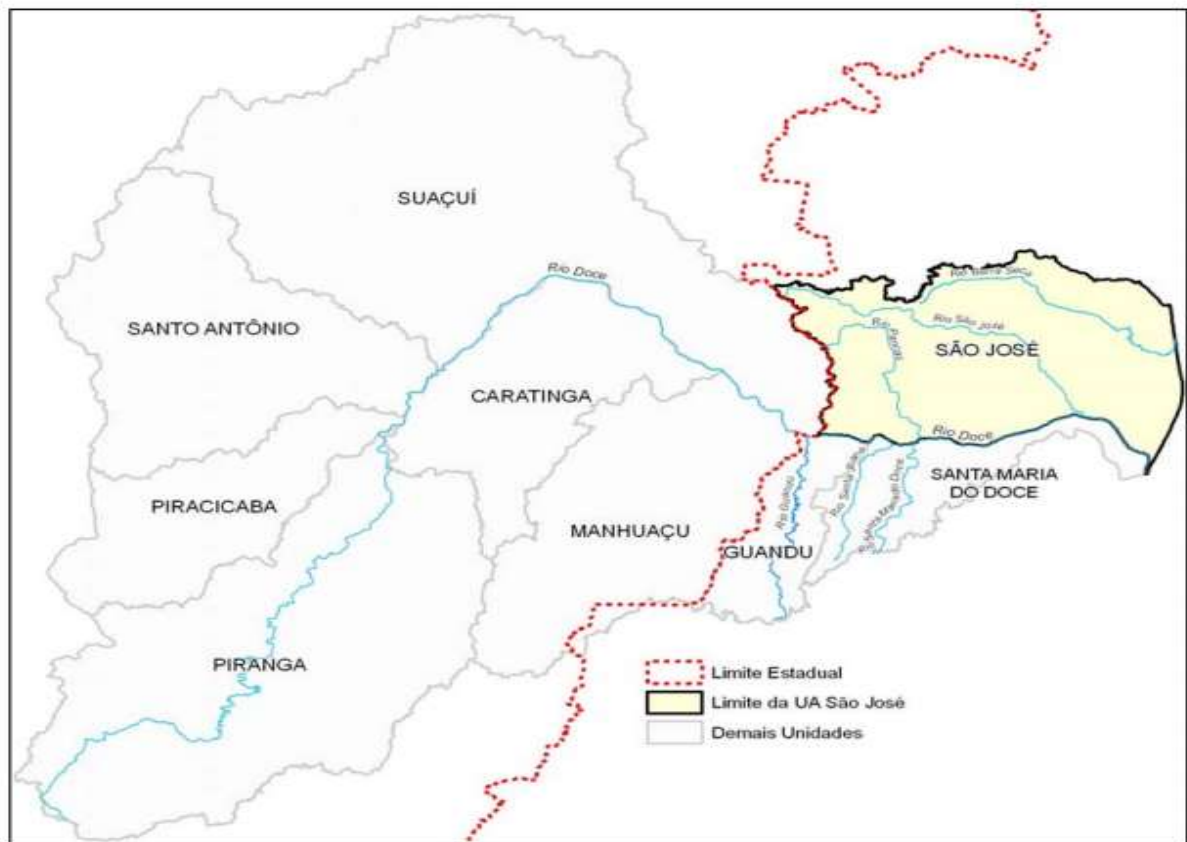


Figura 1: Localização do rio São José na bacia hidrográfica do Rio Doce
Fonte: PIRH Rio Doce, (2010).

O São José tem como afluentes principais o rio Águas Claras e os córregos: Rochedo, Itaquaruçu, Jabuticaba, Onça, São João Trinta e Café. O uso da água na bacia destina-se à irrigação de culturas agrícolas, abastecimento humano, dessedentação de animais, dentre outros. Além disso, é possível observar, com o

passar dos anos, em ampliação do déficit hídrico em seu leito, consequência do desmatamento. Outro fator importante a ser destacado é a baixa qualidade do rio devido ao lançamento de esgotos domésticos, agrotóxicos e sedimentos da exploração de granito (INCAPER, 2011).

ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO

Para a obtenção do grau de trofia dos rios foi feito o estudo dos nutrientes contidos nos corpos d'águas, a partir dos dados obtidos de fósforo total (PT) e clorofila a (cla) monitorados pela AGERH durante os anos de 2010 a 2014, sendo também calculado o índice do Estado Trófico a partir das equações conforme segue:

$$IET (PT) = 10. \left\{ 6 - \left[\frac{0,42 - 0,36. \ln(PT)}{\ln(2)} \right] \right\} - 20 \quad (1)$$

$$IET (cla) = 10. \left\{ 6 - \left[\frac{-0,7 - 0,6. \ln(cla)}{\ln(2)} \right] \right\} - 20 \quad (2)$$

Sendo que $\ln PT$: logaritmo neperiano de fósforo total ($\mu\text{g.L}^{-1}$) e $\ln Cla$: logaritmo neperiano da clorofila a ($\mu\text{g.L}^{-1}$);

Para a obtenção do cálculo do IET global foi usada a equação 3. Após o cálculo do IET global, a classificação foi realizada de acordo com os fatores analisados e concentrações do referido índice conforme Tabela 1.

$$IET = \frac{IET(PT) + IET(cia)}{2} \quad (3)$$

Em que: Cla: clorofila total ($\mu\text{g.L}^{-1}$) e PT fósforo total ($\mu\text{g.L}^{-1}$).

Tabela 1: Classificação do estado trófico IET.

CLASSIFICAÇÃO DO ESTADO TRÓFICO	IET
Ultraoligotrófico	$IET \leq 47$
Oligotrófico	$47 < IET \leq 52$
Mesotrófico	$52 < IET \leq 59$
Eutrófico	$59 < IET \leq 63$
Supereutrófico	$63 < IET \leq 69$
Hipereutrófico	$IET > 61$

RESULTADOS

Na Tabela 2 estão sumarizados os valores dos parâmetros de clorofila a e fósforo total durante o período de 2010 a 2014. Observa-se que os valores de fósforo total (PT) variaram de $16 \mu\text{g.l}^{-1}$ em 21/08/2011 a $200 \mu\text{g.l}^{-1}$ em 22/05/2014. Enquanto a clorofila a 1000 a 6000 $\mu\text{g.l}^{-1}$ em 28/03/2010 e 28/03/2012.

Tabela 2: Valores dos monitoramentos dos parâmetros PT e Cla durante os anos de 2010 a 2014, à jusante do ponto de lançamento de ETE.

2010			
Campanha	Data da coleta	PT ($\mu\text{g.l}^{-1}$)	Cla ($\mu\text{g.l}^{-1}$)
1°	28/03	179	1000
2°	22/05	20	5000
3°	21/08	179	1000
4°	12/11	20	2000
2011			
Campanha	Data da coleta	PT ($\mu\text{g.l}^{-1}$)	Cla ($\mu\text{g.l}^{-1}$)
1°	28/03	17	1000
2°	22/05	17	3000
3°	21/08	16	1000
4°	12/11	23200	3000
2012			
Campanha	Data da coleta	PT ($\mu\text{g.l}^{-1}$)	Cla ($\mu\text{g.l}^{-1}$)
1°	28/03	17	6000
2°	22/05	17	1000
3°	21/08	17	1000
4°	12/11	17	1000
2013			
Campanha	Data da coleta	PT ($\mu\text{g.l}^{-1}$)	Cla ($\mu\text{g.l}^{-1}$)
1°	28/03	130	6000
2°	22/05	170	1000
3°	21/08	100	1000
4°	12/11	140	1000
2014			
Campanha	Data da coleta	PT ($\mu\text{g.l}^{-1}$)	Cla ($\mu\text{g.l}^{-1}$)
1°	28/03	110	6000
2°	22/05	200	1000
3°	21/08	90	1000
4°	12/11	130	1000

A Tabela 3 apresenta os valores do cálculo do IET através das equações 1, 2 e 3, assim como a sua respectiva classificação.

Tabela 3: Valores do cálculo do IET

2010					
Campanha		Data da coleta	IET PT ($\mu\text{g. l}^{-1}$)	IET Cla ($\mu\text{g. l}^{-1}$)	IET
1°		28/03	56,40	109,89	83,14
2°		22/05	46,91	123,82	85,37
3°		21/08	56,39	109,89	83,14
4°		12/11	46,91	115,89	81,40
2011					
Campanha		Data da coleta	IETPT ($\mu\text{g. l}^{-1}$)	IETCla ($\mu\text{g. l}^{-1}$)	IET
1°		28/03	46,20	109,84	78,04
2°		22/05	46,20	119,40	82,80
3°		21/08	45,94	109,89	77,92
4°		12/11	77,45	119,40	98,42
2012					
Campanha		Data da coleta	IETPT ($\mu\text{g. l}^{-1}$)	IETCla ($\mu\text{g. l}^{-1}$)	IET
1°		28/03	46,20	125,40	85,80
2°		22/05	46,20	109,89	78,05
3°	21/08	46,20	109,89	78,05	
4°	12/11	46,20	109,89	78,05	
2013					
Campanha	Data da coleta	IETPT ($\mu\text{g. l}^{-1}$)	IET Cla ($\mu\text{g. l}^{-1}$)	IET	
1°	28/03	55,00	125,40	90,21	
2°	22/05	56,16	109,89	83,03	
3°	21/08	53,87	109,85	81,88	
4°	12/11	55,33	109,89	82,61	
2014					
Campanha	Data da coleta	IETPT ($\mu\text{g. l}^{-1}$)	IETCla ($\mu\text{g. l}^{-1}$)	IET	
1°	28/03	54,28	125,40	89,84	
2°	22/05	56,87	109,89	83,38	

3°	21/08	53,42	109,89	81,65
4°	12/11	55,00	109,89	82,45

A Figura 2 representa os valores médios do IET dos anos estudados. Nota-se que os valores de IET médio variaram em 13,62% (90,21 e 77,92), ou seja, de acordo com a classificação de Hipetrófico em todos os pontos analisados.

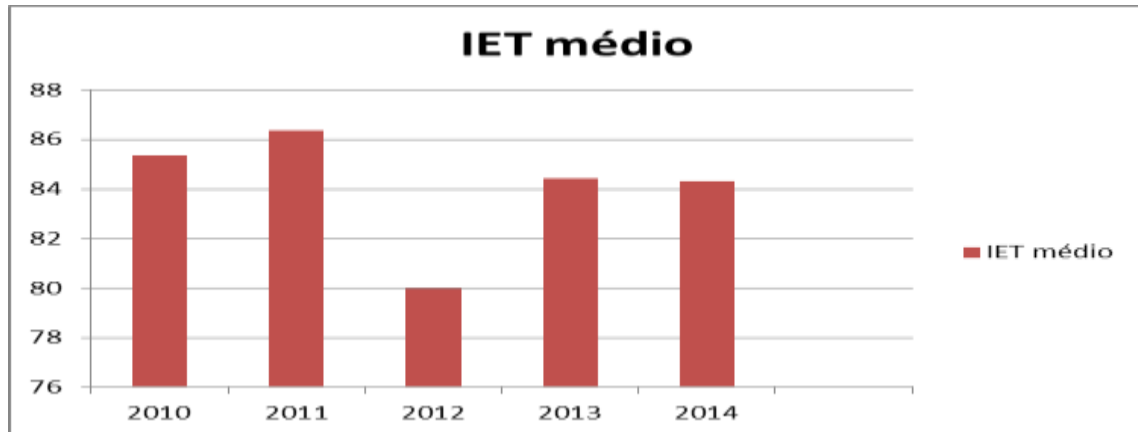


Figura 2: Valores médios do IET durante o período analisado.
Fonte: Os autores.

DISCUSSÃO

A partir da Tabela 2 foi possível observar que os valores de clorofila em todas as campanhas ultrapassaram a valores preconizados pela resolução do CONAMA 357/05 (30 $\mu\text{g/l}$). Isso pode ter contribuído com o aumento do IET, uma vez que, segundo Cunha et al. (2008), a eutrofização em ambientes lóticos seria incomum, devido as características próprias desse sistema, tais como o turbilhonamento, baixo tempo de residência e transporte contínuo da comunidade fitoplanctônica à jusante.

Todavia, na literatura especializada que trata desse assunto, é recorrente encontrar estudos que apontam que o aporte de nutrientes aos ecossistemas lóticos pode conduzir significativas mudanças na biomassa, consequentemente, conduzindo a tais ambientes a eutrofização (SMITH, 2003; SILVEIRA, 2004; HILTON; O'HARE; BOWES, 2006; CUNHA et al., 2008).

De acordo com Santos, Zarzar e Souza (2018), em época de grandes estiagens tende-se a classificar os cursos d'água em graus de trofia mais elevados, uma vez que há menor diluição das concentrações de nutrientes.

Os altos valores de IET encontrados nesta pesquisa podem ser explicados por haver uma estação de Tratamento de Esgoto (ETE) à montante do ponto de

monitoramento da qualidade da água do rio São José. Para Silva (2018), os despejos de esgotos aumentam a turbidez da água e a matéria orgânica, pois, como nos esgotos há abundância de nutrientes e fósforo total, aliados à pouca diluição do corpo d'água, isso favorece o crescimento excessivo de algas.

Os resultados desta pesquisa corroboram com os resultados encontrados por Alves et al (2012) que, ao conduzirem estudo do IET no rio Arari, na Ilha de Marajó, observaram que o IET variou de supereutrófico a hiperutrófico. Esses elevados valores de IET podem ser explicados pelo fato do referido rio apresentar diversas drenagens, que se interligam no período chuvoso, aliados à forte influência antrópica que, por sua vez, contribuem para o crescimento de nutrientes no rio Arari, bem como podem ter elevado o IET.

Por outro lado, os resultados encontrados neste trabalho foram superiores ao encontrados por Andrietti et al., (2016), que realizaram estudo do IET no rio Caiabi, situado na região médio Norte do estado do Mato Grosso, e encontraram valores de 10 a 29. Segundo os mesmos autores, os baixos valores encontrados podem ser explicados pelo fato do rio Caiabi possuir mata ciliar em toda sua extensão.

As características físicas e bióticas de uma bacia possuem importante papel no ciclo hidrológico, influenciando diversos processos (FAUSTINO, 1996). Conhecer a qualidade da água disponível é fundamental para a gestão dos recursos hídricos. A qualidade da água é um termo usado para identificar as características desejadas de acordo com seus múltiplos usos (LIMA; COSTA; SOARES, 2007).

As principais consequências da eutrofização são: perda de biodiversidade alteração no padrão de oxigenação da água; floração de algas, de cianobactérias e de macrófitas aquáticas; restrições aos usos da água; efeitos sobre a saúde humana e aumento dos custos para o tratamento de água.

CONCLUSÃO

Os resultados encontrados na classificação do estado trófico do rio São José, que deságua no Rio Doce, a partir das campanhas de monitoramento nos anos de 2010 a 2014, indicam que as classes podem ter valores diferentes, mesmo sendo coletados no mesmo ponto, em épocas diferentes do ano.

Ao comparar os valores de IET em função das campanhas de monitoramento realizadas durante o ano, no ano de 2010 apresentou a menor variação, sendo 81,40 na quarta campanha e de 85,37 na segunda campanha, variando assim 4,65

pontos percentuais. Essa pequena variação também se repete no ano de 2014. Por outro lado, no ano de 2011 verificou-se maior variação entre os IETs calculados em diferentes campanhas, em que o menor valor foi de 78,04 e o maior 98,42, observados na primeira e quarta campanha, respectivamente.

O IET médio variou de 80 no ano de 2012, a 86,5 no ano 2011. Essa variação deve-se ao fato da sazonalidade da chuva entre os anos, dado que a precipitação pluviométrica impacta consideravelmente nos valores do índice analisado.

O monitoramento da qualidade da água no rio São José, em especial no ponto do rio avaliado, se faz necessário, dado que à montante há uma ETE, o que pode contribuir com os altos valores de IET, causando riscos à saúde pública. Além disso, com os resultados dessa pesquisa, é possível fornecer subsídios para adotar estratégias no sentido de melhorar a qualidade da água, visto que há uma ETA, à montante de ponto de monitoramento, que pode ter influenciado nos resultados desta pesquisa.

Sugere-se, para trabalhos futuros, o uso de imagens de satélites para a avaliação da eutrofização na bacia do rio São José, devido tais imagens permitirem uma análise espacial do IET e de baixo custo, o que não aconteceu neste estudo.

REFERÊNCIAS

ANA - Agência Nacional das Águas. **Água**. Brasília. 2009. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/impressao/publicacoes/fatosetendencias/edicao_2.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2019.

ALVES, I. C. C. et al. Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do rio Arari (Ilha de Marajó, norte do Brasil). **Acta Amazonica**, v. 42 n. 1, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672012000100014>

ANDRIETTI, G. et al. Índices de qualidade da água e de estado trófico do rio Caiabi, MT. **Revista Ambiente e Água**, v. 11, n. 1, 2016.

BRASIL. **Resolução do CONAMA nº 357, 17 de março de 2005**. Dispõem sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, em como estabelece as condições e padrões de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, 2005. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/Delibera%C3%A7%C3%A3o%20Normativa%20Conjunta%20COPAM%20CERH%20N.%C2%BA%201,%20de%2005%20de%20Maio%20de%202008.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2019.

CARLSON, R. E. A trophic state index for lakes. **Limnology and Oceanography**, v. 22, n. 2, p. 361- 369. 1977. Disponível em: <https://www.nrc.gov>. Acesso em: 14 jul. 2020.

CUNHA, D. G. F.; FALCO, P. B.; CALIJURI, M. C. Densidade fitoplanctônica e estado trófico dos rios Canha e Pariquera-Açu, bacia hidrográfica do rio Ribeira de Iguape, SP, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 3, n. 2, 2008.

FAUSTINO, J. **Planificación y gestión de manejo de cuencas**. Turrialba CATIE, 1996, 90p.

HILTON, J.; O'HARE, M.; BOWES, M. J. How green is river? A new paradigm of eutrophication in rivers. **Science of Total Environment**, v. 365, p. 66-83, 2006.

INCAPER. **Programa de assistência técnica e extensão rural PROATER 2011 – 2013**. Disponível em < https://incaper.es.gov.br/media/incaper/proater/municipios/Noroeste/Agua_Branca.pdf> Acessado em 15 de out. 2020.

LIMA; A. J. B.; COSTA, G. R. L. X.; SOARES, L. P. C. Avaliação do índice de qualidade da água (IQA) nos reservatórios com capacidade de acumulação de água acima de 5 milhões de metros cúbicos, monitorados pelo IGARN na Bacia Hidrográfica Apodí-Mossoró/RN nos anos de 2005 e 2006. **Anais**. VIII Congresso de Ecologia do Brasil, Caxambu – MG, 2007.

PIRH RIO DOCE - Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Doce e dos Planos de Ações de Recursos Hídricos para as Unidades de Planejamento e gestão de Recursos Hídricos no Âmbito da Bacia do Rio Doce. **Plano de ação de recursos hídricos da unidade de análise São José PARH São José**. 2010. Disponível em: < http://www.cbhdoce.org.br/wp-content/uploads/2014/10/PARH_Sao_Jose.pdf>. Acesso em 15 out. 2020.

SANTOS, P. R. B.; ZARZAR, C. A.; SOUSA, K. N. S. Avaliação do estado trófico atual do reservatório da Usina Hidrelétrica de Curuá-Una, a mais antiga represa construída na Amazônia Central. **Biota Amazônia**, Macapá, AP, v. 8, n. 4, p. 45-48, 2018. Disponível em: <http://periodicos.unifap.br/index.php/biota>. Acesso em: 14 out, 2020.

SILVA, T. T. **Estudo sobre as variáveis responsáveis pela eutrofização das águas dos reservatórios do semiárido cearense**. 2018. 51 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

SILVEIRA, M. P. **Aplicação do biomonitoramento para avaliação da qualidade da água em rios**. São Paulo: Jaguariuna: Empraba Meio Ambiente, 2004. 68 p.

SMITH, V. H. Eutrophication of Freshwater and coastal marine ecosystems: a global problem. **Environment Science & Pollution Research**, v. 10, p. 126-139, 2003.