

VARIABILIDADE DO ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO DO RESERVATÓRIO DA MARCELA EM SERGIPE

Igor Santos Silva^{1}; Maria Caroline Silva Mendonça²; Anamália Ferreira da Silva³; Carlos Alexandre Borges Garcia⁴ & Helenice Leite Garcia⁵*

Resumo – A necessidade dos sistemas de gestão e monitoramento das condições ambientais dos reservatórios de água vem intensificando-se muito nas últimas décadas em virtude principalmente das altas taxas de pobreza e, conseqüentemente, das condições inadequadas de uso e tratamento de água. Neste trabalho, foram aplicadas as equações do índice de Estado Trófico de Carlson (1977) modificado por Lamparelli (2004) para avaliação da qualidade de água em reservatórios localizado em Itabaiana, Sergipe, quanto as concentrações de nutrientes lançados no corpo hídrico. Para esta análise, foram usadas as concentrações de fósforo e clorofila-a para determinação do IET e foi calculado também um grau de trofia médio entre essas duas variáveis. Para a caracterização do reservatório foram mensuradas dezessete variáveis em cinco campanha. Para o IET médio de Carlson modificado, o reservatório foi classificado como hipereutrófico em termos da concentração de clorofila e para as concentrações de fósforo o reservatório foi classificado em grau de trofia entre mesotrófico e hipereutrófico, o que é possível concluir que o reservatório se apresenta como hipereutrófico como consequência das atividades urbanas na região do reservatório..

Palavras-Chave – Índice de Estado Trófico, Eutrofização, Reservatórios.

VARIABILITY OF THE TROPIC STATE INDEX OF MARCELA RESERVOIR IN SERGIPE

Abstract – The necessity of management systems and monitoring of the environmental conditions of water reservoirs has been intensifying in the last decades mainly because of the high poverty rates and, consequently, the inappropriate water use and treatment conditions. In this paper, the equations of Carlson (1977) about Trophic State Index modified by Lamparelli (2004) were applied to evaluate the water quality in reservoirs located in Itabaiana, Sergipe, as well as the concentrations of nutrients released into the water body. In this context, concentrations of phosphorus and chlorophyll-a were used to determine the TSI, and a mean trophic degree was calculated between these two variables. Furthermore, the characterization of the reservoir, ten variables were measured in five seasons. Taking the modified Carlson-TSI the reservoir was classified as hypereutrophic in terms of the concentration of chlorophyll and for the phosphorus concentrations the reservoir was classified in a trophic degree between mesotrophic and hypereutrophic, which is possible to conclude that the reservoir is presented as Hypereutrophic as a consequence of urban activities in the reservoir region. Times New Roman, 12 pt. com no máximo 200 palavras, em Inglês. A entrelinha deve ter espaçamento simples.

Keywords – Trophic State Index, Eutrophication, Reservoir.

^{1*}Mestrando do Curso de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, UFS, Avenida Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze, São Cristóvão, SE, CEP: 49100-000, ssantos.igor@hotmail.com (apresentador do trabalho);

² Mestre em Recursos Hídricos pela UFS, carolinesmendonca@gmail.com;

³ Mestre em Recursos Hídricos pela UFS, anamalia@outlook.com;

⁴ Professor do Curso de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, UFS, Avenida Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze, São Cristóvão, SE, CEP: 49100-000, cgarcia@ufs.br;

⁵ Professora, Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal de Sergipe, Avenida Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze, São Cristóvão, SE, CEP 49100-000, helenice@ufs.br.

1 INTRODUÇÃO

De todos os elementos para existência e sobrevivência de seres vivos na Terra, a água é necessariamente o principal. E de toda a quantidade de água presente no planeta 96,5 % aproximadamente é água salgada, o que torna seu uso para a sobrevivência do ser humano algo inimaginavelmente escasso. Para o percentual de água doce, 0,7% representa a quantidade de água existente em rios, lagos e abaixo da superfície terrestre e próximas dessa quantidade é que surgem as comunidades, o que torna a disponibilidade água muito frágil.

O crescimento populacional próximos de reservatórios de água traz consequências devastadoras. Essas consequências estão relacionadas a falta de tratamento de esgoto, uso excessivo de fertilizantes, entre outros. Dessa forma, as características de um corpo hídrico devem ser monitoradas constantemente.

A qualidade de um corpo hídrico é identificada e limitada através de valores dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos que definem o tratamento e o uso da água. A água é elemento presente em muitas atividades humanas, por exemplo, pode ser usada para abastecimento público de água, em diversos setores industriais, manutenção da vida aquática, irrigação e navegação (ANDREOLI e CARNEIRO, 2005).

É importante comentar que a partir desses parâmetros é possível definir o uso, bem como os impactos que, havendo necessidade, a falta de tratamento ou enquadramento desses critérios podem causar à saúde humana e manutenção da vida aquática.

Além disso, esses parâmetros são padrões de qualidade que estão inseridos na legislação vigente, em resoluções do Ministério do Meio Ambiente, que tornam a definição, determinação, monitoramento e a gestão dos recursos hídricos ações de sobrevivência do ser humano no planeta.

Para essa análise, a qualidade das águas naturais deve ser avaliada em termos de parâmetros ambientais como turbidez, temperatura, condutividade, pH, concentrações de nitrogênio, nitrato, fósforo, oxigênio dissolvido, matéria orgânica e micro poluentes orgânicos e inorgânicos, além de parâmetros biológicos relacionados à presença de microrganismos, como coliformes totais e termotolerantes.

2 EUTROFIZAÇÃO

De acordo com Balcerzak (2005, apud MENDONÇA, 2014), a eutrofização é um processo de proliferação de matéria orgânica em meio hídrico que resulta na multiplicação de matéria vegetal que, por decomposição, provoca a diminuição do oxigênio necessário à vida animal e, conseqüentemente, a diminuição da atividade biológica desse ecossistema. A eutrofização pode ser classificada em natural e artificial. A eutrofização artificial é aquela provocada pelo homem, também denominada de eutrofização antrópica, sendo atualmente principal evidência de uma contaminação da água pelo aumento da concentração de nutrientes.

Dessa forma, para Olsen (2013), a consequência mais importante da eutrofização é a produção de compostos tóxicos a partir de cianobactérias. Essas toxinas seguem um caminho na cadeia alimentar que podem resultar em morbidez e mortalidade. Quando as algas morrem ou são ingeridas, elas liberam neurotoxinas que podem matar animais e representar uma ameaça aos seres humanos.

Segundo Mohan (2012), efluentes de esgotos sem tratamento e escoamentos agrícolas que transportam fertilizantes são exemplos de processos de eutrofização causados pelo homem. No entanto, o processo ocorre naturalmente em situações em que os nutrientes se acumulam ou nas quais eles fluem para sistemas de bases efêmeras.

Ainda de acordo com Mohan (2012), o processo de decomposição utiliza o oxigênio e priva as águas mais profundas deste, que pode matar os seres aeróbios. Além do mais, os nutrientes necessários para manter a vida dos organismos ficam retidos na parte inferior do ecossistema aquático e, se estes não são trazidos para mais perto da superfície, onde há mais luz disponível para a fotossíntese, uma séria tensão é colocada sobre as populações de algas. O crescimento avançado da vegetação aquática ou fitoplâncton e a proliferação de algas perturbam o funcionamento normal do ecossistema, causando uma variedade de problemas, tais como problemas de saúde que ocorrem quando as condições eutróficas interferem no tratamento de água potável. Como consequência desse processo, ou seja, devido ao acúmulo de sedimentos, ocorre a produção de gases tóxicos, como o gás sulfúrico, e de toxinas, como a amônia.

Para Chin (2013), vários compostos ou combinações de produtos químicos são considerados tóxicos para a vida humana e aquática e tem o potencial de ocorrer no ambiente hídrico a níveis perigosos. Em alguns casos, o desequilíbrio do ecossistema é provocado pela falta de uma substância que é essencial para o bem-estar do meio e não pela presença de uma substância tóxica. Assim, a taxa de oxigênio dissolvido e a demanda bioquímica de oxigênio são os parâmetros mais importantes para avaliar a saúde do ecossistema.

2.1 Índice de Estado Trófico

A partir desses parâmetros são determinados índices que indicam a qualidade da água, definindo assim o uso daquela quantidade de água. Um desses índices é o Índice de Estado Trófico proposto por Carlson em 1977. O Índice do Estado Trófico classifica o corpo hídrico em diferentes graus de trofia, ou seja, determina a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes, como fósforo e clorofila, e que provoca o crescimento excessivo das algas ou de macrófitas aquáticas (MARTÍNEZ e PALACIOS, 2015).

Para esse índice, limnologicamente os corpos hídricos podem ser classificados em níveis tróficos: oligotrófico, mesotrófico, eutrófico e hipereutrófico. Segundo Esteves (1998) e Sperling (2007), os ambientes oligotróficos são corpos de água limpos, com baixa produtividade e água transparente, sem relevantes interferências quanto ao seu uso; os corpos denominados de mesotróficos são corpos de água com relevantes interferências sobre a qualidade da água, mas em níveis ainda aceitáveis, na maioria dos casos. Os corpos eutróficos apresentam alta produtividade em relação às condições naturais, possuem características de baixa transparência com resultado de atividades humanas que impactam na qualidade da água e, conseqüentemente interfere diretamente nos múltiplos usos da água. O pior nível de trofia por assim dizer é o denominado de corpo hídrico hipereutrófico, que são corpos de água com elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, o que compromete grandemente o seu uso.

Carlson e Simpson (1996) definiram o Índice de Estado Trófico (IET) com base na biomassa fitoplancônica presente em determinado corpo d'água, em local e tempo específicos. Estes autores definiram também que o estado trófico não é o mesmo que a qualidade da água, mas um aspecto importante da mesma. Nesse índice, estão inseridas as variáveis clorofila-a, transparência (disco de Secchi), nitrogênio total e fósforo total para estimar a concentração de biomassa de algas.

O Índice do Estado Trófico para o fósforo – IET(PT) e o Índice do Estado Trófico para a clorofila a – IET(CL), modificados por Lamparelli (2004), sendo estabelecidos para ambientes lóticos e lênticos, estão descritos pelas equações 1 a 4.

Índice de Estado Trófico para Rios:

$$IET (CL) = 10, \left[6 - \left(\frac{-0,7 - 0,6 \cdot \ln(CL)}{\ln(2)} \right) \right] - 20 \quad (1)$$

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

Índice de Estado Trófico para Reservatórios:

$$IET (CL) = 10 \cdot \left[6 - \left(\frac{0,92 - 0,34 \cdot \ln(CL)}{\ln(2)} \right) \right] \quad (3)$$

$$IET (PT) = 10 \cdot \left[6 - \left(\frac{1,77 - 0,42 \cdot \ln(PT)}{\ln(2)} \right) \right] \quad (4)$$

Nestas equações, tem-se PT: concentração de fósforo total medida à superfície da água, em $\mu\text{g.L}^{-1}$; e CL: concentração de clorofila a medida à superfície da água, em $\mu\text{g.L}^{-1}$.

A Tabela 1 mostra os limites dos níveis de trofia proposto por Lamparelli (2004) através da modificação das equações de Carlson (1977).

Tabela 1 - Estado Trófico para reservatórios segundo Lamparelli (2004)

Estado Trófico	Ponderação	P-total (mg/m^3)	Clorofila a (mg/m^3)
Ultraoligotrófico	$IET \leq 47$	$P \leq 8$	$CL \leq 1,77$
Oligotrófico	$47 < IET \leq 52$	$8 < P \leq 19$	$1,77 < CL \leq 3,24$
Mesotrófico	$52 < IET \leq 59$	$19 < P \leq 52$	$3,24 < CL \leq 11,03$
Eutrófico	$59 < IET \leq 63$	$52 < P \leq 120$	$11,03 < CL \leq 30,55$
Supereutrófico	$63 < IET \leq 67$	$120 < P \leq 233$	$30,55 < CL \leq 69,05$
Hipereutrófico	$IET > 67$	$233 < P$	$69,05 < CL$

2. MATERIAIS E MÉTODO

2.1 Ambiente de Estudo

O perímetro do Açude da Marcela está situado no espaço urbano do município de Itabaiana, em Sergipe, com capacidade de armazenamento de 2.710.000 m^3 e foi projetado para fornecer água de irrigação para 156 hectares. O açude é bastante utilizado como fonte de água para a produção de hortaliças que abastece os mercados de Itabaiana e grande parte do estado. A água do açude apresenta qualidade imprópria para irrigação, possivelmente, em função dos despejos agrícolas (agrotóxicos), que escoam para essa área através dos rios ou dos lençóis freáticos, e esgotos domésticos e industriais descartados no reservatório sem qualquer tratamento.

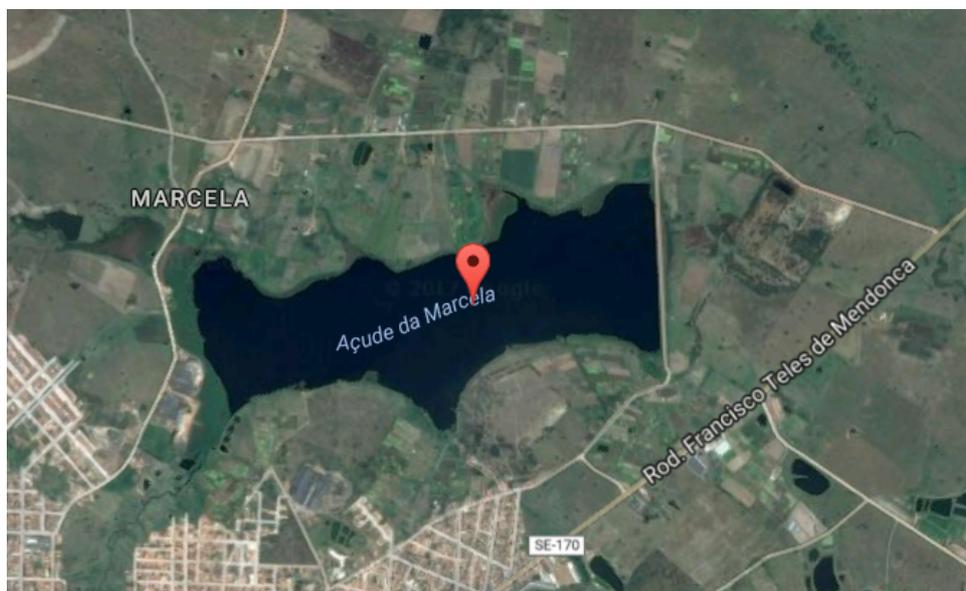


Figura 1 - Açude da Marcela, em Itabaiana-SE (GOOGLE MAPS, 2017)

2.2 Dados ambientais

Os dados para o presente estudo foram determinados segundo metodologia descrita pelo APHA, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, e fornecidos pelo LQA/DQI/UFS. As variáveis de qualidade da água foram analisadas de acordo com os padrões estabelecidos na Resolução nº. 357/2005 do CONAMA, indicados na Tabela 2. O desvio padrão de cada variável não foi considerado significativo para o trabalho, pois alguns parâmetros apresentaram valores de desvio muito próximos aos da média, devido à influência dos períodos de chuva e seca em que as amostras foram coletadas. Cabe ressaltar, no entanto, que a estratificação dos dados por período climático não foi realizada neste, pois a análise foi feita por estação.

Tabela 2 - Parâmetros avaliados no Açude da Marcela

Parâmetro	Média	Desvio Padrão	CONAMA
Condutividade (mS cm^{-1})	1,67	0,63	-
Cor (Pt-Co)	21,48	13,28	75 mg Pt-Co
pH	8,56	0,39	Entre 6,0 e 9,0
Sólidos Totais (mg L^{-1})	1058,02	339,64	500
Sólidos Suspensos (mg L^{-1})	23,06	24,79	-
Oxigênio Dissolvido (mg L^{-1})	5,32	2,85	5
N-NH ₄ ($\mu\text{g L}^{-1}$)	48,19	39,66	500 $\mu\text{g/L}$ para pH > 8,5 e de até 2000 $\mu\text{g/L}$ para 7,5 < pH \leq 8,0
N-NO ₂ ($\mu\text{g L}^{-1}$)	146,92	146,31	1000
N-NO ₃ ($\mu\text{g L}^{-1}$)	1255,96	615,88	10000
N Total (mg L^{-1})	4,52	3,32	1,27
P Total (mg L^{-1})	415,14	200,3	0,05
Clorofila-a ($\mu\text{g L}^{-1}$)	59,28	63,2	30
Temperatura Água ($^{\circ}\text{C}$)	28,23	1,82	-

Fonte: Mendonça *et al* (2014)

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo Tundisi e Tundisi (2002), a extensão da eutrofização de lagos, rios e represas baseia-se nas concentrações de nitrogênio, fósforo e clorofila a, sendo esta extensão um indicativo do grau de eutrofização de um ambiente aquático. De acordo com os parâmetros analisados neste trabalho, observa-se que as concentrações de fósforo e dos compostos nitrogenados, bem como a concentração de clorofila, estão acima dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA nº 357/05 para o reservatório Marcela.

O Índice do Estado Trófico classifica o corpo hídrico em diferentes graus de trofia, ou seja, determina a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes, como fosforo e clorofila, e que provoca o crescimento excessivo das algas ou de macrófitas aquáticas. Sendo assim, o IET para esse reservatório está de acordo com a análise dos parâmetros ambientais.

Os valores de concentração de fosforo e de clorofila foram utilizados para classificar o reservatório da Marcela quanto ao seu estado de trofia. As Figuras 2 e 3 mostram os resultados do IET de Carlson Modificado para as médias dessas concentrações em cinco campanhas em oito estações ou pontos de coletas. É importante ressaltar que na primeira campanha somente em 4 pontos foram feitas as medidas por motivos operacionais. Para as concentrações de clorofila, o reservatório

pode ser classificado eutrófico, ressaltando que a primeira campanha foi realizada em período seco, o que caracterizou o reservatório como hipereutrófico, ou seja, extremamente poluído.

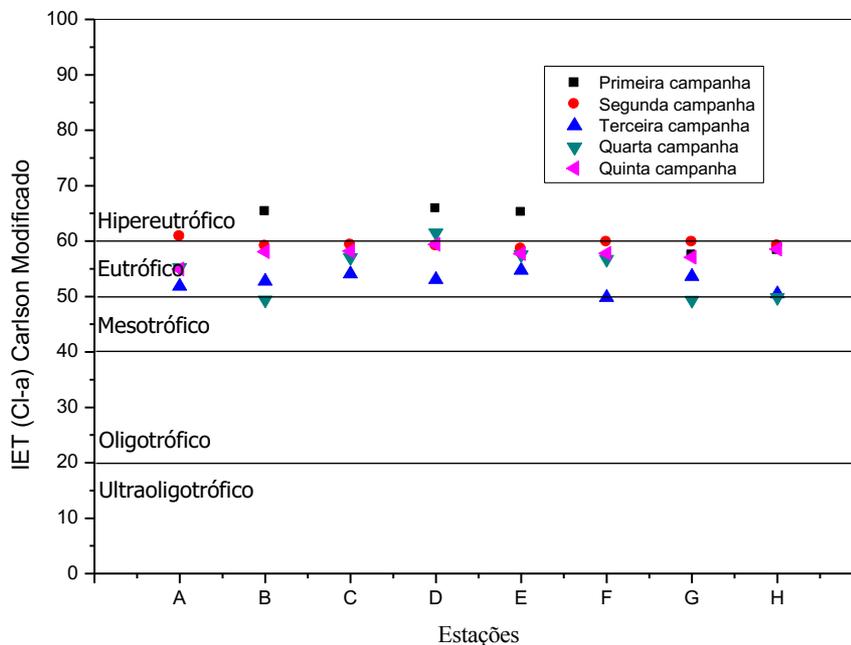


Figura 2 – IET de Carlson Modificado em função da concentração de clorofila

Para os valores da concentração de fósforo total, o reservatório Marcela pode ser classificado entre eutrófico e mesotrófico, com forte tendência a hipertrofia em todas estações.

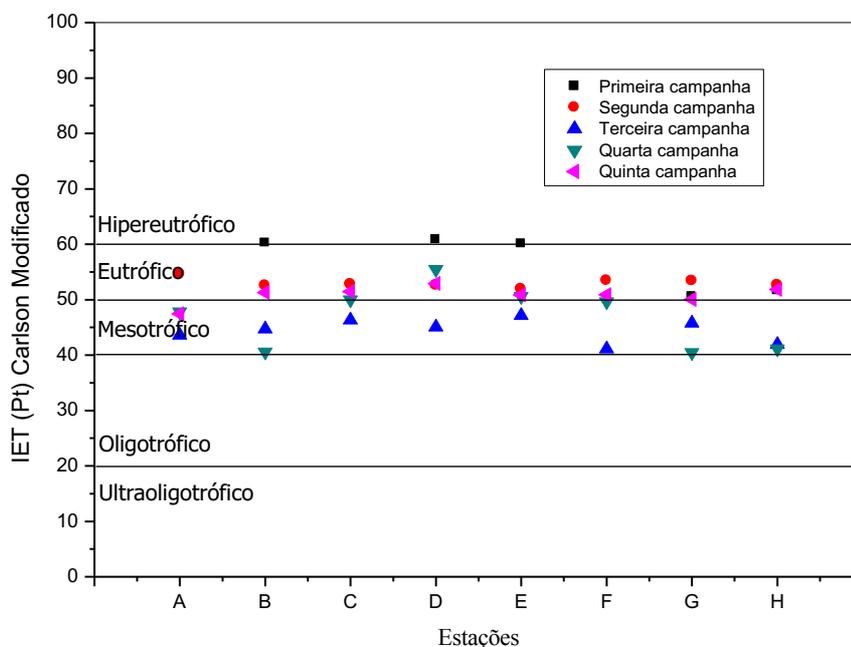


Figura 3 – IET de Carlson e IET de Carlson Modificado em função da concentração de fosforo

4 CONCLUSÕES

Neste trabalho, verificou-se comparando os resultados dos parâmetros mensurados com os atribuídos pela Resolução nº. 357/2005 do CONAMA, que o reservatório da Marcela encontra-se fora do limites estabelecidos para corpos de água doce classe 2 de qualidade, conforme estabelecido pela Portaria SUREHMA nº 004 de 21/03/91. Os valores obtidos das variáveis analisadas permitem classificá-lo como corpo de água doce de classe 4, que são águas que podem ser destinadas apenas à navegação e à harmonia paisagística. No entanto, sabe-se que este reservatório é utilizado para abastecimento para consumo humano, dessedentação animal e irrigação de hortaliças.

Os valores do Índice de Estado Trófico (IET), calculados para as oito estações avaliadas ao longo do reservatório são indicadores de estado de eutrofização e que o reservatório se apresenta com forte tendência à hipereutrofização. As elevadas concentrações de clorofila e fósforo neste corpo hídrico estão associadas ao crescimento urbano próximo as suas margens, sendo, portanto, um receptor de grande carga de efluentes domésticos e industriais, provavelmente por elevado e inadequado uso de fertilizante agrícola.

AGRADECIMENTOS

Ao LQA/UFS pela concessão dos dados utilizados e à FAPITEC pela concessão dos recursos financeiros utilizados no desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL). **Panorama da Qualidade das Águas Superficiais no Brasil** / Agência Nacional de Águas, Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. – Brasília: ANA, SPR, 2014.
- ANDREOLI, C. V.; CARNEIRO, C. **Gestão Integrada de Mananciais de Abastecimento Eutrofizados**. SANEPAR/FINEP, Curitiba-PR, 500 p, 2005.
- APHA/AWWA/WEF. EATON, A.D.; et al. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21ª ed. Washington: American Public Health Association. 1082 p, 2005.
- BALCERZAK, W. **The Protection of Reservoir Water against the Eutrophication Process**. Polish J. of Environ. Stud. Vol. 15, No. 6 (2006), 837-844. Disponível em: <<http://6csnfn.pjoes.com/pdf/15.6/837-844.pdf>>. Acesso em: mar. 2014.
- CHIN, D. A. **Water-Quality Engineering in Natural Systems: Fate and Transport Processes in the Water Environment**. New Jersey: WILEY, 2013, 471p.
- CONAMA. **Conselho Nacional do Meio Ambiente**, Resolução nº 357, 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/>>. Acesso em 12 jun. 2014.
- ESTEVES, F. A. Fundamentos de limnologia. Rio de Janeiro, Interciência, FINEP, 1998
- LAMPARELI, M.C. Grau de trofia em corpos de água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento. São Paulo: USP, 2004. 207f. (Tese de doutorado).
- MARTÍNEZ, M. L. L.; PALACIOS S. M. L.. Estado Trófico de un Lago Tropical de Alta Montaña: Caso Laguna de La Cocha. Cien. Ing. Neogranadina, 25 (2): 21-42, 2015.

MENDONÇA, M. C.. Avaliação do processo de eutrofização dos reservatórios açude da marcela e rio jacarecica através do índice de qualidade da água para reservatórios. Trabalho de Conclusão de Curso. DEQ/UFS, 2014.

MOHAN, S. M. **Comparative Study of Rice Straw and Ragi Straw for the Inhibition of Algal Bloom in Fresh Water**. International Research Journal of Biological Sciences, India, Vol 1(6), 31-37, 2012.

OLSEN, K. R. **Manual de Toxicologia Clínica**. 6ed. Rio de Janeiro: Grupo A, 2013, 832p.

SPERLING, M.. Estudos e modelagem da qualidade da água de rios. Minas Gerais:DESA/UFMG, 2007.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI-MATSAMURA, T., 2002. **Lagos e Reservatórios. Qualidade de Água: O Impacto de Eutrofização**. V.3 Disponível em: <<http://www.rimaeditora.com.br/lagos.pdf>>. Acesso em: Acesso em: 06 set. 2014.