

IV-115 - ESTUDO COMPARATIVO DE AVALIAÇÃO DO ESTADO TRÓFICO DO RESERVATÓRIO AYRES DE SOUZA LOCALIZADO NA REGIÃO NORTE DO ESTADO DO CEARÁ, BRASIL

Francisca Nathália A. Machado⁽¹⁾

Graduada em Tecnologia em Saneamento Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE, Campus Sobral).

Renata Rochelly de Mesquita Cavalcante⁽²⁾

Graduada em Tecnologia em Saneamento Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE, Campus Sobral).

Carlos Henrique Andrade Pacheco⁽³⁾

Mestre docente do Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE, Campus Fortaleza).

Sâmara Kersia Melo Sales⁽⁴⁾

Mestre docente do Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE, Campus Fortaleza).

Endereço⁽¹⁾: Rua Dr. José Custódio de Azevedo – Parque Silvana 2 - Sobral - CE - CEP: 62040-100 - Brasil - Tel: +55 (88) 9714-2906 - e-mail: **nathalia.fam@gmail.com**

RESUMO

Este estudo foi realizado no reservatório Ayres de Souza, no distrito de Jaibaras, situado a 24 km do município de Sobral – CE, com o objetivo de analisar os parâmetros físico-químicos de suas águas e através desses, avaliar o Índice de Estado Trófico (IET) nos modelos de Carlson (1977), modificado por Toledo et al. (1983) e Lamparelli (2004), fazendo a comparação entre ambos. O monitoramento da qualidade da água ocorreu com frequência mensal no período de Junho a Dezembro de 2010 (caracterizado como período seco), com amostragens na sub-superfície em cinco pontos de coleta distribuídas de forma a abranger todo o manancial. Diante dos resultados verificados para os parâmetros transparência, turbidez, amônia total, nitrato, nitrogênio total, fósforo total, ortofosfato e clorofila “a”, o ambiente lântico apresenta-se em condições de avançado estado de eutrofização, devido principalmente ao aporte de macronutrientes (nitrogênio e fósforo), para ambas as metodologias. Todas as variáveis analisadas estão dentro dos padrões estabelecidos pela resolução, com exceção da concentração de fósforo total encontrada ao longo do período de estudo, que apresentou uma concentração média de 0,264 mg/L, estando aproximadamente 866,7% acima do limite máximo estabelecido pela Resolução CONAMA Nº 357/05 (0,030 mg/L), para cursos de água em condição classe 2, sendo explicada pela exercida atividade de piscicultura desenvolvida em tanques-redes no reservatórios e fontes pontuais de poluição. Os resultados demonstram uma necessidade urgente de projetos de manejos e recuperação da qualidade das águas deste reservatório, com redução das entradas de PT, desenvolvimento de piscicultura de forma sustentável, sem prejuízo aos demais usos, com destaque para o abastecimento humano.

PALAVRAS-CHAVE: Reservatório, Eutrofização, Nutrientes, Índice de Estado Trófico.

1. INTRODUÇÃO

A água cobre cerca de 77% da superfície terrestre, estando esta área distribuída da seguinte forma: 362,3 milhões de Km² de oceanos e mares, 17,5 milhões de Km² de calhas de rios e pântanos, 16,3 milhões de Km² de calotas polares e geleiras e 2,1 milhões de Km² de lagos (REBOUÇAS et al., 2006). Atualmente, segundo a Comissão Mundial de Barragens (2000), países como China, EUA, Índia, Japão e Espanha, são os detentores da maior quantidade de reservatórios no mundo. O Brasil por sua vez, possui 1% do total de reservatórios em funcionamento mundialmente.

Ceballos et al. (1997) afirma que o semi-árido nordestino é uma região historicamente marcada por grandes estiagens, o que caracteriza o baixo desenvolvimento da região. A qualidade das águas deriva dos ambientes em que se originam, circulam e/ou ficam armazenadas (REBOUÇAS et al., 2006). O crescimento demográfico

resulta no aumento do uso dos corpos hídricos e, conseqüentemente, a sua degradação pela poluição e contaminação. Os problemas decorrentes destes fatores só poderão ser solucionados ou minimizados mediante o conhecimento científico do ecossistema, obtido através de um monitoramento constante dos corpos hídricos naturais ou artificiais (ALMEIDA; SCHWARZBOLD, 2003). Duarte et al. (1998) ressaltam que dados acumulados são abundantes e quando relacionados com vários parâmetros, pode se recorrer a “índices”, para facilitar a sua interpretação, que resumem em um único ou em poucos valores o conjunto de informações obtidas.

O Índice de Estado Trófico tem a finalidade de classificar os corpos d’água em diferentes graus de trofia, avaliando assim o seu enriquecimento por nutrientes (ZAGATTO, 1999). A avaliação do estado trófico de sistemas aquáticos pode oferecer subsídios para a formulação de planos de manejo e gestão desses ecossistemas, por meio de estratégias que internalizem as premissas da sustentabilidade dos recursos hídricos e que incorporem uma visão prospectiva, pautada na garantia dos usos múltiplos da água em médio e longo prazo (CUNHA, 2007).

Segundo dados da COGERH (Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos) em 2008 foram avaliados 126 açudes no estado do Ceará, onde 61% apresentaram características de eutrofização, e 10% encontram-se acima dos valores de eutrofização, o que os enquadra como hipereutrofizados.

O Estado do Ceará se caracteriza pelo grande numero de reservatórios que perenizam trechos dos cursos principais. O açude Ayres de Souza, localizado no município de Sobral, pereniza o rio Jaibaras, integrante da Bacia Hidrográfica do rio Acaraú, e atende aos usos múltiplos: consumo humano, irrigação e pecuária, piscicultura artesanal e em tanques-redes, lazer e dessedentação de animais (CEARÁ, 2004).

O objetivo desse trabalho é analisar a dinâmica do reservatório Ayres de Souza e determinar seu Índice de Estado Trófico através da metodologia de Carlson (1977) modificado por Toledo Jr. et al. (1983) e de Lamparelli (2004), caracterizando os estágios de eutrofização, comparando os resultados e fazendo sua aplicação para o reservatório.

2. METODOLOGIA

2.1 Caracterização da Área de Estudo

2.2 Características Fisiográficas

O açude Ayres de Sousa, localizado na região norte do estado do Ceará (Figura 1), encontra-se sob coordenadas 3° 45’ S e 40° 27’ W, situando-se a aproximadamente 240 km de Fortaleza. Possui seu barramento construído no distrito de Jaibaras, situado a 24 km do município de Sobral, onde represa o rio Jaibaras, que possui uma área de drenagem de 1.101,87 Km², nascendo na Serra da Ibiapaba e atravessando os municípios de Graça, Pacujá, Mucambo, Cariré e chegando ao distrito onde é barrado.

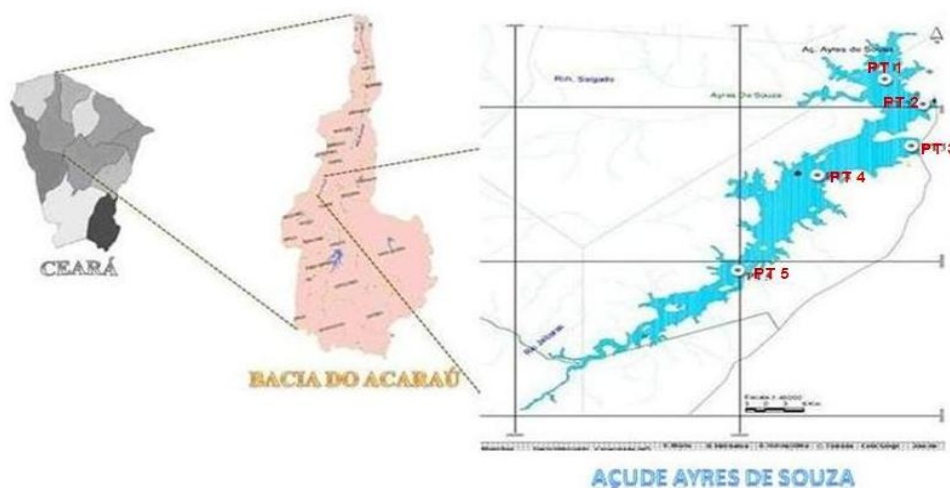


Figura 1: Localização do Açude Ayres de Souza

2.3 Coleta e amostragem de dados

As coletas de água foram realizadas mensalmente no período de Junho de 2010 a Dezembro de 2010 (caracterizado como período seco), nos cinco pontos ao longo do reservatório (Figura 1), sempre no horário da manhã (entre 7:30h e 10:30h), coletadas de forma sub-superficial entre 0,30 e 0,50 m. A identificação dos pontos de amostragem, as coordenadas geográficas e UTM são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Coordenadas geográficas dos pontos amostrais

PONTOS DE COLETA	COORDENADAS	
	UTM	GEOGRÁFICA
PT – 1 (a montante do ponto de captação)	0332251/9582662	S 03°46.485/W 040°30.663
PT – 2 (captação)	0333330/9582024	S 03°46.836/W 040°30.075
PT – 3 (2° Barramento)	0333064/9580625	S 03°47.594/W 040°30.219
PT – 4 (central 1)	0330272/9579597	S 03°48.152/W 040°31.729
PT – 5 (próximo a entra do rio Jaibaras)	0329458/9576996	S 03°49.561/W 040°32.174

2.4 Metodologias Analíticas e Variáveis Analisadas

Para a determinação das variáveis físicas e químicas: transparência, turbidez, amônia total, nitrito, nitrato, nitrogênio total, fósforo total, ortofosfato e clorofila “a”, tanto para a preservação, quanto para o transporte e análises, foram seguidos os métodos propostos pelo “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” (APHA, 2005).

3. Índice de Estado Trófico do Reservatório

3.1 Índice de Estado Trófico de Toledo

$$\text{IET(S)} = 10 \times \{6 - [(0,64 + \ln(\text{S})) / \ln 2]\} \quad [\text{Eq. 01}]$$

$$\text{IET (PT)} = 10 \times \{6 - [\ln (80,32 / \text{PT}) / \ln 2]\} \quad [\text{Eq. 02}]$$

$$\text{IET (OPS)} = 10 \times \{6 - [\ln (21,67 / \text{OPS}) / \ln 2]\} \quad [\text{Eq. 03}]$$

$$\text{IET (CL)} = 10 \times \{6 - [(2,04 - 0,695 \ln (\text{Cl})) / \ln 2]\} \quad [\text{Eq. 04}]$$

De acordo com Toledo et al. (1983), a transparência medida através do disco de Secchi é afetada pela elevada turbidez da água na maior parte do ano. Para compensar este problema, sugere-se ponderar o IET médio, de forma a dar menor peso a variável transparência da água, da seguinte forma:

$$\text{IET (médio)} = \{\text{IET(S)} + 2 \times [\text{IET (PT)} + \text{IET (OPS)} + \text{IET (Cl “a”)}]\} / 7 \quad [\text{Eq. 05}]$$

3.2 Índice de Estado Trófico de Lamparelli

$$\text{IET (S)} = 10 \times \{6 - [\ln(\text{S})/\ln(2)]\} \quad [\text{Eq. 06}]$$

$$\text{IET (PT)} = 10 \times \{6 - [(1,77 - (0,42 \times \ln(\text{P})/\ln 2))]\} \quad [\text{Eq. 07}]$$

$$\text{IET (Cl)} = 10 \times \{6 - [0,92 - 0,34 \times \ln (\text{Cl})/\ln 2]\} \quad [\text{Eq. 08}]$$

$$\text{IET (médio)} = \{\text{IET(S)} + 2 \times [\text{IET (PT)} + \text{IET (Cl “a”)}]\} / 5 \quad [\text{Eq. 09}]$$

Para cada metodologia aplicada foi apresentada na Tabela 2 a classificação trófica adotada:

Tabela 2 - Critério de Classificação adotado para os Níveis de Trofia

NÍVEL TRÓFICO	CRITÉRIO IET (MÉDIO) DE TOLEDO	CRITÉRIO IET (MÉDIO) DE LAMPARELLI
Ultraoligotrófico	-	$IET \leq 47$
Oligotrófico	$IET \leq 44$	$47 < IET \leq 52$
Mesotrófico	$44 < IET \leq 54$	$52 < IET \leq 59$
Eutrófico	$IET > 54$	$59 < IET \leq 63$
Supereutrófico	-	$63 < IET \leq 67$
Hipertrófico	-	$IET > 67$

4. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

Considerando o período amostral estudado no reservatório, caracterizado como seco (junho a dezembro de 2010), verificou-se precipitação máxima no mês de dezembro (279,1 mm). A pluviometria registrada foi de 451,2mm, concentrada nos meses de outubro e dezembro, 91,3% acima da média histórica da última década, que demonstrou maior distribuição da precipitação nos meses (Figura 2). Observou-se na média histórica que os meses de junho e dezembro demonstraram elevada precipitação, sofrendo influência direta da quadra chuvosa, em seu final e início, respectivamente. Segundo dados da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará – COGERH, em 2010 ao final do período chuvoso o reservatório encontrava-se com um volume de 61.929.500 m³, 60% da sua capacidade total. Com a intensa taxa de evaporação, característica da região, ao final do estudo (Dezembro/10) atingiu 48.210.500 m³, 46,1% do seu volume máximo.

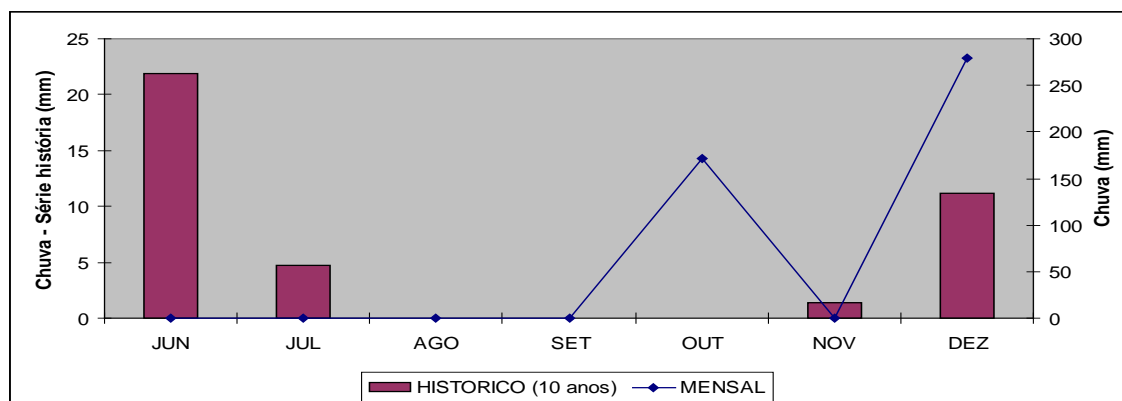


Figura 2 - Dados pluviométricos da série histórica de 10 anos e pluviometria mensal de 2010

Na Tabela 3 é apresentada as estatísticas descritivas dos dados obtidos a partir do monitoramento realizado.

Tabela 3 - Estatística descritiva das variáveis amostradas mensalmente

		Trans p (m)	Turb. (uT)	NH ₃ -T (mg/L)	NO ₂ (mg/L)	NO ₃ (mg/L)	NT (mg/L)	PT (mg/L)	OPS (mg/L)	Cl "a" (µg/L)
Jun	Media	1,06	8,9	0,172	0,001	0,184	0,656	0,097	0,02	26,90
	DP	0,43	9,91	0,03	0	0,149	0,172	0,043	0	46,0
Jul	Media	1,4	3,98	0,120	0,001	0,024	0,586	0,073	0,02	8,46
	DP	0,34	1,63	0,05	0	0,006	0,011	0,024	0	2,69
Ago	Media	0,9	9,7	0,292	0,008	0,016	0,621	0,086	0,014	5,0
	DP	0,15	7,23	0,14	0,003	0,013	0,07	0,027	0,011	2,85
Set	Media	0,8	13,4	0,510	0,09	0,118	0,603	0,080	0,032	2,5
	DP	0,26	7,35	0,141	0,007	0,058	0,07	0,023	0,008	1,08
Out	Media	0,7	19,2	0,434	0,018	0,200	0,612	0,796	0,056	2,2
	DP	0,15	0,45	0,01	0,006	0,052	0,06	0,247	0,005	0,67
Nov	Media	0,7	19,0	0,412	0,015	0,310	0,616	0,538	0,044	1,1
	DP	0,18	4,05	0,09	0,002	0,042	0,07	0,076	0,009	0,39
Dez	Media	0,5	23,8	1,092	0,013	0,142	0,374	0,176	0,1	2,6
	DP	0,13	6,37	0,16	0,003	0,045	0,09	0,023	0,005	1,50

Com base nos resultados apresentados das variáveis analisadas e correlacionando-as aos valores obtidos nos cálculos do IET de ambas as metodologias, observou-se que no período amostral estudado, para o IET(m) de Lamparelli, o reservatório demonstrou classificação supereutrófica no mês de junho ($63 < \text{IET(m)} \leq 67$), no entanto a maioria dos pontos estudados apresentaram-se eutróficos ($59 < \text{IET(m)} \leq 63$) ($\text{CV} = 8,05\%$). Nesse mês (junho) o ponto PT-4 apresentou-se em maior estado de trofia, hipereutrófico ($\text{IET(m)} > 67$), mostrando essa classificação também no mês de outubro quando comparado aos outros meses ($\text{CV} = 5,2\%$). Nos meses de julho, agosto e setembro observa-se que praticamente todos os pontos amostrados foram classificados como eutróficos, com exceção do ponto PT-5, que em setembro se mostrou supereutrófico ($\text{IET(m)} = 65$) ($\text{CV} = 3,1\%$). Em outubro o reservatório mostrou-se hipereutrófico para a maioria dos pontos (PT-2, PT-4 e PT-5) e supereutrófico para os outros (PT-1 e PT-3) ($\text{CV} = 2,2\%$), dessa forma a média dos pontos amostrados o classificaram como hipereutrófico ($\text{IET(m)} = 68$). Em novembro observou-se que 100% os pontos de amostragem foram classificados como supereutrófico assim como o mês de dezembro, com exceção do ponto PT-3 que se mostrou eutrófico ($\text{IET(m)} = 62$) ($\text{CV} = 2,76\%$) (Figura 3). Para o IET (m) de Toledo foi observado que o reservatório apresentou características mesotróficas ($44 < \text{IET(m)} \leq 54$) somente no mês de agosto, em 100% dos pontos amostrados. Para todas as outras estações de amostragem demonstrou que 100% dos pontos amostrados apresentaram-se classificados como eutrófico ($\text{IET(m)} > 54$), classificação máxima para esta metodologia (Figura 4). Figueirêdo et al. (2006), encontrou os mesmos resultados usando essa metodologia, ao avaliar o risco de eutrofização em reservatórios da bacia do Acaraú, Ceará.

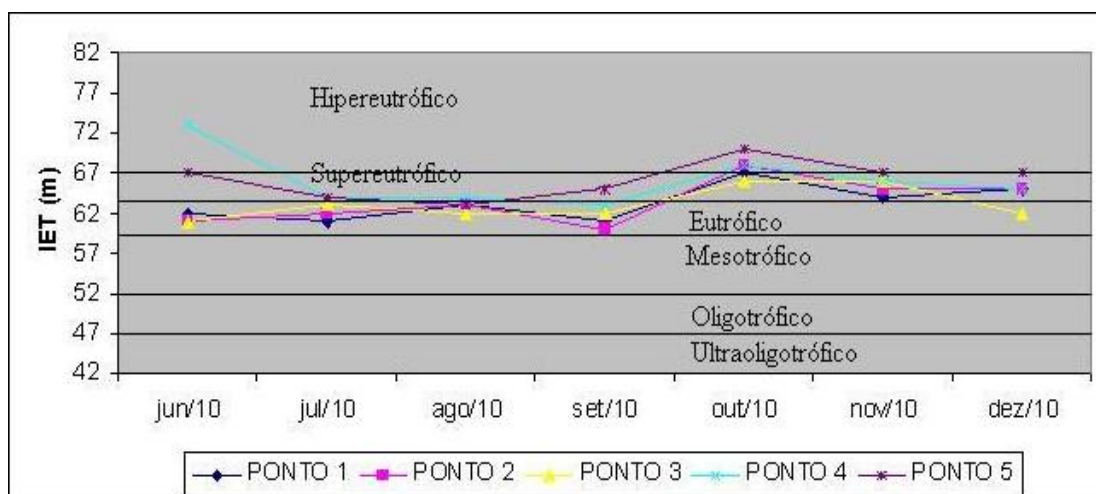


Figura 3 – Classificação do Reservatório Ayres de Sousa através da aplicação do Índice de Estado Trófico de Lamparelli (2004)

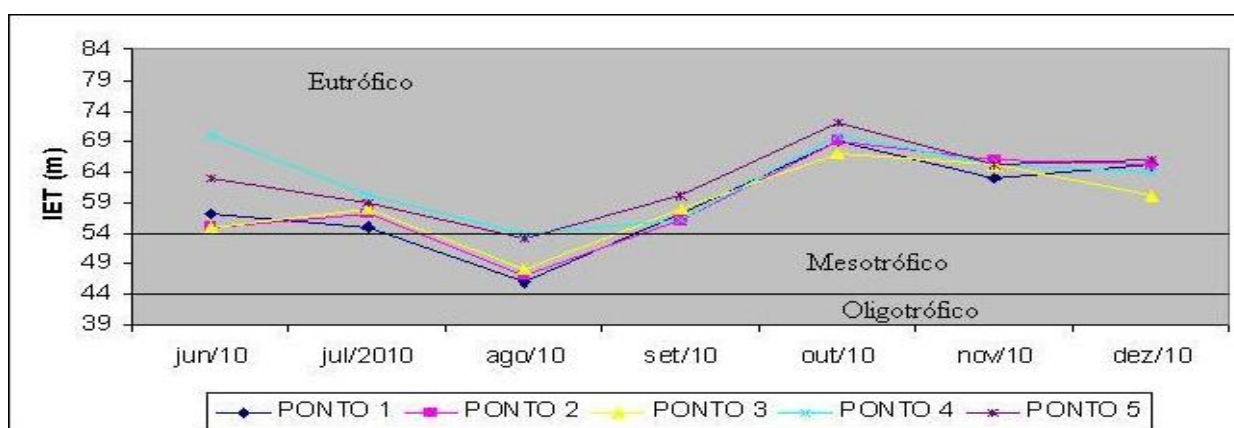


Figura 4 – Classificação Reservatório Ayres de Sousa através da aplicação do Índice de Estado Trófico de Carlson (1977) modificado por Toledo-Jr et al. (1983)

Tendo em vista a aplicação dos dois índices e levando em consideração a dinâmica do reservatório, o IET de Lamparelli é o mais recomendado para a classificação dos estágios de eutrofização, por ser um índice que possui uma sensibilidade maior na sua gama e intervalo de classificação dos níveis de trofia.

5. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos durante o período de estudo no reservatório, ao se comparar os IET(m) de ambas as metodologias pode-se observar que não há uma variação significativa quanto à sua classificação trófica, os dois métodos utilizados comprovam o avançado estado de eutrofização do manancial. Isso deve-se as atividades antrópicas exercidas dentro e no entorno do mesmo, que contribuem para o aumento do aporte de poluentes e nutrientes, em especial o fósforo, que dentre todas as variáveis analisadas, foi o único parâmetro que demonstrou estar acima dos padrões exigidos pela Resolução CONAMA Nº 357/05 (0,030 mg/L), com concentração média de 0,264 mg/L, aproximadamente 866,7% acima do que é enquadrado pela lei. Esse fato pode ser explicado pela atividade de piscicultura desenvolvida em tanques-redes no reservatório, onde os baixos valores obtidos nas razões N:P pode ser um indicativo que o nitrogênio é o nutriente limitante neste ecossistema.

Assim, os resultados demonstram uma necessidade urgente de projetos de manejo e recuperação da qualidade das águas deste corpo aquático, com redução das entradas de PT, desenvolvimento da piscicultura de forma

sustentável, eliminação das fontes pontuais de poluentes, para que possa haver utilização da água para a piscicultura em consórcio com outros usos, com destaque para o abastecimento humano, sem causar prejuízo aos demais.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

1. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21^o ed. Washington, APHA/ WEF/ AWWA, 2005.
2. CARLSON, R.E. **A trophic state index for lakes**. Limnology and Oceanography. Mach, v22(2):361-369. 1977.
3. CEARÁ. **Secretaria de Recursos Hídricos. Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos. Relatório técnico de inspeção n° 005/2004**. Sobral: Gerência das Bacias do Acaraú, 2004.
4. CEBALLOS, B. S.; KÖNIG, A.; DINIZ, C. R.; WATANABE, T.; MISHINA, S. de V. **Variabilidade da qualidade das águas de açudes nordestinos**. In: 19^o Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Foz do Iguaçu. 1997.
5. COMISSÃO MUNDIAL DE BARRAGENS. **Barragens e desenvolvimento: um novo modelo para tomada de decisões**. O relatório da comissão mundial de barragens. 2000. Disponível em: [HTTP://www.dams.org/report/wcd.sumario.htm.mht](http://www.dams.org/report/wcd.sumario.htm.mht). Acesso em: 06 fev 2011.
6. COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS (COGERH). **Rede de monitoramento da qualidade da água**: Boletim informativo. Fortaleza, Dez/2010. Disponível em: <http://portal.cogerh.com.br/eixos-de-atuacao/monitoramento-quantitativo-e-qualitativo-dos-recursos-hidricos/boletins-qualitativos/boletins/acudes/>. Acesso em: 19 mar 2011.
7. CUNHA, D. G. F.; CALIJURI, M. C. **Variação do estado trófico de um rio tropical em curto período de tempo**. 2007
8. DUARTE, M. A. C.; CEBALLOS, B. S. O. KONIG.; MELO, H. N. S.; ARAÚJO, J. A. H. **O índice do estado trófico de Carlson (IET) aplicado em corpos aquáticos lênticos do nordeste do Brasil**. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITÁRIA Y AMBIENTAL, 26, LIMA, 1998.
9. FIGUEIRÊDO, M. C. B.; VIEIRA, V. P. P. B.; MOTA, F. S. B.; **Avaliação do risco de eutrofização em reservatórios da bacia do Acaraú, Ceará, Brasil**. Fortaleza – CE. Revista Tecnol.: v.27, n.2, p. 179-189, dez. 2006.
10. LAMPARELLI, M. C. **Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento** – São Paulo – Tese (Doutorado) – Instituto de Biociências – USP. 238p. 2004.
11. REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B. & TUNDISI, J.G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3ed. São Paulo: Escrituras. 747p. 2006.
12. TOLEDO JR., A P.; TALARICO, M.; CHINEZ, S.J.; AGUDO,E.G. **A aplicação de modelos simplificados para a avaliação de processos de eutrofização em lagos e reservatórios tropicais**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA. Anais. Camboriú, Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária, p.1-34. 1983.
13. ZAGATTO, P. A.; LORENZETTI, M. L.; LAMPARELLI, M. C.; SALVADOR, M. E. P.; MENEGON, J. R., N. & BERTOLETTI, E. **Aperfeiçoamento de um índice de qualidade de águas**. Acta Limnologia Brasiliensia. Vol 11 (2). 1999.