



XIII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DO RIO POXIM EM ARACAJU QUANTO À BALNEABILIDADE E AO ENQUADRAMENTO

Erwin Henrique Menezes Schneider¹; Luciana Coêlho Mendonça² & Ludmilson Abritta Mendes³

RESUMO – A alteração nos níveis de qualidade da água exigidos em seus diversos usos é consequência do lançamento de substâncias em quantidades superiores à capacidade autodepuração dos corpos hídricos. Como consequência, os corpos hídricos que cruzam as áreas urbanas comumente não apresentam um nível de qualidade das águas compatível com os usos pretendidos. Este trabalho busca avaliar o nível de qualidade das águas do rio Poxim em três pontos situados no município de Aracaju/SE. A avaliação da qualidade é feita a partir do cálculo de dois índices. O índice de balneabilidade (IB) foi calculado a partir da concentração de coliformes termotolerantes no ponto do rio Poxim em que são realizadas atividades recreativas como remo e pesca. O índice de conformidade ao enquadramento (ICE) foi calculado a partir dos parâmetros pH, turbidez, OD, DBO, nitrogênio amoniacal, fósforo total e coliformes termotolerantes em três pontos de monitoramento no rio Poxim. Os resultados mostram que as águas do rio Poxim em Aracaju não estão em conformidade com as metas de qualidade para Classe 2 e afastadas das metas para Classe 3, além de se mostrarem impróprias quanto à balneabilidade.

ABSTRACT– The change in water quality levels required by its various uses is a result of the release of substances in quantities higher than the self-purification capacity of water bodies. As a result, the water bodies that cross the urban areas usually do not have a water quality level compatible with the intended uses. This study aims to evaluate the level of quality of the river water Poxim in three places in the municipality of Aracaju / SE. The quality assessment is made from the calculation of two indexes. The bathing index (IB) was calculated from the concentration of thermotolerant coliform in point Poxim river that are held recreational activities such as rowing and fishing. The compliance rate to the environment (ICE) was calculated from the parameters pH, turbidity, DO, BOD, ammonia nitrogen, total phosphorus and thermotolerant coliforms in three monitoring points in Poxim river. The results show that the Poxim river waters in Aracaju are not in accordance with the quality targets for Class 2 and distant targets for Class 3, and prove unsuitable as the bathing.

Palavras-Chave – Qualidade de Água. Enquadramento. Balneabilidade.

1) Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Sergipe, erwinhenrique@gmail.com

2) Professora do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Sergipe, lumendon@uol.com.br

3) Professor do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Sergipe, ludmilsonmendes@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

Apesar do Brasil se destacar no cenário mundial pela grande disponibilidade de água doce dos seus rios, parte do território nacional sofre constantemente com problemas de abastecimento de água em quantidade e qualidade suficiente para satisfazer seus múltiplos usos.

A alteração nos níveis de qualidade da água é consequência da poluição originada da introdução no ciclo hidrológico de substâncias em quantidades superiores à capacidade autodepuração dos recursos hídricos. Mota (1997) afirma que, dentre as principais fontes de poluição das águas superficiais, destacam-se o esgoto doméstico e industrial, resíduos sólidos, pesticidas, fertilizantes, alterações nas margens dos mananciais, erosão, entre outros.

No ano de 2014, segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), 49,8% do total de esgoto gerado no país é coletado e, destes, 70,9% é tratado (SNIS, 2016), justificando dessa maneira o comprometimento da qualidade dos corpos hídricos. Esse cenário se relaciona diretamente à saúde humana, visto que uma parcela significativa da população brasileira tem contato direto com os corpos d'água, seja por meio de atividades de subsistência, recreação ou fonte de alimentação.

Esse quadro levou ao progressivo desenvolvimento de um processo de gestão dos recursos hídricos mais eficiente no País. A promulgação da Lei Federal 9.433 em 8 de janeiro de 1997 foi de grande relevância para a gestão dos recursos hídricos brasileiros. Essa lei, por meio dos instrumentos que ela estabelece (Plano de Recursos Hídricos, o Enquadramento dos corpos de água em classes, a Cobrança pelo uso das águas, o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos e a Outorga de direito de uso do recurso hídrico), objetiva assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade e quantidade adequados aos usos, a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, visando o desenvolvimento sustentável, entre outros (BRASIL, 1997).

Dentre os instrumentos de gestão de recursos hídricos previstos pela Lei Federal 9.433/97, principalmente no que se refere à gestão integrada de qualidade e quantidade de água, destaca-se o Enquadramento dos Corpos Hídricos. Esse instrumento trabalha com um prognóstico dos usos da bacia hidrográfica, definindo rumos e medidas a serem adotados de forma a se alcançar a qualidade almejada. A classe do enquadramento para determinado corpo hídrico deverá ser estabelecida de forma participativa por meio do Comitê da Bacia Hidrográfica, considerando-se as prioridades para o uso da água. Os critérios a serem obedecidos para o enquadramento dos corpos hídricos, bem como os objetivos de qualidade e os padrões ambientais correspondentes a cada classe de uso, estão definidos na Resolução nº 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), de 17 de

março de 2005, que classifica os corpos hídricos do território nacional conforme seus usos preponderantes (BRASIL, 2005).

OBJETIVOS

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o nível de qualidade da água apresentado pelo rio Poxim considerando os principais usos da água registrados no trecho analisado, por meio do índice de Balneabilidade (IB) e do Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE).

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O rio Poxim apresenta 125,81 km de extensão (SERGIPE, 2006) e é um afluente do rio Sergipe por sua margem direita. A área de drenagem da bacia do rio Poxim compreende 346,72 km² (SERGIPE, 2010) na qual estão inseridos os municípios de Itaporanga d'Ajuda, Areia Branca, Laranjeiras, Nossa Senhora do Socorro e Aracaju, como mostrado na Figura 1. Os principais rios da bacia são o Poxim-Mirim, o Poxim-Açu e o Pitanga. A bacia se situa na porção leste do Estado, apresentando em sua maior parte clima tropical úmido e vegetação típica da Mata Atlântica.

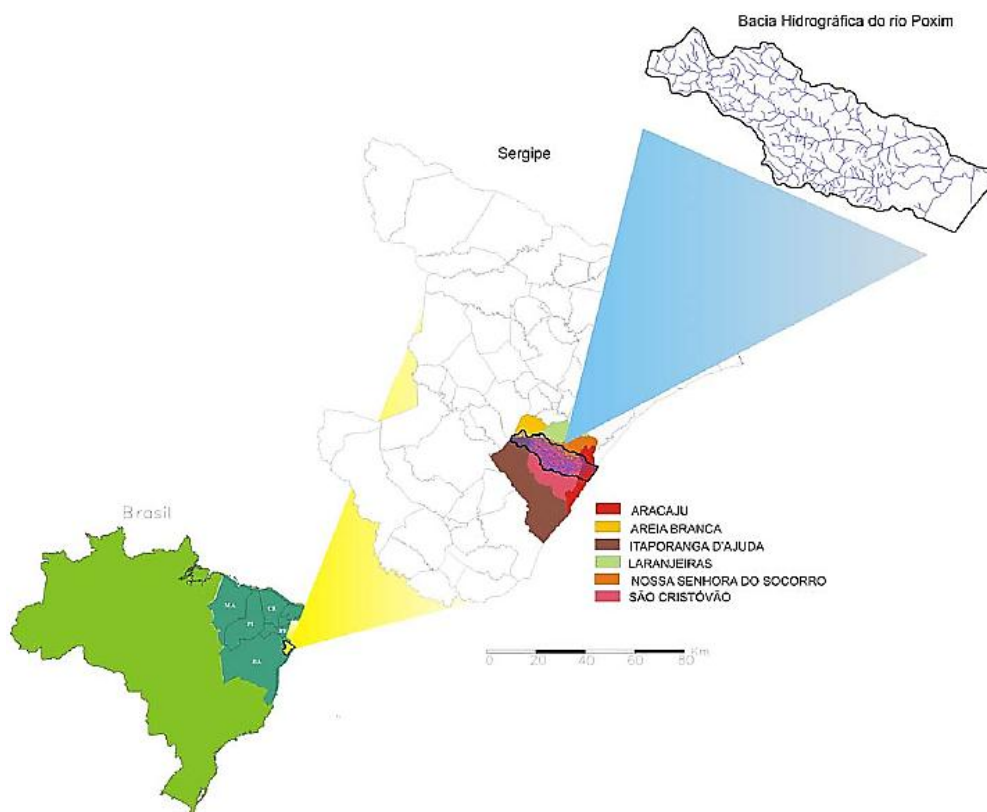


Figura 1 – Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Poxim
Fonte: Sergipe (2006)

Dentre as atividades econômicas presentes na bacia destacam-se o setor de serviços, industrial e agropecuário, por meio da cana de açúcar e bovinocultura (SERGIPE, 2006). Atualmente as águas do rio Poxim são destinadas ao abastecimento de parte da população da Grande Aracaju.

MATERIAIS E MÉTODOS

No período de 2011 a 2015, a Administração Estadual do Meio Ambiente (ADEMA) realizou 7 campanhas de monitoramento da qualidade da água em três pontos diferentes, situados ao longo do rio Poxim, como mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Localização dos pontos de coleta ao longo do rio Poxim

Ponto	Localização
S03010R	Barragem de captação de água para abastecimento, situado nas proximidades do campus da Universidade Federal de Sergipe, no município de Aracaju
S03011R	Imediações da ponte do bairro São Conrado, no município de Aracaju
S03012R	Imediações do atracadouro do Parque dos Cajueiros, no município de Aracaju

Fonte: ADEMA

As análises físico-químicas realizadas foram baseadas nas determinações de temperatura da água e do ar, pH, turbidez, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), salinidade, nitrogênio amoniacal, fósforo total, resíduo total e coliformes termotolerantes. Os resultados destas análises foram fornecidos pela ADEMA.

Os resultados do monitoramento realizado pela ADEMA foram utilizados para avaliar se o nível de qualidade do rio Poxim está adequado aos principais usos da água registrados na bacia pelo cálculo de dois índices. Os valores dos parâmetros pH, turbidez, OD, DBO, nitrogênio amoniacal, fósforo total e coliformes termotolerantes foram utilizados para o cálculo do Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE) nos três pontos de coleta. Os valores do parâmetro coliformes termotolerantes foram utilizados para o cálculo do Índice de Balneabilidade (IB) no ponto S03012R, situado em um local utilizado para práticas recreativas como remo e pesca.

O ICE é uma adaptação de um modelo de indicador de qualidade da água desenvolvido pela subcomissão técnica de qualidade da água do Canadá, o Canadian Council of Ministers of the Environment: Water Quality Guidelines (CCME, 2001).

A escolha deste indicador foi devida à sua facilidade de aplicação e por permitir sua adaptação à verificação da condição de conformidade do corpo hídrico ao seu enquadramento segundo os usos preponderantes (AMARO, 2009).

O ICE é composto por três fatores:

Fator 1- Abrangência/Espaço: representa a abrangência das desconformidades, isto é, o número de variáveis que violaram os limites desejáveis pelo menos uma vez no período de observação. É calculado conforme apresentado na Equação 1.

$$F_1 = \left(\frac{\text{Número de variáveis que falharam}}{\text{Número total de variáveis}} \right) \cdot 100 \quad (1)$$

Fator 2- Frequência: representa a porcentagem de vezes que a variável esteve em desconformidade em relação ao número de observações. Determinado de acordo com a Equação 2.

$$F_2 = \left(\frac{\text{Número de testes que falharam}}{\text{Número total de testes}} \right) \cdot 100 \quad (2)$$

O Fator 3 é calculado em três etapas:

- 1) O número de vezes em que a concentração individual é maior que o limite da classe (ou menor, quando o objetivo é um mínimo);
- 2) O número total de testes individuais em desacordo com o limite legal é calculado somando-se as variações individuais de seus objetivos e dividindo pelo número total de testes;
- 3) O valor de F_3 é calculado pela soma normalizada das variações dos objetivos, padronizadas entre 0 e 100

O valor do ICE é obtido através da Equação 3, sendo o fator 1,732 empregado para normalizar o resultado, pois cada um dos três fatores individuais pode chegar a 100.

$$ICE = 100 - \left(\frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1,732} \right) \quad (3)$$

Quanto mais alto o valor do ICE, mais próximo o nível de qualidade do corpo hídrico está da meta de qualidade definida pelo enquadramento. Tem-se, assim, a seguinte classificação:

- Conforme: ($80 \leq ICE \leq 100$): valores obtidos se a maioria ou todas as medições estiverem dentro dos padrões de qualidade da água naquele ano de monitoramento;
- Afastado: ($45 \leq ICE < 80$): as medições estão frequentemente em desacordo com os padrões de qualidade da água;
- Não conforme: ($ICE < 45$): os padrões de qualidade da água quase sempre não atendidos; a maioria ou a totalidade das medições está violando os limites da classe de enquadramento correspondente ao trecho do rio naquele ano de monitoramento.

Neste trabalho, o ICE foi utilizado para indicar a condição de conformidade do rio Poxim à proposta de enquadramento que consta no Plano Diretor da Bacia do Rio Sergipe (SERGIPE, 2015), na qual são referidas as classes 1, 2 e 3.

A balneabilidade, segundo a CETESB (2004), é a qualidade das águas destinadas à recreação de contato primário (natação, mergulho, esqui-aquático, etc), sendo este entendido como um contato

direto e prolongado com a água, em que a possibilidade de ingerir quantidades apreciáveis de água é elevada. O parâmetro indicador básico para classificação dos corpos hídricos com relação à balneabilidade é sua densidade de coliformes termotolerantes.

No Brasil, a Resolução CONAMA 274/00 trata especificamente da balneabilidade, introduzindo a possibilidade da utilização de critérios específicos e os microrganismos indicadores de contaminação fecal, como a *Escherichia coli* e os Enterococos (BRASIL, 2000). Essa Resolução foi ratificada e atualizada pela Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005 (BRASIL, 2005).

Ainda segundo a Resolução CONAMA 274/00, a qualidade das águas doces, salobras e salinas destinadas à balneabilidade terá sua condição avaliada nas categorias própria e imprópria. As águas consideradas próprias poderão ser subdivididas nas categorias Excelente, Muito Boa e Satisfatória. A classificação dar-se-á de acordo com as densidades de coliformes termotolerantes, *Escherichia coli*, Enterococos ou Coliformes Totais (em águas marinhas) amostrados durante cinco semanas consecutivas ou cinco amostragens com intervalo mínimo de 24 horas entre as mesmas, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Classificação das águas para balneabilidade

Categoria	Coliformes Termotolerantes (NMP/100 ml)	<i>Escherichia Coli</i> (UFC/100 ml)	Enterococos (UFC/100 ml)	Coliformes Totais (UFC/100 ml)	
Própria	Excelente	Máximo de 250 em 80% ou mais do tempo	Máximo de 200 em 80% ou mais do	Máximo de 25 em 80% ou mais do	-
	Muito Boa	Máximo de 500 em 80% ou mais do tempo	Máximo de 400 em 80% ou mais do	Máximo de 50 em 80% ou mais do	-
	Satisfatória	Máximo de 1000 em 80% ou mais do tempo	Máximo de 800 em 80% ou mais do	Máximo de 100 em 80% ou mais do	-
Imprópria	Superior a 1000 em mais de 20% do tempo	Superior a 800 em mais de 20% do	Superior a 100 em mais de 20% do	-	
	Maior que 2500 na última medição	Maior que 2000 na última medição	Maior que 400 na última medição	Maior que 5000 na última medição	

Fonte: CONAMA 274/00 e CONAMA 357/05

As águas são consideradas impróprias quando ultrapassarem os índices bacteriológicos admitidos e houver incidências elevadas de enfermidades transmissíveis por via hídrica, presença de resíduos como esgotos sanitários, óleos, graxas e outras substâncias capazes de oferecer riscos à saúde, floração de algas ou outros organismos ou presença de transmissores potenciais de esquistossomose e outras doenças de veiculação hídrica (BRASIL, 2000).

Para classificação das águas em próprias (excelente, muito boa ou satisfatória) ou impróprias à balneabilidade, foi utilizado, dentre os três parâmetros apresentados no CONAMA 274, o de concentração de coliformes termotolerantes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação à balneabilidade, o resultado do parâmetro coliformes termotolerantes no ponto de coleta S03012R foi comparado com a Tabela 2. Verificou-se que a balneabilidade da amostra teve classificação “Imprópria” de acordo com o CONAMA 274/00 e CONAMA 357/05. Essa situação é ocasionada possivelmente pelo lançamento de efluentes domésticos sem tratamento em grande parte do percurso do rio Poxim, que margeia bairros de Aracaju que ainda têm um sistema de coleta e tratamento de esgoto incipiente. Segundo o SNIS, para o ano de 2014, apenas 38,91% do esgoto desta capital era coletado, e deste, sua totalidade é tratado (SNIS, 2016).

O escasso número de coletas – apenas uma em quatro anos – impede não apenas a análise da evolução do IB como também a própria determinação do índice, segundo a recomendação da Resolução CONAMA 274/00 (amostragens em cinco semanas consecutivas ou cinco amostragens com intervalo mínimo de 24 horas). Ainda assim considerou-se relevante o cálculo do IB no ponto analisado em virtude de o local ser o atracadouro de um parque em que são realizadas atividades recreativas como remo e pesca.

Com relação ao cumprimento das metas de qualidade estabelecidas pelo enquadramento do rio Poxim, a Figura 2 apresenta os resultados do ICE aplicados aos três pontos de coleta.

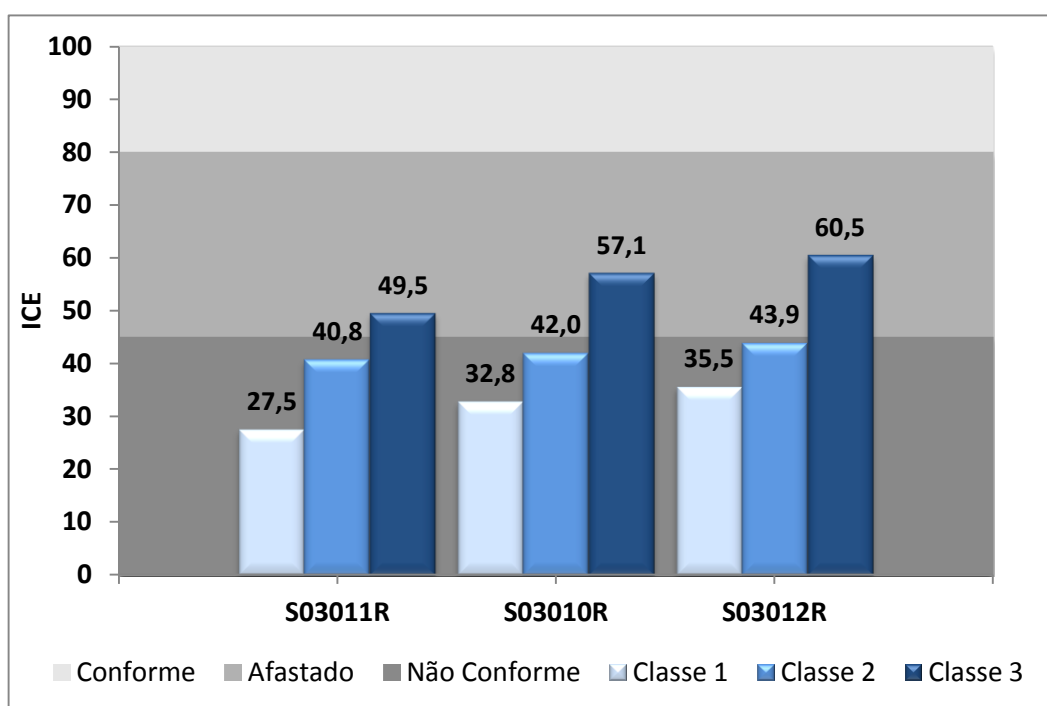


Figura 2 – Índice de Conformidade ao Enquadramento do trecho monitorado

Observa-se que o nível de qualidade das águas do rio Poxim no trecho analisado se encontra afastado da meta para Classe 3. O menor afastamento dos padrões desejados é obtido no ponto S03012R, situado nas imediações do Atracadouro do Parque dos Cajueiros. O ponto S03011R

apresenta o maior afastamento da meta de Classe 3, em virtude principalmente do lançamento de esgotos sem tratamento.

O ponto S03010R, localizado na barragem de captação de água para abastecimento público, mostra-se com nível de qualidade “Não Conforme” para Classe 2 e “Afastado” para Classe 3. Portanto, faz-se mister um monitoramento mais acurado deste rio de maneira a evitar lançamentos indevidos, a fim de mantê-lo dentro da classificação prevista para seus usos.

CONCLUSÃO

Apesar de haver estudos de enquadramento dos corpos hídricos da referida bacia, estes ainda não foram apreciados por seu Comitê. Em virtude disso, conforme o art. 42 da Resolução CONAMA 357/05, considera-se que os corpos hídricos da bacia estejam enquadrados em Classe 2 (BRASIL, 2005). Dessa forma, o trecho referente aos pontos amostrais no curso do rio Poxim estão classificados como “Não Conforme” a este enquadramento. Mesmo o ponto S03012R, que apresentou o melhor resultado, apresenta-se como não conforme à meta de qualidade estabelecida pela Classe 2. Ainda que o trecho do rio Poxim em que se situam os pontos analisados estivesse enquadrado em Classe 3, o nível de qualidade das águas continuaria afastado das metas desta classe.

Com relação ao Índice de Balneabilidade determinado para o ponto situado nas imediações do Parque dos Cajueiros (ponto S03012R), a sua classificação como “Impróprio” torna preocupante sua situação, em virtude de se tratar de um local utilizado para atividades de recreação de contato primário e secundário.

Os resultados mostram que medidas devem ser tomadas para recuperar a qualidade das águas do rio Poxim. O controle mais rigoroso das fontes de poluição de origem doméstica e industrial, investimentos em estações de tratamento de esgotos, enquadramento com metas de qualidade possíveis de serem alcançadas, fiscalização sobre o lançamento ilegal de esgotos nos corpos hídricos são algumas dentre várias medidas que devem ser aplicadas pelos gestores públicos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Administração Estadual do Meio-Ambiente (ADEMA) por ter fornecido os resultados das análises de qualidade da água.

BIBLIOGRAFIA

AMARO, C. A.; *Proposta de um índice para avaliação de conformidade da qualidade dos corpos hídricos ao enquadramento*. São Paulo, 2009. 224 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

BRANCO, O. E. A (2006). *Avaliação da disponibilidade hídrica: Conceitos e aplicabilidade*. Juiz de Fora. Notas de Aula Universidade Federal de Juiz de Fora, 20 p.

BRASIL. *Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. V. 21*. Brasília, DF, 1997.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução do CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005*. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em 23 de maio de 2016.

_____. *Resolução CONAMA nº 274 de 29 de novembro de 2000*. Define os critérios de balneabilidade das águas brasileiras. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=272>. Acesso em 23 de maio de 2016.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL. *Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo, 2003*. São Paulo: Cetesb, 2004. Disponível em: http://www.mpsp.mp.br/portal/page/portal/cao_urbanismo_e_meio_ambiente/biblioteca_virtual/bv_informativos_tecnicos/Relat%C3%B3rio%20Anual.pdf. Acesso em 23 de maio de 2016.

CCME - Canadian Council of Ministers of the Environment. *A Sensitivity Analysis of the Canadian Water Quality Index, 2006*. Disponível em: http://www.ccme.ca/files/Resources/water/water_quality/pn_1355_wqi_sensitivity_analysis_rpt.pdf. Acessado em 16 de maio de 2016.

ESTEVES, F. A (1988). *Fundamentos da Limnologia*. 2ª edição. Rio de Janeiro: Interciência, 602 p.

MOTA, S (1997). *Introdução a Engenharia Ambiental*. 1ª edição. Rio de Janeiro: ABES.

SERGIPE. *Diagnóstico e avaliação ambiental da sub-bacia hidrográfica do rio Poxim. Fundação de Apoio à Pesquisa e Extensão em Sergipe*. FAPESSE. Sergipe, 2006.

_____. *Elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos: Diagnóstico das disponibilidades hídricas superficiais e subterrâneas, considerando a qualidade e quantidade da água. Volume 1: Levantamento, inventário e estudo dos recursos hídricos superficiais. Tomo II: Bacia Hidrográfica do Rio Sergipe*. Aracaju: SEMARH, 2010.

_____. *Elaboração dos Planos das Bacias Hidrográficas dos Rios Japarutuba, Piauí e Sergipe. Relatório de Resumo Executivo. Bacia Hidrográfica do Rio Sergipe*. Aracaju: SEMARH, 2015.

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. *Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto - 2014*. SNIS. Brasília, 2016.