



## VI-098 - AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS ANTRÓPICOS NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS SÃO FRANCISCO, JAPARATUBA, SERGIPE, VAZA-BARRIS, PIAUÍ E REAL NO ESTADO DE SERGIPE

### **Maria Nogueira Marques<sup>(1)</sup>**

Doutora em Tecnologia Nuclear pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. Atualmente é Pesquisadora do Instituto de Tecnologia e Pesquisa e Professor da Universidade Tiradentes. Tem experiência na área de Química, com ênfase em Química Analítica. Atuando principalmente nos seguintes temas: águas destinadas ao abastecimento, pesticidas, avaliação e monitoramento de recursos hídricos.

### **Mayra Sandrine Santos**

Bacharel em Química pela Universidade Federal de Sergipe com área de atuação em Química Analítica e subárea Análise de metais traços em Alimentos e Química Ambiental, com ênfase na determinação de metais empregando Absorção Atômica e ICP-OES. Técnica em Química de Alimentos e Análises e Processos Químicos.

### **Alexsandro da Silva Candido**

Graduando de Engenharia de Petróleo pela Universidade Tiradentes. Bolsista de iniciação científica que tem como enfoque estudar resíduos de agrotóxicos em mananciais e água potável.

### **José do Patrocínio Hora Alves**

Possui graduação em Química Industrial pela Universidade Federal de Sergipe, mestrado em Química pela Universidade Federal da Bahia e doutorado em Química pela Universidade Estadual de Campinas. Professor Associado IV da Universidade Federal de Sergipe. Tem experiência na área de Química, com ênfase em Análise de Traços e Química Ambiental, atuando nos seguintes temas: geoquímica de sedimentos aquáticos, metais traço em água e sedimentos, qualidade de água e matéria orgânica natural em ecossistemas aquáticos.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Murilo Dantas, 300, prédio do ITP, Bairro Farolândia, Aracaju – SE – CEP: 49032-490 – Brasil – Tel/Fax: (79) 3218-2190 ramal 2547 – e-mail: [mnogueiramarques@yahoo.com.br](mailto:mnogueiramarques@yahoo.com.br), [maria\\_nogueira@itp.org.br](mailto:maria_nogueira@itp.org.br).

## **RESUMO**

O Estado de Sergipe faz parte de duas regiões hidrográficas a São Francisco e a do Atlântico Leste. A bacia hidrográfica do rio São Francisco localizada no norte do Estado apresenta uma relação entre a demanda e disponibilidade hídrica confortável. As outras bacias do Estado estão inclusas na região hidrográfica do Atlântico Leste e apresentam uma relação entre a demanda e disponibilidade variando entre crítica e muito crítica. Portanto, se faz necessário avaliar de forma integrada o comportamento dos sistemas hídricos. Este trabalho pretende contribuir com um diagnóstico ambiental, através de programas de monitoramento em ambiente aquáticos naturais dos principais recursos hídricos superficiais do Estado de Sergipe. Foram realizadas coletas trimestrais no período de março de 2009 a novembro de 2010 em vinte e seis (26) sítios de coleta, procurando contemplar as seis bacias hidrográficas do Estado. Utilizando-se índices de qualidade de água para avaliar as amostras, mais de 60% das dessas foram classificadas como ótimas e boas e somente 16% foram classificadas como ruim e péssima. Quanto ao estado trófico 46% das amostras apresentaram baixa concentração de nutrientes e produtividade de algas. Embora os corpos hídricos já apresentem indícios que estão sendo afetados pelas atividades antrópicas. Destacam-se dois pontos críticos em relação a qualidade da água o rio Jacaré em Poço Redondo na bacia hidrográfica do São Francisco e o rio Real em Tobias Barreto na bacia hidrográfica do rio Real.

**PALAVRAS-CHAVE:** Qualidade da água, monitoramento, metais.

## **INTRODUÇÃO**

O crescimento acelerado das áreas urbanas, parques industriais e áreas agropecuárias vêm preocupando muito as organizações responsáveis pela preservação do meio ambiente devido às alterações e liberações de substâncias que esses sistemas impõem ao ecossistema. Entre os ecossistemas, os aquáticos acabam de uma forma ou de outra, constituindo um receptáculo temporário ou final de uma grande variedade e quantidade de



poluentes, sejam estes lançados ao ar, ao solo ou diretamente nos corpos de água. O risco que um agente químico impõe no ambiente aquático é avaliado através do julgamento científico da probabilidade dos danos que suas concentrações ambientais, conhecidas ou estimadas, possam causar (MARQUES et al, 2004).

O estado de Sergipe está localizado na região Nordeste do Brasil e abrange uma superfície de 21.910.348 km<sup>2</sup> de área e com uma população estimada em 2.036.277 habitantes (IBGE, 2010), sendo parcialmente incluído no denominado Polígono das Secas. Nesse cenário, a escassez de água constitui um forte entrave ao desenvolvimento socioeconômico e, até mesmo, à subsistência da população. Esse quadro de escassez poderia ser modificado em determinadas regiões, através de uma gestão integrada dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos. Entretanto, a carência de estudos específicos e de abrangência regional, fundamentais para a avaliação da ocorrência e da potencialidade desses recursos, reduz substancialmente as possibilidades de seu manejo, inviabilizando uma gestão eficiente (CPRM, 2002).

Segundo o Relatório final do enquadramento dos cursos d'água de Sergipe (2003) o Estado possuía seis bacias hidrográficas sendo três de domínio da União: bacia hidrográfica do rio São Francisco, bacia hidrográfica do rio Vaza Barris e bacia hidrográfica do rio Real; e três bacias de domínio do Estado: bacia hidrográfica do rio Japarutuba, bacia hidrográfica do rio Sergipe e bacia hidrográfica do rio Piauí. Atualmente, a página na internet da Secretária de Recursos Hídricos do Estado de Sergipe informa que o Estado possui oito bacias hidrográficas as seis citadas anteriormente e mais duas a bacia hidrográfica do Grupo de bacias Costeiras 1 (GC1) e a bacia hidrográfica do Grupo de bacias Costeiras 2 (GC2) e que embora o rio Sergipe seja considerado um rio Estadual uma pequena área de sua bacia recobre o estado da Bahia (SEMARH, 2011).

No âmbito nacional o estado de Sergipe faz parte de duas regiões hidrográficas: a São Francisco e a do Atlântico Leste. A bacia hidrográfica do rio São Francisco localizada no norte do Estado na divisa com o Estado de Alagoas faz parte da primeira região hidrográfica e apresenta uma relação entre a demanda e disponibilidade hídrica confortável. As outras bacias do Estado estão inclusas na região hidrográfica do Atlântico Leste e apresentam uma relação entre a demanda e disponibilidade variando entre crítica e muito crítica. Estas fazem parte das bacias da região semiárida, onde existe um "Stress Hídrico" devido à baixa disponibilidade hídrica da região (ANA, 2009, 2010).

A maioria dos problemas ambientais e econômicos de uma região tem sua origem na falta de um planejamento baseado no conhecimento das dinâmicas ambientais e econômicas. Com relação aos recursos hídricos, os problemas enfrentados variam, do ponto de vista quantitativo, entre a escassez, que obriga os racionamentos, e a abundância repentina, que gera enchentes não menos catastróficas. Do ponto de vista da qualidade, a degradação crescente dos recursos hídricos, além de destruir os habitats aquáticos e a diversidade, tem comprometido a própria saúde humana (PIRES & SANTOS, 1995, LEMES, 2001; COTRIM, 2006; MARQUES, 2006).

O estudo dos parâmetros físico-químicos e espécies químicas, como metais e íons, na coluna d'água é fundamental, pois pode contribuir significativamente para compreender a poluição de sistemas aquáticos, reafirmando-os como perigosos contaminantes, por levarem stress às comunidades aquáticas e estarem associados a efeitos crônicos à saúde humana (SANTOS et al, 2006; SILVA, 2002).

Recentemente, o grupo de pesquisadores do Laboratório de Química Ambiental (LQA) da Universidade Federal de Sergipe (UFS) publicou diversos trabalhos sobre a geoquímica de metais traços no sedimento do estuário do rio Sergipe. Foram estudados tanto no sedimento de superfície como o perfil de quarenta centímetros de sedimento coletados em diversos pontos do estuário distribuídos entre os rios do Sal, Sergipe e Poxim. Esses estudos contemplaram diversos fatores, como: a determinação da concentração dos metais, a forma como esses estão associados ao sedimento, se a presença desses é de origem natural ou devido ao aporte antrópico, se esses são disponibilizados para a coluna d'água mais facilmente ou não, a toxicidade e o risco desse para a biota aquática. Os estudos mostram que o sedimento apresenta contaminação por metais devido ao aporte de efluentes domésticos e industriais. A ordem de mobilidade dos metais para coluna d'água é Pb > Cd > Ni > Cu > Cr > Zn. De acordo com o código de avaliação de risco (RAC), as amostras de sedimentos mostraram risco de baixo a médio para todos os metais analisados (ALVES et al. 2007; GARCIA et al, 2010, PASSOS et al, 2011).



Devido à necessidade de avaliar de forma integrada o comportamento de sistemas hídricos destinados à captação de água para fim de potabilidade, este trabalho pretende contribuir com um diagnóstico ambiental, através de programas de monitoramento em ambiente aquáticos naturais dos principais recursos hídricos superficiais do estado de Sergipe. O estudo foi direcionado para a avaliação dos parâmetros físicos e químicos em água bruta, em 26 pontos de amostragem distribuídos nas bacias hidrográficas do estado de Sergipe.

Muitas estações de tratamento de água brasileiras encontram-se ou trabalhando acima de sua capacidade ou produzindo água com qualidade insatisfatória. Procurando suprir a demanda sempre crescente de água, mantendo sua qualidade, defronta-se com a escassez de recursos. A partir de tal constatação, faz-se necessário que se investiguem em laboratório novas tecnologias, que permitam estudar as inúmeras possibilidades de se obter água em quantidade mantendo a qualidade e custos baixos.

## **OBJETIVO**

O objetivo principal deste trabalho é avaliar a qualidade ambiental da água nas Bacias Hidrográficas do Estado de Sergipe. Também contemplou como objetivos específicos: caracterizar os mananciais de superfície em pontos que contemplem as seis bacias hidrográficas, avaliando amostras de água bruta utilizando como critérios de avaliação os parâmetros de qualidade de água e compará-los com a legislação vigente Resolução CONAMA nº 357/05; avaliação dos dados obtidos e utilizando diversos índices de qualidade de água; verificar a influência da sazonalidade no aporte das contaminações e realizar um banco de dados da qualidade da água da região e entender os fatores que afetam essas condições de qualidade.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **1. Estabelecimento do programa de Amostragem**

#### **1.1 Conhecimento da área de estudo e amostragem.**

Em novembro de 2008 foi realizada uma visita ao campo para conhecer a área de estudo e determinar os pontos de coleta de amostras de água. Este trabalho foi realizado em uma semana, onde foram visitados 23 pontos e coletadas amostras de água para análises nos laboratórios do Instituto Tecnológico e de Pesquisas do estado de Sergipe - ITPS. Portanto, está primeira coleta serviu para se estruturar o plano de coletas e pontos de amostragem.

#### **1.2 Estabelecimento do programa de coleta.**

Para se adequar a demanda de atendimento dos laboratórios, as análises do projeto e rotina, as coletas foram distribuídas ao longo de mais ou menos um mês com o máximo de sete pontos de coleta por semana. Estabeleceram-se vinte e seis (26) pontos de coleta, procurando contemplar as seis Bacias Hidrográficas bem como os oito territórios, divididos pela secretaria de planejamento, em função das atividades sócio-econômicas do Estado, conforme descrição da Tabela 1.

Foram coletadas amostras trimestrais no período de março de 2009 a novembro de 2010, totalizando 186 amostras, pois no período de seca alguns pontos estavam secos ou com água estagnada, inviabilizando a amostragem.

### **2. Metodologia de coleta**

As amostras foram coletadas na camada superficial utilizando recipientes adequados e previamente limpos para cada tipo de análise. Todos os procedimentos de coleta, conservação e análise obedeceram às metodologias descritas no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, American Public Health Association, 20th ed., 1998 (APHA, 1998).

### **3. Metodologia analítica**

As análises foram realizadas pelos laboratórios de microbiologia e de água e efluentes do Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe – ITPS, segundo os métodos descritos na Tabela 2. Foram analisados 41 parâmetros, onde 27 são contemplados na Resolução CONAMA nº357/05.



#### **4. Metodologia de tratamento dos dados**

Os resultados das análises geraram uma grande quantidade de dados, portanto para facilitar a análise desses fez-se uso de cálculos dos índices de qualidade de água mencionados abaixo. Os cálculos dos mesmos podem ser obtidos na literatura referenciada (AGUILERA et al, 2001; KHAN et al, 2003; CETESB, 2005, 2009; KHAN et al, 2005; MARQUES et al, 2007, ALMEIDA, 2007).

##### **4.1. IQA-NSF**

O Índice de Qualidade de Água (IQA) atualmente adotado pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2009, 2011) e Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2004, 2009) que é uma adaptação do índice de qualidade de água desenvolvido por Brown na década de 70 em parceria com a Fundação Sanitária Nacional dos Estados Unidos da América (NSF - National Sanitation Foundation).

Tabela 1: Descrição dos pontos de coleta indicando bacia hidrográfica, código adotado, município, rio, região do estado e coordenadas geográficas.

Bacia	Nº	Município	RIO	Região do Estado	Coordenadas
São Francisco	SF02	Poço Redondo	Jacaré São Francisco	Alto Sertão	S 09°48'9'' W 37°41'15''
	SF01	Canindé		Alto Sertão	S 09°38'26'' W 37°47'11''
	SF03	Glória	Cachorro	Baixo S. Francisco	S 10°05'15'' W 37°32'54''
	SF05	Neópolis	São Francisco	Baixo S. Francisco	S 10°18'29'' W 36°35'02''
	SF04	Japoatã	Riacho Pilões	Baixo S. Francisco	S 10°22'03'' W 36°48'24''
Sergipe	SE01	Feira Nova	Sergipe	Médio Sertão	S 10°22'33'' W 37°21'01''
	SE06	Socorro	Cotinguiba	Grande Aracaju	S 10°50'06'' W 37°07'52''
	SE07	São Cristóvão	Poxim	Grande Aracaju	S 10°57'10'' W 37°13'09''
	SE08	Dores	Sergipe	Agreste Central	S 10°31'22'' W 37°14'58''
	SE03	Moita Bonita	Jacarecica	Agreste Central	S 10°38'11'' W 37°21'55''
	SE09	Malhador	Riacho Pucabi	Agreste Central	S 10°41'54'' W 37°14'53''
Japarutuba	JP07	Carmópolis	Japarutuba	Leste	S 10°38'41'' W 36°57'45''
	JP06	Pirambu	Japarutuba	Leste	S 10°44'28'' W 36°51'45''
	JP08	Muribeca	Japarutuba Mirim	Baixo S. Francisco	S 10°26'39'' W 36°57'11''
	JP02	Japarutuba	Japarutuba	Leste	S 10°32'28'' W 36°57'57''
Vaza Barris	VB01	Pedra Mole	Vaza Barris	Agreste Central	S 10°38'19'' W 37°41'47''
	VB04	Itaporanga	Vaza Barris	Grande Aracaju	S 10°59'51'' W 37°18'12''
	VB02	Campo do Brito	Riacho Traíras	Agreste Central	S 10°42'54'' W 37°27'44''
Piauí	PI07	Indiaroba	Indiaroba	Sul	S 11°28'25'' W 37°29'30''
	PI03	Estância	Piauitinga	Sul	S 11°15'49'' W 37°26'31''
	PI02	Lagarto	Piauí	Centro Sul	S 10°57'12'' W 37°42'24''
	PI06	Santa Luzia	Aritiquiba	Centro Sul	S 11°20'57'' W 37°26'54''
Real	RE02	Umbaúba	Itamirim	Sul Sergipano	S 11°25'01'' W 37°42'10''
	RE04	Tobias Barreto	Riacho Ingu	Centro Sul	S 11°07'35'' W 37°53'29''
	RE06	Poço Verde	Real	Centro Sul	S 10°48'28'' W 38°14'11''
	RE07	Tobias Barreto	Real	Centro Sul	S 11°11'40'' W 38°00'08''

**Tabela 2. Parâmetros monitorados, metodologias adotadas, unidade, limites de quantificação dos métodos.**

Ensaio	Métodos	Unid.	LQ
Coliformes totais	SMEWW 9221 A		
Coliformes termotolerantes	SMEWW 9221 B		-
pH	SWEWW 4500H+B	-	-
Óleos e graxas	SWEWW 5520 B	mg.L <sup>-1</sup>	1,400
DBO (método respirométrico)	SWEWW 5210 D	mg O <sub>2</sub> .L <sup>-1</sup>	-
Clorofila a	SWEWW 10200 I	µg.L <sup>-1</sup>	-
Condutividade elétrica	SWEWW 2510 B	µS.cm <sup>-1</sup>	-
Sólidos dissolvidos totais	SWEWW 2540 C	mg.L <sup>-1</sup>	-
Turbidez	SWEWW 2130 B	NTU	-
Cor aparente	SWEWW 2120 C	Hz	0,200
Alcalinidade total	SWEWW 2320 B	mg CaCO <sub>3</sub> .L <sup>-1</sup>	-
Dureza	Cálculo	mg CaCO <sub>3</sub> .L <sup>-1</sup>	-
Temperatura		°C	
Nitrato em N	US-EPA 300.0	mg N.L <sup>-1</sup>	0,010
Nitrito em N	US-EPA 300.0	mg N.L <sup>-1</sup>	0,015
Amônia em N	SWEWW 4500	mg N.L <sup>-1</sup>	0,010
Fosfato reativo solúvel em P	SWEWW 4500 P	mg P.L <sup>-1</sup>	0,010
Fósforo total em P	SWEWW 4500 P	mg P.L <sup>-1</sup>	0,010
Oxigênio Dissolvido	SWEWW 4500 O C	mg O <sub>2</sub> .L <sup>-1</sup>	-
Sulfato	US-EPA 300.0	mg.L <sup>-1</sup>	0,050
Alcalinidade Bicarbonatos	SWEWW 2320 B	mg CaCO <sub>3</sub> .L <sup>-1</sup>	-
Cloreto	SWEWW 4500 B	mg.L <sup>-1</sup>	0,050
Glifosato	US-EPA 300.0	mg.L <sup>-1</sup>	0,050
Sódio	US-EPA 300.7	mg.L <sup>-1</sup>	0,040
Potássio	US-EPA 300.7	mg.L <sup>-1</sup>	0,100
Cálcio	US-EPA 300.7	mg.L <sup>-1</sup>	0,100
Magnésio	US-EPA 300.7	mg.L <sup>-1</sup>	0,050
Zinco	AA	mg.L <sup>-1</sup>	0,017
Chumbo	AA	mg.L <sup>-1</sup>	0,050
Cobre	AA	mg.L <sup>-1</sup>	0,050
Níquel	AA	mg.L <sup>-1</sup>	0,094
Cromo	AA	mg.L <sup>-1</sup>	0,084
Ferro	AA	mg.L <sup>-1</sup>	0,023
Manganês	AA	mg.L <sup>-1</sup>	0,020
Nitrogênio total	-	mg.L <sup>-1</sup>	-
DQO	SWEWW 5220 D	mg O <sub>2</sub> .L <sup>-1</sup>	-
Fluoreto	US-EPA 300.0	mg.L <sup>-1</sup>	0,010
Lítio	US-EPA 300.7	mg.L <sup>-1</sup>	0,010
Brometo	US-EPA 300.0	mg.L <sup>-1</sup>	0,050
Carbono orgânico total	Instrumental	mg.L <sup>-1</sup>	-

Esse contempla apenas nove parâmetros de qualidade (pH, turbidez, temperatura, oxigênio dissolvido, fósforo, nitrogênio, sólidos totais, coliformes termotolerantes, e demanda bioquímica de oxigênio) específicos para refletir as contaminações ocasionadas por lançamentos de esgotos domésticos e industriais.

O índice é determinado pelo produtório ponderado dos valores obtidos para os parâmetros mencionados acima. A partir do cálculo efetuado, equações 1 e 2, determina-se a qualidade das águas, que é indicada pelo IQA, o qual varia numa escala entre 0 a 100. De acordo com o resultado do IQA a qualidade da água é enquadrada em uma determinada categoria apresentadas na Tabela 3 (ALMEIDA, 2007).

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

equação (1)

Onde:

$q_i$  : qualidade do  $i$ -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade, em função de sua concentração ou medida e;

$w_i$ : peso correspondente ao  $i$ -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade, sendo que:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

equação (2)

em que  $n$  é número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

**Tabela 3. Escala de valores de IQA e respectiva classificação de acordo com a adotada pela ANA (2011) e CETESB (2009).**

Valor	Categoria
$79 < IQA \leq 100$	Ótima
$51 < IQA \leq 79$	Boa
$36 < IQA \leq 51$	Regular
$19 < IQA \leq 36$	Ruim
$IQA \leq 19$	Péssima

#### 4.2. IQA - CCME

Índice de qualidade de água desenvolvido pelo Conselho Canadense do Ministério do Meio Ambiente (CCME - Canadian Council of Ministers of the Environment). Esse se baseia em medidas do espectro, da frequência e da amplitude dos valores que estão fora dos padrões estipulados pelas normas nacionais:  $F_1$  o número de variáveis que apresentaram valores fora dos padrões, (Espectro);  $F_2$  a frequência com que valores das análises apresentam-se fora dos padrões, (frequência) e  $F_3$  o quanto estes valores se distanciam dos valores padrão, (amplitude). Estes fatores são combinados para produzir um único valor (entre 0 e 100) que descreva a qualidade de água. De acordo com o resultado do IQA a qualidade da água é enquadrada em uma determinada categoria apresentadas na Tabela 4 (MARQUES et al, 2007).

Este índice de qualidade de água foi calculado de acordo os parâmetros e os valores determinados na Resolução CONAMA n° 357/05 a qual classifica os corpos de água.

**Tabela 4. Escala de valores de IQA e respectiva classificação de acordo com a adotada pelo Conselho Canadense do Ministério do Meio Ambiente.**

Valor	Categoria
$94 < IQA \leq 100$	Ótima
$79 < IQA \leq 94$	Boa
$64 < IQA \leq 79$	Regular
$44 < IQA \leq 64$	Ruim
$IQA \leq 44$	Péssima

#### 4.3. Índice do Estado Trófico (IET)

O Índice do Estado Trófico (IET) tem por finalidade classificar os 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 das algas ou ao aumento da infestação de macrófitas aquáticas. Atualmente a CETESB adota os cálculos modificados por Lamparelli utilizando os parâmetros clorofila e fósforo total, este propõe cálculos específicos para rios e reservatórios (CETESB, 2005).

Adotando as seguintes siglas:

P = concentração de fósforo total medida à superfície da água, em mg.L-1

CL = concentração de clorofila a medida à superfície da água, em mg.L-1

ln = logaritmo natural

### IET para rios

$$IET (PT) = 10x(6-((0,42 - 0,36x(\ln PT))/\ln 2))-20$$

$$IET (CL) = 10x(6-((-0,7 - 0,6x(\ln CL))/\ln 2)) - 20$$

### IET para reservatórios

$$IET (PT) = 10x(6-((1,77 - 0,42x(\ln PT))/\ln 2))$$

$$IET (CL) = 10x(6-((0,92- 0,34x(\ln CL))/\ln 2))$$

O resultado de IET será a média aritmética, segundo a equação (3):

$$IET = [IET(P) + IET(CL)]/2$$

equação (3)

Os resultados obtidos são classificados segundo a classificação apresentado no quadro 1.

Tabela 20 – Classe de estado trófico e suas características principais.			
Classes	Condição	Características	Cor
$\leq 47$	Ultraoligotrófico	Corpos d'água limpos, de produtividade muito baixa e concentrações insignificantes de nutrientes que não acarretam em prejuízos aos usos da água.	Dark Blue
$47 < IET \leq 52$	Oligotrófico	Corpos d'água limpos, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água, decorrentes da presença de nutrientes.	Light Blue
$52 < IET \leq 59$	Mesotrófico	Corpos d'água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos.	Light Green
$59 < IET \leq 63$	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.	Green
$63 < IET \leq 67$	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.	Orange
$> 67$	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.	Red

Fonte: CETESB, (2007)

Quadro 1. Classe de estado trófico e suas características principais (ANA, 2009)

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 1. IQA-NSF

Conforme mencionado no item 3.4.1 para este cálculo foram utilizados os resultados dos seguintes parâmetros: pH, turbidez, concentração de fósforo e nitrogênio, sólidos totais, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, coliformes termotolerantes e temperatura. Importante ressaltar que estes parâmetros de qualidade de água que fazem parte deste cálculo de IQA refletem, principalmente, a contaminação dos corpos hídricos ocasionadas pelo lançamento de esgoto doméstico (CETESB, 2005, 2009).

Os valores dos índices de qualidade de água obtidos utilizando-se os cálculos do IQA-NSF para as oito coletas estão apresentados na Tabela 5.

A maioria das amostras avaliadas obteve valores que as qualificaram com qualidade boa para este tipo de cálculo de IQA. Na Tabela 5 observa-se que as amostras coletadas em maio de 2009 foram as apresentaram maior número de amostras com qualidade regular (sete amostras) e ruim (três amostras). Este fato ser deve a contribuição de fontes de poluição difusas, pois este foi o mês que apresentou maior índice pluviométrico durante todo o período de coleta, conforme mostra o gráfico representado na Figura 2 feito com dados obtidos na página da Empresa de Desenvolvimento Agropecuário de Sergipe n internet (EMDAGRO, 2011).

Tabela 5. Classificação do IQA-NSF das amostras das bacias hidrográficas do Estado de Sergipe.

Bacia	Rio	Ponto	mar/09	maio/09	ago/09	nov/09	jan/10	mai/10	ago/10	nov/10
São Francisco	São Francisco	SF01	69	66	68	60	78	76	85	77
	Jacaré	SF02	19	59	44	11	38	48	42	36
	Rch. Cachorro	SF03	seco	61	58	59	39	58	63	66
	Rch. Pilões	SF04	62	57	65	67	64	52	79*	42
	São Francisco	SF05	69	72	73	80	71	58	74	74
Jarara - tuba	Japaratuba	JP02	NC	43	60	75	74	55	76	51
	Japaratuba	JP06	56	45	61	72	75	65	61	52
	Japaratuba	JP07	56	42	65	56	43	59	71	37
	Jap. Mirim	JP08	65	62	68	66	64	70	74	65
Sergipe	Sergipe	SE01	68	60	51	51	62	72	59	72
	Jacarecica	SE03	seco	44	79	70	seco	65	68	65
	Cotinguiba	SE06	56	52	55	52	68	45	65	68
	Poxim	SE07	58	67	74	72	69	74	74	71
	Sergipe	SE08	65	60	67	76	64	73	48	76
	Rch. Pucabi	SE09	55	36	75	72	68	71	69	72
Vaza Barris	Vaza Barris	VB01	NC	58	75	76	74*	72*	71	73
	Rch. Traíras	VB02	46	65	64	67	64*	68*	66	64
	Vaza Barris	VB04	41	49	55	69	52	70	75	62
Piauí	Piauí	PI02	63	35	66	74	77*	79*	75	62
	Piauitinga	PI03	48	47	51	85	55	62	82	56
	Ariquitiba	PI06	67	58	72	70	72	55	70	64
	Indiaroba	PI07	60	49	57	80	57	44	81	69
Real	Itamirim	RE02	NC	NC	NC	NC	55	50	77	66
	Rch. Ingu	RE04	seco	NC	75	75	seco	71*	58	seco
	Real	RE06	seco	59	69	seco	seco	seco	NC	NC
	Real	RE07	50	28	65	59	58*	58*	66	42

OBS: (0 – 19) péssima, (20 – 36) ruim, (37 – 51) regular, (52 – 79) boa e (80 – 100) ótima. NC = não foi coletado amostra.

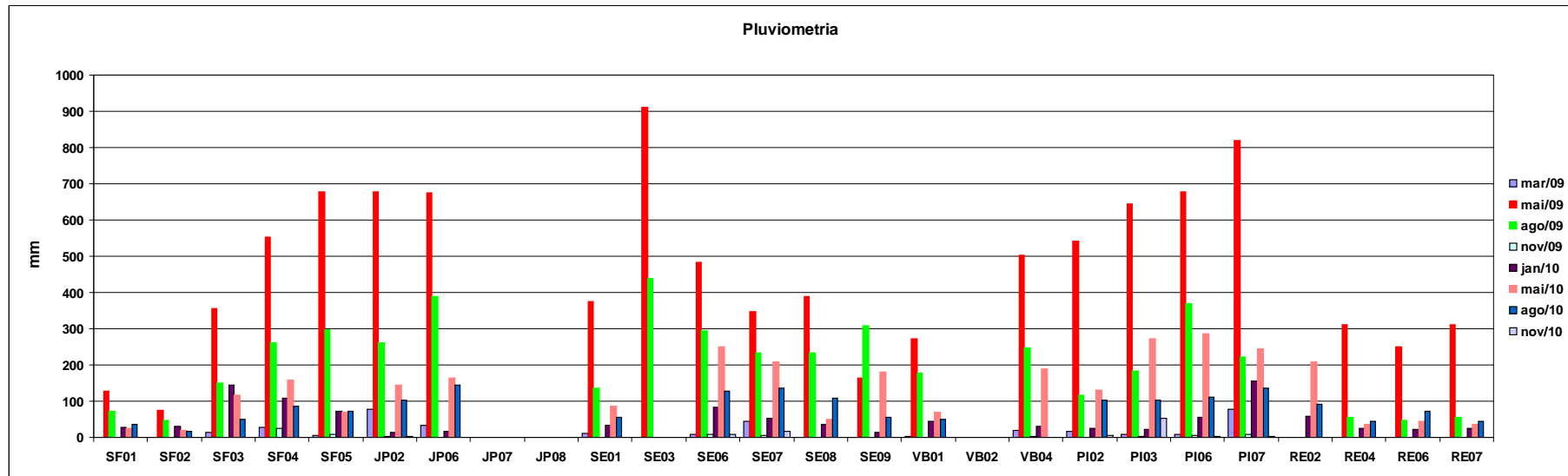


Figura 2. Variação pluviométrica dos municípios onde estão localizados os pontos de coletas durante o período de março de 2009 a novembro de 2010. (Fonte: EMDAGRO, 2011)

Evidencia-se na Tabela 5 a situação crítica da disponibilidade hídrica do Estado devido ao o número de amostra que não foram coletadas, pois o rio ou riacho estava seco durante o período de seca: uma campanha no ponto SF03 (mar/09), duas campanhas no ponto SF03 (em mar/09 e jan/10), três campanhas no ponto RE04 (mar/09, jan/10 e nov/10) e o ponto RE07 onde foi possível coletar somente em duas campanhas no período de cheia (mai e ago/09).

Evidenciou-se que o rio Jacaré no município de Poço Redondo apresenta uma situação crítica em relação à qualidade da água (SF02), pois a sua classificação variou entre boa (maio/09) e aceitável (set/09, maio e ago/10) no período de cheia, ruim (jan e nov/10) e péssima (mar e dez/09) no período de seca.

Na avaliação geral, 79% das amostras foram classificadas com qualidade boa, 14% com qualidade regular, 3% com qualidade ótima e ruim e 1% com qualidade péssima (Figura 3). Embora a qualidade da água das bacias hidrográficas do Estado seja classificada como boa esta já apresenta contaminação por esgoto doméstico, com altas concentrações de coliformes termotolerantes, fósforo, nitrogênio e carbono orgânico dissolvido.

### IQA - NSF

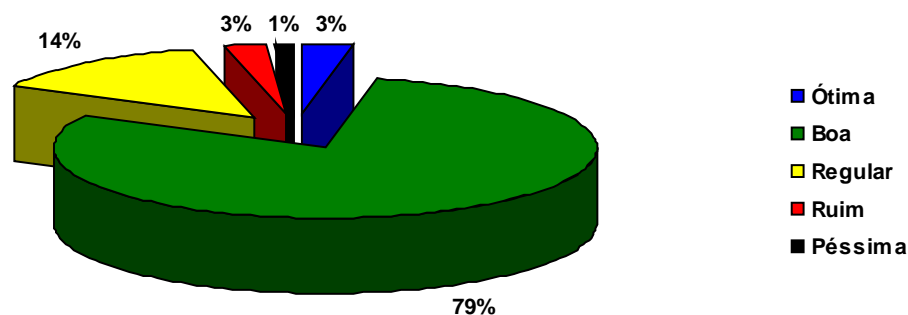


Figura 3. Gráfico de porcentagem da classificação da qualidade da água das bacias hidrográficas do Estado de Sergipe, segundo o cálculo do IQA-NSF.

## 2. IQA-CCME

Utilizando o IQA-CCME para calcular a qualidade da água ocorre uma mudança no cenário das Bacias Hidrográficas do Estado em relação ao IQA-NSF. O número de amostras com qualidade boa diminui consideravelmente e aumenta o número de amostras com qualidade ótima, regular e ruim. Isto se deve a dois fatores: i) a escala de valores numéricos para as duas classificações é diferente, como pode se observar nas Tabelas 3 e 4; ii) o número de parâmetros avaliados é maior, pois para este cálculo foram utilizados os parâmetros analisados (Tabela 2) que são contemplados na Resolução CONAMA n° 357/05, totalizando 26 parâmetros para os corpos de água doce classe 2 e 22 parâmetros para os corpos de água salobra classe 1. Os valores dos índices de qualidade de água obtidos utilizando-se os cálculos do IQA-CCME para as oito coletas estão apresentados na Tabela 6.

Este cenário também evidencia a influência na qualidade da água no período de chuvas mais intensas como nos meses de maio e ago/09, os quais apresentaram um número maior de amostras com qualidade ruim e regular (Tabela 6). O IQA-CCME destacou-se a situação crítica da qualidade da água no ponto SF02 no rio Jacaré em Poço Redondo, como no IQA-NSF, e também no ponto RE07 no rio Real em Tobias Barreto.

Na avaliação geral, 44% das amostras foram classificadas com qualidade boa, 24% com qualidade regular, 16% com qualidade ótima, 15% com qualidade ruim e 1% com qualidade péssima (Figura 4). Embora a qualidade da água da maior parte das amostras analisadas foi classificada como boas e ótimas estas já apresentam indícios de contaminação por esgoto doméstico e efluente industriais.

Tabela 6. Classificação do IQA-CCME das amostras da bacia hidrográfica do rio São Francisco no Estado de Sergipe.

Bacia	Rio	Ponto	mar/09	maio/09	ago/09	nov/09	jan/10	mai/10	ago/10	nov/10	Classe
São Francisco	São Francisco	SF01	97	92	96	76	93	97	97	96	Doce 2
	Jacaré	SF02	49	55	53	42	62	68	62	58	Salobra 1
	Rch. Cachorro	SF03	seco	74	69	68	58	93	80	71	Salobra 1
	Rch. Pilões	SF04	97	75	82	100	96	75	92	94	Doce 2
	São Francisco	SF05	94	85	97	97	94	90	100	98	Doce 2
Jararã - tuba	Japaratusba	JP02	NC	75	77	96	90	74	90	93	Doce 2
	Japaratusba	JP06	83	73	91	91	60	85	95	61	Salobra 1
	Japaratusba	JP07	87	74	90	85	80	90	97	84	Doce 2
	Jap. Mirim	JP08	97	89	65	96	94	90	96	90	Doce 2
Sergipe	Sergipe	SE01	62	72	74	72	84	92	85	64	Salobra 1
	Jacarecica	SE03	seco	62	74	89	seco	74	90	88	Doce 1
	Cotinguiba	SE06	56	58	70	77	83	84	80	78	Salobra 1
	Poxim	SE07	84	89	89	72	94	84	97	86	Doce 1
	Sergipe	SE08	95	62	82	78	80	92	90	81	Salobra 1
	Rch. Pucabi	SE09	60	51	86	83	89	87	97	92	Doce 1
Vaza Barris	Vaza Barris	VB01	NC	67	87	91	88	93	95	92	Salobra 1
	Rch. Traíras	VB02	69	81	71	100	82	89	89	92	Salobra 1
	Vaza Barris	VB04	62	63	65	72	76	93	92	93	Salobra 1
Piauí	Piauí	PI02	88	57	76	87	87	97	90	84	Doce 2
	Piauitinga	PI03	46	77	57	86	57	89	97	67	Doce 2
	Ariquitiba	PI06	85	83	72	84	95	74	100	93	Doce 2
	Indiaroba	PI07	83	77	58	83	84	61	100	98	Doce 2
Real	Itamirim	RE02	NC	NC	NC	NC	69	84	91	88	Salobra 1
	Rch. Ingu	RE04	Seco	NC	64	76	Seco	82	83	Seco	Doce 2
	Real	RE06	Seco	75	74	Seco	Seco	Seco	NC	NC	Salobra 1
	Real	RE07	58	56	64	61	58	70	77	55	Doce 2

OBS: (0 – 44) péssima, (45 – 64) ruim, (65 – 79) regular, (80 – 94) boa e (95 – 100) ótima. NC = não foi coletado amostra.

Na avaliação geral, 44% das amostras foram classificadas com qualidade boa, 24% com qualidade regular, 16% com qualidade ótima, 15% com qualidade ruim e 1% com qualidade péssima (Figura 4). Embora a qualidade da água da maior parte das amostras analisadas foi classificada como boas e ótimas estas já apresentam indícios de contaminação por esgoto doméstico e efluente industriais.

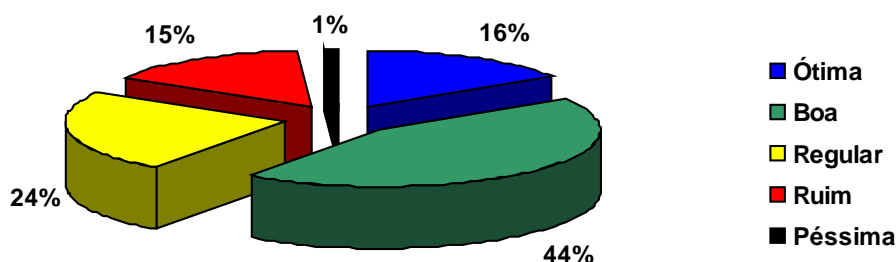


Figura 4. Gráfico de porcentagem da classificação da qualidade da água das bacias hidrográficas do Estado de Sergipe, segundo o cálculo do IQA-CCME.

### 3. Índice do Estado Trófico (IET)

Os resultados obtidos no cálculo do IET para as amostras das bacias hidrográficas do Estado estão apresentados na Tabela 7. Estes indicam que os pontos SF02, SF03 e RE07 apresentaram uma concentração maior de nutrientes (fósforo) com alta produtividade de algas em relação às condições naturais, em geral estas condições são consequências das atividades antrópicas e acarretam em interferências nos usos múltiplos da água.

Na avaliação geral, 17% das amostras foram classificadas como ultraoligotróficas e 29% como oligotróficas o que indica que o corpo de água apresenta baixa concentração de nutrientes e produtividade de alga muito baixa. 38% das amostras foram classificadas como mesotróficas, neste estágio o corpo de água apresenta produtividade intermediária de algas, com possíveis implicações na qualidade da água, mas em níveis aceitáveis na maioria dos casos (Figura 5).

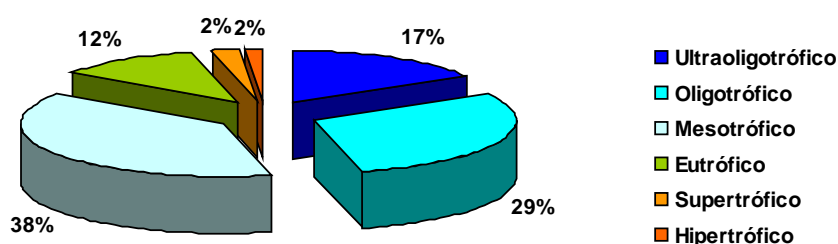


Figura 5. Gráfico de porcentagem da classificação da qualidade da água das bacias hidrográficas do Estado de Sergipe, segundo o cálculo do IET.

Tabela 7 Classificação do IET das amostras das bacias hidrográfica do Estado de Sergipe.

Bacia	Rio	Ponto	mar/09	maio/09	ago/09	nov/09	jan/10	mai/10	ago/10	nov/10
São Francisco	São Francisco	SF01	48	49	53	36	44	52	34	42
	Jacaré	SF02	71	56	63	80	38	60	54	73
	Rch. Cachorro	SF03	seco	51	53	64	62	60	58	59
	Rch. Pilões	SF04	45	49	52	33	49	42	51	45
	São Francisco	SF05	44	52	48	48	59	48	51	47
Jararã - tuba	Japaratuba	JP02	NC	59	60	47	60	53	49	51
	Japaratuba	JP06	46	46	59	49	55	47	51	55
	Japaratuba	JP07	48	51	53	58	59	50	55	53
	Jap. Mirim	JP08	49	51	56	55	53	49	50	45
Sergipe	Sergipe	SE01	59	51	54	57	55	54	53	53
	Jacarecica	SE03	seco	63	57	56	seco	63	49	53
	Cotinguiba	SE06	45	56	58	50	58	52	27	52
	Poxim	SE07	50	48	53	55	53	51	19	56
	Sergipe	SE08	50	51	53	53	57	54	50	52
	Rch. Pucabi	SE09	47	54	60	49	52	56	55	46
Vaza Barris	Vaza Barris	VB01	NC	46	48	53	56	51	45	46
	Rch. Traíras	VB02	44	50	63	54	61	48	52	53
	Vaza Barris	VB04	58	51	62	54	56	57	26	50
Piauí	Piauí	PI02	52	60	52	64	58	55	54	56
	Piauitinga	PI03	43	60	58	53	59	55	54	48
	Ariquitiba	PI06	49	53	47	55	52	54	54	50
	Indiaroba	PI07	57	55	59	54	51	55	53	47
Real	Itamirim	RE02	NC	NC	NC	NC	52	60	23	49
	Rch. Ingu	RE04	seco	NC	58	47	seco	55	55	seco
	Real	RE06	seco	50	49	seco	seco	seco	NC	NC
	Real	RE07	59	60	62	71	71	63	55	61

Ultraoligotrófico  $\leq 47$ , 47 < oligotrófico  $\leq 52$ , 52 < mesotrófico  $\leq 59$ , 59 < eutrófico  $\leq 63$ , 63 < supereutrófico  $\leq 67$  e hipereutrófico  $> 67$ . NC = não foi coletado amostra.

Somente 12% das amostras foram classificadas como eutróficas e 2% classificadas com supereutróficas e hipereutróficas, nestas condições o corpo de água apresentando alta produtividade de algas em relação às condições naturais, em geral afetadas por atividades antrópicas, nos quais ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água com interferência nos seus múltiplos usos (Figura 5).

#### 4. Avaliação dos metais

Foram avaliados os seguintes elementos cádmio (Cd), chumbo (Pb), cobre (Cu), cromo (Cr), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), níquel (Ni) por espectrometria de absorção atômica de chama (AA), embora esta seja uma técnica analítica bastante sensível o limite de quantificação (LQ) foi maior que o valor máximo permissível (VMP) estabelecido pela Resolução CONAMA n° 357/05 para os elementos Cu, Cr, Ni, Cd e Pb como se observa na Tabela 8.

O elemento Ni não foi quantificado nas amostras analisadas e o Cr foi quantificado somente numa amostras do rio Poxim (SE07) em nov/09 na concentração de 0,257 mgL<sup>-1</sup>, quase seis vezes acima do VMP para corpo de água doce classe 2.

Tabela 8. Limite de quantificação do método analítico e valores máximos permissíveis estabelecidos pela Resolução CONAMA n 357/05 para corpos de água doce classe 2 e salobra classe 1

Metal	Limite de quantificação (mgL <sup>-1</sup> )	Doce classe 2 (VMP) (mgL <sup>-1</sup> )	Salobra classe 1 (VMP) (mgL <sup>-1</sup> )
<b>Cu</b>	0,050	0,009	0,005
<b>Mn</b>	0,020	0,100	0,100
<b>Fe</b>	0,023	0,300	0,300
<b>Cr</b>	0,084	0,050	0,050
<b>Ni</b>	0,094	0,025	0,025
<b>Cd</b>	0,050	0,001	0,005
<b>Pb</b>	0,050	0,010	0,010
<b>Zn</b>	0,017	0,180	0,090

Os resultados dos perfis dos elementos Fe, Mn, Zn, Cu e Pb são apresentados nas Figuras 6, 7, 8, 9 e 10, respectivamente, em todos os pontos de coleta durante o período estudado.

As altas concentrações de ferro e manganês quantificadas em quase todas as amostras, bem acima dos padrões estabelecidos pela R. CONAMA n° 357/05, principalmente no período de cheia estão relacionadas provavelmente a matriz mineralógica, no qual o ferro e o manganês devem estar associados. Mas também já indicam a contribuição das atividades antrópicas (Figuras 6 e 7).

As principais fontes antrópicas de metais no ambiente são fertilizantes, pesticidas, água de irrigação contaminada e queima de biomassa na zona rural, combustão a carvão e óleo, emissões veiculares, incineração de resíduos urbanos e industriais e, principalmente mineração, fundição e refinamento, tanto nas regiões urbanas como na zona rural. Existe uma demanda crescente de muitos metais nos países desenvolvidos e em desenvolvimento. Dessa forma, parte dos metais imobilizados nos depósitos naturais está sendo transformado em metais mobilizados no ambiente (LEMES, 2001).

A agricultura constitui uma das mais importantes fontes não pontuais de poluição por metais [ALLOWAY et al., 1997 apud LEMES, 2001]. As principais fontes são:

- Impurezas em fertilizantes: Cd, Cr, Mo, Pb, U, V, Zn (por exemplo: Cd e U em fertilizantes fosfatados);
- pesticidas: Cu, As, Hg, Pb, Mn, Zn (ex. Cu, Zn e Mn em fungicidas);
- preservativos de madeira: As, Cu, Cr;
- dejetos de produção intensiva de porcos e aves: Cu, As, Zn

O zinco foi quantificado nas amostras do período de cheia, maio e agosto de 2009 e 2010, em concentrações menores que o estabelecido pela R. CONAMA n° 357/05, provavelmente também deve estar relacionado a contribuição da matriz mineralógica.

O cobre e o chumbo foram quantificados em concentrações muito altas, mais ou menos dez vezes acima que o estabelecido pela R. CONAMA n° 357/05, em áreas de cultivo nos períodos de cheia e seca, respectivamente, portanto a presença destes elementos nas amostras de água devem estar relacionadas a atividades agrícolas como a aplicação de pesticidas e fertilizantes (Figuras 8 e 9).

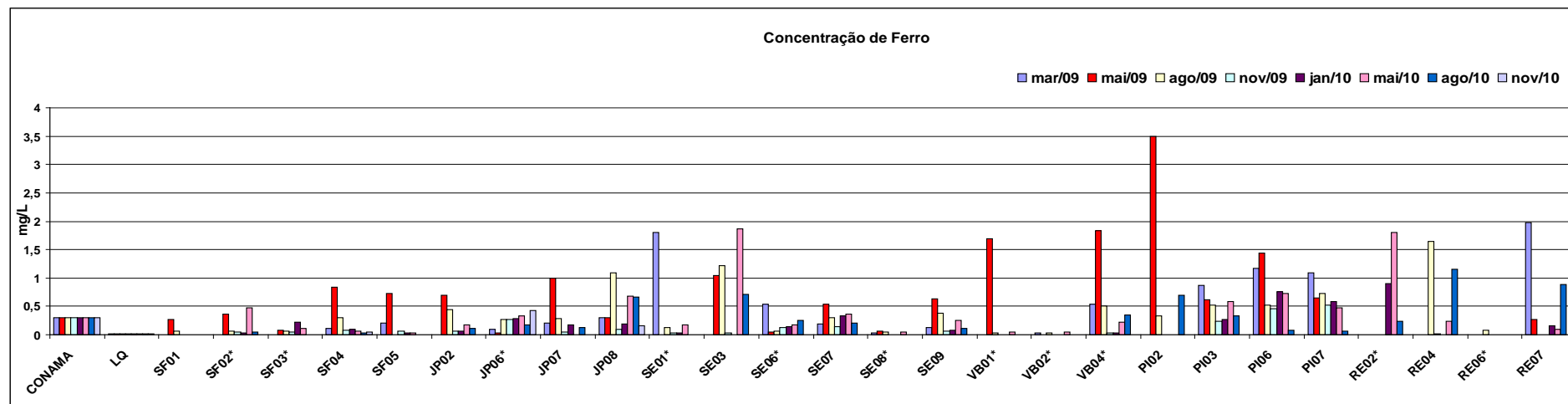


Figura 6. Perfil do ferro nas amostras de água das bacias hidrográficas do Estado de Sergipe.

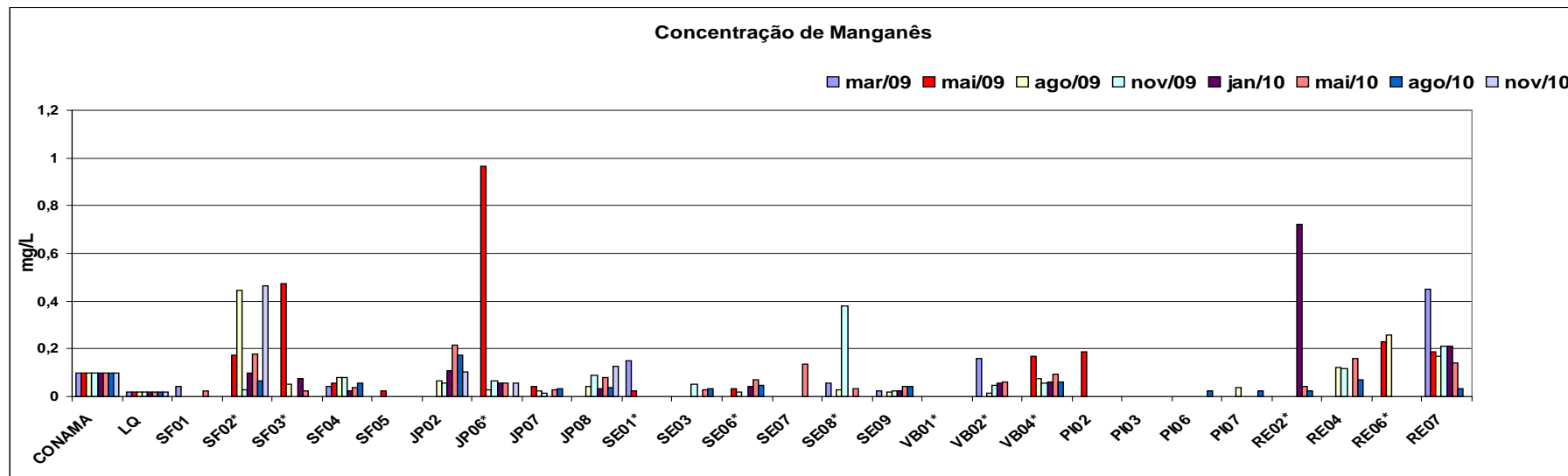


Figura 7. Perfil do manganês nas amostras de água das bacias hidrográficas do Estado de Sergipe.

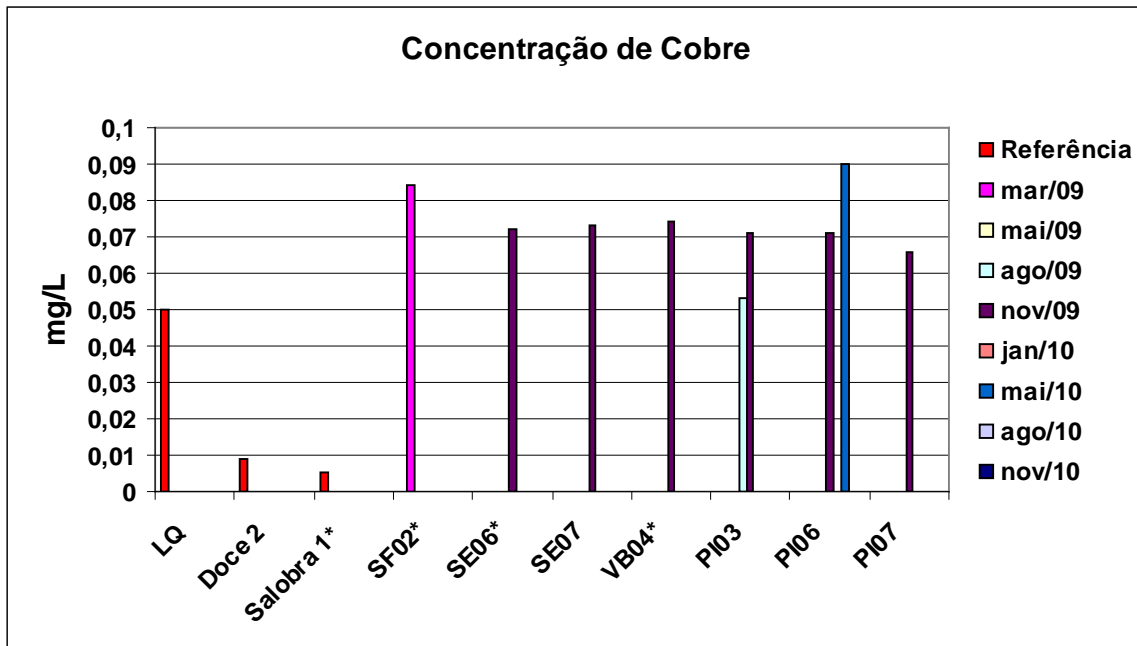


Figura 8. Perfil do cobre nas amostras de água das bacias hidrográficas do Estado de Sergipe.

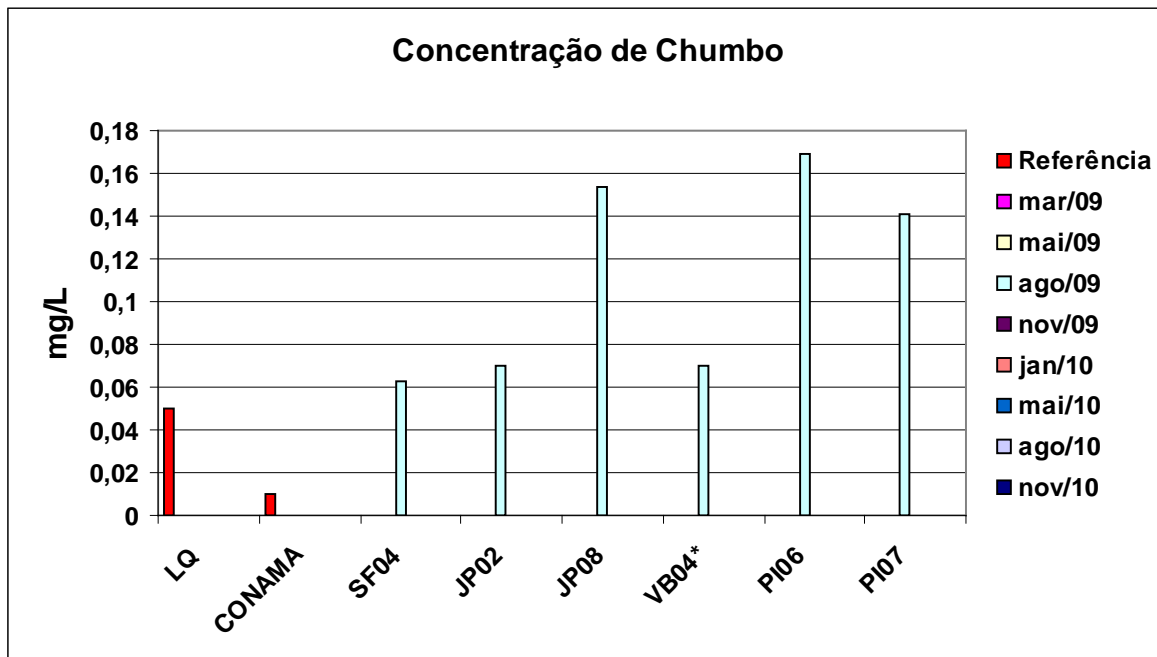


Figura 9. Perfil do chumbo nas amostras de água das bacias hidrográficas do Estado de Sergipe.

O zinco foi quantificado nas amostras do período de cheia, maio e agosto de 2009 e 2010, em concentrações menores que o estabelecido pela R. CONAMA n° 357/05, provavelmente também deve estar relacionado a contribuição da matriz mineralógica.

O cobre e o chumbo foram quantificados em concentrações muito altas, mais ou menos dez vezes acima que o estabelecido pela R. CONAMA n° 357/05, em áreas de cultivo nos períodos de cheia e seca, respectivamente, portanto as presenças destes elementos nas amostras de água devem estar relacionadas a atividades agrícolas como a aplicação de pesticidas e fertilizantes (Figuras 8 e 9).

## CONCLUSÕES

Este estudo apresenta um panorama geral da qualidade da água das bacias hidrográficas do estado de Sergipe, o qual mostra que, mesmo se utilizando dois índices de qualidade de águas diferentes mais de 60% das amostras avaliadas foram classificadas como ótimas e boas e somente 16% foram classificadas como ruim e péssima. Quanto ao estado trófico 46% das amostras apresentaram baixa concentração de nutrientes e produtividade de algas.

Portanto, de maneira geral a qualidade da água das bacias hidrográficas do Estado de Sergipe é boa, embora já apresentem indícios que os corpos hídricos estão sendo afetados pelas atividades antrópicas, devido à contaminação por esgoto doméstico, efluentes industriais e aplicação de fertilizantes e pesticidas na agricultura.

Destacam-se dois pontos críticos em relação a qualidade da água o rio Jacaré em Poço Redondo na bacia hidrográfica do São Francisco e o rio Real em Tobias Barreto na bacia hidrográfica do rio Real.

Evidencia-se também a situação crítica da disponibilidade hídrica do Estado devido ao o número de amostra que não foram coletadas (nove amostras), pois o rio ou riacho estava seco durante o período de seca, sendo que no rio Real em Poço Verde só foi possível coletar amostras em duas campanhas no período de cheia (maí e ago/09).

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), e Fundação de apoio à Pesquisa e à Inovação Tecnológica do Estado de Sergipe (FAPITEC), pelas bolsas e auxílio financeiros concedidos e ao Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe (ITPS) pela infraestrutura e análises.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGUILERA, P. A.; CASTRO, H.; RESCIA, A.; SCHMITS, M.F. 2001. Methodological development of an index of coastal water quality: application in a tourist area. *Environmental Management*. v. 27, n. 2, p. 295-301.
2. ALMEIDA, A. A. (2007). "Estudo Comparativo entre os métodos IQANSF e IQACCME na Análise da Qualidade da Água do Rio Cuiabá". Dissertação, Universidade Federal do Mato Grosso.
3. ALVES, J.P.H.; PASSOS, E.A.; GARCIA, C.A.B. Metals and acid volatile sulfide in sediment cores from the Sergipe River Estuary, Northeast, Brazil. *J. Braz. Chem. Soc.*, v.18, n.4, p. 748-758, 2007.
4. ANA – Agência Nacional de Águas. Relatório da Conjuntura dos Recursos Hídricos. 2009. Disponível em: <www.ana.gov.br>. Acesso em Nov. 2009
5. ANA – Agência Nacional de Águas. Relatório da Conjuntura dos Recursos Hídricos. 2010. Disponível em: <www.ana.gov.br>. Acesso em Maio 2011.
6. APHA – American Public Health Association. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 20th ed., 1998.
7. CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. "Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo". São Paulo, 2008. Disponível em: [www.cetesb.sp.gov.br](http://www.cetesb.sp.gov.br). Acesso em abr.2005.
8. CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. "Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo". São Paulo, 2008. Disponível em: [www.cetesb.sp.gov.br](http://www.cetesb.sp.gov.br). Acesso em abr.2009.
9. CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2002. Projeto Cadastro da Infra-Estrutura Hídrica Do Nordeste, Estado de Sergipe. Disponível em:
10. <ftp://ftp.cprm.gov.br/pub/pdf/dehid/Sergipe/Amparo.pdf>. Acesso em 16 jan 2008
11. COTRIM, M. E. B., Avaliação da qualidade da água na bacia hidrográfica do Ribeira de Iguape com vistas ao abastecimento público, 2006. Tese (Doutorado) Instituto de Pesquisas Energética e Nucleares, São Paulo.

12. EMDAGRO - Empresa de Desenvolvimento Agropecuário de Sergipe. Disponível em: [www.emdagro.se.gov.br](http://www.emdagro.se.gov.br). Acesso em 16 de junho de 2011.
13. GARCIA, C.A.B.; PASSOS, E.A.; ALVES, J.P.H. 2010. Assessment of trace metals pollution in estuarine sediments using SEM-AVS and ERM-ERL predictions. *Environ. Monit. Assess.* Published online: 29, December 2010.
14. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em Maio 2011.
15. KHAN, F., HUSAIN, T. and LUMB, A. (2003). Water quality evaluation and trend analysis in selected watersheds of Atlantic region of Canada. *Environmental Monitoring and assessment*. 88, p. 221-242.
16. KHAN, A.A.; TOBIN, A.; PATERSON, R.; KHAN, H.; WARREN, R. 2005. Application of CCME procedures for deriving site-specific water quality guidelines for the CCME water quality index. *Water Qual. Res. J. Canada*. v. 40, n. 4, p. 448-456.
17. LEMES, M. J. L., Avaliação de metais e elementos-traços em águas e sedimentos das bacias hidrográficas dos rios Mogi-Guaçu e Pardo, São Paulo, 2001. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Pesquisas Energética e Nucleares, São Paulo.
18. MARQUES, M.N., DANTAS, E.S.K, PIRES, M.A.F. Cromatografia de Íons Aplicada na Especificação de Cromo Hexavalente em Amostras Ambientais e Efluentes Industriais. In: CTR Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável & NISAM 2004 Ciclo de conferências sobre política e gestão ambiental, 2004, Florianópolis.
19. MARQUES, M.N.; COTRIM, M.E.B.; GRIGOLETTO, T.; DANTAS, E.S.K.; SISTIC.; SANTINI, C.C.M.; MENDONÇA, R.E; PIRES, M.A.F. Avaliação da qualidade da água tratada da região de Santo André. In: EHWC'2006, ENVIRONMENTAL AND HEALTH WORLD CONGRESS, p- 373-376. 16 – 19 julho, 2006, Santos, Brasil.
20. MARQUES, M.N.; et al. (2007). Avaliação de um índice dinâmico de qualidade de água para abastecimento. Um estudo de caso. *Exacta*, 5. (1), p. 5-8.
21. MARQUES, M.N.; DAUDE, L.F.; SOUZA, R.M.G.L., CONTRIM, M.E.; PIRES, M.A.F. 2007. “Avaliação de um índice dinâmico de qualidade de água para abastecimento. Um estudo de caso”. *Exacta*, 5. (1), pp. 5-8.
22. MMA – Ministério do Meio Ambiente. (2006). “Caderno da Região Hidrográfica do São Francisco”. Plano Nacional de Recursos Hídricos – Plano de águas do Brasil.
23. PIRES, J. S. R. ; SANTOS, J. E.. Dep. Hidrobiologia UFSCar, Bacias Hidrográficas. Integração entre Meio Ambiente e Desenvolvimento. *Ciência Hoje*, v. 1 n.. 19/110, p. 40. 1995
24. SANTOS, D. M.; BOSSINI, J. A. T.; PREUSSLER, K. H.; VASCONSELOS, E. C.; CARVALHO-NETO, F. S.; CARVALHO-FILHO, M. A. S. Avaliação de Metais Pesados na Baía de Paranaguá, PR, Brasil, sob Influência das Atividades Antrópicas. *J. Braz. Soc. Ecotoxicol.*, v. 1, n. 2, 157-160, 2006.
25. SEMARH – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. Relatório final do enquadramento dos cursos d’água de Sergipe, 2003
26. SEMARH – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. Plano Estadual de Recursos Hídricos. Disponível em:
27. <http://www.semarh.se.gov.br/planosderecursoshidricos/index.php/perh/oplano>. Acesso em 16 de junho de 2011.
28. SEMARH – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. Plano Estadual de Recursos Hídricos. Disponível em:
29. <http://www.semarh.se.gov.br/comitesbacias/modules/tinyd0/index.php?id=20>. Acesso em 16 de junho de 2011a.
30. SILVA, M.R.C. avaliação de metais de águas subterrâneas em poços para o monitoramento de aterro sanitário. 2002. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Química São Carlos, USP, São Carlos.
31. PASSOS; E.A.; ALVES, J.P.H.; GARCIA, C.A.B.; COSTA, C.S. 2011. Metal Fraction in Sediments of the Sergipe River, Northeast, Brazil. *J. Braz. Chem. Soc.* Vol. 22, nº 4, p 828-835.