

## Monitoramento Quali-quantitativo das Águas dos Principais Rios de Salvador

Roseane F. Aquino, Claudia do Espírito Santo, Carlos Romay P. Silva, Julio Rocha, Eduardo Souza de Athayde, Eudardo F. Topazio

**Resumo** O artigo tem por objetivo analisar os resultados da qualidade da água e da medição das descargas líquidas em pontos específicos dos principais rios das bacias urbanas de Salvador (Camarajipe, Cobre, Ipitanga, Jaguaribe, Lucaia e Pituaçu) e, a partir da análise desses dados, determinar a carga orgânica e de nutrientes transportadas por esses cursos d'água. Foram realizadas medições de vazão utilizando o método Convencional com Molinete Hidrométrico e efetuada a coleta de amostras de água para análise da sua qualidade no período de 13 a 18 de agosto de 2009. Foi possível verificar a escala de comprometimento da bacia, em termos de carga orgânica, sendo que esses resultados podem subsidiar as ações das instituições gestoras dessas bacias. Sugere-se a implantação de um programa de monitoramento quali-quantitativo em diversos pontos da rede hidrográfica da cidade de Salvador.

**Palavras-chave** Rios urbanos. Medição de descargas líquidas. Cargas orgânicas. Qualidade das águas.

**Abstract** The article aims to analyze the results of water quality and the measurement of liquid discharges at specific points of the main river basins urban OF Salvador (Camarajipe, Copper, Ipitanga, Jaguaribe, Luca and Pituaçu) and from the analysis of these data determine the organic load and nutrients carried by these waterways. Flow measurements were performed using the conventional method with windlass Hydrometric and made the collection of water samples for analysis of its quality in the period from 13 to 18 August 2009. It was possible to verify the scale of involvement of the basin in terms of organic load, and these results may support the actions of the institutions that manage these basins. It is suggested the establishment of a monitoring program in several qualitative and quantitative points of the river system of the city of Salvador.

**Keywords** Urban rivers. Measurement of liquid discharges. Organic loading. Water quality.

## INTRODUÇÃO

O quadro de degradação dos rios que cortam Salvador e sua Região Metropolitana é grave, e resulta de um processo histórico de expansão urbana sem planejamento e infraestrutura em saneamento básico. A solução desse problema exige do setor público e da sociedade civil organizadas atitudes que visem a recuperação da qualidade e quantidade da água disponíveis nesses rios.

A real gravidade da situação só pode ser mensurada por meio de ações e atividades que identifiquem, quantifiquem e qualifiquem essa degradação. Desse modo, foi realizada em 2008 uma campanha para coleta de amostras de água, a fim de analisar e interpretar os parâmetros de qualidade e medição das vazões de pontos pré-determinados em rios urbanos de Salvador e Região Metropolitana. O objetivo da medição das vazões ou descarga líquida foi quantificar a carga orgânica e de poluentes nos principais rios de Salvador, a partir de dados populacionais e das descargas líquidas.

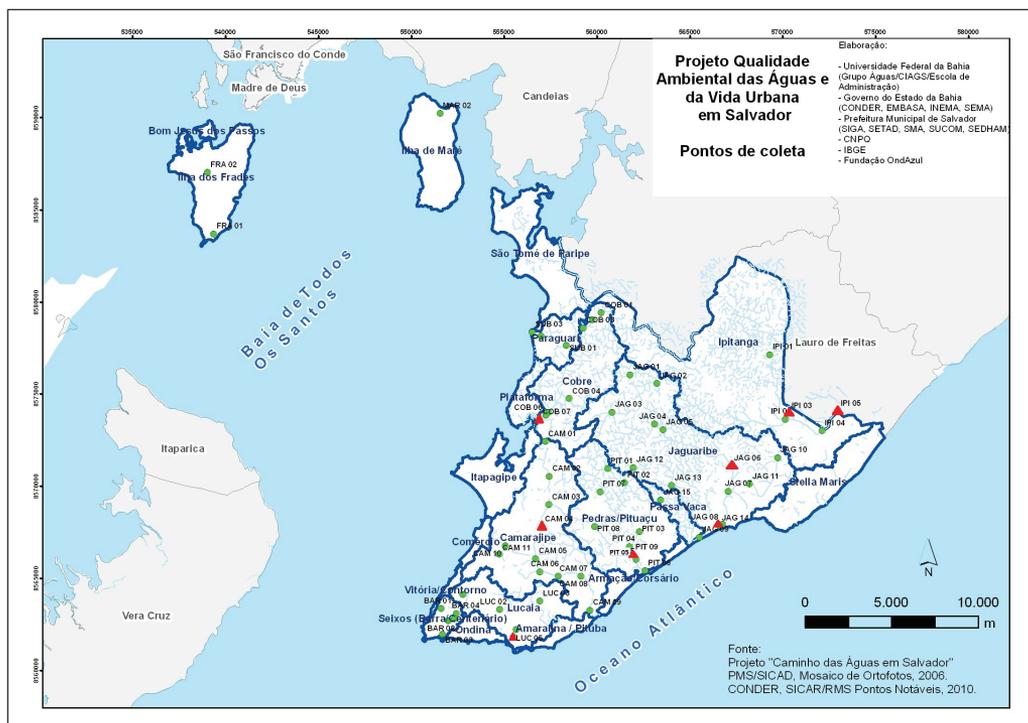
A área de estudo compreende as principais bacias hidrográficas de Salvador, Jaguaribe, Ipitanga, Cobre, Camarajipe, Lucaia e Pedras/Pituaçu, como apresentados na Tabela 1 e Figura 1.

**Tabela 1** - Localização dos Pontos de Medição das Vazões e Coleta de Amostras

Ponto	Rio	Local	Data da medição e coleta	Coordenadas Geográficas	
				Latitude	Longitude
CAM 04	Camarajipe	Largo do Retiro	14/8/2008	38° 28' 28,43"	12° 57' 06"
COB 06	Cobre	São Bartolomeu	14/8/2008	38° 28' 20"	12° 54' 01"
IPI 03	Ipitanga	Jardim das Margaridas	13/8/2008	38° 21' 07,15"	12° 53' 58,51"
IPI 05	Ipitanga	Lauro de Freitas	13/8/2008	38° 19' 39,27"	12° 53' 52,65"
JAG 06	Jaguaribe	Avenida Paralela	13/8/2008	38° 22' 47,1"	12° 55' 32,2"
JAG 08	Jaguaribe	Av. Orlando Gomes	-	-	-
LUC 05	Lucaia	Av. Lucaia	19/8/2008	38° 29' 19,03"	13° 00' 46,63"
PIT 05	Pituaçu	Rua Mangabeira, Imbuí	14/8/2008	38° 25' 37,9"	12° 58' 14,83"

Fonte: Inema, 2008 (antigo Ingá).

Figura 1 - Área de Estudo (Bacias Hidrográficas de Salvador)



Fonte: UFBA, 2008; Inema, 2008 (antigo INGÁ).

Obs. Pontos em verde são de qualidade da água e Vermelho onde foi feita medição de vazão e qualidade da água.

## MATERIAL E MÉTODOS

As medições de vazão foram realizadas em 07 pontos nas principais bacias hidrográficas de Salvador, no período de 13 a 19/08/2008, utilizando o método Convencional com Molinete Hidrométrico pelo **Processo Detalhado** Realizado aos Pares com Verticais Intercaladas, conforme normas adotadas pela Agência Nacional de Águas-ANA (Normas e Recomendações Hidrológicas estabelecidas pelo Decreto nº 60.825/67, Departamento Nacional de Águas e Energia-Dnaee do Ministério de Minas e Energia) e descrita em Santos *et al.* (2001). A descarga foi calculada pelo método da Área x Velocidade. Esse processo é baseado na medição de velocidade média da seção e área da seção transversal.

$$\text{Equação básica: } Q = A * V$$

Onde: Q - vazão (m<sup>3</sup>/s)

A - área molhada (m<sup>2</sup>)

V - velocidade média da seção (m/s)

As medições de descarga líquida foram realizadas na seção de medição definida para cada estação. Na medição realizada pelo processo detalhado, as posições do molinete hidrométrico

para as tomadas de velocidade estão relacionadas com a profundidade da vertical e obedeceu aos critérios estabelecidos na Tabela 2.

**Tabela 2** – Tabela de Pontos para o Método do Processo Detalhado

Profundidade (m)	Nº de pontos	Posição na vertical em relação à profundidade (p)	Equação para o cálculo da velocidade média - Vm
0,15 a 0,60	01	0,6 p	$V_m = v_{0,6}$
0,60 a 1,20	02	0,2 e 0,8 p	$V_m = (v_{0,2} + v_{0,8})/2$
1,20 a 2,0	03	0,2; 0,6 e 0,8 p	$V_m = (v_{0,2} + 2v_{0,6} + v_{0,8})/4$
2,00 a 4,00	04	0,2; 0,4; 0,6 e 0,8 p	$V_m = (v_{0,2} + 2v_{0,4} + 2v_{0,6} + v_{0,8})/6$
Acima de 4,00	06	S; 0,4; 0,6 e 0,8 p e F	$V_m = (V_s + 2(v_{0,2} + v_{0,4} + v_{0,6} + v_{0,8}) + V_f)/10$

P – profundidade; S – superfície; F – fundo.

Fonte: Santos et al, 2001.

A posição S, superfície, corresponde à profundidade de 0,10m e a posição F, fundo, corresponde àquela determinada pelo comprimento da haste de sustentação do lastro. As verticais de amostragem de velocidade foram afastadas entre si de 0,05 a 0,025m da largura da seção molhada, conforme as condições hidrológicas e morfológicas da seção de medição. A maior concentração de verticais de amostragem foi estabelecida nas áreas de maior fluxo ou de maior turbulência.

A Tabela 3 apresenta a distribuição dos pontos de acordo com a largura do canal. Nos cursos d'água com pequena largura foi utilizada menor quantidade de verticais de amostragem, de maneira a ter intervalos não inferiores a 0,30m entre verticais consecutivas.

**Tabela 3** – Distribuição dos Pontos Transversal ao Canal para Medição da Velocidade do Fluxo de Água entre as Seções Verticais

Largura do Canal (m)	Distância entre as seções verticais (m)
< 3	0,30
3 a 6	0,50
6 a 15	1,0
15 a 30	2,0
30 a 50	3,0
50 a 80	4,0
80 a 150	6,0
150 a 250	8,0
> 250	12,0

Fonte: Santos et al., 2001

O molinete empregado para medição das velocidades dos cursos d'água durante as campanhas de campo foi aferido em dezembro de 2006, em laboratório da JCTM Comércio e Tecnologia Ltda., no Estado do Rio de Janeiro. Todas as medições de descarga líquida foram registradas em fichas de medições.

Para a análise da qualidade da água desses rios, no momento da realização das medições de vazões, foram coletadas amostras de água (Figura 2). Essas amostras foram analisadas no laboratório contratado pela Embasa, o Senai/Cetind e a coleta efetuada pela equipe deste laboratório. A metodologia de análise seguiu as recomendações descritas no *Standard*

*Methods for the Examination of Water and Wastewater*, (APHA, 2005).

**Figura 2** – Medição de Vazão e Coleta de Amostras de Água no Rio do Cobre, Ponto COB 06 (a) e Ipitanga, Ponto IPI 05 (b)



Fonte: Inema, 2008 (antigo Ingá).

A carga dos principais nutrientes em t/dia, (DBO, Nitrogênio e Fósforo) foi determinada pelo produto entre a concentração em mg/l pela descarga líquida em m<sup>3</sup>/s (SPERLING, 2005).

A determinação do IQA - Índice de Qualidade da Água, dentre os índices adotados pelo Inema (antigo Ingá) como referência no Programa de Monitoramento de Qualidade da Água do Estado – Programa Monitora, foi desenvolvido pela Cetesb a partir de um estudo desenvolvido pela *National Sanitation Foundation* (NSF) dos Estados Unidos em 1970, que considera 09 parâmetros relevantes para avaliar a qualidade das águas: Oxigênio Dissolvido; Coliforme Termotolerantes; pH; DBO; Nitrato; Fosfato; Temperatura; Turbidez e Sólidos Totais. O IQA é calculado pelo produtório ponderado das qualidades de águas correspondentes a esses parâmetros aplicando a equação 3.1

Eq. (3.1)

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad \text{Onde:}$$

**IQA:** Índice de Qualidade de Água – é um número variando de 0 a 100.

**qi:** qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 a 100, obtido da “curva média de variação de qualidade”, em função da sua concentração ou medida.

**wi:** peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, um número entre 0 a 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade.

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

**n:** número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

Após cálculo efetuado, pode-se determinar a qualidade da água bruta, encontrando um número de 0 a 100, conforme Tabela 4.

Tabela 4 – Classificação da Qualidade da Água em Função do IQA

Nível de Qualidade	Intervalo de IQA	Cor de referência
Ótima	$79 < IQA \leq 100$	Azul
Boa	$51 < IQA \leq 79$	Verde
Regular	$36 < IQA \leq 51$	Amarelo
Ruim	$19 < IQA \leq 36$	Vermelho
Péssima	$IQA \leq 19$	

Fonte: Cetesb, 2002.

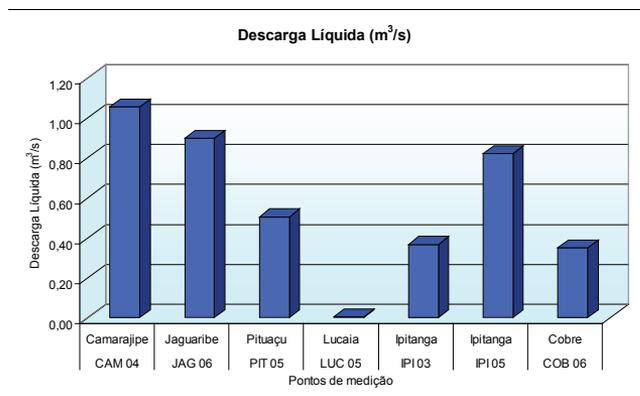
Tabela 5 – Resumo das Medições de Descarga Líquida

n	Ponto	Rio	Local	Data	Descarga Líquida (m <sup>3</sup> /s)		
					Q 1	Q 2	Qm
1	CAM 04	Camarajipe	Largo do Retiro	14/8/2008	1,118	0,993	1,056
2	COB 06	Cobre	Estrada velha do cabrito, São Bartolomeu	14/8/2008	0,360	0,341	0,350
3	IPI 03	Ipitanga	Ponte próximo à rua Fernandes, Bairro Jardim das Margaridas	13/8/2008	0,375	0,361	0,368
4	IPI 05	Ipitanga	Na ponte em frente ao Ginásio Municipal de Esportes de Lauro de Freitas.	13/8/2008	0,783	0,865	0,824
5	JAG 06	Jaguaribe	Avenida Paralela, em frente à entrada do bairro da Paz.	13/8/2008	0,975	0,825	0,900
6	JAG 08	Jaguaribe	Av. Orlando Gomes	-			-
7	LUC 05	Lucaia	Av. Lucaia	19/8/2008	0,00612	-	0,00612
8	PIT 05	Pituaçu	Rua Mangabeira, Imbuí	14/8/2008	0,506	0,464	0,485

Fonte: Inema, 2008 (antigo Ingá).

## RESULTADOS

Os resultados apresentados a seguir fazem referência aos dados de qualidade da água e das medições de descarga líquida, Tabela 5 e Figura 3, efetuadas nos principais rios urbanos de Salvador – BA, coletados no período de 13 a 19 de agosto de 2008.

**Figura 3 – Resultado das Medições de Vazões**

Fonte: Inema, 2008 (antigo Ingá).

Verifica-se que as bacias que apresentaram maiores vazões foram as dos rios Camarajipe, Jaguaribe e Ipitanga. No Rio Lucaia, o registro de uma vazão muito baixa pode ser devido ao fato do ponto medido (LUC 05) estar localizado à jusante da estação elevatório de esgoto, operada pela Empresa de Saneamento Ambiental (Embasa), onde a maior parte da água do rio é captada e lançada no oceano via emissário submarino.

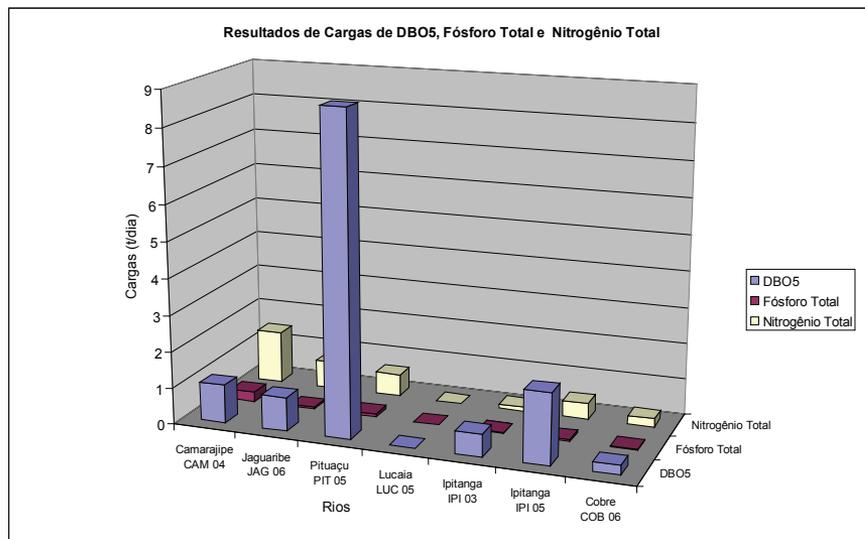
A tabela 6 e a figura 4 apresentam os resultados da determinação das cargas de DBO, Fósforo total e Nitrogênio Total em t/dia.

**Tabela 6 – Resultados das Cargas de DBO, Nitrogênio e Fósforo**

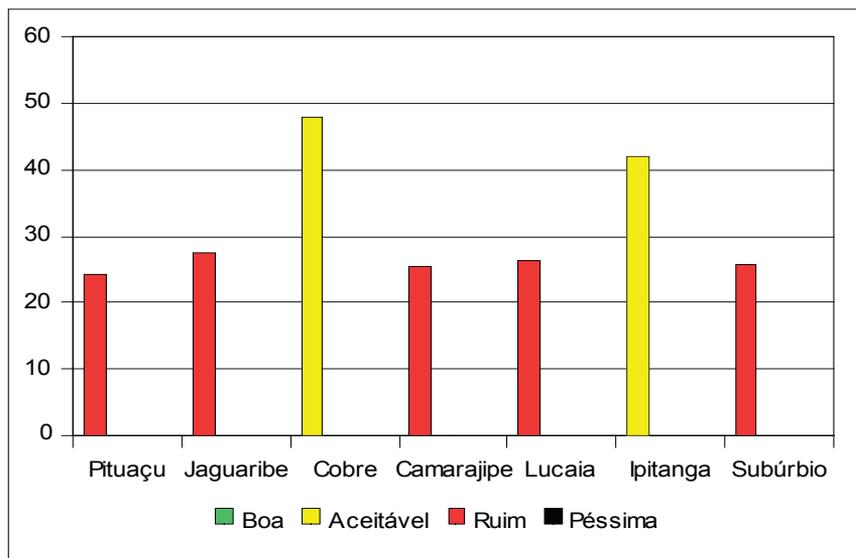
Ponto	Rio	Vazão Média m³/s	DBO <sub>5</sub>		Fósforo Total		Nitrogênio Total	
			mg/L	t/dia	mg/L P	t/dia	mg/L N	t/dia
CAM 04	Camarajipe	1,056	11,6	1,06	3,06	0,28	15,9	1,45
JAG 06	Jaguaribe	0,900	11,8	0,92	0,66	0,05	9,8	0,76
PIT 05	Pituauçu	0,506	17,3	8,75	1,9	0,08	14,3	0,62
LUC 05	Lucaia	0,006	Excluído	-	0,928	0,00	6,3	0,00
IPI 03	Ipitanga	0,368	19,1	0,61	0,591	0,02	3,5	0,11
IPI 05	Ipitanga	0,824	27,2	1,94	0,898	0,06	6,2	0,44
COB 06	Cobre	0,350	8,5	0,26	0,88	0,03	7,6	0,23

Fonte: Inema, 2008 (antigo Ingá).

Conforme resultados, o ponto no rio Pituauçu é o que apresentou uma maior carga de DBO<sub>5</sub>, isso pode ser ocasionado pela localização do rio, onde a bacia é densamente povoada e com muitos lançamentos diretos de efluentes domésticos e drenagem urbana. A situação menos comprometida é a do rio do Cobre, o qual tem parte bacia ainda com vegetação natural e com o parque de São Bartolomeu, que contribui pela melhor qualidade da água.

**Figura 4 – Resultados das Cargas de DBO, Nitrogênio e Fósforo Total**

Fonte: Inema, 2008 (antigo Ingá).

**Figura 5 – Índice de Qualidade da Água**

Fonte: Inema, 2008 (antigo Ingá).

Os esgotos coletados pelo Sistema de Esgotamento Sanitário de Salvador são apenas condicionados na Estação de Condicionamento Prévio do Lucaia, por meio de gradeamento, desarenador e peneira, cuja principal função é proteger o sistema elevatório e não tratar o esgoto propriamente dito, antes da emissão dos mesmos para o oceano, através do emissário submarino. Sendo assim, não existe uma política de tratamento e/ou retirada de afluentes

dos rios que cortam a cidade e sim uma prática de utilizar esses cursos d'água como meio de condução dos esgotos até um ponto próximo de captação para o emissário submarino.

A tendência atual é de reversão desse quadro, com o adensamento da rede e a construção de interceptores de esgotos sanitários, que permitirão, segundo previsão da concessionária do serviço de coleta de esgoto da Cidade, a cobertura de 90% dos domicílios de Salvador ligados à rede de esgotamento sanitário. Esse é, entretanto, apenas o primeiro passo para recuperação ambiental dos mananciais de Salvador, que deve vir acompanhado de um controle mais eficiente do uso do solo e sistema de coleta e disposição de resíduos sólidos adequados e universalizados.

Uma vez que os principais rios da cidade de Salvador ainda são usados como canais transportadores de esgotos, a exemplo dos rios Lucaia e Camarajipe, considerando ainda a inexistência no local de fontes de poluição industrial e outras emissões oriundas de atividades potencialmente poluentes, pode-se afirmar que a principal fonte de poluição dos rios urbanos de Salvador são os esgotos sanitários, lançados sem tratamento.

Verificou-se que o rio Pituaçu, nas imediações do Imbuí, apresentou a maior carga orgânica de DBO em t/dia e o menor índice de qualidade da água, indicando que há um considerável aporte de esgotos sanitários sem tratamento. Por outro lado, o ponto no rio do Cobre registrou a menor carga de DBO e o melhor índice de qualidade da água, provavelmente ocasionada pela menor taxa de urbanização da bacia contribuinte.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Durante anos, os rios urbanos foram conceitualmente tratados como um problema de saneamento, e não como um patrimônio ambiental. Essa visão deve ser substituída, mesmo que gradativamente, por uma postura de planejamento e de projetos que buscam valorizar a importância ambiental e o papel social dos rios urbanos.

É bom sempre lembrar que Salvador é hoje uma cidade dependente em grande parte de água do Semi-Árido (reservatório de Pedra do Cavalo no rio Paraguaçu), captada a cerca de 90km da Cidade, em região com precipitação média anual de 800mm, enquanto na Região Metropolitana de Salvador a precipitação média anual alcança 2.000mm. Parte desse problema é devido à deterioração dos mananciais existentes na Região, cujos recursos hídricos outrora disponíveis eram originalmente de melhor qualidade.

Como não há um monitoramento sistemático da qualidade e quantidade da água nas bacias hidrográficas urbanas de Salvador, sugere-se para a caracterização da qualidade ambiental a implantação, operação e manutenção de um programa integrado de monitoramento da qualidade e quantidade de água em diversos pontos da rede hidrográfica da cidade, com o objetivo de construir uma série histórica que permita o cálculo da carga poluidora e subsidie projetos futuros de recuperação.

Sugere-se ainda, como medida de saneamento, que as instituições responsáveis exijam o aumento da cobertura de coleta e tratamento dos esgotos sanitários, assim como dos resíduos sólidos em toda a Região Metropolitana de Salvador. Concomitante a isso, a recuperação desses mananciais passa essencialmente por um disciplinamento rigoroso do uso do solo nas micro- bacias urbanas, acompanhado de uma requalificação que vise tornar permeável as margens desses cursos d'água, sendo compatível com esse modelo a apropriação dessas áreas para o lazer da população da cidade.

## REFERÊNCIAS

APHA. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21. ed. New York: APHA, AWWA, WPCR, 1.194 p. 2005.

SANTOS, I. *et al.* **Hidrometria aplicada**. Curitiba: Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, 2001.

SPERLING, Von M. **Introdução à qualidade da água e ao tratamento de esgoto**. 3.ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental: Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

SPERLING, Von M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental: Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.

**Rosane Ferreira de Aquino** Graduação em Engenharia Sanitária pela Universidade Federal de Mato Grosso (1995), mestrado em Geoquímica e Meio Ambiente pela Universidade Federal da Bahia (1999) e Especialização em Gestão e Conservação dos recursos Hídricos pela UCSal (1999) e Especialista em Mudanças Climáticas e Mercado de Carbono pela UNIFACS, 2010. Atualmente é Especialista em Meio Ambiente e Recursos Hídricos e Coordena a área de Monitoramento Hidrometeorológico do Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

**Claudia do Espírito Santo Lima** Especialista em Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado da Bahia e atua no monitoramento da qualidade das águas das praias do Estado.

**Carlos Romay Pinto Silva** Especialista em Gestão Informatizada em Recursos Hídricos pelo Instituto de Ciências da Computação da UFBA (2002). Geólogo pela UFBA (1987); Especialista em Mudanças Climáticas e Mercado de Carbono pela UNIFACS, 2010; Atualmente é Especialista em Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - INEMA.

- Julio Rocha** Doutor em Direito pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. Pós Doutorado em Antropologia na Universidade Federal da Bahia. Atualmente é professor da Faculdade de Direito da Universidade Federal da Bahia e da Universidade do Estado da Bahia, professor ESAD - Ordem dos Advogados do Brasil, professor do mestrado em geografia da UFBA, Membro da Comissão Especial de Direito Sanitário e Saúde do Conselho Federal da OAB Federal. Tem experiência na área de Direito, com ênfase em Direitos Especiais e História do Direito, atuando principalmente nos seguintes temas: história do direito, direito ambiental, meio ambiente, direito da saúde, saúde do trabalhador, águas e direito, direito e democracia, gestão participativa, direito internacional.
- Eduardo Souza de Athayde** Graduado em Geografia pela Universidade Estadual de Feira de Santana . Pertence ao quadro permanente de Servidores públicos do Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - INEMA, Técnico em Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Atualmente Trabalha na Gestão dos Recursos Hídricos no Estado da Bahia com ênfase no monitoramento hidrológico do estado, fiscalização gestão de contratos, análise de pleitos de outorga, licenciamento ambiental, educação ambiental. Atuando também na área de Geografia, Gestão de Bacias Hidrográficas, Hidrologia, hidrometria, geoprocessamento, monitoramento ambiental, Espeleologia.
- Eduardo Farias Topázio** Graduação em Engenharia Sanitária pela Universidade Federal da Bahia (1989) / Mestrado em Engenharia Oceânica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2003). Atualmente é Especialista em Meio Ambiente e Recursos Hídricos e Coordena a área de Monitoramento ambiental e dos recursos hídricos do Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - INEMA .