

# AVALIAÇÃO DA ÁGUA POTÁVEL DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DO RIO GUANDU (ETA-GUANDU) DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO, BRASIL: UMA ANÁLISE PRELIMINAR DE POLUENTES ORGÂNICOS PERSISTENTES E METAIS POLUENTES

*Elisa Prestes Massena<sup>1,2</sup>, Márcia Pereira<sup>2</sup>, João Paulo Machado Torres<sup>2,\*</sup> & Olaf Malm<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Química (Ciências de Alimentos), Prédio do Centro de Tecnologia, Bloco A – 5º andar, Av. Athos da Silveira Ramos, 149, Inst. de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Ilha do Fundão. CEP: 21941-909. Rio de Janeiro, Brasil.

<sup>2</sup>Laboratório de Radioisótopos Eduardo Penna Franca, Inst. de Biofísica Carlos Chagas Filho, Centro de Ciências da Saúde, Bloco G, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Ilha do Fundão. CEP: 21941-900. Rio de Janeiro, Brasil.

\*E-mail: jptorres@biof.ufrj.br

## RESUMO

Amostras de água de uma Estação de Tratamento de Águas (ETA), localizada no Rio de Janeiro, Brasil, foram coletadas antes e após tratamento para a determinação de metais (Al, Cd, Pb e Fe), bifenilas policloradas e o hidrocarboneto policíclico aromático benzo[a]pireno. Amostras de 1L de água foram coletadas por 10 dias seguidos e, posteriormente misturadas e denominada como amostra composta. Este procedimento foi repetido quatro vezes durante os meses de Agosto e Setembro de 2002. Amostras de água tratada mostraram valores de alumínio (434,0 a 948,0µg L<sup>-1</sup>), chumbo (12,0 a 14,0µg L<sup>-1</sup>) e ferro (443,0µg L<sup>-1</sup>) maiores dos que os preconizados pelo Ministério da Saúde. Os valores determinados de PCBs e benzo[a]pireno se mostraram abaixo dos limites de detecção do método.

**Palavras-chave:** Água potável, metais, rio Guandu, compostos orgânicos.

## ABSTRACT

**EVALUATION OF POTABLE WATER FROM THE WATER TREATMENT STATION OF GUANDU RIVER (ETA-GUANDU) IN THE CITY OF RIO DE JANEIRO, BRASIL: A PRELIMINARY ANALYSIS OF PERSISTENT ORGANIC POLLUTANTS AND METAL POLLUTANTS.** Water samples from a water treatment plant (WTP) located in the state of Rio de Janeiro, Brazil, were collected before and after the treatment in order to determine metals (Al, Cd, Pb and Fe), individual polychlorinated biphenyl congeners and the polycyclic aromatic hydrocarbon benzo[a]pyrene. Samples of 1L of water were collected once a day for 10 days and assembled, and then defined as composed sample. This procedure was repeated four times along August to September 2002. Drinking water samples showed contents of aluminum (434,0 to 948,0µg L<sup>-1</sup>), lead (12,0 to 14,0µg L<sup>-1</sup>) and iron (443,0µg L<sup>-1</sup>) what are close or sometimes higher than the allowed by the regulations from the Brazilian Health regulations. The PCBs as well as benzo[a]pyrene could not be detected since they were below the detection limits of the method.

**Key-words:** Drinking water, metals, Guandu River, organic compounds.

## INTRODUÇÃO

O aumento da demanda por água potável é o centro de muitas discussões envolvendo a sustentabilidade ambiental dos países em desenvolvimento, onde a necessidade de haver um planejamento da urbanização, juntamente com o manejo de água, representa uma questão muito importante (WHO 2005). O rio Guandu é a única fonte de água potável para mais de 10 milhões de habitantes da área metropolitana do Rio de Janeiro. Esse sistema foi desenvolvido devido à necessidade de produção de energia e para

atender a demanda por água potável da região. A construção de várias barragens e reservatórios para a transposição das águas do rio Paraíba do Sul para a bacia do rio Guandu, fez com que a vazão do rio Guandu passasse de 20m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> para aproximadamente 160m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> o que viabilizou a captação de água deste rio para o abastecimento público (DNAEE 2001). Entretanto, devido a expansão demográfica associada ao desenvolvimento industrial intenso e diversificado, e também às atividades agrícolas no seu entorno, este manancial se tornou extremamente vulnerável.

Com respeito ao controle de qualidade da água,

no Brasil existem somente duas leis que podem ser assim descritas: a primeira estabelece procedimentos e responsabilidades referente a fiscalização e ao controle da qualidade da água potável e seus padrões de referência (Ministério da Saúde 2000) e, a segunda regulamenta os parâmetros da água não tratada de rios (Conama 1986).

Este trabalho pretende fazer um estudo preliminar acerca dos níveis de metais poluentes, bifenilas policloradas e benzo[a]pireno encontrados na água potável originária do rio Guandu.

## MATERIAL E MÉTODOS

### AMOSTRAS

As amostras de água foram coletadas da ETA-Guandu que está localizada na parte sudeste da cidade do Rio de Janeiro, no Brasil. A Figura 1 apresenta a localização do rio Guandu.

As amostras de água da ETA-Guandu foram coletadas entre os meses de agosto e setembro de 2002 e submetidas a análise de metais (Al, Cd, Pb e Fe), congêneres individuais de bifenilas policloradas (PCB-28, PCB-52, PCB-101, PCB-118, PCB-153, PCB-180) e o hidrocarboneto policíclico aromático benzo[a]pireno. Foram utilizados os solventes diclorometano e acetonitrila, ácido nítrico PA e as soluções padrão de metais (Al, Cd, Pb e Fe, 1000 $\mu\text{g mL}^{-1}$ ) da Merck GmbH (Alemanha). Utilizou-se exclusivamente água purificada pelo sistema Milli-Q (Millipore, EUA).

### AMOSTRAS DE ÁGUA

Foi coletado 1L de amostra de água em recipiente previamente acidificado. A amostragem ocorreu uma vez ao dia, antes e após o tratamento, durante 10 dias. Este procedimento foi repetido quatro vezes entre os meses de agosto e setembro de 2002. Ao final de um período de amostragem de 10 dias resultava 10 sub-amostras que foram misturadas, obtendo-se uma amostra composta, resultando em quatro amostras compostas. Deste modo quatro amostras compostas representavam 40 sub-amostras (40 dias). Para a análise de metais, os recipientes de vidro continham ácido nítrico 5% ( $\text{HNO}_3$ ). As amostras foram armazenadas a 4°C até serem analisadas.

### EXTRAÇÃO E CLEAN-UP DAS AMOSTRAS DE ÁGUA PARA ANÁLISE DE PCBS E BENZO[A]PIRENO

Amostras de água (1L) foram sequencialmente extraídas com 100mL, 50mL e 5mL de diclorometano, utilizando-se a extração líquido-líquido. Para a análise de PCBs o método usado foi adaptado de Bennet *et al.* (1996). Após cada etapa de partição, a amostra foi centrifugada e transferida para coluna contendo sulfato de sódio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ). O *pool* de amostras extraídas foi evaporado até aproximadamente 0,5mL e fracionada usando 3g de sílica ( $\text{SiO}_2$ ) e 15mL de hexano. A amostra foi evaporada até o volume de aproximadamente

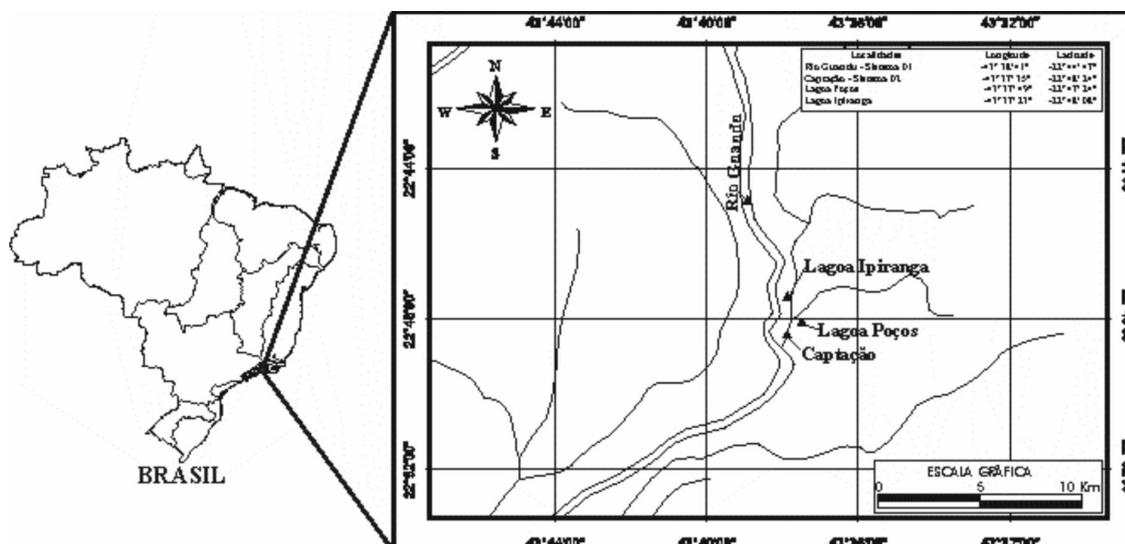


Figura 1. Mapa de localização do rio Guandu.

0,5mL e adicionou-se uma solução de padrão interno (0,5mL de 200ng mL<sup>-1</sup> de octacloronaftaleno – OCN). O extrato foi submetido a análise em cromatógrafo à gás com detector de captura de elétrons CG/DCE da marca Shimadzu, modelo GC-14B, fonte radioativa de <sup>63</sup>Ni, acoplado a um injetor automático Shimadzu AOC-17. Utilizou-se uma coluna capilar de sílica fundida Shimadzu CBP1(SE-30: polidimetilsiloxana) com 25m de comprimento; 0,25µm de espessura de filme, ID: 0,22mm; OD: 0,33mm. As condições do sistema usadas durante a análise foram: a) injeção: sem divisão de fluxo (*split less* 30 s); b) programação de temperatura: iniciou a 110°C onde permaneceu por 1 min.; a temperatura foi aumentada até 170°C a 20°C min<sup>-1</sup>, depois foi aumentada até 290°C a 7,5°C min<sup>-1</sup> e permaneceu por 10 minutos e c) detector de temperatura: 310°C. O limite de detecção foi calculado como de 0,5 a 7,6ng mL<sup>-1</sup>.

Para análise do benzo[a]pireno foi usado o método nº550 (EPA 1990). Após a etapa de extração, o extrato contendo diclorometano foi seco e concentrado até 1 mL. Um volume de 3mL de acetonitrila foi adicionado ao extrato e o mesmo foi concentrado até o volume final de 0,5mL. A amostra final foi analisada em cromatógrafo líquido com detector de fluorescência CL/FL da marca Shimadzu, modelo RF-10 AxL com duas bombas LC-10AT e LC-10AS. A coluna usada foi Shimadzu SHIM-PACK CLC-ODS (M), 25cm x 4,6mm I.D., 5µm de particular e poro de 120Å. A fase móvel utilizada foi uma mistura de acetonitrila / água (80:20). O limite de detecção foi de 0,08ng mL<sup>-1</sup>.

### ANÁLISE DE METAIS

As amostras compostas de água (quatro) foram analisadas sem digestão prévia. Adicionalmente amostras de água de uma região não contaminada, o Parque Nacional de Itatiaia (Rio de Janeiro, Brasil), foram analisadas junto com as amostras compostas. Todas as medidas foram feitas em espectrômetro de absorção atômica com forno de grafite, marca Zeenit, equipado com atomizador eletrotérmico e corrector de background Zeeman. O gás inerte utilizado foi o argônio (Ar) com vazão de 300mL min<sup>-1</sup> e foram injetados alíquotas de 20µL na plataforma pirolítica. A Tabela I mostra as condições instrumentais e características recomendadas para os elementos determinados e a Tabela II apresenta a programação

de temperatura do forno de grafite para a análise dos metais em questão em amostras de água.

Tabela I. Condições instrumentais e características recomendadas para os elementos determinados.

Parâmetro	Elemento			
	Al	Cd	Pb	Fe
Comprimento de onda (nm)	309,3	228,8	217	248,3
Fenda (nm)	0,8	0,8	0,5	0,2
Tipo de forno	plataforma	plataforma	plataforma	plataforma
Volume injetado (µL)	20	20	20	20
Calibração (µg L <sup>-1</sup> )	14-56	1- 4	10 - 40	40 -160
Concentração característica (µg L <sup>-1</sup> )/1%A	1,23	0,13	0,71	0,22

Tabela II. Programação de temperatura do forno de grafite para análise de Al, Cd, Pb e Fe em água bruta e tratada.

Etapas	Temperatura (°C)	Rampa (°C s <sup>-1</sup> )	t (s)	Elemento
1	90	10	10	Al
2	105	7	20	
3	1500	500	10	
4	2500	2800	3	
5	2600	1000	4	
1	90	10	5	Cd
2	105	5	20	
3	500	120	8	
4	1600	2500	6	
5	1900	1000	4	
1	90	10	5	Pb
2	105	5	20	
3	700	150	8	
4	1900	2200	6	
5	2000	1000	4	
1	90	10	5	Fe
2	105	7	30	
3	800	300	2	
4	2200	1800	5	
5	2500	1000	4	

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### METAIS EM AMOSTRAS DE ÁGUA

A Tabela III apresenta as concentrações de metais em amostras de água bruta enquanto a Tabela IV apresenta os resultados encontrados após o tratamento químico da água. Os níveis de alumínio (Al) e ferro (Fe) em

amostras de água bruta variaram de 423,0 a 510,0  $\mu\text{g L}^{-1}$  e de 432,0 a 487,0  $\mu\text{g L}^{-1}$  respectivamente. As concentrações de cádmio (Cd) e chumbo (Pb) ficaram abaixo do limite de detecção exceto para a amostra 1 (agosto). Os níveis de alumínio em água bruta ficaram acima do limite de 100  $\mu\text{g L}^{-1}$  estabelecido pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama 1986) para águas naturais de classe II e dez vezes acima do valor encontrado por Ward (1995) em seu trabalho de traços de elementos em água de rio. O valor obtido também ficou bem acima para o mesmo elemento encontrado no rio Reno (56  $\mu\text{g L}^{-1}$ ) (Salomons & Förstner 1984). Com relação ao limite estabelecido pelo Conama (1986) para águas naturais, somente a amostra de água do Parque Nacional de Itatiaia (amostra controle) mostrou valor abaixo do limite estabelecido.

Tabela III. Metais em amostras compostas de água bruta ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )

Amostra	Al	Cd	Pb	Fe
1 (Agosto)	423,0	0,030	36,0	432,0
	$\pm 1,4$	$\pm 0,009$	$\pm 2,5$	$\pm 4,5$
2 (Agosto)	509,0	<LD	<LD	475,0
	$\pm 11,0$			$\pm 2,0$
3 (Setembro)	510,0	<LD	<LD	473,0
	$\pm 3,6$			$\pm 1,5$
4 (Setembro)	470,0	<LD	<LD	487,0
	$\pm 3,6$			$\pm 5,0$
Controle**	92,0	ND	<LD	48,90
	$\pm 6,0$			$\pm 0,08$
CONAMA*	100	1	30	300

\* Valor preconizado pela Resolução CONAMA - Brasil; \*\* Parque Nacional de Itatiaia; LD: limite de detecção; ND: não detectado; LD (Al): 1,2  $\mu\text{g L}^{-1}$ ; LD (Cd): 0,02  $\mu\text{g L}^{-1}$ ; LD (Pb): 0,9  $\mu\text{g L}^{-1}$ ; LD (Fe): 2,8  $\mu\text{g L}^{-1}$

Todos os valores de concentração encontrados para a água tratada (Tabela IV), com exceção da amostra 1 (agosto), se mostraram acima de 200  $\mu\text{g L}^{-1}$  valor preconizado pelo Ministério da Saúde (2000) para água tratada. A amostra 2 (agosto) mostrou valores de concentração cinco vezes mais alta do que a preconizada pela legislação vigente e o dobro da encontrada para água bruta no mesmo período. Para as amostras subsequentes os valores de Al encontrados foram da mesma ordem que o observado para as amostras de água bruta. O aumento da concentração de Al na água tratada pode ser parcialmente explicado pelo aumento dos níveis de

material em suspensão no rio devido as chuvas dos últimos anos e conseqüente diminuição da qualidade da água. Como exemplo Azcue *et al.* (1987) obteve concentração de Al de 138  $\mu\text{g L}^{-1}$ , valor bem menor do que deste estudo. A baixa qualidade da água implica no uso crescente de floculantes como o  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  em quantidade suficiente para se conseguir a qualidade padrão para a água potável. Este fato juntamente com um sistema ineficiente de remoção desse elemento ao final do processo de tratamento é provavelmente a razão principal do alto valor de concentração na segunda amostra composta (agosto) e nos valores subsequentes encontrados. Os valores de concentração de Fe nas amostras de água bruta foram um pouco abaixo do limite permitido pela legislação vigente (Conama 1986), mas em torno de oito a quatorze vezes abaixo dos valores encontrados para água bruta entre 1980 e 1986 na mesma região (Malm 1986, FEEMA 1986). De acordo com Malm (1986) esse valor aumentou de 3140  $\mu\text{g L}^{-1}$  para 5580  $\mu\text{g L}^{-1}$  e em 1987 diminuiu para 752  $\mu\text{g L}^{-1}$  (Azcue 1987). Em 1990, as concentrações voltaram a aumentar para 3000  $\mu\text{g L}^{-1}$  e, de acordo com o presente estudo, a concentração de ferro em água bruta se apresentou em media em torno de 466  $\mu\text{g L}^{-1}$ . Quando comparada com dados internacionais a concentração de ferro é maior do que o valor observado no rio Reno (35  $\mu\text{g L}^{-1}$ ) no entanto menor que o encontrado em Witwatersrand Basin (55000  $\mu\text{g L}^{-1}$ ) (Salomons & Förstner 1984). De qualquer forma os valores encontrados neste estudo devem ser tratados cuidadosamente devido a pequena amostragem utilizada.

Tabela IV. Metais em amostras compostas de água tratada ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )

Amostra	Al	Cd	Pb	Fe
1 (Agosto)	144,0	<LD	12,0	68,7
	$\pm 4,6$		$\pm 0,9$	$\pm 0,3$
2 (Agosto)	948,0	<LD	14,0	443,0
	$\pm 174,0$		$\pm 0,4$	$\pm 0,5$
3 (Setembro)	434,0	<LD	6,0	152,0
	$\pm 17,0$		$\pm 0,6$	$\pm 11,5$
4 (Setembro)	513,0	<LD	1,5	205,0
	$\pm 15,0$		$\pm 0,1$	$\pm 0,8$
MS*	200	5	10	300

\* Valor preconizado pelo Ministério da Saúde (MS) - Brasil; LD: limite de detecção; ND: não detectado; LD (Al): 1,2  $\mu\text{g L}^{-1}$ ; LD (Cd): 0,02  $\mu\text{g L}^{-1}$ ; LD (Pb): 0,9  $\mu\text{g L}^{-1}$ ; LD (Fe): 2,8  $\mu\text{g L}^{-1}$

Com exceção da amostra 2 (agosto) os valores de concentração de Fe para a água tratada ficaram abaixo do valor de  $300\mu\text{g L}^{-1}$  recomendado para água potável. O alto valor de Fe encontrado na amostra 2 (agosto) está de acordo com o nível alto de Al encontrado na mesma amostra. Isto pode ser parcialmente explicado pelo uso intenso de hidróxido de ferro como coagulante no tratamento de água e também pela abundância do elemento Fe em sais e hidróxidos, normalmente encontrados em solos e em material em suspensão.

O chumbo foi detectado em uma amostra de água bruta. O valor encontrado foi um pouco acima do recomendado pela legislação vigente ( $30\mu\text{g L}^{-1}$ ) e dentro do intervalo dos valores encontrados entre 1980-1985 (FEEMA 1986). A tendência após 1985 mostrou que houve uma diminuição na concentração de Pb em águas naturais para  $1,8\mu\text{g L}^{-1}$  seguido por um aumento até  $60\mu\text{g L}^{-1}$  nos anos 90. Uma comparação com dados internacionais revela que os níveis de Pb em água bruta se mostraram um pouco abaixo do encontrado no rio Reno ( $57\mu\text{g L}^{-1}$ ) e muito abaixo do encontrado em Witwatersrand Basin ( $290\mu\text{g L}^{-1}$ ) (Salomons & Förstner 1984). Duas amostras de água tratada mostraram valores acima do permitido pelo Ministério da Saúde (2000) de  $10\mu\text{g L}^{-1}$ .

A presença de cádmio nas amostras de água tratada ficou abaixo do limite de detecção ( $0,016\mu\text{g L}^{-1}$ ). Alguns estudos do passado (Azcue *et al.* 1987, Malm *et al.* 1988, Azcue *et al.* 1988) mostraram que os níveis de cádmio na água vêm diminuindo desde 1980. Entre os anos de 1980 e 1985, o valor máximo de cádmio encontrado na água (FEEMA 1986) foi de  $50\mu\text{g L}^{-1}$ . O valor máximo encontrado por Azcue *et al.* (1988) foi  $0,4\mu\text{g L}^{-1}$ . Isto indica que houve um drástico decréscimo deste elemento na água. Na década de 1990 o valor máximo encontrado foi de  $6\mu\text{g L}^{-1}$  (FEEMA 2001) e com os resultados do presente estudo se verificou esse decréscimo desse elemento na água. Isto pode ser explicado pelo fechamento de várias indústrias localizadas ao longo do rio Paraíba do Sul (CEIVAP 2005). Todas as amostras de água tratada apresentaram valores abaixo do limite de detecção.

#### POLUENTES ORGÂNICOS PERSISTENTES

A presença de poluentes orgânicos persistentes não foi detectada na água bruta e nem na água tratada.

Todas as amostras mostraram valores abaixo do limite de detecção tanto para as bifenilas policloradas ( $0,5 < \text{L.D.} < 7,6\text{ng mL}^{-1}$ ) quanto para o benzo[a]pireno ( $\text{D.L.} \approx 0,08\text{ng mL}^{-1}$ ). A ausência destas substâncias na água tratada era esperada e indica a boa qualidade da água uma vez que não foram encontradas estas substâncias na água bruta e nem na tratada. No entanto, esses resultados devem ser vistos com reserva, uma vez que o limite de detecção para PCB foi de duas a oito vezes mais alto do que o encontrado por Bennet *et al.* (1996), em seu trabalho de poluentes orgânicos persistentes em água altamente contaminada do baixo rio Otonabee no Canadá.

#### CONCLUSÕES

Para os quatro metais analisados na água tratada, três incluindo o alumínio ( $434,0$  a  $948,0\mu\text{g L}^{-1}$ ), chumbo ( $12,0$  a  $14,0\mu\text{g L}^{-1}$ ) e ferro ( $443,0\mu\text{g L}^{-1}$ ) mostraram níveis um pouco acima dos preconizados pelo Ministério da Saúde (2000). O aumento da concentração de alumínio pode ser explicado pelo aumento do uso do  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  no tratamento da água durante o período das chuvas (alta turbidez) e pela ineficiência do sistema de remoção do mesmo elemento no fim do processo de tratamento. Neste estudo não foram detectados poluentes orgânicos persistentes. Para trabalhos futuros se recomenda um prolongado programa de monitoramento e a utilização de técnicas analíticas mais sofisticadas como condição para atestar a boa qualidade da água do sistema.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem a colaboração de Rodrigo Ornellas Meire, Antonio Azeredo, Ana Carla Mesquita, Manuela da Silva, Ronaldo Almeida, João Paulo de O. Gomes e Wanderley Bastos. Os autores agradecem a FAPERJ pela bolsa de mestrado concedida, Mount Sinai School of Medicine e o Queens College em Nova Iorque.

#### REFERÊNCIAS

- AZCUE, J.M.P. 1987. *Possíveis vias de acesso de metais pesados provenientes do sistema hídrico Rio Paraíba do Sul – Rio Guandu, RJ, até o Homem*. Rio de Janeiro. Tese de Mestrado, Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho, UFRJ. 179p.
- AZCUE, J.M.; PFEIFFER, W.C.; FISZMAN, M. & MALM, O. 1987. Heavy metals in drinking waters from the Paraíba do Sul – Guandu River System, Rio de Janeiro State, Brazil. *Water Science and Technology*, 19: 1181-1183.
- AZCUE, J.M.; PFEIFFER, W.C.; FISZMAN, M. & MALM,

- O. 1988. Heavy metal removal by different water treatment plants, in Rio de Janeiro State, Brazil. *Environmental Technology Letters*, 9: 429-436.
- BENETT, E.R.; METCALFE, T.L. & METCALFE, C.D. 1996. Semi-permeable membrane devices (SPMDs) for monitoring organic contaminants in the Otonabee River, Ontario. *Chemosphere*, 33: 363-375.
- Comitê da Bacia do Rio Paraíba do Sul (CEIVAP). 2005. <http://www.ceivap.org.br>. (acesso em 15/03/2005).
- CONAMA (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE). 1986. *Dispõe sobre a classificação das águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional*. Resolução nº 20, Brasil.
- DNAEE (atual Agência Nacional de Energia Elétrica). 2001. Diagnóstico e Prognóstico do Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul – PGRH-RE-09-RO – Laboratório de Hidrologia da Coppe/UFRJ.
- EPA (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY). 1990. Methods and Guidance For Analysis of Water. Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in drinking water by liquid-liquid extraction and HPLC with coupled ultraviolet and fluorescence detection. Method nº #550.
- FEEMA (FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE). 1986. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Relatório regional sobre avaliação e controle do lançamento de substâncias tóxicas em águas superficiais – Estudo de caso do rio Paraíba do Sul. Rio de Janeiro.
- FEEMA (FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE). 2001. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Avaliação da Qualidade das Águas da Sub-Bacia do Rio Guandu e dos Rios da Baixada da Baía de Sepetiba, Período 1990/1999. Rio de Janeiro.
- MALM, O. 1986. *Estudo da poluição ambiental por metais pesados no sistema Rio Paraíba do Sul – Rio Guandu (RPS-RG) através da metodologia de abordagem pelos parâmetros críticos*. Rio de Janeiro. Tese de Mestrado, Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho, UFRJ. 102p.
- MALM, O.; PFEIFFER, W.C.; FISZMAN, M. & AZCUE, J.M.P. 1988. Transport and availability of heavy metals in the Paraíba do Sul – Guandu River System, Rio de Janeiro State, Brazil. *The Science of the Total Environment*, 75: 201-209.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. 2000. *Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências*. Portaria MS nº 1469, Brasil.
- SALOMONS, W. & FÖRSTNER, U. 1984. *Metals in the hydrocycle*. Springer-Verlag: New York.
- WARD, N. I. 1995. *Trace elements*. In: Fifield, F. W. & Haines, P. J., Environmental Analytical Chemistry. P.320-351. Blackie Academic & Professional: New York.
- WHO (WORLD HEALTH ORGANIZATION). 2005. [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/resources\\_quality/en](http://www.who.int/water_sanitation_health/resources_quality/en), acesso em 23/01/2005.