

EDIÇÃO 09

Abril/08

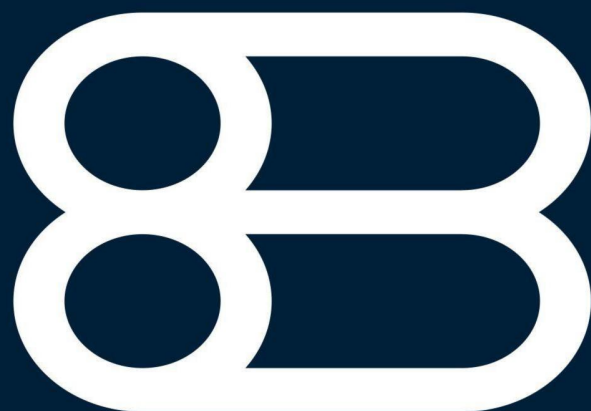


**ABES** RBCiamb

# Revista Brasileira de Ciências Ambientais

ISSN Impresso 1808-4524

ISSN Eletrônico 2176-9478



# ABES

# NISAM/ ICTR

## CONSELHO EDITORIAL CIENTÍFICO

- Adelaide Cássia Nardocci (FSP/USP)  
Alaôr Caffé Alves (FD/USP)  
Alcides Lopes Leão (Unesp/BOT)  
Alexandre de Oliveira e Aguiar (NISAM/USP)  
Angela M. Magosso Takayanagai (EERP/USP)  
Antonio Carlos Rossin (FSP/USP)  
Antonio Fernando Pinheiro Pedro (ABAA)  
Antonio Herman Benjamín (IDPV)  
Aracy Witt de Pinho Spínola (FSP/USP)  
Aristides Almeida Rocha (FSP/USP)  
Arlindo Philippi Jr. (FSP/USP)  
Armando Borges de Castilhos Jr. (UFSC)  
Attilio Brunacci (NISAM/USP)  
Bastiaan Reydon (Unicamp)  
Bruno Coraucci Filho (FEC/Unicamp)  
Carlos Celso do Amaral e Silva (FSP/USP)  
Carlos Eduardo Morelli Tucci (UFRGS)  
Carlos Malzyner (SEMPA)  
Celina Lopes Duarte (Ipen)  
Célio Berman (IEE/USP)  
Cíntia Philippi Salles (NISAM/USP)  
Claudio Fernando Mahler (COPPE/UFRJ)  
Cleverson V. Andreoli (UFPR)  
Daniel Joseph Hogan (Unicamp)  
Daniel Roberto Fink (MPSP)  
Daniel Silva (UFSC)  
Delsio Natal (FSP/USP)  
Denise Croce Romano Espinosa (EP/USP)  
Dimas Floriani (UFPR)  
Édis Milaré (NISAM/USP)  
Edson A. Abdul Nour (FEC/Unicamp)  
Edson Leite Ribeiro (PRODEMA/UFPA)  
Eglé Novaes Teixeira (FEC/Unicamp)  
Enrique Leff (PNUMA)  
Eugênio Foresti (EESC/USP)  
Fábio Luiz Teixeira Gonçalves (IAG/USP)  
Fábio Nusdeo (FD/USP)  
Fábio Taioli (IGC/USP)  
Fabiola Zioni (FSP/USP)  
Fernando Fernandes da Silva (NISAM/USP)  
Francisco Radler de Aquino Neto (IQ/UFRJ)  
Francisco Suetônio Bastos Mota (UFCE)  
Gilberto Passos de Freitas (TJ/SP)  
Gilda Collet Bruna (Mackenzie)  
Guido Fernando Silva Soares (FD/USP)  
Guilherme J. Purvin de Figueiredo (PGESP)  
Helder Perdigão Gonçalves (INETI/Portugal)  
Helena Ribeiro (FSP/USP)  
Heliana Comin Vargas (FAU/USP)  
Hilton Felício dos Santos (Consultor Ambiental)  
Isak Kruglianskas (FEA/USP)  
Ivete Senise (FD/USP)  
Jair Lício Ferreira Santos (FMRP/USP)  
João Antônio Galbiati (Unesp)  
João Sérgio Cordeiro (UFSCar)  
João Vicente de Assunção (FSP/USP)  
Jorge Alberto Soares Tenório (EP/USP)  
Jorge Gil Saraiva (LNEC/Portugal)  
Jorge Hajime Oseki (FAU/USP)  
Jorge Hamada (Unesp)  
José Carlos Derísio (Consultor Ambiental)  
José Damásio de Aquino (FUNDACENTRO)  
José de Ávila Aguiar Coimbra (NISAM/USP)  
José Eduardo R. Rodrigues (Fundação Florestal)  
José Fernando Thomé Jucá (UFPE)  
José Luiz Negrão Mucci (FSP/USP)  
José Maria Soares Barata (FSP/USP)  
Leila da Costa Ferreira (Unicamp)  
Léo Heller (UFMG)  
Luis Enrique Sánchez (EP/USP)  
Luiz Roberto Tomasi (FUNDESPA)  
Luiz Sérgio Philippi (UFSC)  
Marcel Bursztyn (UNB)  
Marcelo de Andrade Roméro (FAU/USP)  
Marcelo Pereira de Souza (EESC/USP)  
Márcia Faria Westphal (FSP/USP)  
Márcio Joaquim Estefano Oliveira (Unesp)  
Marcos Reigota (UNISO)  
Marcos Rodrigues (EP/USP)  
Maria Cecília Focesi Pelicioni (FSP/USP)  
Maria José Brollo (IG/SMA/SP)  
Maria Olímpia Rezende (IQSC/USP)  
Maria Regina Alves Cardoso (FSP/USP)  
Mario Thadeu Leme de Barros (EP/USP)  
Mary Dias Lobas de Castro (SVMA/PMSP)  
Milo Ricardo Guazelli (ANVISA)  
Mônica Porto (EP/USP)  
Murilo Damato (SENAC)  
Nemésio N. Batista Salvador (UFSCar)  
Oswaldo Massambani (IAG/USP)  
Paulo Affonso Leme Machado (UNIMEP)  
Paulo Artaxo (IF/USP)  
Paulo de Tarso Siqueira Abrão (NISAM/USP)  
Paulo H. Nascimento Saldiva (FM/USP)  
Paulo Renato Mesquita Pellegrino (FAU/USP)  
Pedro Caetano Sanches Mancuso (FSP/USP)  
Pedro Roberto Jacobi (PROCAM/USP)  
Petra Sanchez Sanchez (Mackenzie)  
Philip O. M. Gunn (FAU/USP)  
Raul Machado Neto (ESALQ/USP)  
Renata Ferraz de Toledo (NISAM/USP)  
Ricardo Toledo Silva (FAU/USP)  
Roberto Nunes Szente (IPT)  
Roque Passos Pivelli (EP/USP)  
Ruben Bresaola Jr. (FEC/Unicamp)  
Ruth Sandoval Marcondes (FSP/USP)  
Sabetai Calderoni (NAIPPE/USP)  
Sebastião Roberto Soares (UFSC)  
Sergio Eiger (FSP/USP)  
Severino Soares Agra Filho (UFBA)  
Sheila Walbe Ornstein (FAU/USP)  
Solange Teles da Silva (NISAM/USP)  
Tadeu Fabrício Malheiros (FSP/USP)  
Umberto Cordani (IGC/USP)  
Vahan Agopyan (EP/USP)  
Vanderley Moacyr John (EP/USP)  
Vera Lúcia Ramos Bononi (NISAM/USP)  
Vicente Fernando Silveira (NISAM/USP)  
Walter Lazzarini (NISAM/USP)  
Wilson Edson Jorge (FAU/USP)  
Witold Zmitrowicz (EP/USP)  
Yara Maria Botti M. de Oliveira (Mackenzie)

# Revista Brasileira de Ciências Ambientais

## Opiniões e Sugestões

Cartas para

NISAM/Revista Brasileira de Ciências  
Ambientais

Av. Dr. Arnaldo, 715 – Cerq. César –  
São Paulo - SP – CEP 01246-904

A/c Marcelo de Andrade Roméro ou  
e-mail: maromero@ictr.org.br

...

## Envio de Artigos

Observar as  
normas para publicação  
na página 60, deste número

Enviar para: ictr@ictr.org.br

...

## Sites

[www.ictr.org.br](http://www.ictr.org.br)  
[www.fsp.usp.br/nisam](http://www.fsp.usp.br/nisam)

...

## Para anunciar

Marcelo de Andrade Roméro  
[maromero@usp.br](mailto:maromero@usp.br)

...



## Editor

Marcelo de Andrade Roméro



# Índice

2 NISAM/ ICTR  
CONSELHO EDITORIAL CIENTÍFICO

3 Editor  
MARCELO DE ANDRADE ROMÉRO

4 **Gerenciamento de Resíduos**  
RESÍDUOS INDUSTRIAIS RICOS EM METAIS PESADOS E IMPLICAÇÕES  
AMBIENTAIS ASSOCIADAS  
Samantha Olivier, Valdinete Lins da Silva, Mauricio Alves da Motta Sobrinho

9 RESÍDUOS SÓLIDOS DE SERVIÇO DE SAÚDE - RSSS NA ASSISTÊNCIA  
DOMICILIAR (*HOME-CARE*): CONSIDERAÇÕES PARA UM MANEJO  
SEGURO  
Antonio de O. Siqueira, Ângelo J. Consoni

15 **Tratamento e Disposição Final de Resíduos**  
DETERMINAÇÃO DE SUBPRODUTOS CLORADOS FORMADOS DURANTE A  
ETAPA DA OXIDAÇÃO DA ÁGUA COM O CLORO  
Sérgio Marcos Sanches, Angela Maria Magosso Takayanagui, Eliana Leão do  
Prado, Susana Inês Segura — Muñoz, Eny Maria Vieira

20 **Gestão Ambiental**  
AUDITORIA DE CONFORMIDADE AMBIENTAL E LEGAL COMO  
INSTRUMENTO DE GESTÃO NA INDÚSTRIA — UM ESTUDO DE CASO  
SOBRE AUDITORIA AMBIENTAL EM UMA REFINARIA DE PETRÓLEO  
Leonardo Masseli Dutra, Márcio J. Estefano de Oliveira

26 CEMITÉRIOS COMO ÁREAS POTENCIALMENTE CONTAMINADAS  
Robson Willians da Costa Silva, Walter Malagutti Filho

36 Normas

ISSN: 1808-4524

## RESÍDUOS INDUSTRIAIS RICOS EM METAIS PESADOS E IMPLICAÇÕES AMBIENTAIS ASSOCIADAS

**Samantha Olivier**

UFPE, PG  
sam.olivier@bol.com.br

**Valdinete Lins da Silva**

UFPE, PD

**Maurício Alves da Motta Sobrinho**

UFPE, PD

### RESUMO

Com o aumento qualitativo e quantitativo do número de substâncias, e conseqüentemente aumento da produção, armazenamento, manipulação, transporte, uso e disposição das substâncias químicas, o potencial de exposição humana e contaminação do ambiente está aumentando. As substâncias químicas, uma vez liberadas no ambiente, podem aparecer como poluentes do ar, da água do solo e dos alimentos. Também podem afetar as florestas e lagos, destruir a vida selvagem, modificar os ecossistemas e contaminar solo e águas subterrâneas, que conseqüentemente se tornam veículos de doenças. Como hoje em dia uma das principais preocupações ambientais é com a geração, tratamento e com o destino final dos resíduos Classe I - Perigosos, necessita-se de uma política de gerenciamento e controle desses resíduos. Nesse sentido a CPRH como órgão executor da Política de Meio Ambiente no Estado de Pernambuco realizou o Inventário de Resíduos Sólidos Industriais, para o conhecimento dos resíduos sólidos gerados e o gerenciamento dos mesmos. A partir da análise deste trabalho observou-se que dentre os resíduos inventariados, vinte e dois possuem metais pesados em sua composição, em especial cádmio, chumbo, cobre, cromo, manganês, mercúrio, níquel e zinco, metais conhecidamente tóxicos para os seres humanos e o meio ambiente, que tem se acumulado em todos os compartimentos da biosfera e se tornado um verdadeiro passivo ambiental em grande escala.

### ABSTRACT

With the increase in quantity and in quality of chemical substances and consequent increase in their production, storage, handling, transportation, use and disposal, a potential human exposure and environment contamination are increasing. The chemical substances, once released in the environment can arise as pollutant of the air, water, soil, and food. Also can affect forests and lakes, devastate wild life, change the ecosystems and infect soil and underground waters that, in consequence, become vehicle to diseases. As the current main environment concerns is with the generation, treatment and final destination of Class I waste - Dangerous, we need an action toward management and control of such material. In this sense the CPRH as the executive agency for Environment Affairs in the Pernambuco State made an Industrial Solid Waste Inventory to understand solid waste generation and its management. It was observed that, among the inventoried items, twenty and two of them presented heavy metals in its composition, specifically: cadmium, lead, copper, chromium, manganese, mercury, nickel and zinc, very known as toxic metals for the environment and the human been, that have been accumulated in all the biosphere compartments and becoming a real large scale environment liability.

## INTRODUÇÃO

A geração de resíduos sólidos é resultado, entre outros fatores, dos padrões de consumo, dos reflexos do modo de vida adotado em cada comunidade e das atividades econômicas ali realizadas, ou seja, as características do lixo podem variar em função de aspectos sociais, econômicos, culturais, geográficos e climáticos. Estes mesmos fatores que também diferenciam as comunidades entre si e as próprias cidades. As características dos resíduos sólidos determinam sua classificação e, conseqüentemente, a forma de manuseio e operação (Rodrigues & Cavinatto, 2003).

Os resíduos industriais constituem, no Brasil, um motivo de preocupação das autoridades e órgãos ambientais, seja devido às quantidades que vêm sendo geradas, principalmente como resultado da elevada concentração industrial em algumas regiões do País, como também pela carência de instalações e locais adequados para o tratamento e destino final destes resíduos. O número crescente de materiais e substâncias identificados como perigosos e a geração desses resíduos em quantidades expressivas têm exigido soluções mais eficazes e investimentos maiores por parte de seus geradores e da sociedade da forma geral.

Atualmente, a visão da sociedade sobre a questão dos resíduos sólidos tem incorporado novos elementos, notando-se avanços significativos na importância que se confere à questão. Conseqüentemente, cada vez mais espaço na mídia e nas discussões políticas é ocupado pelos problemas

associados aos resíduos sólidos.

De acordo com Leite (2002), embora constitua um termo impreciso, a denominação de Metais Pesados deve-se basicamente ao fato destes metais apresentarem elevado peso atômico e não necessariamente por sua densidade, mas ainda não há consenso geral a respeito deste conceito. Constituindo elementos altamente reativos e bio-acumulativos, e do ponto de vista toxicológico, este grupo de metais possui a propriedade de interagir de maneira tóxica com a matéria viva, distinguindo-se em relação aos efeitos dentro organismo e no meio ambiente. Muitos metais têm grande afinidade com o oxigênio formando os óxidos metálicos. Os metais pesados possuem também acentuada afinidade com o enxofre originando os sulfetos, forma na qual podem ser encontrados na natureza como minérios.

Os seres vivos necessitam de pequenas quantidades de alguns desses metais, incluindo cobalto, cobre, manganês, molibdênio, vanádio, estrôncio e zinco, para a realização de funções vitais no organismo. Porém níveis excessivos desses elementos podem ser extremamente tóxicos. Outros metais pesados como o mercúrio, chumbo e cádmio não possuem nenhuma função dentro dos organismos e a sua acumulação pode provocar graves doenças, sobretudo nos mamíferos.

Quando lançados como resíduos industriais, na água, no solo ou no ar, esses elementos podem ser absorvidos pelos vegetais e animais das proximidades, provocando graves intoxicações ao longo da cadeia alimentar (Azevedo & Chasin, 2003).

O homem tem sido alvo de exposição a contaminantes que colocam em risco sua qualidade de vida interferindo em sua saúde e sobrevivência. A exposição a substâncias químicas no meio ambiente, seja ela natural ou artificial, é um dos fatores que tem produzido efeitos tóxicos, causando alterações do estado de saúde das pessoas que trabalham ou vivem em tais ambientes.

## OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo identificar as fontes geradoras de resíduos industriais ricos em metais pesados no Estado de Pernambuco e associar os possíveis riscos que apresentam para a população e ao meio ambiente que são provocados quando há a gestão inadequada desses resíduos, assim como apresentar as alternativas mais utilizadas para o gerenciamento integrado de resíduos de Classe I – Perigosos.

## METODOLOGIA

A associação dos riscos ambientais à gestão dos resíduos industriais concretizou-se a partir da análise do INVENTÁRIO DOS RESÍDUOS INDUSTRIAIS DO ESTADO DE PERNAMBUCO (CPRH, 2003).

Buscou-se identificar as situações e elementos que podem contribuir ou potencializar o risco de uma contaminação e ou degradação ambiental e caracterizar os fatores mais importantes que devem ser identificados para reduzir o risco de contaminação ambiental.

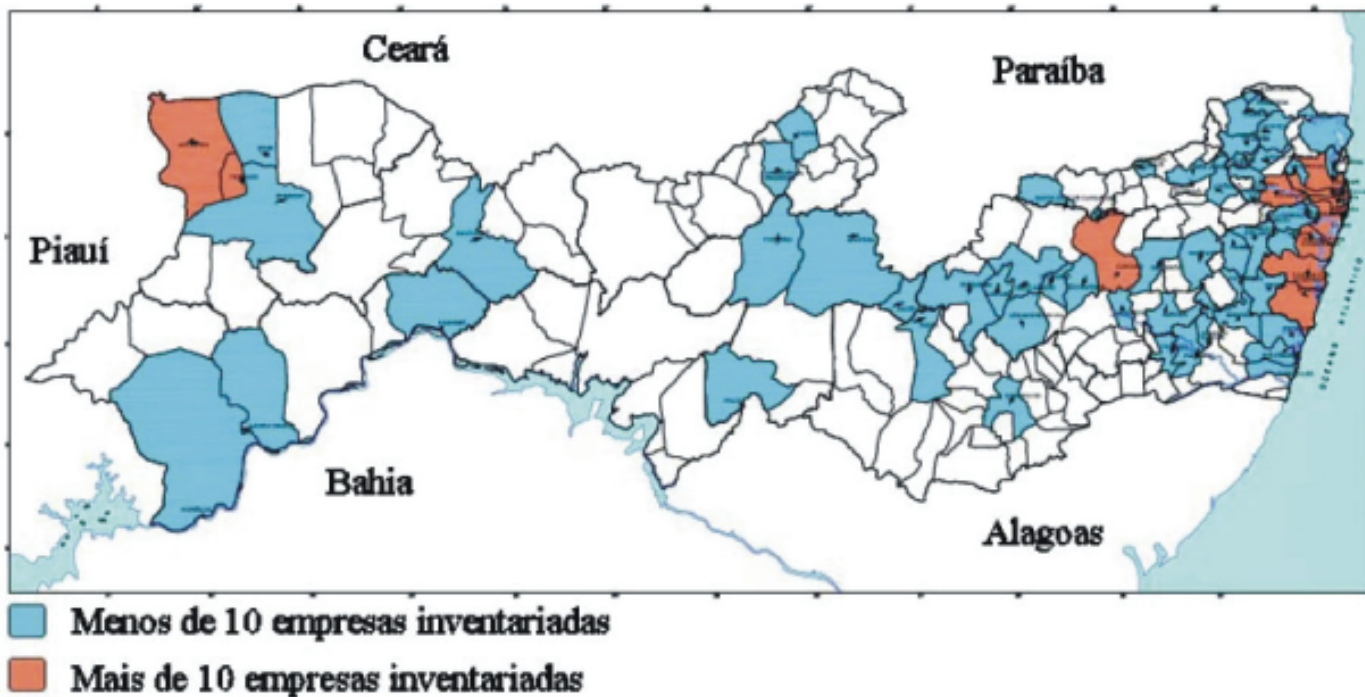


FIG. 01: Municípios inventariados.

## RESULTADOS

O Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Industriais de Pernambuco foi executado pela Companhia Pernambucana do Meio Ambiente (CPRH), através do convênio 028/01, firmado entre a União, por intermédio do Ministério do Meio Ambiente (MMA) e do Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA) e o Estado de Pernambuco, através da Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente (SECTMA). O levantamento de dados para a realização do inventário foi realizado durante os meses de setembro de 2002 e agosto de 2003.

O Estado de Pernambuco está subdividido em 185 municípios, dos quais 68 foram inventariados (Figura 01). Os 117 municípios restantes não participaram do Inventário, por não

possuírem indústrias, ou porque as indústrias existentes não atenderam aos requisitos pré-estabelecidos para o levantamento.

Foram pesquisadas cerca de 577 indústrias, selecionadas de acordo com as tipologias e por número de funcionários. Destas, 390 responderam ao Inventário, no prazo estabelecido para consolidação do documento. Das 187 empresas restantes, 12 responderam após data-limite estabelecida, 43 foram consideradas como "Casos Especiais" (não apresentam geração de dados por estarem desativadas, em fase de instalação ou por serem sedes administrativas) e 132 não responderam à convocação do Inventário. O percentual de retorno efetivo global à convocação do Inventário para avaliação dos dados foi de 67,59%.

Essas indústrias são responsáveis pela geração de cerca de 7.349.513,70 toneladas de resíduos industriais por ano, num universo de 68 municípios inventariados, representando 36,76% dos 185 municípios que compõe o estado de Pernambuco.

Entre os tipos de resíduos inventariados, vinte e dois possuem metais pesados em sua composição, como mostra a Tabela 01:

Em termos de geração total de resíduos perigosos, as indústrias metalúrgicas e de produtos químicos comprometem o meio ambiente, principalmente, pela presença de metais como cobre, cromo, zinco e níquel, contribuindo com 64,29% de todo resíduo de Classe I inventariado.

A destinação final destes resíduos é variada, podendo ser destinada para a própria indústria (14,33%), através da



CÓDIGO	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE (t)	%
A004	Sucata de metais ferrosos.	10.744,89	0,2186
A013	Escória de produção de ferro e aço.	58.180,92	1,1838
A015	Escória de fundição de zinco.	79,88	0,0016
A104	Embalagens metálicas (latas vazias ou contaminadas com substâncias/produtos não-perigosos).	54,47	0,0011
A204	Tambores metálicos (vazios ou contaminados com substâncias/produtos não-perigosos).	7.848,44	0,1597
F006	Lodos de tratamento de águas residuárias provenientes de operações de eletrodeposição, exceto os originários dos seguintes processos: (1) anodização do alumínio com ácido sulfúrico; (2) estanhagem do aço carbono; (3) zincagem (bases agregadas) do aço carbono; (4) revestimento de alumínio ou zinco-alumínio no aço carbono; (5) operações de limpeza/extração associadas com revestimentos de estanho, zinco e alumínio do aço carbono e (6) fresagem e estampagem química do alumínio.	27,30	0,0006
F008	Lodos de fundo de tanque de banhos de tratamento superficial proveniente de operações de eletrodeposição, onde os cianetos são utilizados no processo (exceto lodos de banho de tratamento superficial, com metais preciosos por eletrodeposição).	1,20	0,0000
F017	Resíduos e lodos de tinta da pintura industrial.	25,03	0,0005
F018	Lodos de sistema de tratamento de águas residuárias da pintura industrial.	49,30	0,0010
I010	Resíduos de materiais têxteis contaminados com substâncias/produtos perigosos.	106,16	0,0022
I013	Pilhas e baterias.	324,94	0,0066
I114	Embalagens de agrotóxicos.	39,74	0,0008
I117	Lâmpadas (fluorescentes, incandescentes, outras).	34,50	0,0007
I144	Embalagens vazias contaminadas com tintas, borras de tintas e pigmentos.	51,39	0,0010
K053	Restos e borras de tintas e pigmentos.	281,82	0,0057
K061	Lodo ou poeira do sistema de controle de emissão de gases da produção de aço primário em fornos elétricos.	3.432,00	0,0698
K071	Lama da estação de tratamento dos efluentes do processo de produção de cloro em célula de mercúrio.	7,50	0,0002
K078	Resíduo de limpeza com solvente na fabricação de tintas.	1,40	0,0000
K081	Lodo de ETE da produção de tintas.	199,50	0,0041
K193	Aparas de couro curtido ao cromo.	102,70	0,0021
K194	Serragem e pó de couro contendo cromo.	621,76	0,0127
K195	Lodos de estação de tratamento de efluentes de curtimento ao cromo.	104,52	0,0021
<b>TOTAL</b>		<b>82.319,36</b>	<b>1,6749</b>

TAB. 01: Descrição dos resíduos inventariados que contém metais pesados, de acordo com a "listagem base".  
Fonte: CPRH.

reciclagem/reutilização, armazenamento em lixão particular, utilização em caldeira ou serem queimados a céu aberto; ter um destino externo (34,55%), quando são reciclados/reutilizados, eliminados na rede de esgoto ou reprocessados; ou não ter destino definido (4,74%).

## DISCUSSÃO

A realização sistemática de inventários de resíduos industriais pode fornecer informações importantes que ampliam o entendimento dos problemas relacionados com a geração de resíduos, auxiliando na identificação de ações prioritárias para seu gerenciamento e de oportunidades para sua minimização ou não geração e, ainda, para a adoção de tecnologias mais limpas de produção com vistas à eficiência das operações e ao melhor desempenho ambiental das empresas.

A consolidação destes inventários, realizada pelos órgãos estaduais de meio ambiente, sobre as principais indústrias geradoras e processadoras de resíduos perigosos permite promover o monitoramento junto a essas indústrias. Tornando-se um ponto positivo para o País em três aspectos: o primeiro é no sentido de proporcionar impulso para a Convenção de Basiléia pelo envio de dados possibilitando que o País obtenha fundos de recursos para implantação de tecnologia limpas no País; o segundo é poder perceber e fiscalizar por consequência as principais unidades geradoras de rejeitos; e o terceiro estabelecer políticas públicas de controle e prevenção.

Vale mencionar que as metodologias utilizadas para a realização de inventários de resíduos sólidos industriais no Brasil privilegiam os maiores geradores, e o universo da

amostra se concentra nas grandes empresas que apresentam cargas de poluentes mais elevadas. No entanto, pequenas empresas também são fontes significativas de ameaça ao meio ambiente e à saúde pública (Morosine et al., 2005).

## REFERÊNCIAS

- 1 AZEVEDO, F. A., CHASIN, A. A. M. **Metais: gerenciamento da toxicidade**. São Paulo: Atheneu, 2003. (livro)
- 2 **INVENTÁRIO Estadual de Resíduos Sólidos Industriais – Pernambuco**. Recife: CPRH/FNMA, 2003. (relatório)
- 3 LEITE, M. A. **Análise do aporte e da concentração de metais na água, plâncton e sedimentos do Reservatório de Salto Grande, Americana – SP**. São Carlos, 2002. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo 2002. (dissertação/tese)
- 4 MOROSINE, F., OLIVEIRA, A. G., SANTANA, T. N., MACIEL, M., BERTASOLE, N., LIMA, R. M. Inventário dos resíduos sólidos industriais do município de Campina Grande – Paraíba – Brasil. In: 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005, Campo Grande. **Anais**. Campo Grande: ABNT, 2005. (artigo de evento)
- 5 RODRIGUES, F. L. & CAVINATTO, V. M. **Lixo: De onde vem? Para onde vai?** São Paulo: Moderna, 2003. (livro)

## RESUMO

O atendimento domiciliar à saúde vem crescendo significativamente nos últimos anos. Em detrimento do manejo adequado de resíduos se tratar de boa prática, as empresas e profissionais que prestam este tipo de assistência deixam de gerenciá-lo da forma correta, seja por questões financeiras ou conhecimento. Estimativas indicam que a cidade de São Paulo pode ter 7,5 toneladas/dia de resíduos potencialmente contaminados sendo encaminhados em conjunto com o resíduo doméstico. Em função disso, no presente trabalho, discute-se a elaboração de uma ferramenta de gestão adaptada às condições de uma residência. Como principais resultados destaca-se, primeiramente, a caracterização dos resíduos sólidos de serviços de saúde gerados durante a assistência domiciliar. O segundo resultado significativo foi a elaboração do Manual de Procedimentos para o Manejo de Resíduos na Assistência Domiciliar, baseado no Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviço de Saúde - PGRSS preconizado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA, mas adaptado ao ambiente domiciliar.

## ABSTRACT

The health home-care is growing fast in the last years, in Brazil. Despite adequate management of solid wastes is a mandatory practice, some organizations and professionals in the health-care sector are not doing the correct management of this waste, due to financial reasons or lack of information. Estimative indicates that in the Sao Paulo City about 7,5 tons/day of potentially contaminated health solid wastes generated in home-care services are disposed together with municipal wastes. By this reason, in this paper is presented a discussion about the elaboration of an instrument for waste management under residence conditions. As main results it is highlighted in the first place the characterization of health-care solid waste generated during health-care at home. The second significant result is the presentation of the Manual of Procedures to the Management of Health Solid Waste at Home-Care, according to recommendations of the Health Solid Waste Management Plan prescribed by ANVISA, the Brazilian National Agency for Sanitary Vigilance.

## RESÍDUOS SÓLIDOS DE SERVIÇO DE SAÚDE - RSSS NA ASSISTÊNCIA DOMICILIAR (*HOME- CARE*): CONSIDERAÇÕES PARA UM MANEJO SEGURO

Antonio de O. Siqueira

Prolab Ambiental, PE  
antonio.siqueira@totallix.com.br

Ângelo J. Consoni

IPT, PD

## INTRODUÇÃO

No Brasil e demais países em desenvolvimento, o serviço de assistência domiciliar vem crescendo de forma significativa nos últimos anos e o desenvolvimento desta assistência terapêutica, baseia-se na concepção de ação conjunta dos familiares com os profissionais da saúde. Admite a possibilidade de os pacientes serem mantidos em seu próprio domicílio, utilizando equipe clínica multidisciplinar e alguns recursos hospitalares que assegurem a assistência médica, dividindo assim, com a família, os cuidados com o paciente, proporcionando apoio psicoafetivo e melhor qualidade de vida, dentro de suas limitações, como descrevem Fernandes, Fernandes e Ribeiro Filho (2000).

Segundo Tavorari (2000), a assistência domiciliar permite uma redução de custos, em torno, de 52% em relação à assistência hospitalar; como indica Pereira (2001), a produção de um maior número de leitos, a redução dos riscos de infecção hospitalar, a humanização do atendimento e uma sensível redução nos custos, são justificativas para a adoção crescente da assistência domiciliar; complementa Vaz (1994), dizendo que a mesma oferece maior dignidade aos pacientes terminais e familiares.

Em avaliação aos efeitos dessa forma de atendimento feita por Nakagawa (2003), no que se refere à utilização do sistema de saúde e seus custos, foram possíveis algumas conclusões importantes: redução de 89% no número de atendimentos ambulatoriais; redução de 46% nos exames diagnósticos; redução de 89% na quantidade de internações; redução de 76% no custo de atendimento.

Cerca de 20,6% dos pacientes em assistência domiciliar têm infecções,

ocorrendo 1/4 durante o período de cuidado domiciliar e 3/4 existindo previamente, sendo imprescindível que a equipe de saúde oriente procedimentos sobre a manipulação do leito, tais como limpeza, troca de roupa, respeito às normas de biossegurança e precauções padrão, observando e orientando quanto aos cuidados no manejo dos resíduos; orientando quanto aos cuidados com a água, caso não haja saneamento básico e quanto ao descarte de excreções, secreções e demais dejetos, segundo Fernandes, Fernandes e Ribeiro Filho (2000).

## OBJETIVOS

A finalidade do estudo, foi contribuir para o conhecimento na área de gerenciamento de RSSS, no que se refere aos resíduos gerados na assistência domiciliar, buscando contextualizar com as questões de saúde, segurança ocupacional e ambiental. Além disso, teve como objetivo geral conhecer a realidade da geração dos RSSS na assistência domiciliar e por meio desse conhecimento elaborar um "Manual de Procedimentos para o Manejo de Resíduos na Assistência Domiciliar", destacando a atenção que os RSSS devem receber, para um manejo seguro.

## PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A presente pesquisa pode ser classificada como um estudo exploratório quanto aos seus objetivos, uma vez que se propõe a disponibilizar um método para a gestão de RSSS de pacientes em assistência domiciliar. Quanto aos meios,

a pesquisa pode ser classificada como bibliográfica e documental, no que se refere à caracterização dos RSSS oriundos da internação domiciliar na Região Metropolitana de São Paulo – RMSP, que embasa a elaboração dos demais produtos gerados, conforme Cervo e Bervian (2002) e Gil (2002).

Os procedimentos metodológicos utilizados foram baseados, principalmente, em: levantamento bibliográfico abrangendo os últimos dez anos; levantamento, tabulação, tratamento e análise de dados primários disponíveis acerca dos resíduos sólidos e em particular dos RSSS do sistema de assistência domiciliar da RMSP, obtidos das coletas realizadas pelo sistema de assistência domiciliar de uma empresa com atuação na RMSP, cujos pacientes, em sua maioria, são idosos e portadores de doenças crônico-degenerativas; discussão, por meio de revisão bibliográfica, das questões que envolvem os RSSS; levantamento, identificação e análise da legislação sobre resíduos sólidos, RSSS e o PGRSS.

## GERENCIAMENTO DOS RSSS NO DOMICÍLIO

Apesar das indicações dos cuidados que devem ser tomados com os resíduos sólidos no seu manejo no ambiente domiciliar, as empresas e profissionais que prestam esse tipo de assistência, deixam de gerenciá-los da forma correta, por questões financeiras ou mesmo pela falta de conhecimento sobre o assunto, conforme Fernandes, Fernandes e Ribeiro Filho (2000).

Um exemplo é o que ocorre no Japão, pois os resíduos resultantes da assistência domiciliar são descartados como resíduos comuns, mesmo sendo exigido por lei que esses resíduos devam

ser tratados de forma diferenciada, segundo Matsuda (2000).

Em 1990, a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, em seu relatório "Gerenciamento de Resíduos Médicos", já demonstrava preocupação com o manejo desses resíduos, de acordo com *Environmental Protection Agency - EPA* (1990). Essa preocupação somente produziu algum efeito prático após oito anos da publicação desse relatório, quando foi divulgado o documento com o título: Guia para disposição de resíduos da assistência domiciliar, tendo como maior preocupação os perfurocortantes, como indicado em *EPA* (1998).

No Brasil, as medidas de gerenciamento dos resíduos sólidos resultantes da atividade de assistência domiciliar, quando adotadas, são parcas, ou seja, grande parte das empresas enfoca apenas os resíduos com características perfuro-cortantes. Outra parte das assistências domiciliares não toma qualquer cuidado com os resíduos em geral. Uma pequena fração coleta a totalidade dos RSSS, mas no momento do transporte, o faz sem as garantias mínimas de segurança, utilizando-se de veículos particulares dos profissionais que estão em serviço na residência, ou ainda pior, transportando os resíduos no mesmo veículo que supre as residências com medicamentos e materiais descartáveis.

## A GERAÇÃO DOS RSSS NO DOMICÍLIO

De acordo com Siqueira (2003), na cidade de São Paulo, 7,5 toneladas/dia de resíduos dessa atividade são destinados juntamente com o lixo doméstico. Esta conclusão foi possível por meio do cruzamento das

informações das empresas ativas que prestam o serviço de assistência domiciliar e o número estimado de seus pacientes, que multiplicado pela média de produção de resíduos apurada, produziram, à época, 7.647,50 kg/dia (4025 pacientes x 1,90 kg/dia por paciente).

De acordo com São Paulo (2005) a cidade de São Paulo gera cerca de 80,51 toneladas por dia de RSSS dos Grupos A, B e E, o que indica que os resíduos produzidos durante a assistência domiciliar equivalem à 9,30% da geração total desse resíduo. Nessa produção não estão sendo considerados os resíduos da assistência domiciliar e demais pacientes que não dispõem de assistência formal, cujo exemplo mais evidente são os diabéticos, com auto-aplicação de insulina.

Com relação à situação japonesa, segundo Matsuda (2000), uma exceção à questão da destinação inadequada é o que ocorre com os resíduos perfurocortantes, pois 78% dos portadores de diabetes que fazem a auto-aplicação de insulina em suas residências, encaminham as seringas e agulhas usadas aos hospitais, farmácias etc.

Os pacientes assistidos no domicílio, são em sua maioria idosos portadores de doenças crônico-degenerativas; semelhante ao Japão, segundo Matsuda (2000).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2002) e Hebling (2005), até o ano 2022, teremos no Brasil, uma população de idosos na faixa de 30 milhões, o que representaria 13% do total; atualmente, esse percentual é de 8,6%.

Considerando-se as características dos RSSS e o potencial de utilização da modalidade de assistência domiciliar no País, é importante avaliar a gravidade de prosseguir misturando resíduos

potencialmente perigosos com resíduos não-perigosos, aumentando os riscos inerentes ao processo. Essa situação, como foi possível observar, tem como protagonista o serviço de assistência domiciliar, pois nesta prática não se tem adotado o gerenciamento adequado dos resíduos, colocando em risco, não apenas os pacientes e familiares, mas o meio ambiente e a sociedade como um todo.

Cabe então, evitar que tal situação continue a ocorrer, produzindo e divulgando informações que conduzam as empresas de assistência domiciliar a implementarem o PGRSS, apesar das particularidades do ambiente esses resíduos são gerados.

As afirmações de determinados profissionais a respeito da ausência de riscos relacionados aos resíduos não podem servir de justificativas para que as instituições de saúde não estabeleçam procedimentos gerenciais a fim de reduzir os riscos associados aos resíduos, de acordo com Ferreira e Anjos (2001).

Entende-se ainda que estudos futuros acerca deste tema poderão solucionar problemas tão ou mais graves que os apresentados e que não foram considerados, que são os pacientes de entidades públicas e os doentes sem assistência formal, quando então recebem cuidados de seus familiares e estão longe das estatísticas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considera-se como adequada uma nova atitude de todos os envolvidos com o manejo dos RSSS, quanto à obediência às legislações que tratam do PGRSS, principalmente as Resoluções ANVISA RDC nº 306/04 e do Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA nº 358/05, especialmente aqueles que

lidam com os resíduos gerados durante o atendimento aos pacientes em assistência domiciliar.

Diante dessas necessidades especiais relativas ao PGRSS para o ambiente domiciliar e observando sugestão de Matsuda (2000), que coloca como indispensável a criação de um manual com o objetivo de oferecer informações adequadas, é que suscitou como resultado um manual para o manejo de resíduos na assistência domiciliar.

## A CARACTERIZAÇÃO DOS RSSS NA ASSISTÊNCIA DOMICILIAR

Corroborando com a questão da importância da caracterização dos resíduos, destaca-se que “a caracterização dos resíduos é o ponto básico de todo o processo de gerenciamento, influenciando todas as etapas envolvidas” (RISSO, 1993).

A caracterização dos RSSS na assistência domiciliar foi possível a partir do tratamento dos dados das coletas realizadas nas residências atendidas pelo sistema de assistência domiciliar de uma empresa com atuação na RMSP. O período da coleta foi de 19.05.1999 até 30.09.2005. Segundo informações prestadas pela empresa, os pacientes, em sua maioria, são idosos e portadores de doenças crônico-degenerativas. Quanto aos RSSS, podem ser estabelecidos como principais componentes: secreções, excreções, materiais utilizados em curativos, exsudato e demais líquidos orgânicos procedentes dos pacientes, restos de medicamentos, materiais perfurocortantes e demais materiais contaminados. De posse de relatórios gerenciais, as informações foram sendo introduzidas em planilhas específicas de controle. Foram utilizados, basicamente,

três relatórios: manifestos e comprovantes de coleta; controle do veículo de coleta e comprovantes de pesagem.

Assim, foi possível a comparação dos pesos e volumes entre os perfurocortantes e os demais resíduos durante a assistência domiciliar. Dessa forma, foi constatado que: quanto ao peso (massa), os perfurocortantes representam apenas 0,60% do total de RSSS coletados; quanto ao volume, somente 0,56% é de perfurocortantes.

Considerando-se que resíduos do Grupo C e D (radioativos e comuns) não são coletados nos serviços de assistência domiciliar, por diferença, tem-se o valor referente ao somatório dos resíduos dos Grupos A e B (com riscos biológico e químico). Com relação ao peso (massa), ao somatório dos resíduos dos Grupos A e B representam 99,4% do total coletado (100% - 0,60%). Quanto ao volume, 99,44% (100% - 0,56%), é o somatório dos resíduos dos Grupos A e B. Portanto, a produção de resíduos perfurocortantes é absolutamente irrelevante quando comparados aos demais resíduos em peso e volume. Apesar do pequeno percentual de perfurocortantes envolvidos, os mesmos devem ser submetidos aos cuidados preconizados pelas legislações existentes.

Considerando-se que boa parte do gerenciamento dos resíduos é feita apenas para os perfurocortantes e sua produção é irrelevante, pode-se concluir que não existe um gerenciamento eficaz, sendo necessária a implementação de um Plano de Manejo adequado para este tipo particular de unidade de saúde.

Deve-se destacar também, a necessidade de segregação dos resíduos sólidos com potencial de riscos biológicos, químicos ou radioativos dos resíduos domésticos, quanto ao encaminhamento, tratamento e

disposição final adequada às suas características, evitando-se possíveis impactos ambientais e sanitários negativos.

Outro risco evitável com a correta aplicação do PGRSS, é aquele referente ao transporte inadequado dos RSSS, oriundos da assistência domiciliar, transporte este, feito pelo próprio corpo de enfermagem.

Levando-se em consideração a geração diária, verifica-se um número bastante expressivo, pois o paciente sob a assistência domiciliar, gera cerca de 2,64 kg/dia, que quando comparado à quantidade produzida por pacientes internados em hospitais da cidade de São Paulo, que é de 3,77 kg, segundo Bidone e Povinelli (1999), constata-se uma diferença menor que 30% de produção. Comparando-se com o padrão da América Latina, onde a média de geração de resíduos varia entre 1,0 e 4,5 kg/leito/dia, conforme o Centro Pan-Americano de Engenharia Sanitária e Ciência do Ambiente (1997), conclui-se que a geração dos RSSS na assistência domiciliar está dentro de padrões hospitalares, realçando sua relevância.

Outro fator preponderante para o entendimento da similaridade de quantidade e características, entre os RSSS gerados na assistência domiciliar e no atendimento convencional, está relacionado ao paciente, pois a mesma enfermidade tratada no domicílio é tratada no hospital, cabendo, muitas vezes, a decisão pela transferência, à empresa de medicina de grupo, por questões de contenção de custos.

Como abordado anteriormente, se comparadas as estatísticas da geração de resíduos dos Grupos A, B e E no Município de São Paulo, com as estimativas de geração na assistência domiciliar, segundo São Paulo (2005) e Siqueira (2003), respectivamente,

observa-se mais claramente, à luz das novas informações, que os RSSS produzidos no domicílio são relevantes, pois representam cerca de 10% da produção diária do total de RSSS atualmente gerenciados pela Prefeitura de São Paulo. Não se pode deixar de considerar, ainda: que a produção de RSSS no atendimento domiciliar informal altera qualquer tentativa de estatística das quantidades geradas, pois não existem informações acerca desse grupo de geradores; a conseqüente destinação incorreta dos resíduos, devido a ausência de um Plano de Manejo adequado; fato que faz crer, que essa pequena parcela de resíduos poderá contaminar uma parte maior de outros resíduos.

## MANUAL DE PROCEDIMENTOS PARA O MANEJO DE RESÍDUOS NA ASSISTÊNCIA DOMICILIAR

Levando-se em consideração as ponderações feitas até aqui, foi identificado um grande potencial de riscos, presente e futuro, ao qual a sociedade e o ambiente estão expostos, riscos estes de origem biológica, química ou radioativa, como explica Takayanagui (2005). Aponta como de extrema necessidade, uma nova postura de todos os envolvidos, no sentido de fazer valer o que as legislações preconizam para os RSSS, principalmente as Resoluções ANVISA RDC nº 306/04 e CONAMA nº 358/05, bem como adaptá-las ao ambiente da assistência domiciliar.

O simples fato de os resíduos gerados durante o período de assistência domiciliar terem características semelhantes aos hospitalares já seria fator determinante para essa nova

postura; porém, pode-se destacar outras situações:

- Se não havia legislação que vinculasse a assistência domiciliar aos serviços de saúde, a partir da Resolução ANVISA RDC nº 33/03, esse vínculo passou a existir, sendo ratificado, no final de 2004, quando foi substituída pela RDC nº 306, segundo informado em Brasil (2004). A própria Consulta Pública nº 81 (10/10/2003) da ANVISA, que dispõe sobre o regulamento técnico e contém as normas de funcionamento de serviços que prestam assistência domiciliar, dá destaque aos cuidados com esses resíduos, conforme Brasil (2003). Diante da exigência do PGRSS por resolução federal, a não adoção dessa prática configura-se como crime ambiental, segundo o Artigo 60 da Lei Federal 9.605.

- Pela definição da Norma ABNT - NBR 10.004/2004, os RSSS são perigosos.

- Pelo fato de as empresas responsáveis por essa modalidade de serviço não adotarem procedimentos para o manejo adequado, os resíduos produzidos durante o tratamento são adicionados aos resíduos domiciliares.

- A população mundial na faixa etária dos idosos está aumentando. Em particular, o Brasil terá a sexta maior população de idosos em 2025, chegando ao número de 30 milhões, aproximadamente, conforme São Paulo (2005) e IBGE (2002).

- Como, em princípio, os idosos são a maioria beneficiada por essa modalidade de atendimento, tal fato potencializa cada vez mais a utilização da assistência domiciliar como ferramenta de diminuição de custos para as empresas de seguro saúde e assistência médica; possibilitando aumentar a rotatividade dos leitos em hospitais e para uma melhor qualidade no atendimento.

Assim sendo, diante das observações precedentes e ratificando as informações anteriormente abordadas por sugestão de Matsuda (2000), que identifica como imprescindível a concepção de um manual abordando o manejo dos RSSS durante o período do tratamento do paciente em sua residência, foi elaborado o Manual de Procedimentos para o Manejo de Resíduos na Assistência Domiciliar, o qual deve ser considerado como o precursor de uma eventual discussão para sua adequação efetiva. É certo que já há situações que carecem de análise adicional, ou seja:

- A participação do morador: apesar de o morador não ter um papel estabelecido no Plano de Manejo, acaba participando e, por vezes até substituindo o cuidador, o que se entende como viável, pois a enfermagem e o cuidador só devem centrar esforços e atenção ao paciente. Esse familiar deve ser treinado de tal forma que os resultados sejam satisfatórios e sem a criação de situações de risco.

- Lixeiras: de maneira geral, o que se percebe é que a própria família é quem providencia a compra das lixeiras envolvidas no processo, seja pelo baixo custo, por necessidade ou para cobrir a falha na operação. Observa-se ainda que a quantidade de lixeiras varia muito, de residência para residência, de acordo com a quantidade dos resíduos gerados, da forma que se administra as questões relativas aos resíduos e principalmente quanto ao número de coletas semanais. Sugere-se a existência de duas lixeiras, uma para o quarto, de tamanho pequeno para obrigar a retirada freqüente dos resíduos e outra lixeira maior no local onde irá ser feita a armazenagem dos resíduos até a coleta externa, com possibilidade de acondicionar um volume maior que a instalado no quarto. A responsabilidade pelo fornecimento das lixeiras, em

princípio, é da empresa de assistência domiciliar, porém poderá ser alvo de acerto comercial entre as partes, como ocorre com outros itens mais importantes, como medicamentos, fraldas etc.

- O papel da municipalidade e dos conselhos de classe: têm papel fundamental no desenvolvimento equilibrado das operações da assistência domiciliar no Brasil, pois podem e devem exercer a sua função de fiscalizador das condições de funcionamento das empresas, indo além disso, permitindo somente a abertura e funcionamento de empresas que cumprem com as exigências legais.

- O gerador do resíduo de serviços de saúde na assistência domiciliar: do ponto de vista das legislações existentes, há duas possibilidades de caracterização dos responsáveis pela geração dos resíduos (será o paciente, sempre que estiver sem o amparo de qualquer empresa; será a empresa de assistência domiciliar, quando o paciente estiver sob os seus cuidados, como se cada residência fosse um quarto de um hospital e a empresa de assistência fosse o próprio hospital).

- O transporte informal: apesar de freqüente, o transporte inadequado deve deixar de ocorrer, pelos riscos envolvidos e pelas leis existentes.

- Indicadores de desempenho para gestão do RSSS domiciliar: devem ser encarados como grandes aliados no processo de gestão dos resíduos e quanto mais adaptados à realidade domiciliar, melhor serão os seus resultados.

## REFERÊNCIAS

BIDONE, F.R.A.; POVINELLI, J. **Conceitos básicos de resíduos sólidos**. São Carlos: EESC/USP, 1999. 120p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2.416, de 23 mar. 1998. Estabelece requisitos para credenciamento de hospitais e critérios para realização de internação domiciliar no SUS. Brasília: **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, 1998.

\_\_\_\_\_. Consulta Pública da Agência Nacional de Vigilância Sanitária nº 81, de 10 de outubro de 2003. Dispõe sobre o regulamento técnico contendo as normas de funcionamento de serviços que prestam assistência domiciliar. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>>. Acesso em: 27 nov. 2003.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 306, de 07 dez. 2004. Aprimora, atualiza e complementa os procedimentos na Resolução RDC nº 33, de 25 de fevereiro de 2003. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/>>. Acesso em: 14 jan. 2005.

CENTRO PAN-AMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E CIÊNCIAS DO AMBIENTE. **Guia para o manejo interno de resíduos sólidos em estabelecimentos de saúde**. Tradução Carol Castillo Argüello. Brasília: Organização Pan-Americana de Saúde, 1997. 64p.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. **Metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002. 242p.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Medical waste management in the United States: second interim report to congress executive summary**. New York: EPA, 1990. 4p.

\_\_\_\_\_. **Disposal tips for home health care**. Washington: EPA, 1998. 10p.

FERNANDES, A.T. (Coord.); FERNANDES, M.O.V.; RIBEIRO FILHO, N. **Infecção hospitalar e suas interfaces na área da saúde**. São Paulo: Atheneu, 2000. 1806p.

FERREIRA, J.A.; ANJOS, L.A. Aspectos da saúde coletiva e ocupacional associados à gestão dos resíduos sólidos municipais. **Cademo de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v.17, n.3, p.689-696, 2001.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002. 175 p.

HEBLING, E. Direito de sorrir dos idosos. FOP

UNICAMP, Campinas, 18 abr. 2005. Disponível em: <<http://www.fop.unicamp.br/portal/>>. Acesso em: 14 jun. 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Perfil dos municípios brasileiros: 2002. **Pesquisa de informações básicas municipais**: pressão, estado e resposta: o meio ambiente em escala municipal. Rio de Janeiro: IBGE, 2005.

MATSUDA, A. *Proposals on the management of the wastes from the home health care*. **The Japanese Journal of Clinical Pathology. Supplement** 112, p. 76-88, May 2000.

NAKAGAWA, A. et al. Influência do atendimento médico domiciliar no tratamento de pacientes com doenças crônicas. **Revista de Administração em Saúde**, São Paulo, v.5, n.19, p.26-30, abr./jun. 2003.

PEREIRA, M.J.B. **O trabalho da enfermeira no serviço de assistência domiciliar**: potência para (re)construção da prática de saúde e de enfermagem. 2001. Tese (Doutorado) – EERP/USP, Ribeirão Preto, 2001.

RISSO, W.M. **Gerenciamento de resíduos de serviços de saúde**: a caracterização como instrumento básico para abordagem do problema. 1993. 162f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

SÃO PAULO. Secretaria de Serviços e Obras. Departamento de Limpeza Urbana - LIMPURB. **Informações sobre coleta, transporte e tratamento de RSSS e sobre home-care no Município de São Paulo**. São Paulo: LIMPURB, 2005. (Relatório técnico)

SIQUEIRA, A.O. **Estatísticas Totallix**. São Paulo: [s.n.], 2003. (Relatórios internos, analíticos e consolidados, sobre estimativas de produção de RSSS de pacientes em assistência domiciliar).

TAKAYANAGUI, A.M.M. Gerenciamento de resíduos de serviços de saúde. In: PHILLIPI JR, A. (Editor). **Saneamento, saúde e ambiente**: fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Barueri: Manole, 2005. p.323-374.

TAVOLARI, C.E.L. et al. O desenvolvimento do *Home Health Care* no Brasil. **Revista de Administração em Saúde**, Rio de Janeiro, v.3, n.9, 2000.

VAZ, J.C. **Assistência domiciliar à saúde**. Rio de Janeiro: BNDES, 1994. Disponível em: <<http://www.federativo.bndes.gov.br/>>. Acesso em: 14 out. 2005.



# Tratamento e Disposição Final de Resíduos

## RESUMO

No Brasil, a desinfecção e oxidação da água são realizadas pela adição de cloro, nas formas de gás cloro e hipoclorito de sódio. Recentes estudos demonstraram que na etapa de oxidação e desinfecção da água com o cloro ocorre a formação de trihalometanos e outros subprodutos clorados, os quais são substâncias carcinogênicas. O objetivo desse trabalho foi determinar a formação dos subprodutos clorados formados em água contendo substâncias húmicas, considerando-se o tempo da reação em função da dosagem de cloro, que foi de 7 mg L<sup>-1</sup>. Os subprodutos formados foram quantificados usando-se a técnica de cromatografia gasosa, com detector de captura de elétrons. O método utilizado foi o de adição de padrão interno. Na oxidação da água com o cloro formaram-se vários subprodutos clorados, sendo o clorofórmio em maior concentração. Em nenhum intervalo de tempo a soma total de trihalometanos excedeu a concentração máxima permitida pela legislação brasileira. Os autores consideram necessário buscar-se o uso de agentes desinfetantes alternativos tais como o dióxido de cloro, ozônio e permanganato de potássio, visando uma maior segurança à saúde pública, relacionada à qualidade da água para consumo humano.

### PALAVRAS-CHAVE

Subprodutos clorados, cloro, desinfecção, água.

## ABSTRACT

In Brazil, the disinfection and oxidation of drinking water is usually done by the addition of chlorine in the chlorine gas and sodium hypochloride forms. Recent studies have demonstrated that disinfection and oxidation of water using chlorine can cause the formation of trihalomethane and others chlorine by-products, which are carcinogenic substances. Formation of chlorine by-products was tested considering the reaction of time with respect to the oxidant dosage of chlorine, previously determined. The chlorine by-products found were quantified using the gas chromatography with detector of electron capture technique. The method utilized was the addition of internal standard. In the water oxidation by chlorine an higher number of chlorine by-products occurred. No interval of time the total addition of trihalomethane the maximum concentration allowed by the Brazilian legislation. The authors consider necessary to search the use of disinfecting agents alternative such as the dioxide of chlorine, ozone and permanganate of potassium, aiming at higher safety of to the public health, related to the water quality for human consumption.

### KEYWORDS

Chlorine by-products, chlorine, disinfection, water quality. situation, without any significant deviation compared with the methodology proposed by CETESB.

## DETERMINAÇÃO DE SUBPRODUTOS CLORADOS FORMADOS DURANTE A ETAPA DA OXIDAÇÃO DA ÁGUA COM O CLORO

### Sérgio Marcos Sanches

Químico pela Universidade Federal de Uberlândia, mestre em Química Analítica pela USP, doutor em Ciências da Engenharia Ambiental pela USP de São Carlos - SP  
sesanches@hotmail.com

### Angela Maria Magosso Takayanagui

Professora doutora do Departamento de Enfermagem Materno-Infantil e Saúde Pública da Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto – SP - EERP/USP  
ammtakay@eerp.usp.br

### Eliana Leão do Prado

Engenheira Química pela Universidade de Ribeirão Preto – UNAERP e Mestranda da EERP/USP  
leprado@ig.com.br

### Susana Inés Segura — Muñoz

Professora doutora do Departamento de Enfermagem Materno-Infantil e Saúde Pública da Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto – SP - EERP/USP  
susis@eerp.usp.br

### Eny Maria Vieira

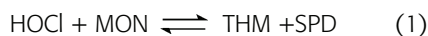
Professora doutora do Instituto de Química de São Carlos – SP – IQSC/USP  
eny@iqsc.sc.usp.br

## INTRODUÇÃO

A água é essencial à vida humana, porém deve ser tratada quando for destinada ao consumo humano, pois é considerada como o vetor de muitas doenças (Azevedo Neto, 1987). A água deve apresentar condições físicas, químicas e biológicas adequadas para que possa ser ingerida ou utilizada para fins higiênicos (Di Bernardo, 1995).

No Brasil, a desinfecção da água é usualmente realizada com a adição de cloro, nas formas de gás cloro e hipoclorito de sódio (Di Bernardo, 1995). O cloro tem contribuído para o controle de doenças hídricas e das chamadas toxinfecções alimentares de origem bacteriana (Sanches et al., 2003). O seu uso como desinfetante foi aprovado pela Academia de Saúde Pública dos EUA - American Public Health (APHA), em 1886. Os principais atributos do cloro são: baixo custo, ação efetiva contra microrganismos patogênicos e a relativa segurança durante o armazenamento. Porém, estudos recentes demonstraram que a adição de cloro livre à água bruta pode trazer certos inconvenientes, como a formação de trialometanos (THM) e outros subprodutos clorados, potencialmente carcinogênicos (Sarzanini et al., 1999; Tominaga e Midio, 1999).

Os THM são compostos organoclorados formados a partir da interação do cloro residual livre com as substâncias húmicas (precursoras), resultantes da degradação de vegetais (Macêdo, 1997). A formação dos THM e subprodutos clorados é representada esquematicamente pela eq. 1.



Onde: HOCl : ácido hipocloroso  
MON: Matéria orgânica natural  
THM: trialometanos  
SPD : subprodutos clorados.

Os THM são assim denominados por apresentarem em sua estrutura molecular um átomo de carbono, um de hidrogênio e três de halogênios. Dentre os trialometanos, quatro ganharam destaque nas águas tratadas devido à sua formação em concentrações mais significativas, segundo Tominaga e Midio (1999): clorofórmio ( $\text{CHCl}_3$ ), diclorobromometano ( $\text{CHBrCl}_2$ ), dibromoclorometano ( $\text{CHBr}_2\text{Cl}$ ) e bromofórmio ( $\text{CHBr}_3$ ).

O clorofórmio é o produto majoritário na oxidação da água com o cloro. Em 1976, o Instituto Nacional do Câncer dos EUA publicou resultados de um estudo de laboratório que demonstra que o clorofórmio em concentrações maiores que as normalmente encontradas na água para o consumo humano, pode causar câncer em ratos e camundongos. Em seguida o órgão regulador de alimentos e fármacos dos EUA, a Food and Drug Administration (FDA) proibiu o uso do clorofórmio como aditivo na preparação de alimentos e remédios.

Em 1978 mesmo sem que houvesse provas dos efeitos maléficos à saúde humana, a Agência de Proteção Ambiental norte-americana propôs uma emenda para a legislação sobre água potável daquele país, o National Interim Primary Drinking Water Regulations – Regulamentos para Água Potável, que estabelecia pela primeira vez que o nível máximo de THM fosse de  $100 \mu\text{g L}^{-1}$  (Macêdo, 1997). Em 1982 o limite máximo de trialometanos nos EUA foi reduzido de  $100 \mu\text{g L}^{-1}$  para  $80 \mu\text{g L}^{-1}$ . Outros países seguiram os EUA em relação à legislação, sendo atualmente adotados os limites de  $35 \mu\text{g L}^{-1}$  no Canadá,  $75 \mu\text{g L}^{-1}$  na Holanda,  $25 \mu\text{g L}^{-1}$  na Alemanha e  $10 \mu\text{g L}^{-1}$  na França.

No Brasil, somente a partir de 1990, pela Portaria GM n. 36/1990, do

Ministério da Saúde, ficou estabelecido que o valor máximo permitido seria de  $100 \mu\text{g L}^{-1}$ . Este valor, adotado a partir da legislação norte-americana, passou a vigorar em 23 de Janeiro de 1992 e é mantido pela Portaria n. 518/2004, também do Ministério da Saúde (Brasil, 2004).

De acordo com Di Bernardo (1995), os principais fatores que influenciam na formação de subprodutos da desinfecção da água são: pH, tempo de contato, temperatura, natureza e concentração da matéria orgânica natural, dosagem do cloro aplicado e cloro residual livre. Os trialometanos são formados na estação de tratamento de água pela reação do cloro aplicado para fins de desinfecção com certos compostos orgânicos precursores presentes na água bruta (Graun, 1993).

Neste contexto, o presente estudo teve por objetivo determinar e quantificar os subprodutos formados durante a etapa de oxidação da água com o cloro.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### COLETA E PREPARO DAS AMOSTRAS

As amostras de turfa utilizadas neste trabalho foram coletadas em uma turfeira às margens do Rio Mogi-Guaçu, no Km 40 da rodovia SP-255, no município de Luís Antônio-SP. Foram coletadas a uma profundidade de 45 cm, por intermédio de um amostrador Hiller, armazenadas em sacos de polietileno e conduzidas ao laboratório, onde foram secadas ao ar livre, trituradas em um equipamento tipo mandíbula e peneiradas em malha de 2 mm para posterior extração das substâncias húmicas.

## EXTRAÇÃO DAS SUBSTÂNCIAS HÚMICAS (SH)

Para a extração das SH foi utilizado o método sugerido por Rosa et al. (2003), os parâmetros utilizados foram os seguintes: extração em solução 0,5 mol L<sup>-1</sup> de hidróxido de potássio (KOH); tempo de agitação de 4 horas; razão turfa/extrator 1:20 (m/v); temperatura ambiente; decantação por 48 horas. Depois da decantação, o sobrenadante foi coletado e acondicionado em embalagens preparadas com papel celofane.

Essas embalagens foram colocadas em solução de HCl 1%, para redução do pH. As embalagens permaneceram nesse banho por 3 dias, com troca da solução 3 vezes ao dia. As amostras passaram pelo processo de diálise para a retirada do excesso de sais. Para a eliminação dos íons cloretos as embalagens foram colocadas em um recipiente e cobertas com água não clorada. O fluxo de entrada e saída da água foi controlado. Este processo foi realizado por 15 dias, até teste negativo de cloretos com nitrato de prata (AgNO<sub>3</sub>). Após esta etapa as SH foram armazenadas em frascos de plástico e acondicionadas no freezer.

## CONSTRUÇÃO DA CURVA DE CALIBRAÇÃO DE COR EM RELAÇÃO AO PH

Para a realização das curvas de calibração foi utilizado um espectrofotômetro (Mod DR/4000 U – HACH). Estas curvas foram feitas utilizando-se as SH. Os valores da cor foram obtidos por meio de uma curva padrão seguindo-se o procedimento descrito na APH (1998) e que está apresentado a seguir:

- Dissolveu-se 1,246 g de cloreto de platina de potássio, K<sub>2</sub>PtCl<sub>6</sub> (equivalente para 500 mg de potássio metálico) e 1,00g de cloreto de cobalto cristalizado, COCl<sub>2</sub> · 6H<sub>2</sub>O (equivalente a 250 mg de cobalto metálico) em água destilada com 100 mL de HCl concentrado e diluiu-se para 1000 mL com água destilada. Esta solução padrão possui cor de 500 unidades.

- Determinou-se no espectrofotômetro o comprimento de onda no qual ocorria a maior absorção. Observou-se o pico com maior intensidade no comprimento de onda de 455 nm.

- Utilizando-se essa solução padrão, foram realizadas diluições sucessivas e com os valores da absorbância plotou-se a curva padrão. A partir da curva padrão

de cor, foi constituída a curva para as SH no pH 6,5, através do mesmo procedimento de diluições sucessivas. Esta faixa de pH foi selecionada por envolver todos os ensaios que foram realizados no equipamento de reatores estáticos jarrest. Para a correção do pH foram utilizadas soluções de HCl e NaOH 1%. A Fig.1 apresenta a curva de calibração para a cor da água em função da absorbância.

## PREPARO DA ÁGUA DE ESTUDO UTILIZADA NOS ENSAIOS DE DEMANDA

Para o presente estudo utilizou-se água não clorada coletada em um poço artesiano do Campus da USP de São Carlos. Adicionou-se à água não clorada o extrato de substância húmica filtrada em papel filtro 0,45 µm, e a cor da água foi determinada comparando-se com uma curva de calibração de cor (uH) apresentada na Fig.1 A leitura da cor da água de estudo foi realizada no espectrofotômetro, obtendo-se cor aparente em torno de 100 unidade de Hazen (uH).

## ENSAIOS DE OXIDAÇÃO E DETERMINAÇÃO DOS SUBPRODUTOS CLORADOS

Após determinada a demanda de cloro, partiu-se para a realização dos ensaios de oxidação de uma amostra de água de cor aparente de 100 (uH). Os ensaios de oxidação foram realizados em frascos de vidro âmbar de 1L de capacidade. Durante os ensaios, os frascos foram mantidos fechados e colocados em banho termostático à temperatura de 25°C.

Foram coletados alíquotas de 10 mL das amostras de cada frasco, nos tempos de 4, 8, 16, 24, 36, 48, 72 e 96h. A cada amostra foi adicionado ácido ascórbico com a finalidade de inibir a reação. Posteriormente, em cada alíquota, foi adicionado um padrão interno

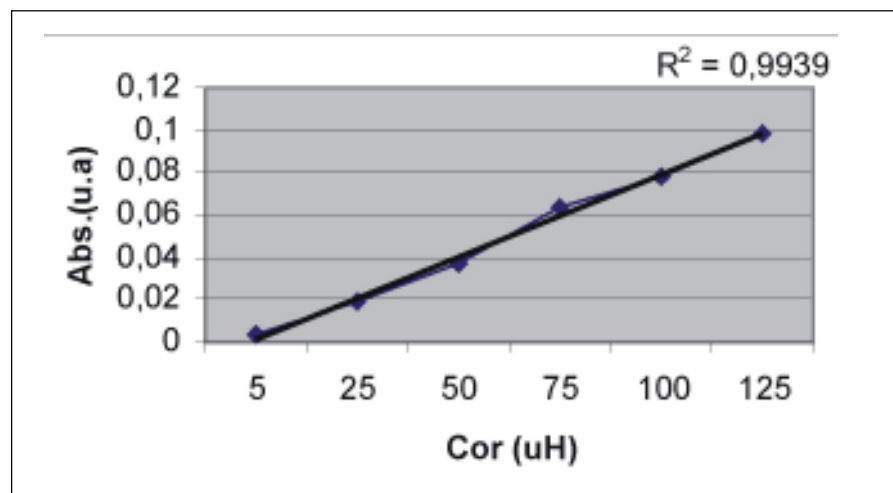


Figura 1: Curva de calibração de cor das substâncias húmicas.

(diclorometano) e os subprodutos clorados foram extraídos com a adição de 5 mL de metoxi-terc-butano (MTBE).

Separou-se a fase orgânica, e adicionou-se a esta fase o agente secante, sulfato de sódio anidro ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ). As amostras foram armazenadas em frascos próprios e conservadas a uma temperatura de 4°C, para análises posteriores. A fase orgânica foi analisada por cromatografia gasosa. Foi utilizado um cromatógrafo gasoso (CG - Mod 3600CX/ VARIAN), com detector de captura de elétrons (DCE), coluna J&W-DB-1, 30 m x 0,32 mm ID e filme de espessura de 5 mm.

As condições utilizadas foram: fluxo do gás de arraste  $\text{N}_2$  de 3,6 mL  $\text{min}^{-1}$ ; as temperaturas do injetor e detector foram respectivamente de 160 e 290°C; O aquecimento do forno foi realizado da seguinte forma: aquecimento inicial de 40°C por 1 min, rampa de aquecimento até 125°C, numa razão de 5°C/min, permanecendo nesta temperatura por 1 min; depois aqueceu-se até 150°C numa taxa de 35°C. Foram utilizados padrões mistos 551 A e B (Marca Supelco) para construção da curva de calibração, que foi construída com 5 pontos, cujas concentrações foram 25; 50; 75; 100 e 125  $\mu\text{g L}^{-1}$ .

Na Fig. 2 encontra-se apresentado o cromatograma do ponto 3 da curva, onde todos os compostos, apresentam 75 mg  $\text{L}^{-1}$ .

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

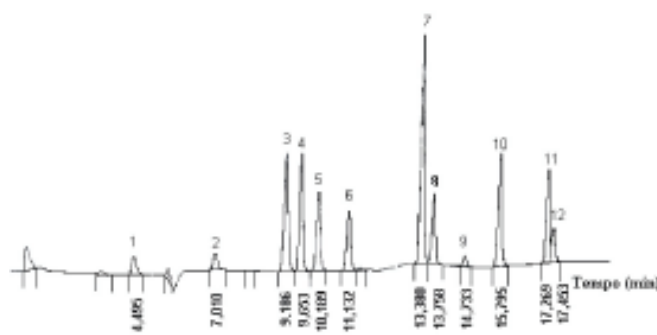
### SUBPRODUTOS FORMADOS DURANTE A OXIDAÇÃO DA ÁGUA

Os resultados encontrados quanto aos subprodutos formados durante a etapa de oxidação da água com o oxidante cloro, encontra-se apresentado na Fig. 3.

Analisando-se a Fig. 3, observa-se que em nenhum intervalo de tempo a soma total de THM excedeu a concentração máxima permitida no Brasil que é de 100  $\mu\text{g L}^{-1}$  (Sanches, 2003; Macêdo, 1997). Durante as primeiras oito horas de ensaio ocorre uma pequena formação dos subprodutos clorados, aumentando com o tempo de reação, isto ocorre devido ao oxidante reagir primeiramente com os compostos inorgânicos tais como ferro, manganês e

alumínio. Após esta fase da reação, o oxidante passa a reagir com a matéria orgânica; devido a esse fato, em intervalos de tempo maiores, ocorre uma maior formação de THM.

Os subprodutos formados foram, então: clorofórmio, bromodiclorometano, dicloroacetonitrila, não sendo detectados a tricloroacetonitrila, 1,1-diclorometano, dibromoacetonitrila e bromofórmio. O clorofórmio foi o produto majoritário como pode ser



- Legenda:
- 1- PI (diclorometano),
  - 2- clorofórmio,
  - 3- tricloroacetonitrila,
  - 4- dicloroacetonitrila,
  - 5 - bromodiclorometano,
  - 6 - 1,1- dicloropropanona,
  - 7 - cloropicrina,
  - 8 - não identificado,
  - 9 - 1, 1, 1- triclorometano ,
  - 10 - bromocloroacetonitrila,
  - 11 - dibromoacetonitrila,
  - 12 - não identificado.

Figura 2 – Cromatograma da curva de calibração com 75 mg  $\text{L}^{-1}$ .

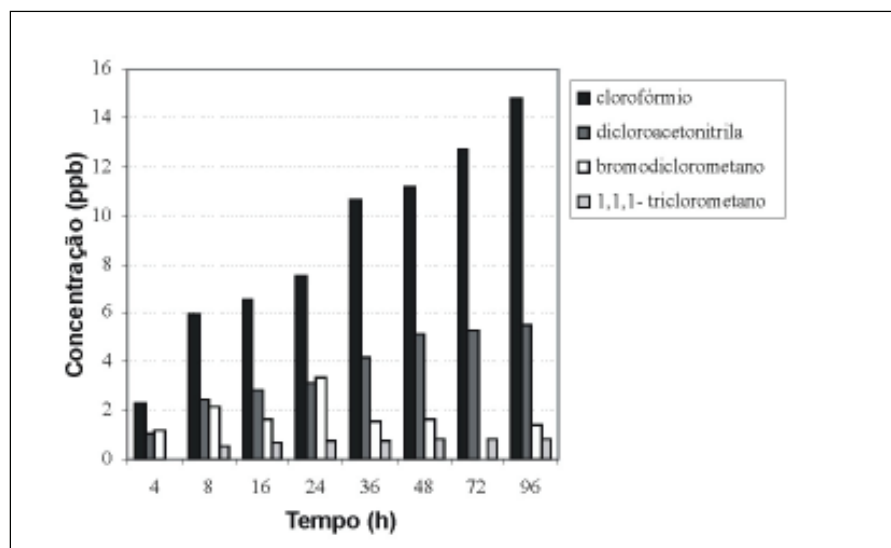


Figura 3 – Concentração dos subprodutos clorados formados em função do tempo de contato.

observado pelos resultados apresentados na Fig. 3. Esses achados corroboram com os dados relatados por Santos (1988).

Segundo esse mesmo autor, três possíveis caminhos despontam para o controle desses subprodutos da desinfecção pelo cloro: a utilização de outros agentes desinfetantes alternativos que não produzam THM; a remoção dos compostos precursores antes de sua reação com o cloro para impedir a formação de THM; e, a remoção dos THM após a sua formação.

Dentre os agentes desinfetantes alternativos, têm sido utilizados na Europa ozônio, dióxido de cloro e peroxônios; porém, deve-se levar em conta que qualquer que seja o desinfetante alternativo, deve-se garantir que seja efetivo na inativação de bactérias, vírus e protozoários, entre outros organismos patogênicos e que não produza qualquer composto secundário que cause risco à saúde humana, entre outros (Sanchez et al., 2003).

A reação para a formação dos THM não é instantânea. Estes compostos podem aparecer na água em menos de uma hora, mas às vezes surgem após dias. Isto ocorre porque vários fatores influem simultaneamente na velocidade, não sendo possível prever o tempo da reação em função da complexidade das reações e da mistura de estruturas desconhecidas. Segundo Santos (1998) quanto maior for o tempo de reação maior será a probabilidade de formação de trihalometanos. De acordo com Johnson e Jensen (1983), a formação do clorofórmio deve-se à reação halofórmica, onde o ataque ocorre no grupo carboxílico.

## CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O produto formado em maior concentração foi o clorofórmio, uma vez que, com o aumento do tempo de reação, ocorre um aumento da concentração de clorofórmio. Em nenhum tempo da reação, a concentração máxima de trihalometanos excedeu a legislação vigente no Brasil. Este trabalho reforça a recomendação para o uso de agentes desinfetantes alternativos, tais como o dióxido de cloro, ozônio, permanganato de potássio, entre outros a fim de minimizar a formação de subprodutos clorados, visando uma maior segurança à saúde pública, relação à distribuição de água para consumo humano.

## BIBLIOGRAFIA

- AZEVEDO NETTO, J. M. *Técnica de abastecimento e tratamento de água*. São Paulo: Cetesb, 3.ed., 1987. 317p.
- GRAUN, G. F. *Safety of water disinfection: balancing chemical and microbial risks*. Washington (DC): ILSI Press; 1993. Epidemiology studies of water disinfectants and disinfection by-products, p. 277-301.
- JOHNSON, J. D.; JENSEN, J. P. THM and toxicity formation – routes, rates and precursors. In: AWWA–**Seminary proceedings**—strategies for the control of trihalomethanes. Las Vegas: American Waters Works Association – AWWA, 1983, p.1-21, 1983.
- MACÊDO, J. A. B. *Determinação de trihalometanos em águas de abastecimento público e de indústria de alimentos*. 1997. Tese (Doutorado) - Ciências e Tecnologia de Alimentos Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 1970.
- BRASIL. Portaria n. 36 do Ministério da Saúde. Dispõe sobre normas e padrão de potabilidade da água destinada ao consumo humano, a serem observadas em todo território nacional. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 23 de Janeiro de 1990. Disponível em: <http://www.sabesp.com.br/legislacao/PDF/PMS36GM.pdf>. Acesso em: 31 mai. 2006.
- BRASIL. Portaria n. 518 do Ministério da Saúde. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 25 de Março de 2004.
- ROSA, A. H.; ROCHA, J. C., FURLAN, M. Substâncias húmicas de turfa: estudo dos parâmetros que influenciam no processo de extração alcalina. *Química Nova*, v. 23, n. 4, p. 472-6, 2000.
- SANCHES, S. M., SILVA, C.H. T. P., VIEIRA, E. M. Agentes desinfetantes alternativos para o tratamento de água. *Química Nova na Escola*, n. 17, p. 6-12, 2003.
- SANTOS, C. L. *O controle de trihalometanos (THM) nas águas de abastecimento público*. 1988. Dissertação (Mestrado) - Saúde Pública – Universidade de São Paulo. São Paulo, 1988.
- SARZANINI, C.; BRUZZONITI, M.C.; MENTASI, E. Preconcentration and separation of haloacetic acids by ion chromatographic. *Journal of chromatography A*. v. 850, p. 197, 1999.
- Standards Methods for the examination of water and wastewater (1998). 20 ed. New York, APHA, AWWA, AWWPCF. CD ROM.
- Symons (1981). Treatment techniques for controlling trihalomethanes in drinking water. Cincinnati: U.S. Environmental Protection Agency, 289p.
- TOMINAGA, M. Y.; MÍDIO, A. F. Exposição humana a trihalometanos presentes em água tratada. *Revista de Saúde Pública*, v. 33, n. 4, p. 1-13, 1998.

## AUDITORIA DE CONFORMIDADE AMBIENTAL E LEGAL COMO INSTRUMENTO DE GESTÃO NA INDÚSTRIA — UM ESTUDO DE CASO SOBRE AUDITORIA AMBIENTAL EM UMA REFINARIA DE PETRÓLEO

Leonardo Masseli Dutra

CA/UNITAU, PG  
leonardodutra@adv.oabsp.org.br

Márcio J. Estefano de Oliveira

CA/UNITAU/UNESP, PD  
mestefano@feg.unesp.br

### RESUMO

O presente trabalho apresenta uma proposta para utilização de auditorias de conformidade legal como um instrumento de gestão em refinarias de petróleo. A partir do levantamento da legislação brasileira sobre auditoria ambiental em níveis federal, estadual e municipal, aplicável a refinarias de petróleo, foi feita a análise dos parâmetros legais que norteiam esta atividade. Além de uma vantagem enorme oferecida em relação à prevenção, a auditoria de conformidade legal dá a uma refinaria uma margem razoável de segurança em relação aos riscos ao meio ambiente, já que a lei nada mais é do que uma padronização de poderes e deveres. O que se propõe é que sejam seguidos vários itens da legislação brasileira, aplicável às refinarias, durante a auditoria, de modo que a unidade a ser auditada possa fazer do processo de auditoria, e muitas vezes estas auditorias são compulsórias, uma oportunidade de melhorar sua gestão ambiental, através do conceito da melhoria contínua.

### ABSTRACT

This study presents a proposal of using Legal Conformity Audits as a Management Tool at petroleum refinery facilities. All federal, state and city's brazilian regulations regarding to Environmental Audit, applicable to Petroleum Refinery facilities have being studied, analyzed and cross checked. Besides the advantage regarding to prevention, the Legal Conformity Audit provides to Petroleum Refinery Facilities a good safety margin related to environmental risks, since the law is no more than a standardization of power and responsibility. The huge amount of accidents on the petroleum industry has pushed this segment to adequate itself more and more to the environmental regulations. This study intends to contribute this industry segment on its interest of fitting within the environmental regulations standards. The proposal is to follow several items applicable to petroleum refinery on the brazilian regulation during the audit, aiming to improve the company's environmental management.

## INTRODUÇÃO

A legislação evolui constantemente, mas nas últimas décadas este processo acelerou-se em velocidade igual ou maior que a própria evolução da sociedade, como consequência lógica dos próprios sistemas criados pela sociedade. A legislação ambiental não é diferente, quanto mais produção maior a necessidade de controle pela lei.

Os administradores empresariais, a partir de 1998, com a vigência da Lei de Crimes Ambientais, foram forçados a uma corrida pela conformidade legal em relação ao Meio Ambiente, já que à partir de então, além de gerar multa, agressões ao Meio Ambiente davam cadeia.

Quando se fala em controle pela lei, não se refere a diretrizes a serem seguidas simplesmente, mas de deveres a serem rigorosamente cumpridos para o exercício da atividade produtiva, ou seja, da atividade industrial. Assim a conformidade legal com normas ambientais da atividade industrial hoje não é apenas um item a ser cumprido, mas uma questão de sobrevivência.

Nas atividades com petróleo, mais especificamente em refinarias, tem-se atualmente um universo muito complexo de leis e normas sem as quais uma unidade de refino de petróleo simplesmente não funciona. Devido ao histórico ambiental trágico desta atividade e ao seu grande potencial poluidor, as atividades de refino de petróleo tem sido alvo de leis cada vez mais rígidas, obrigando seus gestores a se adaptarem aos mecanismos de controle do setor. Neste contexto, a auditoria surge como uma lupa para os órgãos de fiscalização, que permite que se veja de perto as condições ambientais da empresa.

Forçados pela lei e vigiados pelos entes públicos, incluindo-se aqui o Ministério Público e a sociedade, a

auditoria ambiental, tanto voluntária quanto compulsória, tornou-se instrumento imprescindível de gestão ambiental em refinarias.

O controle a ser exercido pelo poder público através das Auditorias Ambientais tornou-se uma ferramenta útil em suas atividades de rotina.

Pelas dificuldades encontradas por estes órgãos para exercer as rotinas de fiscalização e controle que seriam inerentes a sua atividade de órgão regulador, justificada pela falta de recursos humanos e financeiros na maioria destes órgãos, e baseados na experiência internacional, alguns governos estaduais e municipais brasileiros passaram a exigir a realização de Auditorias Ambientais em indústrias potencialmente poluidoras e com reconhecida capacidade financeira para adequar-se, sendo que o termo "potencialmente poluidoras" atingiu principalmente as atividades com petróleo.

Assim, sob a ótica desta tendência do controle legal pelas auditorias, o presente trabalho realiza estudo abordando a auditoria ambiental em refinarias de petróleo, baseado em conformidade legal com as normas ambientais vigentes, legislação aplicável e parâmetros por ela impostos, verificando os riscos ambientais envolvidos, as principais fontes de não-conformidade, as oportunidades de melhoria dentre outros aspectos pertinentes à questão ambiental.

## MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida em análise documental, executada a partir da análise das leis ambientais sobre auditoria aplicáveis a uma refinaria de petróleo, bem como da literatura disponível.

Realizou-se levantamento de leis municipais, estaduais e federais que envolvem auditoria ambiental em refinarias de petróleo.

Analisaram-se os parâmetros das normas estudadas comparando-as. A partir desta análise, elaborou-se uma lista de itens relacionados com a legislação.

Foi feito um estudo de caso, utilizando-se um relatório de uma auditoria realizada na REDUC (Refinaria Duque de Caxias-RJ) em dezembro de 2003, tomando-se como base as não-conformidades encontradas na ocasião, de maneira a demonstrar os benefícios que a auditoria ambiental traz. (BASTOS, 2003)

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Em geral, a literatura sobre auditoria ambiental aponta os Estados Unidos como o país pioneiro no seu desenvolvimento. Apesar da existência de alguma controvérsia na literatura norte-americana a respeito do início dos primeiros programas de auditoria ambiental, alguns trabalhos indicam que a auditoria ambiental já estava sendo praticada voluntariamente naquele país por algumas grandes corporações no início e meados da década de 70. De acordo com estas fontes, a auditoria ambiental foi desenvolvida por essas empresas como uma das iniciativas destinadas a auxiliá-las na avaliação e aprimoramento do cumprimento do crescente número de leis ambientais promulgadas nos Estados Unidos desde o final da década de 60. (SALES, 2001)

A implementação de um sistema de gestão ambiental implica em melhoria contínua deste sistema e, conseqüentemente, do desempenho ambiental da atividade, identificando pontos de risco e oportunidades de melhoria. Um sistema de gestão

ambiental passa por cinco pontos: 1- Um sistema coerente com a política ambiental; 2- Planos de ação que atendam a esta política; 3- Implementação de ferramentas necessárias à sustentabilidade do sistema; 4- Avaliação periódica da conformidade do sistema e 5- Análise crítica visando a melhoria contínua. Note que os pontos 4 e 5 não têm como serem praticados sem a realização de uma auditoria. Por vezes a auditoria ambiental é confundida com diagnóstico, revisão ou consultoria ambiental. Entretanto, a auditoria ambiental não se confunde com os estudos de impacto ambiental, os estudos de risco, ou qualquer outro instrumento de gestão ambiental (LEPAGE-JESSUA, 1992).

A ISO (International Standard Organization) define sistemas de gestão ambiental como sendo a estrutura, responsabilidades, práticas, procedimentos, processos e recursos para implementar e manter a gestão ambiental e, gestão ambiental, é definida como sendo parte de toda a função gerencial de uma organização que desenvolve implementa, executa, revê e mantém a sua política ambiental. (ABNT, 2002).

## AUDITORIA AMBIENTAL E LEGISLAÇÃO

Como os recursos ambientais envolvem interesses difusos e, portanto, de todos, a participação da sociedade, em todos os níveis, na administração destes, na prevenção dos danos ambientais e na preocupação com os padrões de produção e consumo são indispensáveis e decisivos para a defesa dos recursos naturais. Tal premissa foi, inclusive, contemplada na Constituição Federal brasileira, promulgada em 1988,

que no capítulo dedicado à matéria ambiental estabelece, em seu artigo 225, esclarece que cabe não só ao Estado, mas também a toda sociedade o poder e o dever de defender e preservar o meio ambiente. Ocorre que devido a esta pluralidade de interesses há muita de ocorrência de leis superpostas, ou seja, que tratam do mesmo assunto, seja em nível federal, estadual ou municipal.

Porém, a Constituição Federal do Brasil, promulgada em 1988, delimita as competências, asseverando em seu artigo 23 que é competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios “proteger” o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas. Porém, o poder de “legislar” sobre proteção ao meio ambiente e controle de poluição é somente delegado à União e aos Estados concorrentemente, conforme prevê o artigo 24.

Atualmente, pelo elevado potencial poluidor que apresentam as atividades relacionadas com exploração e refino de petróleo, existe legislação específica sobre realização de auditorias compulsórias em vários estados e municípios do Brasil. Dentre elas, por serem as mais restritivas, ou seja, por imporem critérios mais rígidos, destacam-se: 1) a resolução CONAMA no 265, de 27 de janeiro de 2000, e a resolução no 306, de 5 de junho de 2002, que a complementa (criada por força da lei federal 9.966 de 28 de abril de 2000); 2) a Resolução nº 007/2001, de 2 de agosto de 2001 do Conselho Estadual do Meio Ambiente - CEMA, do Estado do Paraná; 3) a lei nº 1898 de 26 de novembro de 1991, do Estado Rio de Janeiro, que é regulamentada pela diretriz DZ 56.

A seguir estuda-se o quadro legal acima mencionado.

A Lei Federal 9.966 de 28 de abril de 2000, que dispõe sobre a prevenção, o

controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências, prevê, em seu artigo nono que “As entidades exploradoras de portos organizados e instalações portuárias e os proprietários ou operadores de plataformas e suas instalações de apoio deverão realizar auditorias ambientais bienais, independentes, com o objetivo de avaliar os sistemas de gestão e controle ambiental em suas unidades” (BRASIL, 2000).

Antes da legislação federal citada já havia a Constituição Estadual do Rio de Janeiro, no seu art. 258, § 1º, item XI, determinava a realização periódica de auditorias, incluindo a avaliação detalhada dos efeitos de sua operação sobre a qualidade física, química e biológica dos recursos ambientais”.

Também no Rio de Janeiro a Lei nº 1.898, de 26 de novembro de 1991, que trata especificamente sobre auditoria ambiental e é o primeiro dispositivo legal a tratar especificamente o assunto, ou seja, auditoria ambiental em refinarias de petróleo. Dentre outros aspectos, abrange a avaliação das condições de operação e de manutenção dos equipamentos e sistemas de controle de poluição; das medidas a serem tomadas para restaurar o meio ambiente e proteger a saúde humana e da capacitação dos responsáveis pela operação e manutenção dos sistemas, rotinas, instalações e equipamentos de proteção do meio ambiente e da saúde dos trabalhadores. (RIO DE JANEIRO, 1991).

É a primeira lei a fixar auditorias ambientais anuais para as refinarias. Estabelece, de maneira abrangente as diretrizes para a realização de auditorias ambientais, determinado a avaliação dos impactos, planos de emergência,



atendimento às normas e saúde dos trabalhadores e população vizinha. (RIO DE JANEIRO, 1991).

Note-se que aqui, antes mesmo da vigência da Lei Federal 9.966 de 28 de abril de 2000, que obriga auditorias bienais, as refinarias de petróleo no estado do Rio de Janeiro já estavam obrigadas à auditorias ambientais anuais e, mesmo com a vigência posterior da Lei federal, a Lei estadual não foi revogada, pois é mais restritiva.

Neste cenário da legislação no país, outras leis, em âmbito federal e estadual, começaram a surgir regulando a frequência e os requisitos de uma auditoria ambiental. O que desencadeou este processo foi a Resolução CONAMA 265. O acidente na Baía de Guanabara em janeiro de 2000 foi o grande vetor desta mudança.

A resolução CONAMA no 265, de 27 de janeiro de 2000, assim dispõe:

“Considerando a necessidade de colher lições do grave derramamento de óleo ocorrido na Baía de Guanabara nos últimos dias, (...), resolve:

Art. 1º Determinar ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente-IBAMA e aos órgãos estaduais de meio ambiente, com o acompanhamento dos órgãos municipais de meio ambiente e entidades ambientalistas não governamentais, a avaliação, no prazo de 240 dias, sob a supervisão do Ministério do Meio Ambiente, das ações de controle e prevenção e do processo de licenciamento ambiental das instalações industriais de petróleo e derivados localizadas no território nacional.

Art. 2º Determinar à Petrobrás a realização, no prazo de 6 meses, de auditoria ambiental independente em todas as suas instalações industriais, marítimas e terrestres, de petróleo e derivados, localizadas no Estado do Rio de Janeiro.

Art. 3º A -Petrobrás e as demais empresas com atividades na área de petróleo e derivados deverão apresentar para análise e deliberação do CONAMA, no prazo máximo de 180 dias, programa de trabalho e respectivo cronograma para a realização de auditorias ambientais independentes em suas instalações industriais de petróleo e derivados localizadas no território nacional” (CONAMA, 2000).

Ressalte-se aqui a importância que a auditoria ambiental como instrumento de gestão e diagnóstico ambiental ganha, notadamente pelo grave derramamento de óleo ocorrido na Baía de Guanabara. Não foi só por isso, mas sem dúvida este foi elemento bastante importante. Então, a partir do ano de 2000, a auditoria ambiental começa a ganhar grande importância como instrumento de controle, atuando como um diagnóstico fiscalizador da “situação ambiental” em que se encontra o empreendimento auditado. Especificamente no setor de petróleo ligado a dispositivos legais, a indústria do petróleo é pioneira no uso deste instrumento em razão de ser uma atividade econômica de alto risco.

Em 2002 o CONAMA, considerando a necessidade de disciplinar o art. 9º, da Lei nº 9.966, de 28 de abril de 2000, que trata sobre a realização de auditorias ambientais bienais no âmbito das entidades exploradoras das atividades petrolíferas, edita a resolução 306, e estabelece os requisitos mínimos e o termo de referência para realização de auditorias ambientais, objetivando avaliar os sistemas de gestão e controle ambiental nos portos organizados e instalações portuárias, plataformas e suas instalações de apoio e refinarias, tendo em vista o cumprimento da legislação vigente e do licenciamento ambiental. (CONAMA, 2002).

Mais recentemente a Portaria do Ministério do Meio Ambiente nº 319, de

15 de agosto de 2003, que define requisitos mínimos para o profissional que realiza a auditoria ambiental, definiu auditoria ambiental como sendo “o processo sistemático e documentado de verificação, executado para obter e avaliar, de forma objetiva, evidências que determinem se as atividades, eventos, sistemas de gestão e condições ambientais especificados ou as informações relacionadas a estes, estão em conformidade com os critérios de auditoria estabelecidos na Resolução CONAMA no 306, de 2002, e para comunicar os resultados deste processo” (BRASIL, 2003)

## RESULTADO

Como resultado do presente estudo tem-se o levantamento da maior parte da legislação no que tange ao tema auditoria ambiental em refinarias de petróleo e, à partir disto, uma demonstração, através do estudo de caso, de como a conformidade legal impacta a atividade produtiva.

No estudo de caso realizado, ao considerar-se que a fiscalização ambiental, no máximo do seu rigor, o que geralmente ocorre somente em casos extremos de reincidência, aplicasse todas as multas previstas na legislação, chegar-se-ia facilmente a um valor não inferior a R\$ 10.000.000,00 (dez milhões de reais), relativos a infrações à legislação ambiental.

Como benefício de uma auditoria ambiental de conformidade legal, além da correção dos fatores que levariam aos prejuízos gerados pelas multas, pode-se dizer que uma unidade em conformidade com a lei não agride, em tese, o meio ambiente, já que a legislação é o fruto de uma necessidade de limitação ou padronização.

## DISCUSSÃO

No estudo realizado sobre a ferramenta auditoria como um instrumento de gestão ambiental, verifica-se que um sistema de gestão concebido sem auditorias sistemáticas é um sistema falho.

A importância que a auditoria ambiental ganha como instrumento de gestão e diagnóstico ambiental, principalmente no setor do petróleo, após o grave derramamento de óleo ocorrido na Baía de Guanabara em janeiro de 2000 é notória na resolução CONAMA 265, publicada cerca de dez dias após o derrame, determinando à empresa causadora do derrame a realização de auditoria ambiental em todas as suas instalações dentro do estado do Rio de Janeiro no prazo de seis meses.

Grande parte da legislação é uma ramificação muito parecida com as principais legislações sobre o tema, de modo que se pode escolher dentre o conjunto delas as que possuem padrões de conduta mais rígidos que, desta forma, também atender-se-á as demais. Já existe forte tendência em se compilar a legislação ambiental, para que tenha uma consolidação das leis, ou um código ambiental.

Outro ponto que é de extrema importância dentro da tendência legal às auditorias compulsórias é o conceito de publicidade embutido em algumas normas, como no caso da DZ.56.R2 do estado do Rio de Janeiro que prevê a disponibilização do relatório de auditoria na biblioteca do órgão ambiental para a consulta pública, trazendo à tona a questão do envolvimento da população com as questões ambientais.

As auditorias legais, embora sejam compulsórias e tragam certo incômodo para os auditados, é uma excelente

oportunidade de se avaliar a organização de forma independente. O estudo de caso mostrou que possíveis multas as quais estão sujeitas as empresas em função do descumprimento da legislação ambiental podem ser evitados e as oportunidades de melhoria podem trazer à organização até uma melhora financeira.

## CONCLUSÃO

Como benefício de uma auditoria ambiental de conformidade legal, além da correção dos fatores que levariam aos prejuízos gerados pelas multas, concluímos que uma unidade em conformidade com a lei não agride, em tese, o meio ambiente, já que a legislação é o fruto de uma necessidade de limitação ou padronização.

Tal qual outras áreas da atividade empresarial, o meio ambiente passou a ser uma opção estratégica e, com isto, a auditoria ambiental também.

As auditorias ambientais, além de servirem para avaliar as não conformidades com a legislação, ou avaliar a eficácia do sistema de gestão adotado para os controles ambientais, podem ser utilizadas para avaliar riscos e oportunidades. Parâmetros estipulados em normas e legislação são componentes importantes na avaliação de riscos aos negócios ou à atividade. Todos os dados da gestão e do controle ambientais aplicados na atividade, somados aos dados coletados em entrevistas e principalmente somados às constatações de auditores ambientais experientes e independentes, resultam num relatório onde são demonstrados, além das características da unidade avaliada, as não conformidades encontradas, com as respectivas evidências de auditoria e

os riscos eminentes e potenciais, tendo em vista as probabilidades de ocorrências. A partir da avaliação da eficácia da implementação de um sistema de gerenciamento personalizado e eficaz, a empresa pode conseguir inverter o processo de instalação ou aumento do passivo e até contabilizar ganhos com diminuição de perdas.

A conformidade legal na indústria petrolífera é, além de uma necessidade, uma opção estratégica. A modificação nos conceitos de gestão ambiental, dentro de um contexto globalizado, traz à tona a utilização de auditorias ambientais cada vez mais frequentes. Nota-se que grande número das normas abordadas durante o estudo, relativas à realização de auditorias, ressalvada a ISO 14001, todas são compulsórias, o que demonstra a força que a auditoria vem ganhando dentro das políticas públicas de proteção ambiental. Na história mais recente das auditorias ambientais, a adoção de políticas públicas que adotam auditorias compulsórias tem se mostrado eficaz, suprimindo as deficiências da fiscalização.

O aumento da pressão legal em relação às questões ambientais forma também uma consciência ambiental que norteia a sociedade, já que o ambiente que se vive é comum e a agressão ao meio passa a ser uma agressão à própria sociedade.

No estudo realizado sobre a ferramenta auditoria como um instrumento de gestão ambiental, verifica-se que um sistema de gestão concebido sem auditorias sistemáticas é um sistema falho. O próprio conceito de melhoria contínua embutido no sistema é inviabilizado sem a aplicação da auditoria.

Por fim, notamos que a grande parte da legislação é uma ramificação muito parecida com as principais legislações

sobre o tema, de modo que podemos escolher dentre o conjunto delas as mais restritivas que também atenderemos às demais. Já existe forte tendência em se compilar a legislação ambiental, para que tivéssemos uma consolidação das leis, ou um código ambiental.

## REFERÊNCIAS

ABNT. **Normas NBR ISO série 14.000**. Rio de Janeiro: ABNT: 1996-2002

BASTOS, J. et al. **Relatório de Auditoria Ambiental REDUC**. FEEMA, Rio de Janeiro, 2003

BRASIL. **Lei 9.966 - 2000**. Legislação Federal – 28 de abril de 2000 -Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 01 de junho de 2004

CONAMA – **Resolução nº 306** - Conselho Nacional do Meio Ambiente – 5 de julho de 2002 – José Carlos Carvalho, Presidente do Conselho

LEPAGE-JESSUA, C. **Audit D'Environment – legislation, methodologie, politique europeenne**. Dunod, Paris, 1992.

RIO DE JANEIRO. **Lei 1.898 – 1991**. Legislação do Estado do Rio de Janeiro - 26 de novembro de 1991 – Disponível em <http://www.alerj.rj.gov.br>. Acesso em: 01 de junho de 2004

SALES, R. **Auditoria Ambiental e seus Aspectos Jurídicos**. LTr, São Paulo, 2001.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os meus ascendentes, que de certa maneira sacrificaram-se para que eu estivesse aqui fazendo este agradecimento.

Aos professores do programa, de forma especial ao Professor Dr. Márcio Estefano, e aos funcionários da secretaria e da biblioteca.

## CEMITÉRIOS COMO ÁREAS POTENCIALMENTE CONTAMINADAS

### Robson Willians da Costa Silva

Engenheiro Ambiental pela Escola de Engenharia de Piracicaba (EEP). Mestre pela Universidade Estadual Paulista (Unesp) em Geociências e Meio Ambiente. Consultor Ambiental. Professor na área de Meio Ambiente.  
robsonwillians@yahoo.com.br

### Walter Malagutti Filho

Geólogo pela Universidade Estadual Paulista (Unesp). Doutor pela Unesp em Geociências e Meio Ambiente. Livre-docente pela Unesp em Geofísica Aplicada.

UNESP/Campus Bela Vista - Pós Graduação em Geociências, Avenida 24 A, nº 1515, 13506-900 – Rio Claro/SP. Tel.: (19) 3422 4069

### RESUMO

Este trabalho enfoca a relação entre cemitérios e meio ambiente. Devido à falta de proteção ambiental com a qual o procedimento de enterrar os corpos foi conduzido ao longo das décadas, muitos dos cemitérios se tornaram áreas contaminadas, sendo observado pelos órgãos ambientais e de saúde pública como um aspecto ambiental urbano importante e que deve ser recuperado. Os cemitérios são fontes de contaminação das águas superficiais e subterrâneas, por meio de substâncias orgânicas e inorgânicas, e microrganismos patogênicos presentes no líquido da decomposição de cadáveres, denominado de necrochorume. Essa contaminação ocorre devido à implantação de cemitérios em locais que apresentam condições ambientais desfavoráveis.

### PALAVRAS CHAVES

Cemitérios e Meio Ambiente, necrochorume, contaminação das águas.

### ABSTRACT

This paper shows the relationship between cemeteries and environment. Due to the lack of environmental protection which the procedure of burying the corpses was accomplished along the decades, many of the cemeteries became contaminated areas, being observed by the environmental and of public health organs as an important urban environmental aspect and that it should be recovered. The cemeteries are contamination sources of the superficial water and groundwater, through organic and inorganic substances, and pathogenic microorganisms present in the liquid of the corpses decomposition, denominated of necrochorume. That contamination happens due to the implantation of cemeteries in places that present unfavorable environmental conditions.

### KEYWORDS

Cemeteries and Environment, necrochorume, water contaminations.

# INTRODUÇÃO

## HISTÓRICO

Durante a Idade Média, instaurou-se o costume de sepultar os mortos em igrejas e imediações, desenvolvendo-se dessa forma uma relação de aproximação entre vivos e mortos. Esses fatos fizeram aumentar significativamente a incidência de epidemias como tifo, peste negra entre outras, o que levou a população desses locais a desenvolverem uma atitude hostil à proximidade com os mortos. Nessa época o processo de sepultamento predominante era por inumação, processo simplificado de sepultamento com apenas recobrimento de solo em profundidades que variavam de 1 a 2 m.

A partir do século XVIII que a palavra cemitério começou a ter o sentido atual, quando, por razões de saúde pública, se proibiu o sepultamento nos locais habituais. Desde então, tornou-se costume os sepultamentos ao ar livre, o mais longe possível do perímetro urbano. Os cemitérios que no passado estavam distantes da população, atualmente, acham-se no meio das cidades devido à urbanização acelerada e desordenada pela quais estas passaram.

Ucisik & Rushbrook (1998) em um relatório publicado pela Organização Mundial da Saúde (OMS), relataram o impacto que os cemitérios poderiam causar ao meio ambiente, por meio do aumento da concentração de substâncias orgânicas e inorgânicas nas águas subterrâneas e a eventual presença de microrganismos patogênicos.

O objetivo deste trabalho é abordar e discutir de forma ampla os aspectos e impactos ambientais relacionados aos processos de sepultamento de cadáveres,

e a adequabilidade do meio físico para implantação de novos cemitérios e gerenciamento dos já existentes.

## ASPECTO AMBIENTAL DE CEMITÉRIOS

Aspecto ambiental é qualquer intervenção direta ou indireta das ações humanas (atividades, produtos ou serviços) sobre o meio ambiente que causa um impacto ambiental. As atividades de sepultamento de cadáveres geram fontes poluidoras do meio físico, sendo assim devem ser consideradas como uma atividade - aspecto – impacto ambiental.

Os cemitérios nunca foram incluídos nas listas de fontes tradicionais de contaminação ambiental, apesar da existência de alguns relatos históricos em Berlim e Paris na década de 70, constatando que a causa de epidemias de febre tifóide estava diretamente ligada ao posicionamento a jusante de fontes de água, como aquíferos freáticos e nascentes, dos cemitérios. Dent (1995) observou o aumento da condutividade elétrica e sais minerais nas águas subterrâneas próximas de sepultamentos recentes no cemitério Botany, na Austrália.

No Brasil, são inúmeros os casos de áreas contaminadas divulgados ao público nos últimos anos. Na tentativa de

resolução do problema, a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), órgão responsável pelo controle ambiental no estado de São Paulo, com a cooperação técnica do órgão alemão *Deutsche Gesellschaft Für Technische Zusammenarbeit (GTZ)*, elaborou em 2001 o "Manual de Investigação de Áreas Contaminadas". Esse manual se tornou referência no âmbito de gerenciamento de áreas contaminadas no Brasil, mas não consta em seu capítulo 3 intitulado - "Identificação de Áreas Contaminadas", a atividade de sepultamento de cadáveres como atividade passível de causar contaminação.

Uma área contaminada pode ser definida como uma área onde há comprovadamente poluição ou contaminação, causada pela introdução de substâncias ou resíduos que nela tenham sido depositados, acumulados, armazenados, enterrados ou infiltrados de forma planejada, acidental ou até mesmo natural (CETESB, 2001).

A CETESB (2001) aponta alguns critérios que devem ser levantados para que uma área possa ser considerada como potencialmente contaminadas. O Quadro 1 apresenta as características das atividades passíveis de causarem contaminação encontrada em cemitérios.

CARACTERÍSTICAS	OCORRÊNCIA
Existência de processos produtivos que possam causar contaminação do solo e águas subterrâneas	Não ocorrem em áreas de cemitérios
Presença de substâncias que possuem potencial para causar danos aos bens a proteger via solos e águas subterrâneas	Pode ocorrer em áreas de cemitério
Atividade industrial ou comercial que apresente histórico indicando manuseio, armazenamento ou disposição inadequada de matérias prima, produtos e resíduos	Pode ocorrer em áreas de cemitério
Atividade industrial ou comercial que apresente histórico indicando a ocorrência de acidentes ou vazamentos	Pode ocorrer em áreas de cemitério
Atividade industrial ou comercial que apresente histórico de geração de áreas suspeitas de contaminação ou de áreas contaminadas	Pode ocorrer em áreas de cemitério

Quadro 1 – Características das atividades passíveis de causarem contaminação encontrada em cemitérios

Mesmo que a atividade de sepultamento não se enquadre literalmente como atividade industrial ou comercial, podem ocorrer vazamentos de substâncias passíveis de causar danos ao solo e águas subterrâneas, visto que nessa atividade se manuseiam resíduos biológicos – os cadáveres.

No Brasil Pacheco et al (1991) constataram em dois cemitérios no município de São Paulo e em um terceiro no município de Santos a contaminação do aquífero freático por microrganismos. Migliorini (1994) observou o aumento na concentração de íons e de compostos nitrogenados nas águas subterrâneas de cemitério de Vila Formosa em São Paulo. Pequeno Marinho (1998) constatou a presença de bactérias e compostos nitrogenados no aquífero freático do cemitério São João Batista em Fortaleza - CE. Braz et al (2000) encontraram números elevados de bactérias em poços a jusante do cemitério do Bengui em Belém - PA. Matos (2001) encontrou em amostras de água do aquífero freático do cemitério de Vila Nova Cachoeirinha em São Paulo, bactérias e vírus. O autor ainda acrescenta que os resultados da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e da condutividade elétrica foram maiores nas águas próximas de sepulturas. Almeida & Macêdo (2005) observaram aumento da condutividade elétrica e de íons de cloreto a jusante do fluxo da água subterrânea de cinco cemitérios analisados na cidade de Juiz de Fora - MG.

Silva (1995) investigou a situação de 600 cemitérios do país (75% municipais e 25% particulares) e observou a incidência de 15% a 20% de casos de contaminação do subsolo devido ao necrochorume, destes cerca de 60% eram municipais.

## ASPECTOS LEGAIS

No Estado de São Paulo, os cemitérios públicos que sempre estiveram sob a competência das Secretarias Municipais de Saúde e/ou de Obras Públicas, atualmente estão sob a competência das Secretarias Municipais de Meio Ambiente.

No entanto, já entendendo que cemitérios se apresentavam como áreas potencialmente contaminadas, a CETESB elaborou a norma técnica L1.040, que passou a dar orientação referente à implantação de novas necrópoles. Essas orientações são requisitos técnicos, como informações geográficas, geológicas e hidrogeológicas do meio físico, que devem constar na caracterização da área.

Em 03 de abril de 2003, foi promulgada a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 335 que dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios horizontais e verticais a serem implantados no Brasil. Com a promulgação dessa resolução, os órgãos ambientais estaduais passam a ter a obrigação de licenciar e, portanto, fiscalizar a implantação de novos cemitérios.

Aos cemitérios já existentes foi dado um prazo de dois anos após aquela data, para se adequarem às exigências junto aos órgãos ambientais competentes, inclusive no que se refere à recuperação da área contaminada e a indenização de possíveis vítimas da contaminação ambiental. O descumprimento das disposições desta resolução implicará em sanções penais e administrativas.

Em 28 de março de 2006, foi promulgada a Resolução do CONAMA nº 368, que altera alguns dispositivos nos artigos 3º e 5º da Resolução nº 335. No artigo 3º, mudou-se a redação do capítulo 1º vigorando a seguinte: É proibida a instalação de cemitérios em

Áreas de Preservação Permanente ou em outras que exijam desmatamento de Mata Atlântica primária ou secundária, em estágio médio ou avançado de regeneração, em terrenos predominantemente cársticos, que apresentam cavernas, sumidouros ou rios subterrâneos, bem como naquelas que tenham seu uso restrito pela legislação vigente, ressalvadas as exceções legais previstas. Ainda no artigo 3º, fica revogado o inciso III, do § 3º. E no artigo 5º, o inciso I passou a vigorar a seguinte redação: O nível inferior das sepulturas deverá estar a uma distância de pelo menos um metro e meio acima do mais alto nível do lençol freático, medido no fim da estação das cheias; acrescentou-se ainda o capítulo 1º e seus três incisos que complementam os incisos I e IV da resolução nº 335, e o capítulo 2º:

I - a área prevista para a implantação do cemitério deverá estar a uma distância segura de corpos de água, superficiais e subterrâneos, de forma a garantir sua qualidade, de acordo com estudos apresentados e a critério do órgão licenciador;

II - o perímetro e o interior do cemitério deverão ser providos de um sistema de drenagem adequado e eficiente, destinado a captar, encaminhar e dispor de maneira segura o escoamento das águas pluviais e evitar erosões, alagamentos e movimentos de terra;

III - o subsolo da área pretendida para o cemitério deverá ser constituído por materiais com coeficientes de permeabilidade entre  $10^{-5}$  e  $10^{-7}$  cm/s, na faixa compreendida entre o fundo das sepulturas e o nível do lençol freático, medido no fim da estação das cheias. Para permeabilidades maiores, é necessário que o nível inferior dos jazigos esteja dez metros acima do nível do lençol freático.

§ 2º - A critério do órgão ambiental competente, poderão ser solicitadas

informações e documentos complementares em consonância com exigências legais específicas de caráter local.

A resolução CONAMA nº 335 com as alterações dispostas na resolução CONAMA nº 368 estabelecem algumas exigências na elaboração dos projetos de implantação, como forma de garantir a decomposição normal do cadáver e proteger as águas subterrâneas da infiltração do necrochorume. Essas exigências devem ser apresentadas durante as três fases do processo de licenciamento ambiental: na fase da Licença Prévia (LP), na fase da Licença Instalação (LI) e na fase da Licença Operação (LO).

Na fase da LP deverá ser apresentada a caracterização da área do empreendimento, compreendendo: a localização do empreendimento, levantamento topográfico planialtimétrico e de cobertura vegetal, estudo demonstrando o nível máximo do lençol freático ao final da estação de maior precipitação pluviométrica e um estudo geotécnico; e o plano de implantação e operação do empreendimento.

Na fase da LI deverá ser apresentado o projeto do empreendimento contendo plantas e memoriais. E na fase da LO deverá ser apresentado o projeto executivo contemplando as medidas de mitigação e de controle ambiental.

A resolução CONAMA nº 335 estabelece alguns critérios para a execução do projeto do empreendimento como: a distância mínima de 1,5 m entre a base da sepultura e o nível máximo do lençol freático, medido no fim da estação das cheias, se a área não apresentar essa distância mínima, o sepultamento deve ser realizado acima do nível do terreno; a área de sepultamento deverá manter um recuo mínimo de 5 m em relação ao perímetro do cemitério, recuo que

deverá ser ampliado, caso necessário, em função das características hidrogeológicas desfavoráveis da área, como baixa distância do nível do lençol freático, baixa condutividade hidráulica, etc. No projeto executivo os critérios de controle ambiental são: a construção tumular deve apresentar dispositivo que permita a troca gasosa, proporcionando assim, as condições adequadas à decomposição dos cadáveres; os corpos sepultados poderão estar envoltos por mantas ou urnas constituídas de materiais biodegradáveis, não sendo recomendado o emprego de plástico, tintas, vernizes, metais pesados ou qualquer material nocivo ao meio ambiente; os resíduos sólidos, não humanos, resultantes da exumação dos corpos deverão ter destinação ambiental e sanitariamente adequada.

## POLUIÇÃO AMBIENTAL DEVIDO A CEMITÉRIOS

A principal causa da poluição ambiental pelos cemitérios é o líquido liberado intermitentemente pelos cadáveres em putrefação, denominado de necrochorume.

Na putrefação são liberados os gases funerários, principalmente o gás sulfídrico ( $H_2S$ ), o dióxido de carbono ( $CO_2$ ), as mercaptanas, o gás metano ( $CH_4$ ), a amônia ( $NH_3$ ) e o fosfina ( $PH_3$ ) – hidrato de fósforo, incolor e inflamável.

No entanto, outros poluentes, não menos importantes, levantados por Silva (1995, 1998) não podem ser esquecidos, como, por exemplo, os óxidos metálicos (Ti, Cr, Cd, Pb, Fe, Mn, Hg, Ni e outros) lixiviados dos adereços das urnas mortuárias, formaldeído e metanol utilizados na embalsamação, quase sempre são superdosados, pois as funerárias têm procedimentos próprios (ainda não normatizados). Atualmente vem sendo usada a técnica

de tanatopraxia, que é a técnica de preparar, maquiar e, restaurar partes do falecido, por meio de cosméticos, corantes, enrijecedores, etc. O necrochorume pode veicular além de microrganismos oriundos do corpo, restos ou resíduos de tratamento químicos hospitalares (quimioterapia) e os compostos decorrentes da decomposição da matéria orgânica. Todos esses contaminantes incorporados ao fluxo de necrochorume são prejudiciais ao solo e águas subterrâneas.

Os compostos orgânicos liberados no processo de decomposição dos cadáveres são degradáveis e causam um aumento da atividade microbiana no solo sob a área de sepultamentos (MATOS, 2001). Ocorre também um aumento na presença de compostos de nitrogênio e fósforo, na concentração de sais ( $Cl^-$ ,  $HCO_3^-$ ,  $Ca^{+2}$ ,  $Na^+$ ) e conseqüentemente na condutividade elétrica, no pH e alcalinidade, e dureza da solução do solo.

## FENÔMENOS TRANSFORMATIVOS DE CADÁVERES

Sob certas condições ambientais, podem ocorrer fenômenos transformativos destrutivos como *autólise* e *putrefação*, ou conservativos como a *mumificação* e *saponificação*.

A autólise se manifesta uma vez cessada a vida, anulam-se as trocas nutritivas das células e o meio acidifica-se. Sepultando o corpo, instalam-se os processos putrefativos de ordem físico-química, em que atuam vários microrganismos que podem ser aeróbios, anaeróbios ou facultativos.

O fenômeno da mumificação é a dessecação ou desidratação dos tecidos. Aparece em condições de clima quente, seco, com correntes de ar. Existem determinados tipos de solos que

propiciam a mumificação, como os arenosos das regiões desérticas. Em solos calcários, os corpos inumados podem sofrer uma fossilização incipiente, devido à substituição catiônica de sódio e potássio pelo cálcio (PACHECO e MATOS, 2000).

O fenômeno de saponificação é a hidrólise da gordura com liberação de ácidos graxos, que pela acidez, inibem a ação das bactérias putrefativas, atrasando a decomposição do cadáver (MATOS, 2001). Esse fenômeno ocorre em ambiente quente, úmido e anaeróbio, solos argilosos, com baixa condutividade hidráulica, alta capacidade de troca catiônica (CTC) e na presença de bactérias endógenas (SILVA, 1995). Em geral, a saponificação leva de cinco a 6 meses após a morte. O fenômeno é comum nos cemitérios brasileiros, tendo como causa a invasão das sepulturas por águas superficiais e subterrâneas.

A ocorrência desses fenômenos depende de fatores intrínsecos e extrínsecos. Os intrínsecos relacionam-se ao próprio cadáver, tais como: idade, constituição física e a causa da morte. Os extrínsecos são pertinentes ao ambiente onde o corpo foi sepultado, tais como: temperatura, umidade, aeração, constituição mineralógica do solo, condutividade hidráulica, entre outros.

Com relação à idade, Fávero (1991) registra que os recém-nascidos e as crianças se putrefazem mais rapidamente que os adultos.

A constituição do corpo age semelhantemente, transformando os indivíduos corpulentos e obesos mais rapidamente pela putrefação (FÁVERO, 1991).

A causa da morte tem grande influência no processo transformativo, pois grandes mutilações, estados gangrenosos e vítimas de infecções, putrefazem-se mais rapidamente (FRANÇA, 1985).

A temperatura condiciona a putrefação, pois Fávero (1991) afirma que temperatura muito alta ou muito baixa, retarda ou até interrompe a evolução do fenômeno. A temperatura favorável para a ação dos organismos putrefativos vai de 20 a 30°C. Segundo França (1985), temperaturas abaixo de 0°C não permitem o início do fenômeno, podendo conservar-se naturalmente o cadáver.

O teor de umidade do ambiente é de extrema importância na decomposição, pois climas muito secos interrompem a putrefação, favorecendo a mumificação, o contrário favorece a saponificação.

O ambiente precisa ter aeração, embora certos microrganismos sejam anaeróbicos. É necessário que a umidade e a temperatura do ar atendam às exigências dos organismos putrefativos. Os ambientes quentes e fortemente ventilados podem mumificar por processo natural.

## NECROCHORUME

O necrochorume corresponde a um líquido viscoso mais denso que a água (1,23 g/cm<sup>3</sup>), rico em sais minerais e substâncias orgânicas degradáveis, elevada DBO, de coloração castanho-acinzentado, polimerizável, e grau variado de patogenidade (SILVA, 1998; MATOS, 2001).

O necrochorume é constituído por 60% de água, 30% de sais e 10% de substâncias orgânicas (SILVA, 1998). Com a decomposição das substâncias orgânicas presentes no necrochorume, são geradas diversas diaminas, as mais preponderantes são as mais tóxicas: a putrescina (C<sub>4</sub>H<sub>12</sub>N<sub>2</sub>) e a cadaverina (C<sub>5</sub>H<sub>14</sub>N<sub>2</sub>), que podem ser degradadas, gerando amônio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). A relação necrochorume/massa corpórea é da ordem de 0,6 L/kg (SILVA, 1995).

Encontra-se no necrochorume números elevados de bactérias heterotróficas, proteolíticas e lipolíticas. Encontram-se também *Escherichia coli*, *Enterobacter*, *Klebsiella* e *Citrobacter* e a *Streptococcus faecalis*, e microrganismos patogênicos como *Clostridium perfringens*, *Clostridium welchii* – estes causam tétano, gangrena gasosa e toxi-infecção alimentar; *Salmonella typhi* que causa a febre tifóide e *S. paratyphi* a febre paratífóide, *Shigella* causadora da desintéria bacilar e o vírus da hepatite A.

## DISCUSSÃO

### VULNERABILIDADE DO MEIO FÍSICO DE SUBSUPERFÍCIE À CONTAMINAÇÃO

Ocorre a contaminação do subsolo num dado local, se houver condições de vulnerabilidade no meio físico. Esta suscetibilidade é decorrência das características geológico-geotécnica e hidrogeológicas (SILVA, 1995) (Figura 1).

A zona não-saturada ou de aeração é composta de partículas sólidas e de espaços vazios, que são ocupados por porções variáveis de ar e água. O fluxo das águas intersticiais da zona não-saturada tende a se movimentar dos níveis de potencial hidráulico mais elevado para os mais baixos. Normalmente esse fluxo tem direção vertical.

Esse processo de fluxo continua na zona saturada, contudo com velocidades de percolação muito menores e com direção predominantemente horizontal.

Assim, a zona não-saturada age como filtro, principalmente pelo fato de seu ambiente (solo, ar e água) ser benéfico para o abrandamento ou eliminação de contaminante. Devido algumas características físico-químicas como alta aeração, baixa alcalinidade, alto índice de vazios entre as partículas



sólidas e a grande superfície específica dos poros presentes, são criadas, segundo Miotto (1990) algumas condições para:

- Interceptar, adsorver e eliminar bactérias e vírus;
- Adsorver e biodegradar muitos compostos orgânicos.

A filtração mecânica e absorção são os processos mais importantes na retenção dos organismos (PACHECO, 1986). A eficácia na retenção das bactérias e vírus depende da litologia, da aeração, da redução de umidade, da presença de nutrientes, etc. Esse mecanismo de filtração tem sua maior importância para organismos maiores como as bactérias (MATOS, 2001). Para os vírus, que são bem menores, o mecanismo de adsorção é mais importante, não sendo mais influenciados pela condutividade hidráulica, mas pela capacidade de troca iônica da argila e da matéria orgânica

presente no solo, que aumenta a sorção desses microrganismos nos seus colóides, evitando que os mesmos cheguem à zona saturada.

Schrops (1972) apud Pacheco (1986), em estudo feito em um cemitério na Alemanha, localizado em terrenos de aluvião não-consolidado, observou pelas análises químico-bacteriológicas realizadas a cada 0,5 m, que a diminuição no número de bactérias somente se inicia a partir de 3 m da base do túmulo, havendo uma redução de 97% do número de bactérias a 5,5 m, sendo praticamente nulo o número destas a 6 m.

A capacidade de retenção dos microrganismos é inversamente proporcional à condutividade hidráulica. As propriedades físicas do solo como textura, estrutura, índices de vazios e outras, afetam a capacidade de retenção. Segundo a resolução CONAMA nº335 a condutividade hidráulica do material

geológico de cemitérios deve ser entre  $10^{-5}$  e  $10^{-7}$  cm/s.

Nos terrenos destinados à implantação de cemitérios, a espessura da zona não saturada e o tipo de material geológico são fatores determinantes para a filtragem dos líquidos resultantes da decomposição de cadáveres. A porcentagem ideal de argila no solo é na faixa de 20 a 40%, para que os processos de decomposição aeróbica e as condições de drenagem do necrochorume sejam favorecidos (SILVA, 1995).

Solos com baixa condutividade hidráulica são bons retentores de contaminantes, mas isso faz com que o lençol freático se aproxime da superfície rapidamente, entrando diretamente em contato com as sepulturas e/ou camadas contaminadas do solo.

Romero (1970) apud Pacheco (1986) demonstrou que o percurso máximo em águas subterrâneas dos contaminantes biológicos em condições ordinárias varia entre 15 a 30 m na zona saturada, podendo ocorrer maiores distâncias em águas com nutrientes. Em meios de textura grosseira e em rochas fraturadas, os percursos do contaminante são maiores e, em áreas carstificadas, estes podem percorrer centenas de metros.

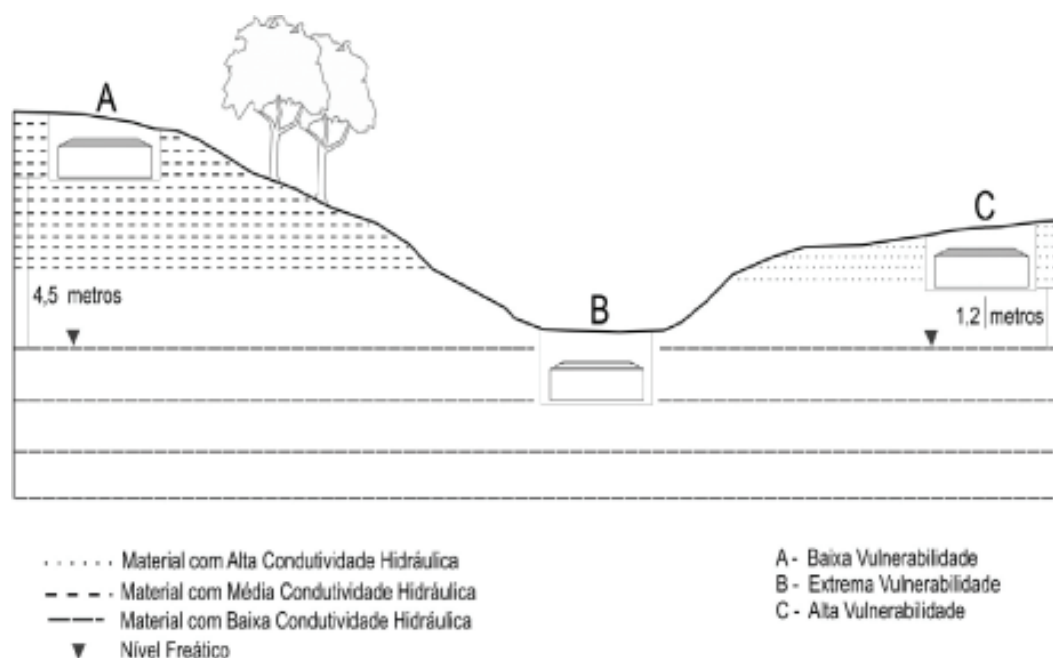
A Figura 2 apresenta um modelo de níveis de vulnerabilidade do meio físico de subsuperfície conforme o local de sepultamento e sua relação com a litologia e o nível freático.

A situação A, em que o material geológico apresenta média condutividade hidráulica e profundidade do nível freático acima do recomendado, é considerada como de baixa vulnerabilidade de contaminação favorecendo os fenômenos transformativos destrutivos, sendo assim indicado o processo de sepultamento. Já a situação B, em que o material



Figura 1 - Distribuição das águas no solo.

Figura 2 – Modelo de níveis de vulnerabilidade do meio físico de subsuperfície em cemitérios (adaptado de PACHECO, 1986).



geológico apresenta baixa condutividade hidráulica e o nível freático quase aflorante, é considerada como de extrema vulnerabilidade à contaminação e favorecendo fenômenos transformativos conservativos como da saponificação, sendo desfavorável o processo de sepultamento. Na situação C, o processo de sepultamento é desfavorável, devido ao material geológico que apresenta alta condutividade hidráulica e profundidade do nível freático abaixo do recomendado, sendo considerada como situação de alta vulnerabilidade.

### RISCO DE CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA SUPERFICIAL

Nos cemitérios onde os terrenos estão impermeabilizados pelas construções tumulares e pela pavimentação das ruas, esta situação associada à declividade do piso e a um sistema de drenagem obsoleta favorece

o escoamento superficial das águas pluviais.

Nos períodos de alta pluviosidade, este escoamento inunda os túmulos mais vulneráveis e, após a lavagem da área do cemitério, estas águas são eventualmente lançadas na rede pluvial urbana e canalizadas para os corpos de água existentes na região, contaminando-os com substâncias do interior de cemitérios. Segundo a CETESB (1999), o perímetro e o interior do cemitério deverão ser providos de um sistema de drenagem adequado e eficiente, além de outros dispositivos (terraceamentos, taludamentos, etc.) destinados a captar, encaminhar e dispor de maneira segura o escoamento das águas pluviais e evitar erosões, alagamentos e movimentos de terra.

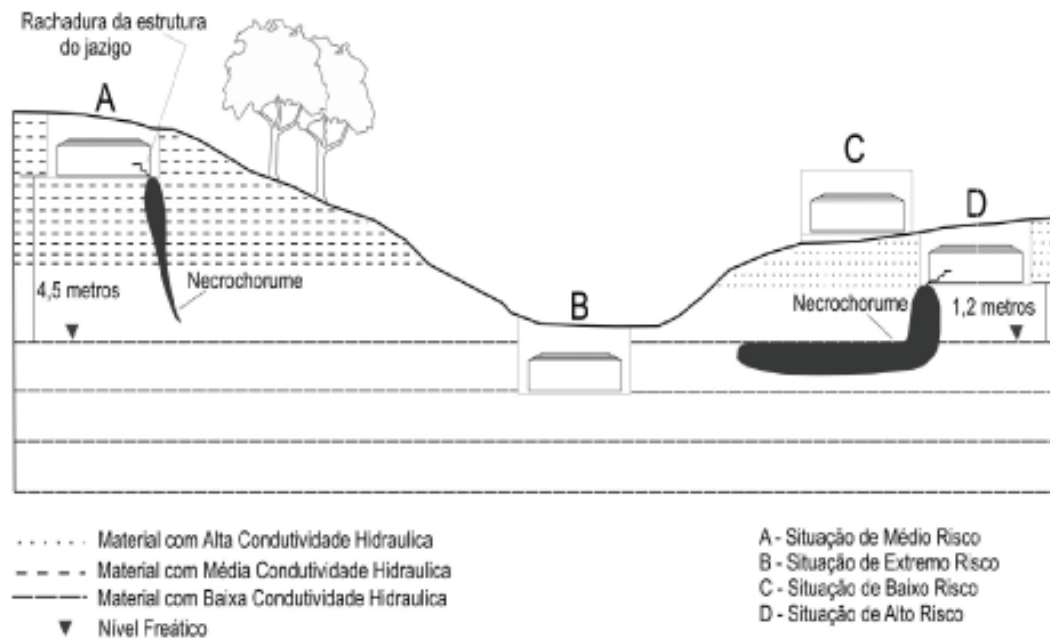
Além do artigo 5º, inciso IV da resolução CONAMA nº 335, que estabelece que a área de sepultamento deverá manter um recuo mínimo de 5 m em relação ao perímetro do cemitério,

a CETESB (1999) reporta que esse recuo deve conter uma cortina constituída por árvores e arbustos adequados, preferencialmente de espécies nativas, diminuindo assim a velocidade de escoamento e contribuindo para infiltração; mas deve-se ressaltar que a mesma norma aconselha que em zona de sepultamento, devem ser plantadas árvores de raízes pivotantes, a fim de evitar invasões de jazigos, destruição do piso e túmulos ou danos às redes de água, de esgoto e drenagem.

### RISCO DE CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

A vulnerabilidade de contaminação das águas subterrâneas é função da eficiência de filtragem físico-química do solo, atividades antrópicas passíveis de contaminação, medidas de controle ambiental, etc., sendo estas, variáveis para o gerenciamento do meio físico

Figura 3 – Modelo de risco à contaminação da água subterrânea (adaptado de PACHECO, 1986).



urbano como plano diretor, zoneamento ambiental urbano, entre outros.

A implantação de cemitérios em áreas que apresentem condições geológicas - materiais geológicos que propiciem fenômenos conservativos dos cadáveres ou materiais que propiciem menor retenção do contaminante em sua camada superficial, e hidrogeológicas - baixa profundidade do nível do lençol freático, podem levar a uma alteração nas características físico-química e bacteriológica destas águas, contaminando-as.

Pacheco (1986) salienta que túmulos em ruínas podem constituir um foco de contaminação das águas subterrâneas, tendo como principais causas o abatimento de solos, que provoca o aparecimento de rachaduras; a presença de árvores de grande porte com suas raízes não pivotantes; e a negligência dos proprietários.

A Figura 3 apresenta um modelo de quatro situações de sepultamento e seus

respectivos riscos à contaminação da água subterrânea pela pluma de contaminante, conforme o local do sepultamento e a relação aos materiais geológicos, profundidade do nível freático e os aspectos ambientais externos ao meio físico como rachaduras nos jazigos.

Na situação A ocorre uma lenta condução do contaminante devido à média condutividade hidráulica do material geológico, alta adsorção/ retenção devido às características geossanitárias do material argiloso aliado a profundidade do nível freático favorável, o contaminante é interceptado na zona não saturada, sendo assim classificada como situação de médio risco à contaminação da água subterrânea. Já na situação B o jazigo está locado sob o nível freático podendo ser inundado. Uma vez que, de maneira geral, os jazigos não são impermeáveis, considera-se essa uma situação de extremo risco. Na situação D há um favorecimento na

condução do contaminante a profundidades maiores, devido sua alta condutividade hidráulica aliada à baixa profundidade do nível freático, considera-se como situação de alto risco; para resolver esse tipo de situação objetivando a diminuição do risco a contaminação da água subterrânea, a resolução CONAMA nº 335 exige o sepultamento acima do nível natural do terreno, conforme a situação C.

## CONCLUSÕES

As atividades de sepultamento de cadáveres, bem como os cemitérios têm que ser observados e considerados como atividades contaminantes, e áreas potencialmente contaminadas, respectivamente.

A contaminação do solo e das águas superficiais e subterrâneas ocorre devido ao vazamento de necrochorume das construções tumulares. Sendo assim, há

o aumento de substâncias inorgânicas como compostos nitrogênio e fósforo, na concentração de sais minerais ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Na}^+$ ), e conseqüentemente na condutividade elétrica, no pH e na alcalinidade e dureza da solução do solo. São liberados também compostos orgânicos biodegradáveis, e que por esta razão causam um aumento da atividade microbiana no solo sob a área de sepultamentos.

Do ponto de vista da saúde pública, o principal risco que pode ser efetivamente associado à atividade dos cemitérios reside em possibilitar a ocorrência ou disseminar doenças a partir de microrganismos, por contato do risco direto, risco maior para os funcionários, ou através da contaminação de fontes de abastecimento de água para consumo humano e corpos d'água superficiais nas vizinhanças. Por isso, os cemitérios devem ser submetidos a avaliações sanitárias periódicas, por meio do monitoramento das características físico-químicas e biológicas da água subterrânea, principalmente nas regiões onde haja consumo de água captada de poços e fontes próximos a cemitérios.

A adequabilidade geológico-geotécnica do meio físico, como alta aeração, baixa alcalinidade, alto índice de vazios entre as partículas sólidas e a grande superfície específica dos poros presentes, favorece o processo de decomposição do cadáver e realiza a filtração físico-química dos compostos orgânicos e inorgânicos e retém os microrganismos patogênicos, diminuindo assim a possibilidade de contaminação do mesmo.

Na construção da maioria dos cemitérios implantados, não havia instrumentos legais de controle ambiental, não levando em conta estudos geológico-geotécnicos e hidrogeológicos, por isso, estes podem constituir-se em fonte com risco de

contaminação. Conforme a resolução CONAMA nº 335/2003 e 368/2006 esses cemitérios tem que se adequarem às exigências, como mudança do tipo de sepultamento, para acima do nível do terreno quando a profundidade do lençol freático na época de cheia for inferior a 1,5 m em relação à base da sepultura, manter a troca gasosa entre a construção tumular e o ambiente externo para facilitar a putrefação do cadáver. O descumprimento das disposições destas resoluções implicará em sanções penais e administrativas.

Apesar da existência de instrumentos regulamentadores para a atividade cemiterial, como as resoluções CONAMA nº 335/2003 e 368/2006 e estaduais como a norma técnica da CETESB L1.040/1999, o principal problema é o descumprimento dos instrumentos técnicos e legais para os cemitérios a serem implantados, bem como a falta de manutenção e gerenciamento dos já existentes.

Pela resolução CONAMA nº 368/2006, aos órgãos ambientais foi delegada a responsabilidade pelo licenciamento ambiental dos novos cemitérios e dos já existentes. É necessário licenciar, fiscalizar e gerenciar as atividades cemiteriais.

Os municípios devem estabelecer o planejamento do meio físico, possibilitando, no caso, direcionar a implantação de novos cemitérios em locais onde há adequabilidade nas características geológico-geotécnicas e hidrogeológica.

O gerenciamento ambiental dos cemitérios é de suma importância, busca estabelecer critérios de controle ambiental, observando os indicadores de saúde pública, como qualidade da água subterrânea, e critérios de prevenção e controle da eventual contaminação, como estabelecer dispositivos de drenagem superficial eficientes.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A.M. de; MACÊDO, J.A.B. de. Parâmetros físico-químicos de caracterização da contaminação do lençol freático por necrochorume. In: SEMINÁRIO DE GESTÃO AMBIENTAL – Um convite a Interdisciplinariedade, 2005, Juiz de Fora. *Anais...* Juiz de Fora: Instituto Viana Junior, 2005.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução nº 335, de 03 de abril de 2003*. Dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios. 2003. Disponível em: <<http://www.aguaseguas.ufjf.br>>. Acesso em: 13 set. 2006.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução nº 368, de 28 de março de 2006*. Altera dispositivos da Resolução nº 335, de 3 de abril de 2003, que dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios. 2006. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res36806.xml>>. Acesso em: 03 de abr. 2008.
- BRAZ, V.; BECKMANN, L. de C.M.; COSTA e SILVA, L. Integração de resultados bacteriológicos e geofísicos na investigação da contaminação de águas por cemitérios. In: CONGRESSO MUNDIAL INTEGRADO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 1., 2000, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: ABAS, 2000. 1 CD-ROM.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. *Implantação de cemitérios*: Norma L1.040. São Paulo, 1999. 6 p.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. *Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas*. Programa CETESB/GTZ. São Paulo, 2001. 385p.
- DENT, B.B. *Hydrogeological Studies at Botany Cemetery*. 1995. M.Sc. Proj. Rept. – University of Technology of Sydney, Sydney, 1995.
- FÁVERO, F. *Medicina Legal*. 12. ed. Belo Horizonte: Vila Rica Editoras Reunidas, 1991.
- FRANÇA, G.V. de. *Medicina Legal*. 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 1985. 402p.
- MATOS, B.A. *Avaliação da ocorrência e do transporte de microrganismo no aquífero freático do cemitério de Vila Nova Cachoeirinha, município de São Paulo*. 2001. 113 f. Tese (Doutorado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- MIGLIORINI, R.B. *Cemitérios como fonte de poluição em aquíferos: estudo do cemitério Vila Formosa na bacia Sedimentar de São Paulo*. 1994.

74 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

MIOTTO, S.L. *Aspectos geológico-geotécnicos da determinação da adequabilidade de áreas para implantação de cemitérios*. 1990. 116 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1990.

PACHECO, A. Os cemitérios como risco potencial para as águas de abastecimento. *Revista do Sistema de Planejamento e Administração Metropolitana*, São Paulo, n. 17, ano IV, p. 25-31, 1986.

PACHECO, A. et al. Cemeteries – a potential risk to groundwater. *Water Science and Technology*, Oxford, v. 24, n.11. p. 97-104, 1991.

PACHECO, A.; MATOS, B.A. Cemitérios e meio ambiente. *Tecnologias do Ambiente*, Lisboa, n. 33, p. 97-104, 2000.

PEQUENO MARINHO, A.M.C. *Contaminação de aquíferos por instalação de cemitérios: estudo de caso do cemitério São João Batista*. 1998. 88 f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1998.

SILVA, L.M. Os Cemitérios na Problemática Ambiental. In: SINCESP & ACEMBRA: *Seminário Nacional "Cemitérios e Meio Ambiente"*, São Paulo, 1995. 1., 1995. (Apostila).

SILVA, L.M. Cemitérios: fonte potencial de contaminação dos aquíferos livres. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE HIDROLOGIA SUBTERRÂNEA, 4., 1998, Montevideo. *Memórias...* Montevideo: ALHSUD, 1998. v. 2, p. 667-681.

UCISIK, A.S.; RUSHBROOK, P. *The impact of cemeteries on the environment and public health: an introductory briefing*. Denmark: WHO Regional Office for Europe. 1998. 11 p.

## AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pelo auxílio na execução desse trabalho.

## Normas para publicação

1. A *Revista Brasileira de Ciências Ambientais* é uma publicação do ICTR e do NISAM, tem por objetivo a divulgação de trabalhos na área.
2. O Conselho Editorial com o Conselho Editorial Científico decidirão quais os artigos selecionados a serem publicados, considerando a qualidade, o potencial de inovação, a originalidade e a pertinência do tema em face da linha editorial da revista.
3. Os artigos submetidos para apreciação da revista devem pertencer à área das ciências ambientais.
4. Os originais deverão ser encaminhados seguindo os seguintes padrões:
  - a) Apresentados em arquivos eletrônicos.
  - b) Utilizar o processador Word, sem formatação, determinando apenas a abertura dos parágrafos.
  - c) Os trabalhos deverão ter no máximo 20 (vinte) laudas, incluindo todos os componentes do texto e das ilustrações.
  - d) Utilizar laudas de 20 (vinte) linhas com 60 (sessenta) caracteres e intervalos de espaçamentos inclusos.
  - e) Dos trabalhos apresentados devem constar: o título, o(s) nome(s) do(s) autor(es), sua(s) qualificação(ões) e instituição(s).
5. São obrigatórios o resumo, o *resumem* e o *abstract*, respectivamente nas línguas portuguesa, espanhola e inglesa, com no mínimo 500 (quinhentos) e no máximo 700 (setecentos) caracteres cada um, intervalos de espaçamentos inclusos.
6. As notas e referências bibliográficas devem vir apresentadas agrupadas no final do texto, e deverão ser referenciadas, assim como também as citações, de acordo com as normas da ABNT-NBR-6023.
7. As ilustrações deverão ser entregues em folhas separadas com as devidas indicações de créditos e legendas e referenciadas no texto.
8. Os desenhos devem ser entregues em arte-final. Se apresentados em disquetes/disquete, utilizar programas compatíveis (CAD, Corel Draw, Photoshop, PM6.5). As imagens podem ser em branco-e-preto ou em cores.
9. Após o recebimento, os originais serão criteriosamente analisados pelo Conselho Editorial e pelo Conselho Editorial Científico e os trabalhos não aceitos serão devolvidos.

## Normas de publicación

1. La *Revista Brasileira de Ciências Ambientais* es una publicación del ICTR y del NISAM, que tiene por objeto la divulgación de trabajos de la área.
2. El Consejo Editorial, con el Consejo Editorial Científico; decidirán caules artículos serán aceptados para publicación, considerando la cualidad, el potencial de innovación, la originalidad y la pertinencia del tema de acuerdo con la línea editorial.
3. Los artículos sometidos para evaluación de la revista deben pertenecer a la área de las ciencias ambientales.
4. Los originales deberán ser enviados atendiendo las siguientes normas:
  - a) Presentados en archivo electrónico.
  - b) Utilizando el procesador Word sin formatear, definiendo solamente el inicio de los párrafos.
  - c) Los trabajos deberán tener un máximo de 20 (veinte) páginas incluyendo el texto y las ilustraciones.
  - d) Utizar página tendrá hasta 20 (veinte) líneas con hasta 60 (sesenta) caracteres incluso los espaciamientos.
  - e) Los trabajos deberán constar de: título, nombre(s) y apellido(s) del(de los) autor(es), su(s) título(s) profesional(es) y instituciones.
5. Es obligatorio presentar el resumen en los idiomas portugués, español y inglés, conteniendo un mínimo de 500 (quinientos) y un máximo de 700 (setecientos) caracteres cada uno, incluyendo los espaciamientos.
6. Las notas y referencias bibliográficas serán presentadas en el final del texto referenciadas y agrupadas, así como las citaciones textuales, de acuerdo con a las Normas de la ABNT – NBR-6023.
7. Las ilustraciones deberán ser enviadas en hojas separadas indicando las leyendas y los créditos y deberán ser referenciadas en el texto.
8. Los dibujos deberán ser presentados en arte-final. Se presentados en disquetes formateados en programas compatibles (CAD, Corel Draw, Photoshop, PM6.5), en blanco y negro o en colores.
9. Después de la entrega de los originales, ellos serán analizados criteriosamente por lo Consejo Editorial e por lo Consejo Editoial Científico y los trabajos que no hayan sido aprobados serán devueltos a sus autores.

## Publication norms

1. The *Revista Brasileira de Ciências Ambientais* is a review of the ICTR and the NISAM that has by object to divulgate the works of the area.
2. The Editorial Council, with the Editorial Scientific Council, will decide about which articles will be accepted for the publication, considering the quality, innovation, originality and the theme pertinence to the editorial line.
3. The contributions presented to the publication must appertain to the environmental sciences.
4. The originals must be sended with the following patterns:
  - a) Presented by electronic files.
  - b) To use the Word program, whitout format, only defining the paragraphs beginning.
  - c) The works must have a maximum of 20 (twenty) pages including the text and the illustrations.
  - d) Each page will have until 20 (twenty) lines composed by until 60 (sixty) signs with the spacements included.
  - e) The works must present: the tittle, the name(s) of the author(s), their(s) professional qualification(s) and institution(s).
5. It's obligatory the presentation of the abstracts in portuguese, english and spanish languages, containing a minimum of 500 (five hundred) and a maximum of 700 (seven hundred) signs each, with the spacements included.
6. The notes and bibliographic references will be presented at the end of the text, referred and grouped, also for the citations, according the norms of the ABNT-NBR-6023.
7. The illustrations must be sended in separated papers containing the credit indications and the inscriptions must be referred in the text.
8. The draws must be sended in theirs originals or by floppy disks using compatibles programs (CAD, Corel Draw, Photoshop, PM6.5). The images may be in black and white or in color.
9. After their presentation the originals will have the critical analysis by the Editorial Council and Editorial Scientific Council. The works not approved will be devolved to theirs authors.



**ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**

Av. Beira-Mar, 216, 13º andar  
Castelo | Rio de Janeiro | RJ | Brasil | CEP 20021-060  
Tel: (21) 2277-3900 Fax: (21) 2262-6838

[www.abes-dn.org.br](http://www.abes-dn.org.br)