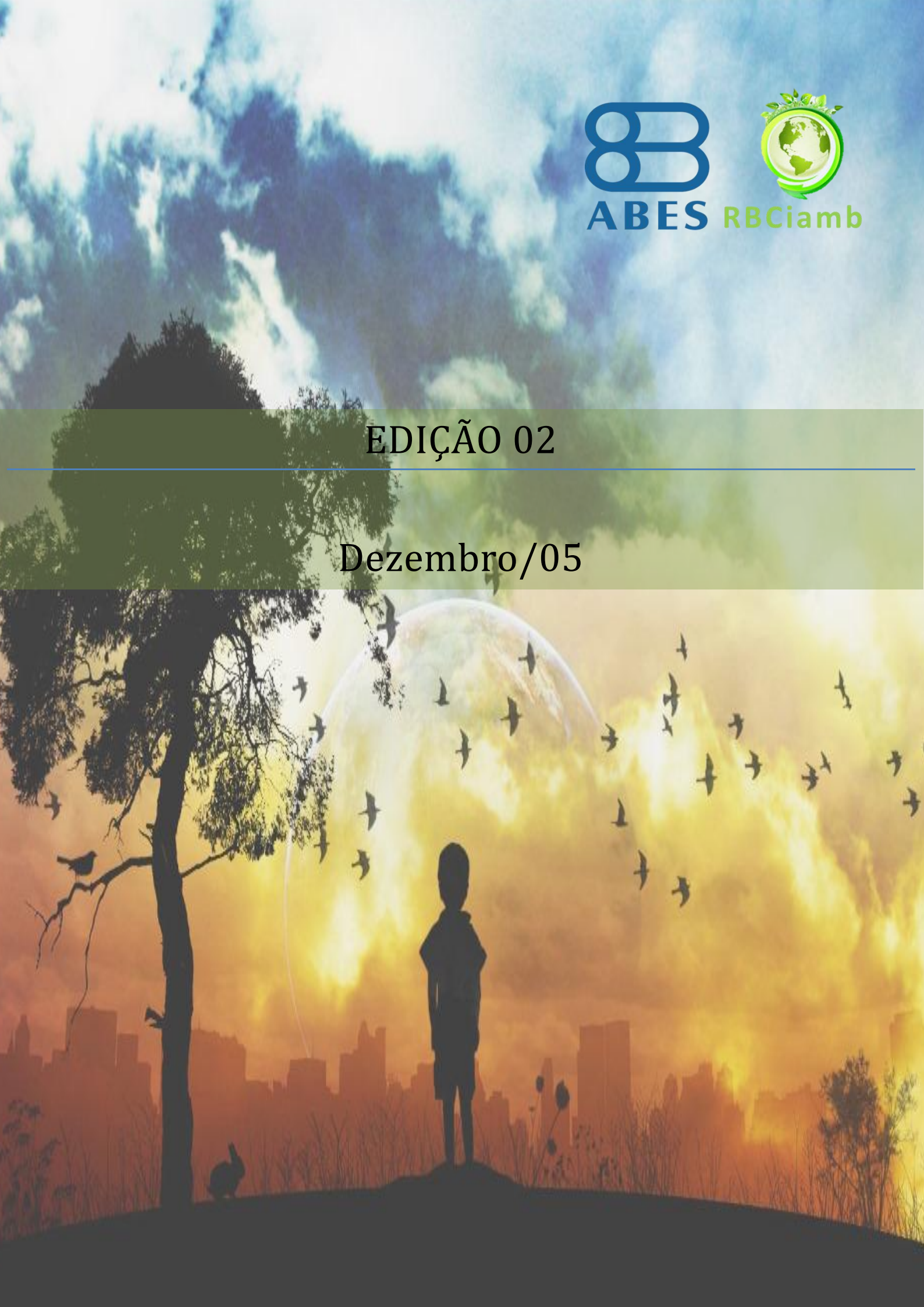


EDIÇÃO 02

Dezembro/05

Palavras do Presidente



Arlindo Philippi Jr.

Presidente do Instituto de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável – ICTR
Presidente do Conselho Deliberativo do Núcleo de Informações em Saúde Ambiental da Universidade de São Paulo – NISAM

A movimentação da comunidade científica das ciências ambientais para divulgar resultados de suas atividades de pesquisa tem crescido significativamente. Essa movimentação tem encontrado nos congressos, fóruns e outros eventos um canal inicial para as comunicações e revelado importante contribuição para o desenvolvimento da ciência e tecnologia ambiental.

A *Revista Brasileira de Ciências Ambientais* – RBCIAMB, ao trabalhar com os diversos campos da área ambiental, reforça seus objetivos de ser um dos principais canais de divulgação científica dos estudos e pesquisas desenvolvidos por essa comunidade, contando para isso com um corpo editorial expressivo que reflete e representa as características das ciências ambientais.

O Instituto de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável – ICTR e o Núcleo de Informações em Saúde Ambiental – NISAM da USP, ao somarem energias para a consolidação da revista, reforçam a importância da construção de parcerias entre professores, pesquisadores e profissionais das universidades, institutos de pesquisa e instituições afins, contribuindo tanto para a produção e difusão de conhecimento em bases cada vez mais sólidas e interativas como para a articulação e integração de grupos e instituições.

Com base nos resultados dos eventos – fóruns, congressos, conferências, encontros acadêmicos, promovidos pelo ICTR e NISAM, tem-se verificado uma ampliação gradativa de trabalhos que, por sua quantidade e qualidade, revelam a necessidade de contar com a RBCIAMB, como relevante veículo de divulgação científica da área ambiental.

O crescimento da pós-graduação relacionada a questões ambientais, com o crescente aumento do número de mestrados e doutorados, encontra, nessa revista, espaço tanto para submeter seus trabalhos para publicação como também para alimentar o conhecimento nos estudos e pesquisas em desenvolvimento.

Este segundo número da revista confirma e revela essa tendência. Usemos e demonstremos, pois, o que é conquista e produção desta comunidade.

Revista Brasileira de Ciências Ambientais

Envio de Artigos, 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

• • •

Assinatura

ICTR – Av. Paulista, n. 509, Piso P,
Cj. 4 – São Paulo - SP
telefones: (11) 287-2327 / 287-4965
e-mail: ictr@ictr.org.br

• • •

Sites

www.ictr.org.br
www.fsp.usp.br/nisam

• • •

Para anunciar

ICTR – Av. Paulista, n. 509, Piso P,
Cj. 4 – São Paulo - SP
telefones: (11) 287-2327 / 287-4965
e-mail: ictr@ictr.org.br

• • •



Editor

Marcelo de Andrade Roméro

Lançamos, oficialmente, a *Revista Brasileira de Ciências Ambientais* – RBCIAMB, no evento ICTR´2004 – Congresso Nacional de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável e NISAM´2004 – Ciclo de Conferências sobre Política e Gestão Ambiental, no dia 17 de outubro de 2004, em Florianópolis, para um público composto por cerca de 700 pessoas, provenientes de todo o Brasil. Da mesma forma, lançamos a RBCIAMB na sede da Faculdade de Saúde Pública, em novembro de 2004, para professores e alunos de pós-graduação do NISAM e de diversas unidades da Universidade de São Paulo. Outros dois lançamentos foram realizados em novembro de 2004, sendo o primeiro na USP de Ribeirão Preto, no dia 29, e o segundo na USP de São Carlos, no dia 30, de maneira a conceder ampla divulgação para profissionais e acadêmicos presentes nesses eventos.

Foi muito prazeroso participar da editoração do segundo número da RBCIAMB, porque, a cada número, percebo que a revista vai atingindo os seus objetivos. Iniciamos, desta vez, a seção *Entrevista*, a qual contou com a participação da prefeita de Florianópolis, no período de 1997 a 2004, que abordou sua experiência no tocante à implantação de questões ambientais, como a Agenda 21 local, entre outras, no município de Florianópolis. Para o terceiro número programamos uma entrevista com o engenheiro Rui Manuel Carvalho Godinho, administrador da VALORSUL, empresa responsável pelo tratamento de resíduos sólidos da região metropolitana de Lisboa. No âmbito dos tópicos temáticos, os quais organizam a revista por áreas de interesse, acrescentamos dois novos: *Saneamento ambiental* e *Energia e ambiente* visando caracterizar, por meio dos artigos científicos veiculados, o aspecto multidisciplinar da revista. Este, presente na busca pela diversidade de assuntos, é parte da linha editorial desta publicação e, ao mesmo tempo em que a caracteriza, diferencia-a.

Iniciamos, também neste número, a seção *Agenda de eventos* que, doravante, integrará o periódico, apresentando algumas chamadas de participação em eventos nacionais e internacionais na área ambiental, facilitando, assim, a busca do leitor pelos fóruns mais adequados para a apresentação e publicação de seus trabalhos. Do ponto de vista formal, o rigor pela estética continua sendo uma preocupação, para que a revista seja cada vez mais bonita e, seu conteúdo, de fácil comunicação.

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 Takayanagui (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 (SEMPLA)
Celina Lopes Duarte (Ipen)
Célio Bérman (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 Crocce Romano Espinosa (EP/USP)
Dimas Floriani (UFPR)
Édis Milaré (NISAM/USP)
Edson A. Abdul Nour (FEC/Unicamp)
Edson Leite Ribeiro (PRODEMA/UFPB)
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 (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 Sergio 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)

Entrevista

Angela Amin

Prefeita de Florianópolis



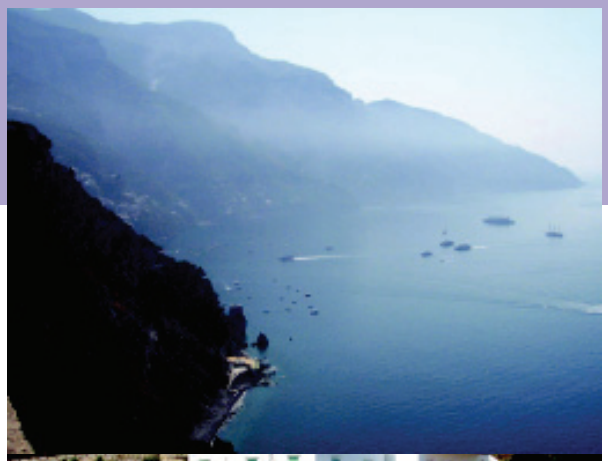
A visão que temos da área ambiental é bem diferente da visão de nossos filhos.

. . .

O melhor fiscal é o cidadão, e ele será um melhor fiscal a partir do momento em que entender a importância dos ecossistemas para si.

Angela Regina Heinzen Amin Helou nasceu no município de Indaial, em Santa Catarina. Formada em matemática pela UFSC, desde cedo realizou trabalhos voltados para a área social. Durante os anos de 1983 a 1986 desenvolveu para o governo do estado o Programa Pró-Criança, reconhecido pela Unicef do Brasil. Em 1988, Angela Amin se elegeu vereadora por Florianópolis, com a maior votação até então e, posteriormente, tornou-se a primeira mulher prefeita da mesma cidade, a qual governou entre 1997 e 2004. A prefeita concedeu entrevista a Marcelo de Andrade Roméro, editor da *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, na abertura do evento ICTR'2004 e NISAM'2004, no dia 17 de outubro de 2004, em Florianópolis.

RBCIAMB: Prefeita Angela Amin, como foi desenvolvido o processo de construção da Agenda 21 de Florianópolis?
Angela Amin: Ele foi bastante analisado. Fizemos uma reunião inicial de lançamento; depois dividimos o município em diversas regiões e essas regiões sofreram novas divisões em sub-regiões para que a gente pudesse chegar o mais próximo possível do cidadão. O objetivo era que estivesse realmente espelhado, nesse documento, o sentimento ideal do cidadão de Florianópolis, em relação ao que ele espera para o desenvolvimento de sua comunidade. Entendo que foi uma experiência bastante válida, apesar de ainda ser, em número de participantes, uma experiência pequena; talvez por ser no Brasil um processo ainda novo, mas como experiência foi amplamente positivo. Algumas comunidades participaram com mais identidade, outras com menos. Vou citar um exemplo: houve uma região onde a comunidade possuía várias organizações ambientais e entendeu que deveria seguir as diretrizes de um documento que já possuíam. Bem, em meu entendimento, apesar da iniciativa dessa comunidade, o documento já existente deveria ser atualizado com base no que preconizava a Agenda 21 local. Esse caso ocorreu na Lagoa da Conceição, que possui um dos ecossistemas mais frágeis do município de Florianópolis. Mesmo não concordando inteiramente com a comunidade, respeitamos suas definições e determinações e acatamos suas diretrizes inteiramente.
RBCIAMB: Estas foram as principais dificuldades encontradas?
A.A.: Isso é interessante, porque quando tu te propões a fazer um chamamento para a comunidade, para promover discussões, eles se consideram soberanos e acham que prevalece, única e exclusivamente, aquilo que eles têm, e não se nota uma posição de serenidade.
RBCIAMB: Quais foram, a seu ver, os principais resultados do processo de implantação da Agenda 21 até o momento?
A.A.: Entendo que hoje há uma visão diferente. O resultado, em meu entender, foi a criação de uma sistemática de ação da administração pública municipal. Sem dúvida, houve uma nova visão interna na discussão, por exemplo, o novo plano diretor municipal e também um avanço em relação ao gerenciamento costeiro do município de Florianópolis. A forma de discussão do gerenciamento costeiro em nosso município, hoje, serve de base, para discussões semelhantes no Brasil. Também destaco a mudança de mentalidade e da visão de participação comunitária nas questões ambientais. Como costumo dizer, a questão ambiental aqui no Brasil ainda é muito nova, e nós nos deparamos, em nosso processo, com dois extremos: aqueles que não querem saber de preservar e de cuidar, e o extremo do "simplesmente preservar".
RBCIAMB: Houve algum processo de educação ambiental nas escolas, para crianças, decorrente da Agenda 21?
A.A.: Já existia um processo de educação ambiental no próprio regimento escolar da rede pública municipal. Em alguns locais ele era mais forte e em outros menos, mas a partir da Agenda 21, o processo se intensificou na rede pública municipal e alcançou as escolas estaduais e as particulares. Isso considero um grande avanço. É por meio da educação que poderemos alcançar resultados na área ambiental e eu sempre digo, a visão que temos da área ambiental é bem diferente da visão de nossos filhos.
RBCIAMB: Quais foram as principais conseqüências para o cidadão no processo de implantação da Agenda 21 em Florianópolis?
A.A.: Entendo que foi, sem dúvida, a questão da fiscalização e da conscientização, porque o melhor fiscal é o cidadão, e ele será um melhor fiscal a partir do momento em que entender a importância dos ecossistemas para si mesmo. Não é dever somente do poder público ou do fiscal público.
RBCIAMB: É do munícipe então?
A.A.: Sim, e nós só teremos a grande vitória a partir do momento em que o grande fiscal for o cidadão.
RBCIAMB: Mas, ele já é um pouco de certa forma...
A.A.: Sim, já avançamos muito sem dúvida, mas precisamos avançar mais.









Fotos: Marcelo de Andrade Roméro

Índice

2 Palavras do Presidente
ARLINDO PHILIPPI JR.

3 Editor
MARCELO DE ANDRADE ROMÉRO

Entrevista
4 ANGELA AMIN
Prefeita de Florianópolis

Gerenciamento de Resíduos
EXPERIÊNCIAS MUNICIPAIS SOBRE RESÍDUOS PERIGOSOS: AVALIAÇÃO, PERCEPÇÃO E COMUNICAÇÃO DE RISCOS
5 Regina Maria A. Carneiro, Angela M. Magosso Takayanagui, Adriana A. Nery, Ana Lúcia M. Barbosa

Reciclagem
RECICLAGEM DE BATERIAS: ANÁLISE DA SITUAÇÃO ATUAL NO BRASIL
14 Denise Crocce Romano Espinosa, Jorge Alberto Soares Tenório

Educação Ambiental
CAPACITAÇÃO, REPRESENTAÇÃO SOCIAL E PRÁTICA EM EDUCAÇÃO AMBIENTAL
21 Andréa Focesi Pelicioni, Helena Ribeiro

Energia e Ambiente
A BIOMASSA COMO ALTERNATIVA ENERGÉTICA PARA O BRASIL
25 Celso Roberto Alves da Silva, Maria Teresa Flosi Garrafa, Paulo Laguna Navarenho, Rodolfo Gado, Sérgio Yoshima

Saneamento Ambiental
A APLICAÇÃO DE NITRATO DE AMÔNIO PARA O CONTROLE DE ODORES EM SISTEMAS DE COLETA DE ESGOTOS SANITÁRIOS
37 Teodosia Basile Liliamtis, Pedro Caetano Sanches Mancuso

MONITORAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS DOS ESGOTOS COMO INSTRUMENTO DE OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE LODOS ATIVADOS E SUAS IMPLICAÇÕES
46 Solange Vieira da Silva, Rosemara Augusto Pereira, Roque Passos Piveli, Hernan Junqueira Criscuolo

A QUESTÃO DA BALNEABILIDADE NAS PRAIAS: O CASO DOS MUNICÍPIOS DE SANTOS E SÃO VICENTE
60 Kátia Simões Parente

Eventos
70 AGENDA DE EVENTOS
COMUNICADO – ICTR´2004 / NISAM´2004

EXPERIÊNCIAS MUNICIPAIS SOBRE RESÍDUOS PERIGOSOS: AVALIAÇÃO, PERCEPÇÃO E COMUNICAÇÃO DE RISCOS

Regina Maria A. Carneiro

Engenheira florestal – Mestranda do Programa de Enfermagem em Saúde Pública do DEMISP – EERP/USP.
tuia@terra.com.br

Angela M. Magosso Takayanagui

Professora doutora – Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto/USP –
ammtakay@cerp.usp.br

Adriana A. Nery

Enfermeira, doutoranda do Programa de Enfermagem em Saúde Pública – EERP/USP.

Ana Lúcia M. Barbosa

Enfermeira, mestranda do Programa Enfermagem em Saúde Pública – EERP/USP.

RESUMO

Os problemas ambientais atuais se caracterizam por sua magnitude, complexidade e diversidade, diretamente relacionados a fatores de ordem política, social, econômica e de saúde, envolvendo direta ou indiretamente a comunidade, que nem sempre é comunicada ou consultada sobre questões que podem levar a um risco ambiental e de saúde. Além disso, há uma grande lacuna em relação ao compromisso do setor produtivo e do regulador da poluição ambiental, nos aspectos relativos à comunicação de risco à população. No Brasil, o processo de avaliação, percepção e comunicação de risco começou, recentemente, a ter destaque em pesquisas na área ambiental; porém, em países do Primeiro Mundo, o uso dessa estratégia pode ser identificado desde meados do século passado. Este estudo tem como objetivo discutir a participação da comunidade, diante de riscos ambientais causados por resíduos perigosos, oficialmente divulgados, a partir do conceito de percepção e comunicação de risco como instrumentos de gerenciamento de risco ambiental. Tomou-se como base a divulgação oficial de dois episódios de contaminação ambiental por esse tipo de resíduo, ocorridos no estado de São Paulo, de 2000 a 2002, tendo sido trazido, também, caso similar no Canadá, em 1990, a fim de subsidiar a discussão. Os dados foram extraídos de fontes de informação acadêmica e de reportagens de jornais de grande circulação nacional, regional e local, da imprensa falada e escrita, bem como da imprensa eletrônica. Os resultados apontam para um necessário incremento das ações públicas, no sentido de favorecer o processo de comunicação e percepção de risco ambiental no Brasil.

PALAVRAS-CHAVE
Avaliação de risco, percepção de risco, comunicação de risco, resíduos perigosos, áreas contaminadas.

ABSTRACT

The environmental problems nowadays are characterized by its magnitude, complexity, and diversity related to the social, economic, political, and health order factors, attacking directly the community, that is not always consulted and informed about the tasks that can get to health and environmental risk. Besides, there is a big fend related to the people accomplishment. In Brazil the risk assessment, risk perception, and risk communication process have started recently to be outstanding in environmental area researchs but in the most developed countries this strategies can be identified since the half of last century. The aim of this study is to discuss the community participation before the environmental risks caused by hazardous wastes officialy communicated, from the concepts of risk perception and risk communication as a skill of environmental risk management. It was taken two official cases of environmental contamination by that kind of waste held in São Paulo State, from 2000 to 2002, and a similar case was held also in Canada, in order to help the discussion. The data sources are from the academic information and reports on the best read nation newspapers as well as online information. The results point to a necessary public actions increment for the decision-makers in order to improve the risk perception and risk communication of the environmental area in Brazil.

KEY WORDS
Risk assessment, risk perception, risk communication, hazardous wastes, contaminated areas.

INTRODUÇÃO

O crescimento urbano e a conseqüente expansão industrial trazem benefícios à sociedade; mas, por outro lado, carream também uma contínua deterioração do ambiente natural e dos recursos primários necessários à manutenção da vida, como a água, o solo e o ar.

Os problemas ambientais se caracterizam, atualmente, por sua magnitude, complexidade e diversidade, diretamente relacionados a fatores de ordem política, social, econômica e de saúde (BRILHANTE; CALDAS, 1999).

Historicamente, o ser humano sempre demonstrou uma certa preocupação com o ambiente; mas a partir da década de 60 do século 20 houve um considerável desenvolvimento da consciência ambiental dos povos, quando se iniciaram os primeiros eventos internacionais voltados para a discussão sobre a relação homem-ambiente, como o famoso relatório produzido pelo Clube de Roma, que propôs limites para o crescimento populacional ante os problemas decorrentes do crescimento e desenvolvimento urbano (COIMBRA, 2002).

Seguindo esse evento, houve várias outras reuniões que geraram novos rumos ao desenvolvimento da consciência ambiental da humanidade e dos dirigentes de estado, especialmente a II Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, ocorrida em 1992 no Rio de Janeiro – ECO-92, que foi o maior evento dessa natureza e, mais recentemente em setembro de 2002, a Conferência RIO+10, realizada em Johannesburgo, África do Sul.

Dentre os diferentes problemas ambientais, destacam-se os ligados à produção de resíduos sólidos, oriundos de diferentes fontes, que vêm aumentando em grande escala em todas as sociedades, sendo causadas, principalmente, pelo desenvolvimento humano e excesso de consumo de bens e produtos, cada vez maiores.

Os diversos tipos de resíduos sólidos urbanos são provenientes de atividades humanas realizadas no contexto domiciliar e nos processos produtivos, como as indústrias que geram os resíduos Classe I, conforme a norma NBR-10.004 (ABNT, 1987), denominados como resíduos perigosos, por suas características e pela conseqüente possibilidade de causar danos à saúde e ao ambiente, principalmente quando não há um planejamento adequado para tratamento e destinação final desses resíduos.

No que se refere aos riscos ambientais e os efeitos à saúde humana, ainda há uma considerável distância em relação ao conhecimento científico sobre os danos causados por agentes tóxicos, principalmente os de origem química, dado o elevado número de substâncias químicas existentes, representando, portanto, cada vez mais, um importante tema a ser investigado e significando a ponta de um iceberg, quando se considera que das cinco milhões de substâncias químicas conhecidas pelo homem, somente sete mil já foram testadas quanto à carcinogenicidade (CANADÁ, 1991).

Preocupações com a contaminação dos solos tornaram-se mais evidentes a partir do final da última década de 70, após a ocorrência de incidentes de proporções históricas em diversos países do mundo, em que foram identificados sérios danos no solo causados por rejeitos, sobretudo, de indústrias químicas.

Uma área contaminada pode ser definida como um local 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 ou acidental, no qual os agentes de contaminação podem concentrar-se no ar, nas águas superficiais, no solo, nos sedimentos ou nas águas subterrâneas. Os contaminantes podem ser transportados, propagando-se por diferentes vias, alterando suas características e determinando impactos negativos e/ou riscos sobre populações humanas, recursos naturais e infra-estrutura localizados na própria área ou em outras áreas sob influência direta ou indireta (CETESB, 2003).

Um aspecto fundamental para a determinação de risco em áreas contaminadas é representado pelo tipo de uso e ocupação do solo do entorno. Um risco só existirá se as concentrações de contaminantes excederem os limites considerados aceitáveis e se os receptores sensíveis estiverem em contato direto ou indireto com o contaminante (CETESB, 2003).

Uma das ferramentas utilizadas no gerenciamento de áreas contaminadas é o sistema de cadastro, que recebe informações sobre as áreas, potencialmente, contaminadas, áreas suspeitas de contaminação e áreas confirmadas como contaminadas. A Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – Cetesb, a qual atua no estado de São Paulo, no gerenciamento das questões ambientais, aplicando a legislação existente nos processos de licenciamento e fiscalização de atividades potencialmente degradantes do meio ambiente, mantém e alimenta um cadastro dessa natureza, que subsidia a adoção de medidas voltadas à remediação de áreas contaminadas, ao controle ambiental, ao planejamento urbano e ocupação do solo (CETESB, 2003).

A saúde ambiental, ciência que se ocupa das questões ambientais as quais ameaçam a qualidade de vida de indivíduos ou comunidades, vem lançando mão de diferentes estratégias e instrumentos metodológicos para subsidiar os estudos nesse campo, com vista a uma participação mais efetiva de centros de pesquisas nas questões político-administrativas da comunidade.

Para Brilhante e Caldas (1999), uma política de saúde ambiental deve ser pautada em instrumentos bem claros e eficazes, constituídos de: legislação ambiental e de saúde, caracterização e valoração ambiental, instrumentos de mercado, avaliação de impacto ambiental, avaliação de risco ambiental, uso e ocupação do solo, manejo de recursos ambientais, recuperação de áreas degradadas e educação ambiental.

Em relação à avaliação de risco ambiental, em meados do século passado, na década de 60, foram iniciados estudos envolvendo a estratégia de avaliação e gerenciamento de risco na saúde ambiental, mais especificamente como instrumentos metodológicos utilizados em estudos da área de toxicologia.

Para a agência americana de Registro de Doenças e Substâncias Tóxicas (ATSDR, 1990), o processo de avaliação de risco compreende a avaliação de propriedades de um dado elemento químico em condições de exposição humana, determinando a probabilidade de efeitos adversos a indivíduos expostos a essas substâncias.

O Conselho Nacional de Pesquisas (NRC) da Academia Nacional de Ciências dos Estados Unidos desenvolveu um esquema de avaliação em situações de risco urbano, que consiste de quatro grandes componentes: identificação de risco, avaliação da dose-resposta, avaliação da exposição e caracterização do risco (CANADÁ, 1991).

Conway apud Brilhante e Caldas, 1999, define *"avaliação de risco ambiental (ARA) como o processo de avaliação conjunta de dados científicos, sociais, econômicos e de fatores políticos que precisam ser considerados para a tomada de decisão (...), sendo que a decisão final envolve a medição científica do risco e o julgamento social, no qual os benefícios dos produtos ou atividades são comparáveis ao risco"* (p. 52).

Ainda, segundo esses autores, *"o processo de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) é definido como um conjunto de procedimentos realizados para identificar, prever e interpretar, assim como prevenir as conseqüências ou efeitos ambientais que determinadas ações, planos, programas ou projetos podem causar à saúde, ao bem-estar humano e ao entorno"* (p. 48).

A legislação brasileira atual determina o uso de mecanismos destinados à avaliação de impactos ambientais: o Estudo de Impacto Ambiental e respectivo Relatório de Impacto Ambiental, de acordo com as Resoluções Conama n. 001 de 23/1/86 e n. 237 de 19/12/97 (CONAMA, 1986; CONAMA, 1997).

No contexto do processo de avaliação de risco há também outras estratégias que devem estar presentes em situações de risco ambiental no espaço urbano, constituídas pelo processo de comunicação de risco, partindo de agências de controle e serviços públicos ambientais e de saúde, e pelos responsáveis pelo dano; e também o processo de percepção de risco pelos indivíduos ou pela coletividade envolvida.

O processo de comunicação de risco guarda uma estreita ligação com a percepção de risco por indivíduos ou comunidades sobre situações existentes ou em vias de concretizar-se.

Para Leiss (1995), comunicação de risco pode ser definida como o fluxo de informações sobre avaliações de risco, anteriores ou futuras, por pesquisadores, legisladores, grupos envolvidos e de interesse no tema, e pelo público em geral.

No Brasil, oficialmente, a comunicação de risco ocorre em situações de Audiência e de Consulta Públicas, conforme previsto nas resoluções Conama n. 001 de 23/1/86 e n. 009 de 03/12/87 (CONAMA, 1986; CONAMA, 1987), sendo pouco comum por outro meio.

A percepção de risco ambiental está relacionada com a concepção que a população tem sobre sua saúde e as condições do meio ambiente, bem como com a forma em que se dá a comunicação dos riscos, com a finalidade de despertar e/ou sensibilizar as comunidades envolvidas para a problemática de saúde ambiental, no que diz respeito aos riscos a que estão expostas.

As imprensas escrita e falada têm atuado de maneira importante na comunicação de riscos, embora muitas vezes de forma alarmista. Por outro lado, tem servido ao processo de ampliação da percepção de riscos pela sociedade, resultando em maior consciência crítica da população sobre os problemas de saúde ambiental na sociedade contemporânea.

No entanto, ainda é um instrumento de gerenciamento de risco pouco utilizado em nosso país, guardando um histórico de forte domínio do setor produtivo sobre as decisões políticas e administrativas dos municípios, principalmente dos menos populosos.

Nos últimos anos, esse comportamento vem se modificando, tanto por parte dos responsáveis por processos de geração e controle da produção de resíduos, ou substâncias nocivas ao ambiente e à saúde pública, quanto pela comunidade envolvida em

situações de risco. Isso se deve, em parte, pela contribuição da mídia na divulgação de alguns episódios envolvendo grupos de comunidades em situação de exposição a poluentes perigosos, até mesmo com casos fatais como o acontecido em Goiânia com a ampola de Césio violada por um pequeno grupo de pessoas que desconheciam seu potencial de perigo, causando um desastre ambiental e humano para toda a população do entorno de onde sucedeu o fato (CÉSIO 137, 2003).

Assim, este trabalho visa discutir a questão da participação da comunidade diante de riscos ambientais, oficialmente declarados, tomando-se como base o conceito de percepção e comunicação de risco, a partir de episódios de contaminação de áreas urbanas, ocorridos recentemente no estado de São Paulo.

Com isso, espera-se, também, propiciar uma reflexão sobre a atuação dos geradores de resíduos perigosos e das agências fiscalizadoras governamentais, no que diz respeito à comunicação de riscos para as comunidades envolvidas, bem como na promoção de medidas de proteção e reparação dos danos gerados à saúde e ao ambiente.

METODOLOGIA

A busca de algumas situações paulistas de risco ambiental

O estado de São Paulo possuía, até maio de 2002, 145 áreas comprovadamente contaminadas, com processo de remediação em curso. Entretanto, é sabido que ainda existem muitos casos não-cadastrados, os quais aos poucos virão à tona, tendo em vista que muitos rejeitos industriais foram descartados, no passado, sem cuidados com as conseqüências ambientais (CETESB, 2003).

Partindo-se dos conceitos de percepção e comunicação de risco, buscaram-se informações sobre dois episódios de contaminação ambiental, recentemente divulgados no estado de São Paulo, de 2000 a 2002, respectivamente nos municípios de Guaíra e Paulínia, realizando-se um estudo de caso sobre a temática, baseado nos dados disponíveis, e trazendo o relato de uma situação de percepção e comunicação de risco ambiental ocorrida no Canadá, no início da década de 90 (BAXTER et al, 1999), para subsidiar as discussões, considerando-se, obviamente, as evidentes diferenças de natureza socioeconômica e cultural entre as realidades dos referidos locais.

As informações sobre os casos ocorridos no estado de São Paulo constituíram-se de revistas científicas e de reportagens de jornais de grande circulação nacional, regional e local, da imprensa *on-line* e de revistas técnicas relatando casos de contaminação ambiental. A utilização de artigos divulgados pela imprensa deve-se ao fato de serem, os episódios, bastante recentes e, portanto, ainda não-divulgados em revistas indexadas.

Os três casos se encontram em forma de perfil descritivo, sintetizando as ocorrências verificadas no período de tomada de consciência da existência real de risco.

O caso de Guaíra, SP

Guaíra, cidade situada no nordeste do estado de São Paulo, possui uma população de aproximadamente 35.000 habitantes, cuja economia está centrada na produção de grãos e cana-de-açúcar, em área agrícola de 85 mil hectares e cerca de 500 produtores. São manipulados mais de 15 mil litros de agrotóxicos por ano no município, utilizados no controle de pragas agrícolas. Desde o ano 2000, foram detectados quatro casos de anencefalia ocorridos no município, sendo um em 2000, um em 2001 e dois em 2002 (ROSSI, 2002 a, b, c).

A principal hipótese para os casos de anencefalia recaiu sobre a contaminação ambiental, a exemplo do ocorrido em Cubatão na última década de 80, considerando-se que restos de agrotóxicos presentes em embalagens, descartadas de forma não controlada, poderiam estar contaminando as águas do Ribeirão Jardim, principal manancial que abastece a cidade, com a ajuda das chuvas.

A hipótese levantada por técnicos das áreas de saúde e meio ambiente, estaduais e municipais, baseava-se em análises anteriores que haviam detectado a presença de substâncias orgânicas e agrotóxicos nas águas do manancial, contaminando seus consumidores (ROSSI, 2002 a, c).

Considerando a experiência ocorrida em Cubatão, quando casos de anencefalia foram relacionados à contaminação ambiental e, adotando as orientações da Secretaria de Estado da Saúde, a Secretaria Municipal de Saúde realizou exames de sangue em 111 pessoas residentes nas zonas rural e urbana, em uma tentativa de abranger toda população que pudesse estar sendo atingida (ROSSI, 2002 a).

Os resultados das análises de sangue revelaram baixa quantidade de oxigênio em 50,45% das pessoas analisadas, o que significa um número superior a 17 mil moradores com taxa de oxigênio abaixo do normal (ROSSI, 2002 c).

Segundo observações dos técnicos do Centro de Vigilância Sanitária, freqüentemente são recolhidas das matas e acostamento de rodovias regionais embalagens descartadas de

agrotóxicos, sem qualquer norma de segurança. Uma central de recebimento de embalagens, reivindicada pelos produtores rurais há cerca de 20 anos, está em processo de licenciamento em Guaíra (ROSSI, 2002 c).

A Lei Federal n. 9.974 de 6/6/2000, que altera a Lei n. 7.802 de 11/7/89, obriga os usuários de agrotóxicos a efetuarem a devolução da embalagem vazia aos estabelecimentos comerciais em que foram adquiridos, podendo, a devolução, ser intermediada por posto ou centro de recolhimento autorizado e fiscalizado por órgão competente (BRASIL , 2003).

O Ministério Público, por meio da Promotoria do Meio Ambiente de Guaíra, instalou inquérito civil para apurar possível contaminação e intoxicação dos moradores, bem como os responsáveis pelo fato (ROSSI, 2002 a, b, c), tendo sido criada uma Comissão da Câmara de Vereadores, com a finalidade de acompanhar as pesquisas realizadas na água da cidade, abastecida pelo Ribeirão Jardim e poços subterrâneos.

A divulgação oficial da ocorrência de casos de anencefalia levou a população a preocupar-se com a possibilidade de estar sendo contaminada e com o provável agente causador da contaminação. Essa preocupação foi captada em manifestações da população afetada, tomadas de reportagens da época, a exemplo de alguns depoimentos:

"Devido ao fato de Guaíra ser extremamente agrícola, pode ser que tenha ocorrido algum tipo de contaminação" – secretário da Saúde (ROSSI, 2002 a).

Sem uma explicação definitiva, os moradores de Guaíra tentam evitar a ingestão de água da cidade, temendo que a contaminação possa estar vindo por ela. *"Eu só bebo água mineral",* relata uma moradora (PAGNAN, 2002).

Uma ex-moradora de Guaíra, por três anos, tendo engravidado nesse período, procurou a Secretaria Municipal de Saúde, informando ter perdido um filho, vítima de anencefalia, em 2001. Ao tomar conhecimento das investigações, manifestou interesse em realizar os exames de sangue (ROSSI, 2002 b).

Já entre as autoridades responsáveis observou-se que percebiam a situação e posicionavam-se sobre o caso, algumas vezes de forma contraditória:

"Três casos muito próximos de anencefalia numa cidade como Guaíra levantam a hipótese de que, se houver uma contaminação ambiental, as duas coisas podem estar relacionadas" – coordenador do programa Saúde da Criança, Secretaria de Estado da Saúde (ROSSI, 2002 c).

"A central (de recolhimento de embalagens) *é importante para que o armazenamento indevido e a queima de embalagens sejam interrompidos"* – engenheiro agrônomo; enquanto a Cetesb informava não ter como controlar o descarte irregular de embalagens de agrotóxicos, a não ser por meio de denúncia (ROSSI, 2002 c).

A Secretaria Municipal da Saúde acreditava que a alteração no sangue tivesse sido provocada por algum tipo de contaminação por praguicida e solvente orgânico utilizado na agricultura ou pela água. Em outro momento, a mesma Secretaria Municipal da Saúde emitia declaração no sentido contrário ao que vinha manifestando: *"Guaíra enfrenta um inimigo invisível, já que a água e o agrotóxico, que eram apontados como principais suspeitos, estão praticamente descartados."* (PAGNAN, 2002)

Sabe-se que a anencefalia é um defeito grave, que envolve ausência de todo o cérebro ou dos hemisférios cerebrais; o tronco cerebral e o cerebelo podem estar intactos. A anencefalia total é incompatível com a vida; muitos anencefálicos são abortados ou natimortos; lactentes vivos, geralmente, sobrevivem apenas algumas horas e a etiologia está relacionada à hereditariedade e também a fatores ambientais (MUSCARI,1998; MARCONDES, 1992).

O caso do bairro Recanto dos Pássaros, Paulínia, SP

O bairro Recanto dos Pássaros se situa no município de Paulínia, próximo ao rio Atibaia, local em que predominavam chácaras e pequenas propriedades agrícolas. Em 1977 foi instalada, nesse bairro, uma fábrica de praguicidas no Centro Industrial da Shell, produzindo até 1990 agroquímicos organoclorados, pertencentes à família dos Drins. Esses produtos foram amplamente divulgados e assimilados pelo setor agrícola do país, naquele período em que as leis ambientais brasileiras, ainda rudimentares, não faziam grandes exigências para a instalação e operação de indústrias, as quais foram incentivadas a partir da explosão industrial ocorrida (SILVEIRA, 2001).

A partir de 1985, o uso de inseticidas organoclorados na agricultura foi proibido pelo Ministério da Saúde. No entanto, a fábrica da Shell, em Paulínia, continuou com sua produção, visando atender o uso desses produtos em reflorestamentos, que não haviam sido proibidos, e também para exportação (SILVEIRA, 2001; CONTAMINAÇÃO, 2001).

Segundo a Cetesb, houve um acompanhamento das atividades e mudanças ocorridas na empresa, desde sua Licença de Instalação, tendo sido, a empresa, punida por aquele órgão com sete advertências e duas multas durante o período. Também foram oficialmente registrados, durante esses anos de produção de organoclorados, três casos

de vazamento dessas substâncias (SILVEIRA, 2001), mas sem o caráter de comunicação oficial dos riscos à comunidade.

Entretanto, a contaminação do solo e do lençol freático do Recanto dos Pássaros por Drins e solventes voláteis não foi detectada pela Cetesb e pelos demais órgãos fiscalizadores na época, vindo à tona somente em 1994, por ocasião da auditoria ambiental contratada pela Shell. Constatada a contaminação do solo e do aqüífero na área e no entorno, a Shell efetuou autodenúncia ao Ministério Público Estadual. Essa conduta foi adotada porque a indústria se encontrava em processo de venda à Cyanamid Industrial Comercial Ltda. (SILVEIRA, 2001).

Em 1995, a multinacional anglo-holandesa assinou um acordo de recuperação ambiental com a Promotoria de Meio Ambiente, o que motivou o arquivamento do inquérito civil movido contra a empresa. Em fevereiro de 2001, quando foram divulgados os resultados de contaminação ambiental fora dos limites da fábrica, esse inquérito foi reaberto, graças à atuação dos moradores do bairro Recanto dos Pássaros, que passaram a reunir-se e buscar uma solução para o problema (MARGARIDO, 2001).

Por exigência do Ministério Público, cerca de 200 moradores das 66 chácaras vizinhas à fábrica foram submetidos aos exames clínicos e de sangue realizados pelo Centro de Análises Toxicológicas da Universidade Estadual Paulista de Botucatu. Os resultados dos exames apontaram que 70% das pessoas apresentavam sintomas clínicos compatíveis com a presença destes contaminantes em seus organismos, sendo que 86% apresentavam contaminação por, pelo menos, uma substância química. Detectou-se que, dos 200 moradores, 88 adultos (44%) e 27 crianças (13%) tinham um quadro de contaminação crônica (GUAIUME, 2001).

Tornados públicos esses resultados, mesmo descartando a hipótese de contaminação, a Shell resolveu fornecer água potável à população, comprar a produção de frutas e hortaliças das chácaras atingidas, bem como adquirir os terrenos dos proprietários que desejassem sair de lá (SHELL, 2003).

Atualmente, de acordo com a ficha técnica do cadastro de áreas contaminadas da Cetesb, a área do Centro Industrial Shell de Paulínia apresenta-se contaminada com praguicidas organoclorados, solventes halogenados e fenóis clorados. Assim, foram recomendadas ações imediatas para resguardar os receptores de risco, tais como: isolamento da área, monitoramento ambiental, prevenção de consumo de água e de alimentos produzidos nas imediações, remoção dos resíduos e tratamento dos líquidos contaminados (CETESB, 2003).

A comprovação técnica de contaminação do solo desencadeou para os moradores do bairro uma mudança repentina em suas vidas, levando-os a manifestações públicas em protesto ao dano sofrido, mas sem muita perspectiva de solução. A percepção do problema pelos moradores pode ser, em parte, verificada por relatos e manifestações também tomados da imprensa escrita:

– Moradora há 33 anos no bairro, reclama de coceiras, gosto de veneno na boca e estômago ruim, manifesta seu dilema: *"Não quero sair daqui, mas não posso ficar"*, precisou parar de vender seus produtos agrícolas, depois que a notícia da contaminação se espalhou (GUAIUME, 2001).

– Moradora no bairro há nove anos, descreve problemas de saúde apresentados pelos filhos jovens, como: feridas nas mãos, bronquite, manchas no corpo, inchaço no rosto. Ainda, o irmão dessa moradora, também residente na mesma chácara, apresenta problemas motores e neurológicos desde o início de 2001 (GUAIUME, 2001).

Alguns depoimentos ressaltaram a indignação e revolta pela situação, como:

–*"Nós nos sentimos cobaias da Shell. Queremos que a empresa se responsabilize pelo que fez e nos indenize. Se ela tivesse contaminado moradores da Holanda, onde fica sua sede, as sanções seriam mais rigorosas. Ela estaria fechada."* Líder dos moradores do Recanto dos Pássaros (SILVEIRA, 2001).

O Secretário de Defesa e Desenvolvimento do Meio Ambiente de Paulínia relata: *"Aqui, a partir de 1970, quando começou a funcionar a Refinaria de Paulínia, as indústrias foram instaladas às margens de um rio piscoso, habitadas por chacareiros e pescadores. Vinte e cinco anos depois, os peixes e as matas nativas se foram e as pessoas estão doentes."* (SILVEIRA, 2001)

De acordo com o promotor responsável pelo inquérito civil: *"A autodenúncia da Shell não se deu por preocupação com o Meio Ambiente ou com a saúde dos moradores. Seu interesse foi exclusivamente comercial, pois estava vendendo suas fábricas de defensivos agrícolas para outra empresa, que não queria ficar com o passivo ambiental. Sem a autodenúncia a venda não se concretizaria."* (SILVEIRA, 2001)

Em Paulínia, a atuação da associação de moradores possibilitou o engajamento da população envolvida. A partir desse movimento, foi criada a Rede Brasileira Contra a Contaminação Química, com a participação de pelo menos 92 entidades ambientais do estado de São Paulo, para atuar nas

temáticas jurídica, médica e ambiental e dar suporte à população atingida, a qual, na maioria das vezes, encontra dificuldades em requerer seus direitos (ROSSIT, 2002). Ainda hoje há algumas famílias que permanecem no local, mesmo com a área sendo considerada contaminada.

Sabe-se que praguicidas organoclorados, contendo carbono e cloro em suas moléculas, englobam: DDT, BHC, lindane, heptacloro, endrin, aldrin, dieldrin, clordame, dodecacloro, endosulfan, telodrin e outros. Quando presentes no corpo humano, acumulam-se, preferencialmente, no tecido adiposo e nas substâncias lipídicas dos fluídos. O homem, que se encontra no ápice da cadeia alimentar, tende a acumular maiores quantidades desses resíduos (MATUO et al, 1990).

O caso na região da Grande Toronto, Canadá

Em novembro de 1990, o governo da província de Toronto, Canadá, iniciou o planejamento para o manejo dos resíduos sólidos domésticos, por intermédio da Interim Waste Authority (IWA) – Autoridade Interina de Resíduos, agência governamental, incumbida pela seleção de três áreas de deposição controlada, tomando-se por base critérios que minimizassem os efeitos negativos sobre os ambientes social e natural, os quais foram submetidos à apreciação pública.

Dentre as áreas consideradas, foi indicado um local nas proximidades de Caledon, localidade com cerca de 35.000 habitantes e densidade populacional de 51 habitantes/km^2. A principal atividade econômica em Caledon era a agricultura, cuja população era composta por moradores tradicionais e por novos moradores, os quais buscaram ali uma alternativa à vida estressante dos grandes centros.

Nesse local foi realizado um estudo por especialistas da área de avaliação, percepção e comunicação de risco na comunidade local, visando avaliar a compreensão da população sobre o risco de contaminação potencial da área em sua cercania, bem como a visão dessa mesma população sobre a atuação dos técnicos da IWA. Essa investigação tomou por base uma amostra de 30 entrevistas efetuadas com moradores das três subáreas consideradas: cidade, local do aterro e zona rural. Entre os entrevistados, figuravam moradores da área, dentre os quais havia alguns membros de diferentes grupos de oposição à instalação do aterro e membros da equipe técnica da IWA (BAXTER et al, 1999).

As entrevistas revelaram preocupações, por parte dos moradores, em relação às conseqüências futuras sobre: a qualidade da água, saúde, valor econômico das propriedades, surgimento de pragas e vetores, efeitos sobre as crianças, representando o aterro sanitário uma ameaça aos valores e expectativas da comunidade.

Houve uma ampla divulgação da problemática pela imprensa oficial, buscando-se a participação da comunidade. No entanto, a população local reagiu contrariamente à ação dos técnicos do IWA, alegando direcionamento pelo governo, em sentido contrário aos seus anseios. Moradores entrevistados relataram o distanciamento entre a população e os técnicos, possibilitando que barreiras à aceitação dos mesmos e de seus pareceres fossem criadas. Assim, após muitas discussões, o projeto de instalação do aterro foi interrompido, decorrente também do fato de ter havido mudança na situação política, por eleições do governo da província, revelando o poder de influência da comunidade na tomada de decisões público-administrativas.

DISCUSSÃO

A despeito das limitações dos dados levantados para este estudo, bem como de algumas de suas fontes, é possível fazermos uma discussão referente à percepção e comunicação de riscos ambientais da comunidade afetada.

Pela forma como ocorreram os dois episódios selecionados no Brasil, pode-se observar que a comunicação de risco só aconteceu a partir da manifestação de alterações na saúde da população, diretamente, envolvida ou exposta aos agentes contaminantes presentes no ambiente e pela contaminação constatada de área localizada no entorno de uma fonte poluidora.

Nos dois casos paulistas, houve diferentes formas e níveis de representatividade e engajamento da população exposta, resultando na formação de instâncias de manifestação das incertezas e temores da população envolvida. Observou-se, nesses casos, a efetiva participação do Ministério Público Estadual, representando os interesses da comunidade, porém com solução não-imediata e/ou definitiva, haja vista o longo período de tomada de decisão por parte de autoridades e da própria comunidade, ocorrido com o caso da Shell em Paulínia (de 1994 a 2001).

Por outro lado, quando se analisa a situação vivenciada pela comunidade canadense, o estudo demonstra que a população envolvida ampliou, rapidamente, sua consciência crítica sobre os problemas ambientais, que resultou em manifestações de protesto à decisão do governo da província. Nesse caso analisado, foi também possível perceber que as apreensões dos moradores extrapolaram a síndrome de NIMBY (*Not in my back yard*), visto que o risco apresentado significava ameaças a valores e expectativas em relação ao futuro, e não apenas a questões de

caráter unicamente econômico, culminando na desistência da instalação do aterro sanitário proposto pelo governo.

Nos casos paulistas apresentados, houve diferentes formas de perceber os riscos e de controlá-los, quando se observa a forma de reação e os tipos de manifestações da comunidade exposta diante de uma situação de risco socioambiental e de saúde. Em relação ao processo de comunicação de risco, também nos casos paulistas, não ficou evidenciada uma política clara e organizada, por parte dos órgãos públicos responsáveis, nem pelas empresas poluidoras.

Observou-se que, no caso relatado do Canadá, houve, ainda que questionada pela população, uma atuação mais rigorosa por parte dos órgãos gerenciadores das questões envolvendo a saúde ambiental, além, é claro, de uma forma mais organizada e efetiva de manifestação do poder da população.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para Brilhante e Caldas (1999, p. 13), *"o meio ambiente se constitui hoje num dos temas essenciais de política governamental e numa das maiores preocupações dos cidadãos, seja nos países industrializados ou não"*, havendo, cada vez mais, um maior número de pessoas que vem considerando a degradação ambiental como uma ameaça à saúde e ao bem-estar social.

A comunicação de risco está diretamente associada a um processo de gerenciamento de risco ambiental, que envolve etapas de avaliação e percepção de risco, mas que depende, indiscutivelmente, de política e legislação ambiental clara e efetiva, norteando tanto as ações por parte dos potenciais poluidores quanto dos órgãos de controle e fiscalização ambiental, e a própria comunidade.

Este estudo nos leva a considerar que a população, quando mobilizada, possui importantes ferramentas para interferir nas decisões tecno-burocráticas, podendo exercer a cidadania na busca de seus direitos. No entanto, é necessário um incremento das ações públicas, no sentido de favorecer o processo de comunicação e percepção de risco ambiental no Brasil.

Consideramos, ainda, que, para enfrentar os problemas de saúde ambiental, são necessárias articulações, buscando-se a intersetorialidade e estabelecendo-se alianças, por meio de implantação e/ou implementação de políticas públicas favoráveis à saúde e ao meio ambiente.

BIBLIOGRAFIA

AGENCY for Toxic Substances Diseases Registry (ATSDR). *Clues to unravelling the association betwen illness and environmental exposure*. Continuing Eduction Institute. Nova York: American Public Health Association, sept. 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 10.004 resíduos sólidos*: classificação. Rio de Janeiro: ABNT, set. 1987.

BAXTER, J.; EYLES, J.; ELLIOTT, S. Something happened: The relevance of the risk society for describing the siting process for a municipal landfill. *Geografiska Annader*, v. 81B, n. 2, p. 91-109, 1999.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <http:// www.agricultura.gov.br/ > Acesso em: 17 jan. 2003.

BRILHANTE, M. O.; CALDAS, L. Q. de A. *Gestão e avaliação de risco em saúde ambiental*. Rio de Janeiro: Fiocruz, 1999. 155 p.

CANADÁ. Environmental Protection Office. Department of Public Health. City of Toronto. *Determining the human health risks of Environmental chemicals. Resource manual.* Toronto: Canadian Standards Association, nov. 1991.

CETESB. *Cadastro de áreas contaminadas.* Disponível em: <http:// www.cetesb.sp.gov.br> Acesso em: 3 mar. 2003.

CÉSIO 137. Tragédia da desinformação. Universidade Federal de Juiz de Fora. Faculdade de Engenharia. Disponível em: <http://www.tgfd.hpg.ig.com.br/cesio.html>. Acesso em: 3 mar. 2003.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 001, de 23 de janeiro de 1986. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 17 fev. 1986. Disponível em: <http:// www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm>. Acesso em: 10 nov. 2004.

___. Resolução n. 009, de 03 de dezembro de 1987. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 5 jul. 1990. Disponível: em <http:// www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm>. Acesso em: 10 nov. 2004.

___. Resolução n. 237, de 19 de dezembro de 1997. Disponível em: <http:www.mma.gov.br/ port/conama/index.cfm>. Acesso em: 10 nov. 2004.

CONTAMINAÇÃO da Shell em Paulínia. *Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente.* Ano XI, n. 18, p. 16, abr./jun. 2001.

COIMBRA, J. de A. A. *O outro lado do meio ambiente: Uma incursão humanista na questão ambiental*. 2 ed. revis., atual., amplamente reformulada. Campinas: Millenium, 2002.

GUAIUME, S. Contaminação "sitiou" chácaras em Paulínia. *O Estado de S. Paulo,* São Paulo, p. C3, 26 nov. 2001.

LEISS, W. *Three phases in the evaluation of risk communication practice.* Environmental Policy Unit. Queen's University. Working paper, series 95-2. Ontario, sept. 1995.

MARCONDES, E. *Pediatria Básica*. 2. ed. São Paulo, Sarvier, v.1, p. 282-287, 1992.

MARGARIDO, A. P. Resultado em Paulínia sai na 3ª. *Folha de S. Paulo,* São Paulo, p. C5, 17 ago. 2001.

MATUO, Y. K.; LOPES, J. N. C.; MATUO, T. *Contaminação do leite Humano por Organoclorados, DDT, BHC e Ciclodienos*. Jaboticabal: FUNESP, 1990, 99 p.

MUSCARI, M. E. *Enfermagem pediátrica*. Série de estudos em enfermagem. Trad. Ivone Evangelista Cabral. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998. Título original: Lippincott's Review Series: Pediatric Nursing.

PAGNAN, R. Estado busca "inimigo invisível" em Guaíra. *Folha de S. Paulo*, São Paulo, p. C1, 26 ago. 2002.

ROSSI, R. Guaíra apura elo de contaminação e doença. *Folha de S. Paulo,* São Paulo, p. C1, 11 jul. 2002.

___. Guaíra pode confirmar o quarto caso de anencefalia. *Folha de S. Paulo,* São Paulo, p. C3, 18 set. 2002.

___. Indícios reforçam contaminação em Guaíra. *Folha de S. Paulo,* p. C3, 12 jul. 2002.

ROSSIT, M. Caso Shell vira exemplo de mobilização de moradores para ambientalistas. *Folha de S. Paulo,* São Paulo, p. C7, 19 set. 2002.

SILVEIRA, E. Poluição em Paulínia reflete falhas políticas. *O Estado de S. Paulo,* São Paulo, p. A10, 7 maio 2001.

SHELL. *Questões ambientais.* Disponível em: <http:// www.shell.com.br> Acesso em: 3 mar. 2003.

RECICLAGEM DE BATERIAS: ANÁLISE DA SITUAÇÃO ATUAL NO BRASIL

Denise Crocce Romano Espinosa
Doutora em engenharia metalúrgica, Escola Politécnica, USP.

Jorge Alberto Soares Tenório
Professor associado, Escola Politécnica, USP.
jtenorio@usp.br

RESUMO

O descarte de pilhas e baterias é um problema que tem adquirido maior amplitude nos últimos anos, devido ao grande aumento do uso de produtos portáteis os quais necessitam de pilhas ou baterias como fonte de energia. Pilhas e baterias podem conter elementos tóxicos, como cádmio, mercúrio e chumbo, fazendo com que seu descarte precise ser controlado. O Brasil foi o primeiro país da América Latina a ter uma legislação para a regulamentação do descarte e tratamento de pilhas e baterias. A Resolução n. 257 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) estabelece limites de concentração de metais pesados em pilhas e baterias para que elas possam ser dispostas com o lixo doméstico. Como as pilhas e baterias são produtos consumidos pela população, o controle de seu descarte torna-se difícil. Para que a coleta seja eficiente é necessário um engajamento da população e, para que isto ocorra, a população precisa ser informada tanto do conteúdo da resolução como da importância de não se colocar as pilhas e baterias com o lixo doméstico. No mundo, já existem tecnologias consagradas para a reciclagem de alguns tipos das mesmas. No Brasil, a reciclagem de baterias automotivas de chumbo-ácido já é realizada em grande escala; entretanto, a reciclagem de outros tipos de pilhas e baterias ainda é bastante incipiente. Este trabalho traça uma análise da Resolução n. 257 do Conama e apresenta algumas sugestões e iniciativas de outros países, nessa área, as quais possam auxiliar no gerenciamento desse tipo de resíduo sólido urbano.

PALAVRAS-CHAVE
Reciclagem, baterias, NiCd.

ABSTRACT

The discharge of batteries is a problem that has acquired bigger amplitude in the last few years due to the increase on the use of portable devices, which use batteries as energy source. Batteries may contain toxic metals such as cadmium, mercury and lead; so their disposal must be controlled. Brazil was the first country in the Latin America to have a law that rules the discharge and treatment of batteries. The brazilian law establishes limits of concentration of heavy metals within batteries, if the concentration of such metals is under the limits, the battery can be disposed of along with the municipal waste. Since batteries are products used by the population, their discharge is difficult to control. In order to have an efficient collection, the population must be engaged with the collection; and for the population became engaged with the collection, it must be informed about the law and the importance of discharge batteries separately from the domestic garbage. In the world, there are some long-established processes to recycle batteries. In Brazil, automotive (lead-acid) batteries are recycled for several years, whereas the recycling of other types of batteries is still incipient. This work does an analysis of the brazilian law for battery recycling and presents some suggestions and examples of the initiatives of other countries in order to help the managing of this kind of dangerous waste.

KEY WORDS
Recycling, batteries, NiCd.

LEGISLAÇÃO BRASILEIRA SOBRE DESCARTE DE PILHAS E BATERIAS

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), em 30 de junho de 1999 regulamentou a fabricação e o descarte de pilhas e baterias. A seguir serão transcritos trechos dessa Resolução do Conama, n. 257/99.

"... Considerando os impactos negativos causados ao meio ambiente pelo descarte de pilhas e baterias usadas.

Considerando a necessidade de se disciplinar o descarte e o gerenciamento ambientalmente adequado de pilhas e baterias usadas, no que tange à coleta, reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final..."

"Art. 1º. As pilhas e baterias que contenham em suas composições chumbo, cádmio, mercúrio e seus compostos... deverão, após seu esgotamento energético, ser entregues pelos usuários aos estabelecimentos que as comercializam ou à rede de assistência técnica autorizada pelas respectivas indústrias, para repasse aos fabricantes ou importadores, para que estes adotem diretamente ou através de terceiros, os procedimentos de reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final ambientalmente adequada ..."

"Art. 5º. A partir de 1º de 2000, a fabricação, importação e comercialização de pilhas e baterias deverão atender aos limites estabelecidos a seguir:

◦ com até 0,025% em peso de mercúrio, quando forem do tipo zinco-manganês e alcalina-manganês;

◦ com até 0,025% em peso de cádmio, quando forem do tipo zinco-manganês e alcalina-manganês;

◦ com até 0,400% em peso de chumbo, quando forem do tipo zinco-manganês e alcalina-manganês;

◦ com até 25 mg de mercúrio, quando forem do tipo pilhas miniaturas e botão."

"Art. 6º. A partir 1º de janeiro de 2001...:

◦ com até 0,010% em peso de mercúrio, quando forem do tipo zinco-manganês e alcalina-manganês;

◦ com até 0,015% em peso de cádmio, quando forem do tipo zinco-manganês e alcalina-manganês;

◦ com até 0,200% em peso de chumbo, quando forem do tipo zinco-manganês e alcalina-manganês."

Os fabricantes e importadores deverão implementar sistemas de coleta, transporte, armazenamento, reutilização, reciclagem tratamento e/ou disposição final, em prazos definidos na resolução. As pilhas e baterias que estiverem dentro das especificações acima poderão ser dispostas à população, com os resíduos domiciliares.

A resolução parece bastante conservadora, uma vez que a maioria dos limites propostos já está dentro do que os fabricantes de pilhas alcançam há alguns anos. Assim, principalmente as baterias de NiCd e chumbo-ácido estão sujeitas a maior controle pelas empresas.

Destaca-se que o efeito dos metais pesados depende muito de seu estado no produto. Por exemplo, usa-se mercúrio (Hg) nos amálgamas dentários. A resolução permitirá até 250 ppm (0,025%) de Hg nas pilhas; entretanto, não se considera o mesmo estar, em sua maioria, solúvel nas pilhas e, assim, estas seriam consideradas resíduo classe 1, se submetidas à mesma sistemática de classificação de resíduos industriais.

As baterias de NiCd não estão dentro dos limites estabelecidos pela legislação, uma vez que elas contêm cerca de 17% de cádmio (Cd) (VON STURM, 1981, ADAMS, & AMOS 1993). Isso faz com que sua coleta e destinação sejam regulamentas pela Resolução n. 257/99 do Conama. A reciclagem das baterias de NiCd é uma das alternativas propostas pela resolução para a destinação desse tipo de baterias. A lei de crimes ambientais, n. 9.605, prevê punição aos infratores flagrados jogando esses materiais no lixo comum: 1 a 4 anos de prisão e multa. O Brasil é o único país da América do Sul com leis sobre o assunto.

Atualmente, as empresas que comercializam baterias as quais necessitam de coleta e destinação adequadas já possuem um sistema de coleta organizado, e a destinação das baterias recolhidas depende da empresa. Segundo Reidler (2002), que estudou a situação atual das pilhas e baterias no município de São Paulo, o maior problema detectado no sistema de coleta e destinação das pilhas e baterias foi o desconhecimento da legislação por parte da população e de comerciantes.

SITUAÇÃO INTERNACIONAL

As legislações específicas para pilhas e baterias portáteis, no total, foram implementadas na década de 90. No geral, o foco está na restrição do mercúrio em pilhas alcalinas e secas e tipo botão e também nas baterias de NiCd. Contudo, em alguns países como Suíça, Noruega, Suécia e Alemanha, a exigência para a coleta é geral, não se limitando a tipos específicos de pilhas ou baterias (USEPA, 2002a).

Muitos tipos de pilhas e baterias possuem metais pesados e tóxicos em sua composição. Assim, esses materiais são potencialmente perigosos. Nos

aterros sanitários, eles são a principal fonte de mercúrio e cádmio, os quais podem ser lixiviados e, portanto, causar contaminações ao solo e aos lençóis freáticos. Em 1989, 54% do Cd e 88% do Hg contidos nos aterros sanitários eram provenientes desses materiais. Além disso, outras substâncias tóxicas, cloreto de amônio e hidróxido de potássio, também são, normalmente, usados como base do eletrólito (FISHBEIN, 2002).

A tendência observada é a eliminação de mercúrio em pilhas secas e alcalinas e o incentivo ao uso de sistemas com maior vida útil, como as baterias recarregáveis. As baterias de NiCd apresentam tendência de diminuição de seu consumo; entretanto, trata-se de um tipo de bateria para o qual existe tecnologia de reciclagem, enquanto praticamente todas as outras baterias portáteis não são totalmente recicláveis.

A legislação específica para pilhas e baterias aplicadas em todos os estados dos EUA passou a vigorar a partir de 1996 (Mercury-Containing and Rechargeable Battery Management Act), (USEPA, 2002b).

A legislação da União Européia foi aprovada em 1991 (*91/157/EEC – Batteries and Accumulators Directive)*. Em resumo, essa diretiva visara limitar a concentração de mercúrio, cádmio e chumbo nas pilhas, padronizar a identificação das pilhas que podem ser recicladas e desenvolver programas de reciclagem (USEPA, 2002a).

Além disso, a diretiva européia visa atingir metas progressivas, como: até 2008 desenvolver o sistema de coleta de tal forma, que 75% das pilhas e baterias domésticas e 95% das baterias industriais sejam coletadas; até 2009 todo o cádmio deve ser eliminado, e recuperar 55% dos materiais por meio de processos de reciclagem.

A tendência é todas as pilhas e baterias serem coletadas em todos os países da Europa, principalmente as de NiCd.

A proposta da Associação Européia de Fabricantes de Pilhas é limitar a quantidade de mercúrio nas pilhas em 5 ppm e a coleta de todos os tipos de pilhas e baterias em 2003 (USEPA, 2002a).

A legislação austríaca é mais restritiva que a diretiva da União Européia, pois requer a coleta de todos os tipos de baterias. Nesse caso, a responsabilidade pela coleta e destinação fica a cargo dos fabricantes e importadores. O plano da Agência de Proteção Ambiental da Dinamarca é: a partir de 2002, coletar pelo menos 75% das pilhas e baterias. Na Alemanha, desde 1998 (Germany's Batteries Ordinance), a responsabilidade de coleta e destinação também recai sobre o fabricante ou importador. Os consumidores são obrigados a devolver qualquer tipo de pilha, de qualquer fabricante ou comerciante a um sistema de coleta, no qual todos os fabricantes participam. Estima-se que 900 milhões de pilhas de uso doméstico, o que equivale a aproximadamente 30.000 toneladas de pilhas, sejam devolvidas anualmente (USEPA, 2002a).

Existem poucas empresas capacitadas para reciclar pilhas na Europa. Destaca-se a Accurec Deutschland, em Mühlheim (Alemanha), com o processo TERA, subsidiada pelo Ministério do Meio Ambiente alemão. Existem também restrições quanto ao uso de metais tóxicos em pilhas, de maneira que as pilhas contendo esses metais devem possuir identificação.

A Agência de Proteção Ambiental de Taiwan estabelece o recolhimento decrescente de taxas com a quantidade de metais tóxicos presentes, visando estimular a redução destes elementos (USEPA, 2002a).

RECICLAGEM DE PILHAS E BATERIAS

Devido a pressões políticas e novas legislações ambientais, que regulamentaram a destinação de pilhas e baterias em diversos países, alguns processos foram desenvolvidos visando à reciclagem desses produtos.

Em 1999, na Europa, cerca de 76% das baterias de NiCd de uso doméstico ainda eram colocadas em aterros ou incineradas (COX & FRAY, 1999). Esse panorama era semelhante nos EUA (VALIANTE, 1999). A agência ambiental dos EUA, Environmental Protection Agency (EPA) estima que, em 1999, as baterias de NiCd representavam apenas 0,1% em peso do lixo urbano. Todavia, elas se constituíam na maior fonte de cádmio nos incineradores; era estimado que cerca de 75% do cádmio encontrado em incineradores de resíduos urbanos fosse proveniente de baterias de NiCd (VALIANTE, 1999).

Coleta

Um grande problema, quando se pensa na reciclagem de baterias, é a coleta, pois sua eficiência depende não apenas da cooperação da população, mas, principalmente, das indústrias, distribuidores e governo. Pode-se verificar esse problema tomando como exemplo um programa voluntário para reciclagem de baterias de NiCd iniciado na Suécia, em 1993, o qual tinha como objetivo a reciclagem de 90% das baterias de NiCd produzidas até o verão de 1995. O programa falhou, conseguindo apenas a taxa de reciclagem de 35% (VALIANTE, 1999).

A questão da coleta é bastante complexa uma vez que, apesar de a responsabilidade ser do setor público, os custos associados inviabilizam esta operação. Em alguns países existem

legislações específicas a tratarem desse tipo de problema, baseadas no princípio do *poluidor-pagador*. Ou seja, a empresa a qual produz ou importa o material é também a responsável por sua destinação, após o uso pelo consumidor.

Apesar de no país ainda não existir tal legislação, há setores em que ocorrem iniciativas muito interessantes a serem analisadas. O alumínio é um forte exemplo da iniciativa empresarial no sentido de reciclar materiais usados pela população. Atualmente, os índices de reciclagem de alumínio alcançados no Brasil estão entre os maiores do mundo (ABAL, 2001). Além disso, a indústria de reciclagem de latas de alumínio gera milhares de empregos em todo o país, sendo a atividade de "catação" de latas de alumínio fonte de renda para milhares de famílias carentes no país.

Lâmpadas fluorescentes contêm mercúrio na forma de vapor em sua constituição. A quebra dessas lâmpadas promove a liberação do mercúrio para o ambiente. No Brasil existe uma companhia que recebe essas lâmpadas e promove a extração do mercúrio de forma segura, reintroduzindo o bem no mercado e evitando a contaminação do solo. Nesse caso, a iniciativa de reciclagem fica por conta das empresas que enviam, em caixas especiais, as lâmpadas usadas para a empresa a qual realiza o tratamento das mesmas.

De forma análoga ao alumínio, as baterias de chumbo-ácido também são recicladas por empresas especializadas. A forma de coleta dessas baterias acontece em duas estratégias: na primeira, o usuário devolve a bateria na compra de uma nova; porém existem locais onde é possível comprar baterias sem a necessidade da troca, sendo a substituição no carro feita pelo próprio consumidor, dispensando-se a ajuda de um eletricista ou mecânico de automóveis. Assim, os recicladores, em algumas cidades do interior de São Paulo, fazem a aquisição das baterias usadas pelo uso de veículos utilitários com alto-falantes que circulam pela cidade, de maneira semelhante aos vendedores de verduras e frutas.

Nos EUA, a coleta de baterias de chumbo-ácido acontece pela cobrança de um depósito de US$ 5-10, caso o consumidor não devolva a bateria usada. Esse sistema de coleta fez com que a reciclagem desse tipo de bateria, nos EUA, chegasse a cerca de 95-99%, em 1998 (VALIANTE, 1999).

No caso brasileiro, os exemplos de coleta citados acontecem sem incentivo ou mesmo obrigação do governo. Nota-se que para os três resíduos existem três estratégias diferentes encontradas, segundo o perfil da população e do produto. No caso do alumínio e do chumbo, a segregação desses materiais realiza-se, principalmente, movida por fatores econômicos, mas as formas encontradas para adquirir esses resíduos são bastante diferentes.

Para o caso das latas houve, durante um intervalo de tempo, uma eficiente divulgação e conscientização da população, usando os meios de publicidade, sendo esta, em grande parte, patrocinada pelo produtor de latas, que não era reciclador na ocasião, mas sim interessado em manter a imagem de seu produto. No caso do chumbo, a estratégia encontrada foi totalmente diferente, ou seja, existem postos de troca.

O caso das lâmpadas fluorescentes é bastante interessante, uma vez que o custo da segregação é totalmente coberto pelas empresas ou entidades com efetivo interesse ambiental.

Para alguns resíduos, entretanto, não há interesse das empresas geradoras do produto em contribuir para o encaminhamento ambiental aceitável do problema. Nesses casos, existe uma lacuna a ser coberta pela legislação. Assim, deve caber ao poder público formular leis que promovam e responsabilizem as empresas a desenvolverem sistemas de gerenciamento de resíduos sólidos, mesmo quando os mesmos são classificados como urbanos e, principalmente, para os casos de resíduos sólidos com elementos tóxicos ou que possam trazer problemas ao meio ambiente.

Apesar de vários países terem legislações específicas para a destinação de baterias, muitas vezes a coleta não é eficiente. Na Europa, em 1995, cerca de 5% das baterias de NiCd consumidas pela população eram recicladas, já as baterias de NiCd industriais apresentavam uma taxa de reciclagem bem mais elevada, aproximadamente 48% (DAVID, 1995).

Cada país pratica uma estratégia de coleta diferente. Por exemplo, na Alemanha foi testada uma estratégia de coleta conscientizando-se o consumidor a separar e devolver as baterias. Essa estratégia teve uma eficiência muito baixa, pois cerca de 50% das baterias não eram de NiCd. Melhor resultado foi obtido incentivando-se o consumidor a devolver as baterias usadas aos revendedores, que as separam e encaminham para as empresas recicladoras (DAVID, 1995).

No Brasil, o sistema de coleta de baterias recarregáveis está começando e sua eficiência ainda é difícil de inferir. Além disso, nenhuma empresa importadora de baterias de NiCd recicla no país. Atualmente, todas as baterias recarregáveis são passíveis de serem recolhidas pelos revendedores.

Reciclagem

Existem diversos processos consagrados para a reciclagem de pilhas e baterias no mundo, os quais estão

sendo empregados, principalmente, em países mais ricos como EUA, países da Europa e Japão. A legislação brasileira não obriga a reciclagem de pilhas secas e alcalinas, pois estas já apresentam concentrações de metais pesados inferiores aos limites estipulados.

Os principais tipos de baterias recarregáveis de uso doméstico são chumbo-ácido, NiCd, NiMH e íons de lítio. Destas, as baterias de chumbo-ácido foram as primeiras a serem desenvolvidas e sua utilização extensiva pela população também é mais antiga. O processo para sua reciclagem é consagrado e elas são recicladas em diversos países do mundo, os quais também desenvolveram programas de coleta desse tipo de bateria. Assim, mesmo que elas contenham chumbo, um metal tóxico, continuam em uso, não oferecendo muitos riscos ao meio ambiente, já que apresentam altas taxas de reciclagem e não são dispostas em aterros.

A utilização de baterias de NiCd pela população começou a tornar-se mais significativa na segunda metade do século 20, a partir da década de 80, com o aumento do uso de aparelhos eletroeletrônicos. Nessa época, a disposição de baterias de NiCd de uso doméstico em aterros sanitários começou a ser questionada, apesar de ainda não ser considerada um problema. As previsões de descarte de baterias indicavam que este seria um problema em curto período de tempo. Foi realizado um estudo de 100 dias, a mostrar que as pilhas de mercúrio eram corroídas em aterros, liberando seu conteúdo. As pilhas secas também apresentaram corrosão evidente. As baterias de NiCd foram perfuradas, durante o estudo, mas seu conteúdo não tinha sido liberado. Estimou-se que este, dispondo de maior tempo, também seria lixiviado para o chorume do aterro (STEVENS & WRIGHT, 1980).

As baterias de NiMH e de íons de lítio não apresentam metais pesados restringidos pela lei, mas a tendência internacional é para a reciclagem das mesmas. Sua utilização pela população tem aumentado, em substituição das baterias de NiCd.

Infelizmente, a distinção dos diversos tipos de pilhas e baterias, externamente, nem sempre é fácil, fazendo com que elas sejam coletadas juntas. Um fator importante enfatizado na literatura é o efeito da contaminação da carga para ser reciclada com outros tipos de pilhas ou baterias. Em geral, os processos para reciclagem de pilhas secas e alcalinas não aceitam contaminação com baterias de NiCd e vice-versa.

A mistura de baterias de NiCd com pilhas secas e alcalinas, nos processos pirometalúrgicos de reciclagem de pilhas, atualmente deve ser evitada, pois, se houver contaminação da carga, o zinco obtido ficaria contaminado com cádmio. O mesmo valeria para os processos de reciclagem de baterias de NiCd, nos quais o cádmio ficaria contaminado com zinco.

Outro metal volátil que pode contaminar os produtos dos processos pirometalúrgicos é o mercúrio, o qual, além de contaminar o metal reciclado, ainda é um metal tóxico.

Os processos de reciclagem de baterias de NiCd também tratam baterias de NiMH. Contudo, nesses processos, a reciclagem se restringe à recuperação do níquel contido nas baterias de NiMH. Os outros elementos, como as Terras Raras, não são recuperados. Com o intuito de recuperá-las também, processos hidrometalúrgicos estão sendo desenvolvidos, mas ainda em fase de pesquisa.

Outro tipo de bateria de uso doméstico bastante comum é o de íons de lítio. Ainda não há um processo estabelecido para a reciclagem desse tipo de bateria, na qual o metal mais visado para recuperação é o cobalto. Entretanto, pesquisas visando ao desenvolvimento de novos materiais para eletrodos para o sistema de íons de lítio tendem a tentar substituir o cobalto por um metal mais barato, a fim de diminuir o custo final da bateria, atualmente mais caro quando comparado com as baterias de NiCd e NiMH.

Processos para a separação de baterias e pilhas, em função de sua composição química, já estão sendo desenvolvidos. Um desses processos efetua a análise e separação das baterias por raios X (RAUSCH, 1998; SATTER, 1998; WATSON, 1999).

DISCUSSÃO

Hoje, existem vários processos em operação para a reciclagem de baterias de NiCd. Já o sistema de coleta desse produto ainda não está tão estabelecido quanto no caso das baterias de chumbo-ácido. Nos EUA, a empresa Rechargeable Battery Recycling Corporation (RBRC) atua na coleta de baterias de NiCd e envia-as para o processo Inmetco para serem recicladas. Desde 2000, a RBRC também coleta outros tipos de baterias para serem recicladas. Além das enviadas pela RBRC, o Inmetco ainda coleta pelo correio (LANKEY, 1998).

Na Europa, a European Portable Battery Association (EPBA) atua na área de coleta de pilhas e baterias, além de incentivar programas de coleta e separação por intermédio de propagandas e palestras.

No Brasil, não há uma associação ou empresa responsável pela coleta das baterias de NiCd, a qual centralize esforços não apenas para isso, mas também para a informação da população. Essa coleta ficou restrita à iniciativa das empresas importadoras e é

feita de maneira dispersa. Não há um órgão público, associação ou empresa encarregada de coletar esses resíduos. A população, em geral, não está ciente da resolução, com força de lei, que obriga a devolução de alguns tipos de pilhas e baterias, nem se possui algum dos tipos destas, as quais não podem ser dispostas com o lixo doméstico (REIDLER, 2002).

A Resolução n. 257 do Conama, a regulamentar o descarte de pilhas e baterias, não estabelece metas específicas para a coleta das pilhas e baterias que precisam ser coletadas, como acontece na Europa, fazendo com que o esforço para a coleta não seja tão eficiente e deixa a resolução mais branda.

Geralmente, as empresas importadoras de baterias de NiCd apenas as recebem usadas, caso o cidadão a devolva, e somente a aceitam quando é da mesma marca, ficando a cargo daquele "descobrir" como devolvê-la, quando isso é possível. Não há uma campanha de conscientização que informe e incentive as pessoas a encaminharem suas baterias esgotadas para as assistências técnicas da marca utilizada.

As baterias de telefone celular foram as mais evidenciadas, pois quem possui um desses aparelhos sabe da necessidade de recarregar periodicamente e até, eventualmente, trocar a bateria. Entretanto, existem outros produtos eletroeletrônicos os quais podem conter baterias de NiCd em seu interior, como brinquedos, luzes de emergência, ferramentas sem fio, telefones sem fio, filmadoras, *notebooks* e uma infinidade de equipamentos com baterias recarregáveis, cujos donos não sabem qual o tipo de bateria instalada em seu aparelho nem mesmo se ela existe.

As baterias de NiCd de uso doméstico estão sendo substituídas pelas de NiMH e íons de lítio. Como dito anteriormente, estas, apesar de serem consideradas menos agressivas ao meio ambiente, ainda não contam com um processo de reciclagem consagrado, como no caso das de NiCd, além de terem um custo mais elevado para o consumidor.

O atual modelo de gestão de baterias no Brasil possui as contradições e falhas apontadas, mas não se pode tirar o mérito do Conama na iniciativa, pioneira na América Latina.

Contudo, ao contrário do que acontece em outros países, notadamente Estados Unidos e Europa, a possuírem legislação específica sobre baterias, a legislação nacional não promoveu a reciclagem, nem mesmo das que sofreram maiores restrições (como as de chumbo-ácido e de NiCd). Talvez a principal conseqüência seja o desaparecimento do mercado das baterias de NiCd usadas para telefonia celular. Todavia, elas ainda são usadas em outras aplicações.

O banimento do cádmio, preconizado por algumas diretivas européias, aparentemente está cada dia mais longe de ser viável (LETSRECYCLE.COM, 2002). Acrescente-se a isso o fato de as baterias de NiCd serem as únicas a passarem por processos estabelecidos para sua reciclagem. Apesar do potencial poluidor maior do das baterias de NiMH e de íons de lítio, as de NiCd têm um ciclo de vida mais fechado e, conseqüentemente, podem ser consideradas mais "sustentáveis" que as concorrentes.

Acrescente-se ainda a necessidade da adoção de um modelo de crescimento sustentável para o setor de energia. Nesse caso, as baterias industriais de NiCd ainda são uma das principais alternativas, uma vez que os sistemas mais novos (NiMH e íons de lítio) ainda estão longe de apresentarem as mesmas características de desempenho.

Portanto, uma das alternativas para se avançar na direção de um desenvolvimento sustentável nesse setor seria a elaboração de metas específicas de reciclagem, tal como acontece atualmente para os pneus (Resolução n. 258), associada a uma estrutura de gerenciamento e promoção da coleta e reciclagem de todos os tipos de baterias, ficando os custos desse sistema embutidos nos produtos.

Tais ações propiciariam não apenas a implementação de sistemas de educação, coleta e reciclagem, mas também o desenvolvimento de novas baterias mais facilmente recicláveis e contendo menores quantidades de metais tóxicos.

BIBLIOGRAFIA

ADAMS, P. A.; AMOS, C. K. Batteries. In: LORD, H. F. *The McGraw-Hill recycling handbook.* Nova York: McGraw-Hill Inc., 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ALUMÍNIO (ABAL). *Números da Indústria Brasileira de Alumímio – Reciclagem.* Disponível em: <http://www.abal.org.br/numeros/index.cfm?frame= numeros_r eciclagem>. Acesso em: 20 set. 2001.

COX, A.; FRAY, D. J. Recycling of cadmium from domestic, sealed NiCd battery waste by use of chlorination. *Trans. Instn. Min. Metall (Sect. C: Mineral Process. Extr. Metall)*, v. 108, p. C153-C158, set./dez. 1999.

DAVID, J. Nickel-cadmium battery recycling evolution in Europe. *Journal of Power Sources*, v. 57, p. 71-73, 1995.

FISHBEIN, B. *Industry Program to Collect Nickel-Cadmium (Ni-Cd) Batteries*. Disponível em: <http://www.inforninc.org/battery.html>. Acesso em: 3 ago. 2002.

LANKEY, R. *Materials management and recycling for nickel-cadmium batteries*. 212 p. 1998. Tese (Doutorado) – Department of Civil and Environmental Engineering, Carnegie Mellon University. Pittsburgh, 1998.

LETSRECYCLE.COM *Battery Recycling.* Disponível em: <http://www.letsrecycle.com/legislation/ batteries.htm>. Acesso em: 11 out. 2002.

RAUSCH, S. Sorting of spent batteries by a fast X-ray technique in the SORBAREC-process. In: 4th INTERNATIONAL BATTERY RECYCLING CONGRESS. *Anais*. Hamburgo, Alemanha. 1–3 de julho, 1998.

REIDLER, N. M. V. L. *Resíduos gerados por pilhas e baterias usadas: Uma avaliação da situação brasileira 1999-2001*. 183 p. 2002. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

SATTER, H. P. See the label – know the type: A new sorting technique for spent batteries. In: 4th INTERNATIONAL BATTERY RECYCLING CONGRESS. *Anais*. Hamburgo, Alemanha. 1–3 de julho, 1998.

STEVENS, C.; WRIGHT, J.; Disposal of spent batteries. *Chemistry and Industry*, v. 5, p. 527-529, 1980.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). *Product Stewardship – International Initiatives for Batteries*. Disponível em: <http://www.epa.gov/epaoswer/non-hw/reduce/epr/products/bintern.html>. Acesso em: 3 ago. 2002.

___. *Implementation of the Mercury-Containing and Rechargeable Battery Management Act*. Disponível em: <http://www.epa.gov/epaoswer/hazwaste/recycle/battery.txt>. Acesso em: 3 ago. 2002.

VALIANTE, U. Batteries not included. *Hazardous Materials Management.* Jan. 1999. Disponível em: <http://www.hazmatmag.com>. Acesso em: 30 nov. 2001.

VON STURM, F. Secondary Batteries – Nickel-Cadmium Battery. In: BOCKRIS, J. O'M. *Comprehensive Treatise of Electrochemistry.* Nova York: Plenum Press, p. 385-405, v. 3, 1981.

WATSON, N. Post consumer battery sorting: A review of the high speed sorting process in the Netherlands. In: 5th INTERNATIONAL BATTERY RECYCLING CONGRESS. *Anais*. Deauville, França. 27-29 set. 1999.

CAPACITAÇÃO, REPRESENTAÇÃO SOCIAL E PRÁTICA EM EDUCAÇÃO AMBIENTAL

Andréa Focesi Pelicioni

Mestre e doutora em saúde pública pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo – FSP/USP, especialista em educação ambiental pela FSP/USP e pela Macquarie University (Austrália), professora do Centro Universitário das Faculdades Metropolitanas Unidas – UniFMU.
andreapelicioni@uol.com.br

Helena Ribeiro

Mestre em geografia pela University of California – Berkeley (EUA), doutora em geografia pela Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo – FFLCH/USP, livre-docente em saúde pública pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo – FSP/USP. Professora Titular do Departamento de Saúde Ambiental da FSP/USP
lena@usp.br

RESUMO

A diversidade de representações sociais e práticas em Educação Ambiental – EA, bem como os resultados de um levantamento nacional que mostrava a falta de capacitação específica entre executores de projetos de EA, motivaram o desenvolvimento desta pesquisa qualitativa, de doutorado, que buscou identificar representações sociais e práticas em EA, presentes entre educadores ambientais, conhecer os motivos que os levaram a participar de um curso de especialização em EA, e os impactos do mesmo, entre outros objetivos específicos. Quanto aos resultados, foram identificados quatro tipos de representações sociais em EA – conservacionista, romântica, ecossocialista e tecnocêntrica; em relação às práticas relatadas havia uma gradação entre as que focalizavam o indivíduo e suas relações com o mundo, e outras, as quais privilegiavam a resolução de situações-problema; entre as razões que levaram os educadores a fazer o curso destacaram-se a procura de subsídios teóricos e práticos, de intercâmbio de experiências e de valorização profissional. Consideraram que o curso trouxe impactos positivos, pois ampliou o entendimento sobre a EA, possibilitou articular teoria e prática e o exercício da interdisciplinaridade.

PALAVRAS-CHAVE
Educação ambiental, educador ambiental, curso de especialização em educação ambiental, Faculdade de Saúde Pública.

ABSTRACT

The variety of social representations and practices in Environmental Education – EE , as well as the results of a national survey that showed that most environmental educators have not been through continuing education programs in this field motivated the development of this Doctorate research which aimed to identify existing social representations and practices in EE among environmental educators, to know the reasons why they decided to attend a postgraduate specialization program in EE and the impacts of that. The main results showed that there were four types of social representations about EE – conservationist, romantic, ecosocialist and technocentric; their practices varied from those more related to the individual and his relationship to the world and those that focused on problem-solving situations; the main reasons why they attended the course were: to get theoretical and practical subsidies, to exchange experiences, and to improve their professional recognition. They considered that the impacts of the course were positive, for it allowed the participants to improve their understanding about EE, to articulate theory and practice as well as to exercise interdisciplinarity.

KEY WORDS
Environmental education, environmental educator, especialization course in environmental education, Faculdade de Saúde Pública.

INTRODUÇÃO

A educação ambiental, por ser uma construção social, reflete uma ampla gama de representações sociais e práticas. Essa diversidade se justifica em função das diferentes interpretações a respeito das causas e soluções possíveis em relação à problemática socioambiental da atualidade e o papel atribuído à educação ambiental como uma das principais formas de enfrentamento e reversão dessa incômoda realidade.

O Levantamento Nacional de Projetos de Educação Ambiental (MMA/MEC, 1997), elaborado para desvelar o "estado da arte" e subsidiar as discussões presentes na Primeira Conferência de Educação Ambiental realizada em Brasília (DF), em outubro de 1997, mostrou que o estado de São Paulo apresentava o maior porcentual de trabalhos em educação ambiental (17,7%), seguido do estado do Rio de Janeiro (11,7%). A maior parte dos projetos era realizada em ambiente urbano (45,9%), mata atlântica (30,4%), bacias hidrográficas (20,8%) e ecossistemas costeiros (15,1%). Contudo, no que se refere ao pessoal envolvido com a execução dos projetos, apenas 36% tinham feito cursos de capacitação na área.

Em relação à capacitação de recursos humanos, necessidade enfatizada desde a década de 70 em todos os encontros internacionais de educação ambiental, identifica-se uma progressiva oferta de cursos de Educação Ambiental, bastante diversificados em termos de carga horária, objetivos, conteúdos, profissionais e instituições envolvidas.

Há, por exemplo, em todas as regiões do país, cursos de curta duração, caracterizados como cursos de extensão que têm se voltado, geralmente, à sensibilização dos participantes para a problemática ambiental, à divulgação de informações e/ou o ensino de algumas técnicas de dinâmica de grupos.

Já em algumas instituições de ensino superior existem programas de graduação ou de pós-graduação *stricto sensu*, em que a disciplina "Educação Ambiental" é oferecida, e existem ainda cursos de especialização em Educação Ambiental, cujos objetivos são mais amplos e a carga horária maior (no mínimo 360 horas) do que as modalidades mencionadas, pois se trata de formar especialistas em educação ambiental, capacitando-os para que incorporem a dimensão educativa em suas áreas de atuação.

Dentro dessa perspectiva, foi criado, em 1994, o curso de especialização em Educação Ambiental oferecido pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo – FSP/USP. A estrutura do curso foi inicialmente delineada por docentes dos Departamentos de Saúde Ambiental e de Prática de Saúde Pública e, em seguida, foi submetida à discussão e aprimoramento por meio de um workshop, do qual participaram, além dos professores da FSP/USP, educadores de diversas instituições, ambientalistas e outros profissionais envolvidos com a área.

O curso de especialização foi concebido com os objetivos de: 1) criar condições para que seus participantes, profissionais com nível superior, provenientes de diferentes áreas do conhecimento, tivessem a oportunidade de analisar criticamente as inter-relações entre o ser humano, a sociedade em que vive, sua cultura e o ambiente biofísico em que está inserido; 2) propiciar a experimentação de métodos e técnicas educativas coerentes com as abordagens teóricas da educação ambiental, privilegiando enfoques integrados na busca de soluções para problemas complexos; 3) promover o intercâmbio de conhecimentos e experiências trazidas pelas diferentes formações profissionais de alunos e professores; 4) favorecer o desenvolvimento de interlocutores em instituições públicas e privadas, bem como a realização de projetos intersetoriais (PHILIPPI Jr.; PELICIONI, 2000).

A existência de representações sociais diversificadas a respeito da educação ambiental e da problemática socioambiental, bem como os dados do levantamento nacional anteriormente referido, o qual mostrava que na área de educação ambiental predominavam executores de projetos que não tinham capacitação específica, motivaram a realização de pesquisa de doutorado (PELICIONI, 2002) com educadores ambientais participantes, na qualidade de estudantes, dos cursos de especialização em Educação Ambiental promovidos pela Faculdade de Saúde Pública da USP entre 1998 e 2000.

Constituíram objetivos da tese de doutorado o desvelamento das representações sociais sobre a educação ambiental, a identificação das práticas sociais em educação ambiental desenvolvidas pelos educadores, a verificação dos motivos que os levaram a fazer a especialização e os impactos do curso sobre suas vidas pessoais e profissionais, entre outros objetivos específicos, os quais não serão abordados neste artigo devido à limitação de espaço.

METODOLOGIA

Para desenvolver esta pesquisa se optou pela abordagem qualitativa. Em relação à coleta dos dados, foram aplicados 100 questionários e realizadas 21 entrevistas em profundidade, tendo

como sujeitos da pesquisa educadores que, antes de iniciar o curso de especialização, já trabalhavam com educação ambiental. Buscou-se assegurar que a amostra fosse constituída por educadores com diferentes tipos de formação universitária e experiência profissional nesse campo, por exemplo, em órgãos governamentais municipais e estaduais, instituições de ensino, unidades de conservação, organizações não-governamentais, autarquias, empresas privadas, entre outras.

RESULTADOS

Entre os motivos que levaram os educadores ambientais a fazer o curso de especialização em Educação Ambiental destacou-se a procura de subsídios os quais possibilitassem o aprimoramento de sua atuação profissional, a sistematização do trabalho realizado e a ampliação do alcance dos projetos que vinham desenvolvendo. Outras razões, como a possibilidade de avaliar as próprias práticas, de trocar experiências com pessoas atuantes na área e obter diploma de especialista diante de um mercado de trabalho em expansão, também foram mencionadas.

Por meio da análise dos discursos foram identificados quatro tipos de representações sociais a respeito dos objetivos e estratégias da educação ambiental ante a problemática socioambiental.

O 1º tipo atribuía à educação ambiental o objetivo de mudar atitudes e comportamentos de indivíduos por meio de informações, assemelhando-se às propostas da educação conservacionista, abordagem delineada no início do século 20.

O 2º tipo, inspirado por um ideário característico do romantismo do século 19, também atribuía à educação ambiental o objetivo de promover mudanças atitudinais e comportamentais, mas por meio da estratégia do autoconhecimento, da promoção da integração do ser humano à natureza e do estreitamento das ligações afetivas com o mundo.

Nos dois primeiros tipos, portanto, as propostas se apresentavam reduzidas a mudanças individuais, como se isso fosse suficiente para enfrentar a complexa problemática socioambiental da atualidade.

No 3º tipo, a educação ambiental teria um objetivo mais amplo, qual seja, promover transformações não apenas no indivíduo, mas na sociedade, à semelhança das propostas do ambientalismo ecossocialista.

O 4º tipo atribuía à educação ambiental o objetivo de prover instrumentos de gestão ambiental, configurando uma representação social alinhada ao restrito ideário do ambientalismo tecnocêntrico.

Em relação às práticas relatadas pelos educadores, verificava-se uma gradação entre aquelas cujo foco inicial era o indivíduo e suas relações com o mundo e, outras, cujo propósito era a resolução de situações-problema. Os resultados demonstraram existir discrepâncias entre as representações sociais e as práticas realizadas pelos educadores, principalmente devido à falta de apoio e de recursos humanos e financeiros para a realização de projetos sistemáticos, planejados e interdisciplinares de educação ambiental.

Quanto aos impactos relatados, consideraram que o curso colaborou para:

- a ampliação do entendimento a respeito da problemática socioambiental, da educação ambiental e do processo pedagógico ao conferir novos subsídios teóricos e práticos;
- o aprimoramento profissional em decorrência da solidificação de conceitos e do desenvolvimento da visão crítica sobre as próprias práticas em educação ambiental;
- a reformulação ou aperfeiçoamento do trabalho realizado, o aumento do escopo de atuação e/ou a geração de idéias para novos projetos;
- a troca de experiências entre os/as participantes e a formação de vínculos com diferentes interlocutores, representantes de diversas instituições. Em alguns casos foram gerados trabalhos interinstitucionais;
- o exercício da interdisciplinaridade e a articulação entre teoria e prática por meio do desenvolvimento dos projetos de pesquisa e intervenção, atividade obrigatória do programa curricular;
- a ressignificação do papel do/a educador/a;
- o aumento da motivação para atuar na área ao encontrar pessoas portadoras de ideais semelhantes;
- a difusão e discussão de idéias oriundas das aulas e dos textos lidos, tanto no ambiente doméstico quanto no de trabalho;
- a melhoria das relações interpessoais;
- a ampliação das perspectivas profissionais.

ANÁLISE E CONCLUSÕES

Um dos aspectos que mais chamaram a atenção nos discursos dos educadores em relação ao papel da educação ambiental se referia ao objetivo de mudar comportamentos individuais, como se isso fosse suficiente para reverter a situação preocupante em que a humanidade se encontra atualmente. Essa tônica não causa estranhamento, tendo em vista o fato que é a abordagem preferencial de

documentos oficiais da área ambiental, da mídia e de um número expressivo de publicações, os quais refletem as idéias dos patrocinadores e não têm interesse em provocar transformações realmente significativas nas sociedades.

A ênfase na mudança de comportamento individual ofusca a dimensão política das questões socioambientais e, como ressalta a vertente ambientalista ecossocialista, contribui para o prolongamento do *status quo* e para o atraso nas transformações estruturais necessárias. Portanto, é preciso que se realizem, concomitantemente, mudanças individuais e estruturais.

Também foi possível verificar em alguns discursos a utilização da expressão "passar conhecimentos", indicativa de uma abordagem tradicional do processo ensino-aprendizagem. Ora, se a educação ambiental enseja um processo de transformação, e se o educando é considerado sujeito desse processo, a ser realizado em conjunção com outros sujeitos, por meio de um processo participativo e dialógico, há uma grande incoerência em adotar-se uma abordagem tradicional na educação ambiental (PELICIONI, 1998). Em termos práticos, a adoção dessa abordagem pode acarretar no fracasso do processo pedagógico e no limite da própria educação ambiental enquanto uma das formas de enfrentamento da problemática socioambiental.

É preciso chamar a atenção para a necessidade de as práticas em educação ambiental contribuírem para promover uma visão ampla e crítica da problemática socioambiental (PELICIONI; PHILIPPI, 2002), não ficando confinadas a objetivos imediatistas, restritos ao âmbito do indivíduo ou do grupo participante de determinada atividade, e que tampouco promovam uma visão acusatória de um "homem destruidor do meio ambiente", destituído de qualificações maiores e falsamente pertencente a uma humanidade portadora de possibilidades e interesses homogêneos (PELICIONI, 1998).

Enfim, as práticas sociais em educação ambiental não devem mascarar a dimensão política da problemática, sob pena de estarem contribuindo para seu agravamento. Além disso, é necessário serem desenvolvidas ações, tanto em âmbito microssocial quanto macro, que possam realmente ser instituintes de novas relações e promotoras da melhoria da qualidade de vida.

Tomando como referência os depoimentos dos sujeitos deste estudo, é preciso reconhecer que cursos de pós-graduação delineados e desenvolvidos de forma coerente com os princípios da educação ambiental – os quais, entre outras recomendações, advogam o desenvolvimento da visão crítica da problemática socioambiental, o exercício da interdisciplinaridade e a participação ativa do educando no processo de ensino-aprendizagem –, embora não sejam a única forma, conferem possibilidades significativas de aprimorar a qualidade dos trabalhos em educação ambiental desenvolvidos a potencializar a ação transformadora da realidade.

BIBLIOGRAFIA

[MMA/MEC] MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, DOS RECURSOS HÍDRICOS E DA AMAZÔNIA LEGAL/MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO. *Relatório: Levantamento nacional de projetos de Educação Ambiental.* Brasília, DF, 1997.

PELICIONI, A. F. *Educação ambiental na escola: Um levantamento de percepções e práticas de estudantes de primeiro grau a respeito de meio ambiente e problemas ambientais.* 1998. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

___. *Educação ambiental: Limites e possibilidades de uma ação transformadora*. 2002. Tese (Doutorado em Saúde Pública) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

PELICIONI, M. C. F.; PHILIPPI JR., A. Meio ambiente, direito e cidadania: Uma interação necessária. In: PHILIPPI, JR. A.; ALVES, A. C.; ROMERO, M. de A.; BRUNA, G. C. (Eds.). *Meio ambiente, direito e cidadania.* São Paulo: NISAM/Faculdade de Saúde Pública/Signus Editora, 2002.

PHILIPPI Jr., A.; PELICIONI, M. C. F. (Org.) Recursos humanos em educação ambiental: O papel da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo. *Educação ambiental: Desenvolvimento de cursos e projetos*. São Paulo: NISAM/Faculdade de Saúde Pública/Signus Editora, 2000.

A BIOMASSA COMO ALTERNATIVA ENERGÉTICA PARA O BRASIL

Celso Roberto Alves da Silva

Engenheiro civil, formado pela Universidade Mackenzie.
celsorobsilva@sabesp.com.br

Maria Teresa Flosi Garrafa

Engenheira eletrônica, formada pela Faculdade de Engenharia Industrial (FEI).
thegarrafa@uol.com.br

Paulo Laguna Navarenho

Engenheiro civil, formado pela Faculdade de Engenharia São Paulo (FESP).
pnavarenho@sabesp.com.br

Rodolfo Gado

Engenheiro civil, formado pela Universidade Mackenzie.
rgado@sabesp.com.br

Sérgio Yoshima

Engenheiro eletrônico, formado pela Universidade São Judas Tadeu.
syoshima@sabesp.com.br

RESUMO

A geração de energia elétrica no Brasil provém, essencialmente, de duas fontes energéticas: o potencial hidráulico e o petróleo, com grande predominância da primeira. Apesar da importância dessas fontes, elas tendem a sofrer um processo de esgotamento no futuro. O Brasil dispõe de várias alternativas para geração de energia elétrica, dentre as quais se destaca o uso da biomassa. Esta, particularmente, provém de uma grande variedade de recursos energéticos, desde culturas nativas até resíduos de diversas origens. No entanto, a pouca informação a respeito do potencial energético desses resíduos limita seu efetivo aproveitamento.

No intuito de consolidar as informações existentes, o presente trabalho mostra um panorama do potencial de biomassa no Brasil como fonte energética e seus aspectos sociais, econômicos e ambientais.

PALAVRAS-CHAVE

Biomassa, fonte de energia, impactos socioeconômicos, energia limpa, cana-de-açúcar, biodiesel, biogás.

ABSTRACT

There are two essential power sources that have provided electricity in Brazil, and the most used is by hydroelectric power stations and oil.

Nowadays, these sources have occupied an importance place in the world power matrix but there is a tendency to suffer a break due to be drained in the future and more they have left negative impacts to the environmental. However, Brazil has several alternatives to get electricity, where biomass is one of them. A great variety resources provides biomass, since those extracted from native cultures until those gotten by waste of different ways. But the few information about the real power potential of wastes has difficulty using them more effectively.

This work shows Brazil potential figures of biomass as power source, joining several existent information and exploring its economical, social and environmental aspects.

KEY WORDS

Biomass, power source, social and economical impacts, clean energy, sugar cane, biodiesel, biogas.

INTRODUÇÃO

Todos os processos da cadeia energética (produção, transformação, transporte, distribuição, armazenagem e uso final) envolvem uma série de perdas que reduzem a quantidade de energia, efetivamente útil à sociedade, a apenas uma fração do total de energia captada da natureza. Por contingência das próprias leis físicas, um certo nível de perdas é inevitável ao longo da cadeia de transformações energéticas.

Como contrapartida a toda incorporação de um aporte de fontes energéticas, existe a perda da energia degradada, rejeitada para o ambiente externo na forma de calor ou de resíduos (gases, material particulado).

Além disso, o uso de energia também origina impactos sociais e econômicos decorrentes do próprio aproveitamento de recursos naturais. Alguns deles podem ser significativos, mesmo no caso de fontes, em virtude das áreas extensas as quais são necessárias para a produção em grande escala.

Durante muito tempo, utilizando as forças disponíveis da natureza e adequando-as à sua localização, o homem pode gerar, transmitir e consumir energia sem alterar significativamente o ambiente global, o uso do espaço e os modos de produzir ou distribuir bens, de acordo com os modelos sociais, políticos e culturais prevalecentes. Apesar de ter se confrontado com vários episódios de escassez, provocados pela apropriação intensa das fontes disponíveis, como foi o caso da lenha durante a idade média, até a Revolução Industrial a humanidade evoluiu com um consumo de energia relativamente moderado. A inserção de uma nova tecnologia – a máquina a vapor – no modo de produção provocou uma ruptura no sistema, exigindo uma nova ordem de grandeza no uso da energia.

A maioria das negociações ambientais relacionada à energia ainda está a meio termo. A padronização dos critérios de segurança no transporte de petróleo e as diretrizes internacionais para construção de grandes hidrelétricas estão em debate e a Convenção sobre Segurança Nuclear, assim como o Protocolo de Kyoto, ainda aguardam a ratificação dos países signatários.

No âmbito brasileiro, até a década de 70, as grandes barragens e centrais hidrelétricas eram consideradas ícones do desenvolvimento energético e desfrutavam da convicção de serem projetos de baixo impacto, com possibilidade de agregar usos múltiplos (atenuação de cheias e abastecimento de água na região circunvizinha, habilitação de áreas para lazer e aqüicultura), sem oferecer riscos ambientais como a emissão de poluentes.

As mudanças produzidas no ambiente construído se encarregariam de demonstrar conseqüências mais drásticas do que se poderia mensurar. O elevado nível de eutrofização (aumento de nutrientes na água resultante da decomposição orgânica submersa), associado ao descontrole do grau de assoreamento de rios represados favoreceram, em grande parte dos casos, a proliferação de determinadas espécies vegetais e animais (algas, mosquitos, parasitas), comprometendo o equilíbrio ecológico e a qualidade de vida em seu entorno.

Resultados de pesquisas recentes apontam outro problema a ser considerado: a decomposição orgânica da biomassa, submersa nos lagos das represas, produz dióxido de carbono (CO_2) e metano (CH_4) em quantidades similares às termoelétricas, quando considerados períodos históricos relativamente pequenos (menos de 100 anos). Com relação à necessidade da busca de alternativas para a geração de eletricidade, o racionamento de 2001 demonstrou que a manutenção da dependência de mais de 90% da hidreletricidade é estrategicamente arriscada. Além disso, o potencial hídrico de geração de eletricidade a baixo custo é, hoje, bastante limitado, sendo os melhores sítios encontrados na região Norte, distante dos grandes centros consumidores.

A crítica ambientalista ao plano de instalação de um parque termoelétrico movido a gás natural, uma fonte considerada mais limpa que o petróleo, reside, justamente, no aumento da emissão nacional de óxidos de nitrogênio (NO_x), resultantes do processo de queima, e de ozônio de baixa altitude (O_3), formado pela reação fotoquímica do NO_x à radiação solar. Além dos resíduos produzidos no processo de queima, a alta porcentagem de metano (CH_4), contido no gás natural (90%), transforma as perdas potenciais (estimadas em 1% do total) na rede de transporte e distribuição em fontes com contribuição significativa para o aumento do efeito estufa, conforme veremos adiante.

O século 20 ficará conhecido como o século dos combustíveis fósseis, uma vez que o carvão, o petróleo e o gás, praticamente, dominaram o sistema energético de todos os países industrializados. O desenvolvimento e a otimização das tecnologias para utilização desses combustíveis e alguns dos progressos extraordinários os quais testemunhamos, tais como as viagens aéreas e a geração de eletricidade por turbinas a gás, são verdadeiramente notáveis.

Por esses motivos, a tendência era esquecer que, até a metade no século 19, mais de 85% do total da energia usada no mundo era biomassa, na forma de lenha, resíduos da agricultura e de animais.

A tecnologia utilizada naquela época era um tanto primitiva, e não evoluiu de forma significativa devido à predominância das tecnologias mais avançadas de uso dos combustíveis fósseis. Não é surpresa, portanto, que a "biomassa", enquanto fonte de energia, tenha acabado com uma péssima reputação. A esses dados acrescente-se que em grande parte dos países menos desenvolvidos, ainda é muito importante a utilização da lenha, seja para cozinhar ou aquecer, em fornos rudimentares, de eficiência bastante reduzida.

Essa situação está começando a mudar: os combustíveis fósseis não durarão para sempre, sua utilização é a causa de a maioria das agressões ao meio ambiente, as quais hoje testemunhamos, e as tecnologias para aumentar a eficiência da biomassa estarem evoluindo bastante nos últimos anos.

Apresenta-se, assim, a possibilidade do "renascimento" da biomassa nas próximas décadas, de maneira a tornar-se uma fonte de energia tão importante quanto há 200 anos. O sucesso do programa de biomassa no Brasil – especialmente a expansão do uso do etanol, proveniente da cana-de-açúcar como alternativa ao uso da gasolina, são fortes indicadores que as estratégias para se atingir, no futuro, um sistema sustentável, na área de energia, são possíveis e realísticas.

A BIOMASSA COMO FONTE DE ENERGIA

Do ponto de vista energético, biomassa é toda matéria orgânica (de origem animal ou vegetal) que pode ser utilizada na produção de energia. Assim como a energia hidráulica e outras fontes renováveis, a biomassa é uma forma indireta de energia solar. A energia solar é convertida em energia química, pela fotossíntese, base dos processos biológicos de todos os seres vivos.

Embora grande parte do planeta esteja desprovida de florestas, a quantidade de biomassa existente na terra é da ordem de dois trilhões de toneladas; o que significa cerca de 400 toneladas *per capita*. Em termos energéticos, isso corresponde a mais ou menos 3.000 EJ por ano; ou seja, oito vezes o consumo mundial de energia primária (da ordem de 400 EJ por ano).

Uma das principais vantagens da biomassa é que, embora de eficiência reduzida, seu aproveitamento pode ser feito diretamente, pela combustão em fornos, caldeiras, etc. Para aumentar a eficiência do processo e reduzir impactos socioambientais, tem-se desenvolvido e aperfeiçoado tecnologias de conversão eficiente, como a gaseificação e a pirólise.

A médio e longo prazos, a exaustão de fontes não-renováveis e as pressões ambientalistas acarretarão maior aproveitamento energético da biomassa. Mesmo atualmente, a biomassa vem sendo mais utilizada na geração de eletricidade, principalmente em sistemas de cogeração e no suprimento de eletricidade de comunidades isoladas da rede elétrica.

Embora grande parte da biomassa seja de difícil contabilização, devido ao uso não-comercial, estima-se que, atualmente, ela representa cerca de 14% de todo o consumo mundial de energia primária. Esse índice é superior ao do carvão mineral e similar ao do gás natural e ao da eletricidade. Nos países em desenvolvimento, essa parcela aumenta para 34%, chegando a 60% na África.

Hoje, várias tecnologias de aproveitamento estão em fase de desenvolvimento e aplicação. Mesmo assim, estimativas da Agência Internacional de Energia (IEA) indicam que, futuramente, a biomassa ocupará uma menor proporção na matriz energética mundial. Outros estudos mostram que, ao contrário da visão geral, o uso da biomassa deverá se manter estável ou até mesmo aumentar, devido a duas razões, a saber: crescimento populacional; urbanização e melhoria nos padrões de vida.

Um aumento nos padrões de vida leva pessoas de áreas rurais e urbanas de países em desenvolvimento a usar mais carvão vegetal e lenha, em lugar de resíduos (pequenos galhos de árvore, restos de material de construção, etc.). Ou seja, a urbanização não conduz necessariamente à substituição completa da biomassa por combustíveis fósseis. A precariedade e falta de informações oficiais sobre o uso da biomassa para fins energéticos deve-se, principalmente, aos seguintes fatores:

- Trata-se de um energético tradicionalmente utilizado em países pobres e setores menos desenvolvidos;
- trata-se de uma fonte energética dispersa, cujo uso tradicional é muito ineficiente;
- uso tradicional da biomassa para fins energéticos é indevidamente associado a problemas de desflorestamento e desertificação.

Contudo, essa imagem relativamente pobre da biomassa está mudando, graças aos seguintes fatores:

- Esforços recentes de mensuração mais acurada de seu uso e potencial, por meio de novos estudos, demonstrações e plantas piloto;
- uso crescente da biomassa como um vetor energético moderno (graças ao desenvolvimento de tecnologias eficientes de conversão), sobretudo em países industrializados;
- reconhecimento das vantagens ambientais do uso racional da biomassa,

essencialmente no controle das emissões de CO_2 e enxofre.

No Brasil, além da produção de álcool, queima em fornos, caldeiras e outros usos não-comerciais, a biomassa apresenta grande potencial no setor de geração de energia elétrica. Os setores sucroalcooleiro e de papel e celulose geram uma grande quantidade de resíduos, a qual pode ser aproveitada na geração de eletricidade, principalmente em sistemas de cogeração. A produção de madeira, em forma de lenha, carvão vegetal ou toras também gera uma grande quantidade de resíduos, que pode, igualmente, ser aproveitada na geração de energia elétrica.

O aproveitamento da biomassa pode ser feito pela combustão direta (com ou sem processos físicos de secagem, classificação, compressão, corte/quebra, etc.), processos termoquímicos (gaseificação, pirólise, liquefação e transesterificação) ou processos biológicos (digestão anaeróbia e fermentação). A Figura 1 apresenta os principais processos de conversão da biomassa em energéticos.

GERAÇÃO DE ELETRICIDADE A PARTIR DE BIOMASSA

Embora ainda muito restrito, o uso de biomassa para a geração de eletricidade tem sido objeto de vários estudos e aplicações, tanto em países desenvolvidos como em países em desenvolvimento. Entre outras razões estão a busca de fontes mais competitivas de geração e a necessidade de redução das emissões de dióxido de carbono.

Na busca de soluções para esses e outros problemas subjacentes, as reformas institucionais do setor elétrico têm proporcionado maior espaço para a geração descentralizada de energia elétrica e a cogeração (produção combinada de calor útil e energia mecânica).

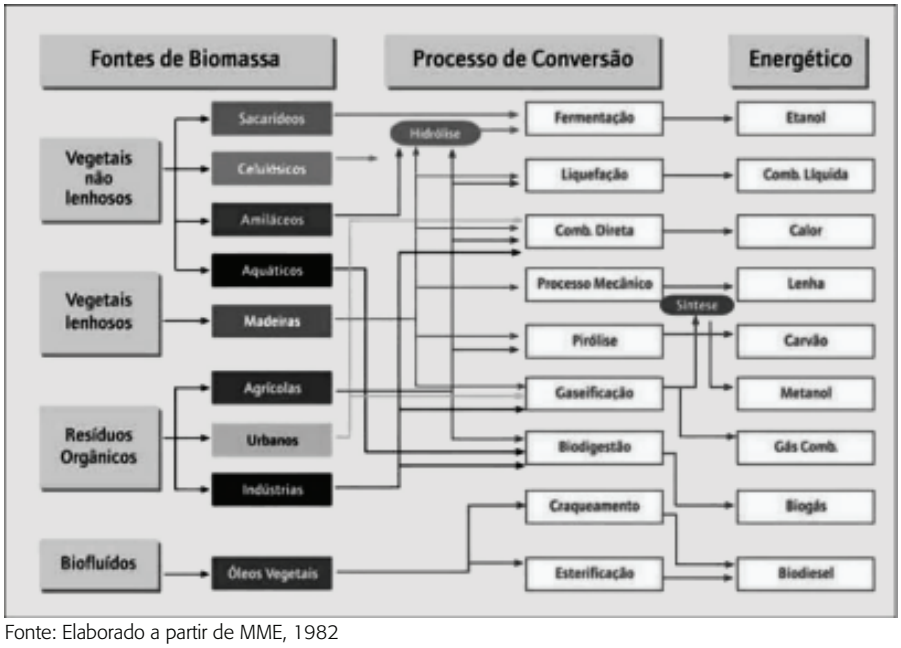
Embora seja difícil avaliar o peso relativo da biomassa na geração mundial de eletricidade, por conta da falta de informações confiáveis, projeções da Agência Internacional de Energia indicam que ela deverá passar de 10 TWh em 1995 para 27 TWh em 2020.

No Brasil, a biomassa representa cerca de 20% da oferta primária de energia. A imensa superfície do território nacional, quase toda localizada em regiões tropicais e chuvosas, oferece excelentes condições para a produção e o uso energético da biomassa em larga escala. Apesar disso, o desmatamento de florestas naturais vem acontecendo por razões essencialmente não-energéticas, como a expansão da pecuária extensiva e da agricultura itinerante.

Segundo dados do Balanço Energético Nacional de 1999, a participação da biomassa na produção de energia elétrica é resumida em 3%, dividida entre o bagaço de cana-de-açúcar (1,2%), os resíduos madeireiros da indústria de papel e celulose (0,8%), resíduos agrícolas e silvícolas diversos (0,6%) e a lenha (0,2%).

Contudo, a conjuntura atual do setor elétrico brasileiro sinaliza um novo quadro para a biomassa no país. Entre outros mecanismos de incentivo ao uso da biomassa para a geração de energia elétrica, destaca-se a criação do Programa Nacional de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica – PROINFA –, instituído pela Medida Provisória n. 14, de 21 de dezembro de 2001. Esse programa tem a finalidade de agregar ao sistema elétrico brasileiro 3.300 MW de potência, instalada a partir de fontes alternativas renováveis, cujos prazos e regras estão sendo definidos e regulamentados pela Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica – GCE – e

Figura 1 – Diagrama esquemático dos processos de conversão energética da biomassa



Fonte: Elaborado a partir de MME, 1982

pelo Ministério de Minas e Energia – MME, com a colaboração de outras instituições, entre elas a ANEEL e a Eletrobrás.

Os principais mecanismos de incentivo previstos no PROINFA são a garantia de compra, por um prazo de até 15 anos, da energia gerada, e o estabelecimento de um valor de referência compatível com as características técnico-econômicas do empreendimento. Entre outros incentivos, destaca-se a redução não-inferior a 50% nos encargos de uso dos sistemas de transmissão e distribuição de energia elétrica.

No que diz respeito à biomassa, particularmente, está sendo elaborado pelo MME e pela GCE um programa de incentivo específico, com a finalidade de agregar ao sistema elétrico nacional, até dezembro de 2003, 2.000 MW de geração de energia elétrica a partir de biomassa. Além dos incentivos previstos pelo PROINFA, deverá haver um programa de financiamento com taxas de juros reduzidas e prazos de carência e amortização coerentes com a natureza dos investimentos.

Além disso, a ANEEL tem estimulado e procurado regulamentar o uso da biomassa na geração de energia elétrica. Entre outras ações, destaca-se a definição de regras para a entrada de novos empreendedores, particularmente autoprodutores e produtores independentes, levando em consideração as peculiaridades e custos desse tipo de geração em sistemas elétricos isolados e interligados.

COGERAÇÃO

Cogeração é um vocábulo de origem americana empregado desde os anos 70 para designar a geração simultânea de calor e trabalho (energia mecânica/ elétrica). Nas unidades de cogeração, o calor e o trabalho são produzidos a partir da queima de um único combustível, com a recuperação de parte do calor rejeitado, qualquer que seja o ciclo termodinâmico empregado.

Dessa forma trata-se de um processo de geração de energia mais eficiente do que simplesmente a geração de energia elétrica, pois a partir da cogeração ocorrem dois produtos. Em conseqüência imediata da maior eficiência, tem-se a menor emissão de poluentes, desde que seja utilizado o mesmo combustível.

É uma tecnologia conhecida e empregada desde o início do século 20, porém, com o passar dos anos, foi perdendo a importância (meados dos anos 70) e a partir da década de 80 foi recuperando sua posição devido às tendências de desregulamentação do setor elétrico em alguns países e à adoção de políticas de racionalização do uso da energia. No final dessa década passou a ser valorizada também pela minimização dos impactos ambientais, com redução das emissões globais de CO_2 (o sistema consome quantidade menor de combustível, comparado com os sistemas convencionais) e pela maior possibilidade de emprego de combustíveis renováveis, como a biomassa.

Devido às limitações econômicas do setor elétrico, dependente da participação do capital privado, a cogeração se apresenta como uma opção interessante na contribuição à oferta de energia elétrica, permitindo a geração descentralizada, com unidades menores, mais flexíveis, próximas aos centros de consumo, além de serem sistemas mais eficientes e menos poluentes.

As tecnologias de cogeração podem ser separadas em dois grandes grupos, de acordo com a ordem relativa de geração de potência e calor: os ciclos *topping* (Figura 2) e os ciclos *bottoming* (Figura 3).

Nas tecnologias que operam segundo o ciclo *topping*, os gases de combustão a uma temperatura mais elevada são utilizados para geração de eletricidade ou de energia mecânica. O calor rejeitado pelo sistema de geração de potência é

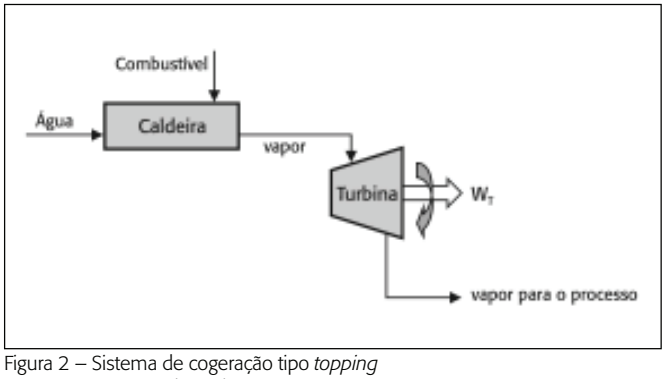


Figura 2 – Sistema de cogeração tipo *topping*
Fonte: VELASQUEZ (2000)

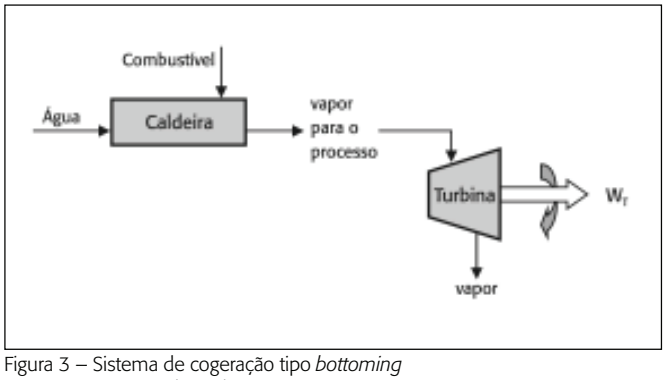


Figura 3 – Sistema de cogeração tipo *bottoming*
Fonte: VELASQUEZ (2000)

utilizado para atender aos requisitos de energia térmica do processo; assim, essa modalidade de cogeração produz energia elétrica ou mecânica para depois recuperar calor, fornecido geralmente na forma de vapor para o processo (podendo também fornecer água quente ou fria e ar quente ou frio). Essa é a configuração mais comum dos processos de cogeração.

As tecnologias que operam segundo o ciclo *bottoming* envolvem a recuperação direta de calor residual (que normalmente é descarregado na atmosfera), para a produção de vapor e energia mecânica ou elétrica (em turbinas de condensação e/ou contrapressão). Nesse tipo de tecnologia, primeiro a energia térmica é usada no processo, e então a energia dos gases de exaustão é utilizada para a produção de energia elétrica ou mecânica.

Apenas os ciclos *topping* podem fornecer real economia na energia primária, pois a maioria das aplicações dos processos requer vapor de baixa pressão, convenientemente produzido neste ciclo.

A produção de eletricidade em um ciclo a vapor, de forma geral, é feita por meio do ciclo de Rankine tradicional com turbina a vapor, o que corresponde a uma tecnologia em uso comercial há mais de 100 anos.

SETOR SUCROALCOOLEIRO

O setor sucroalcooleiro no Brasil possui 377 usinas cadastradas no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; destas, 272 unidades estão localizadas na região Centro-Sul. O estado de São Paulo possui o maior número de usinas; no total são 165 unidades produtoras.

O mercado sucroalcooleiro movimenta em torno de R$ 12,7 bilhões por ano, entre faturamentos diretos e indiretos, o que corresponde a 2,3% do PIB brasileiro, sendo responsável por aproximadamente 1 milhão de empregos diretos.

O estado de São Paulo é também o maior produtor de açúcar e álcool do país, produzindo cerca de 60% do total nacional.

O período de safra na região Centro-Sul acontece entre os meses de maio e novembro, enquanto na região Norte-Nordeste o período é de dezembro a abril.

Bagaço de cana

O bagaço de cana é um grande empecilho nas usinas, pois é produzido em grandes quantidades (30% da cana), ocupa grandes áreas e pode vir a sofrer combustão espontânea. Por outro lado, possui grande porcentagem de fibras, o que lhe concede boas características combustíveis; por esse motivo, juntamente como fato de ser um combustível gratuito, o bagaço de cana é queimado nas caldeiras visando à geração de vapor para o processo.

Tecnologias para geração de eletricidade

A tecnologia utilizada na indústria sucroalcooleira é baseada no ciclo convencional de vapor (ciclo Rankine), usando-se, em grande parte, o bagaço de cana, *in natura*, com 50% de umidade, para a queima em caldeiras que produzem vapor com pressão de 21 kgf/cm^2 e temperatura de 300 ºC em média. Esse vapor aciona uma turbina acoplada a um gerador, produzindo parte da energia elétrica necessária para sua operação.

O vapor gerado pela caldeira não é usado, exclusivamente, para a geração de energia elétrica, porque também é empregado como fluido de trabalho para equipamentos de preparação, moagem da cana e para utilização no processo industrial. Esse tipo de utilização do vapor é chamado de cogeração.

Aspectos socioeconômicos e ambientais

– Geração descentralizada, próxima aos pontos de carga: em particular, nas regiões Sudeste e Centro-Oeste ocorre durante o período de baixa hidraulicidade, podendo complementar de forma eficiente a geração hidrelétrica. A cogeração de eletricidade poderia colaborar com esse objetivo, fornecendo esta às regiões rurais próximas às usinas/destilarias. Com uma eletrificação rural, poderiam ser oferecidas melhores condições de vida àquela população, colaborando para fixar o trabalhador no campo e reduzindo o êxodo rural.

– Utilização de mão-de-obra na zona rural: a geração de empregos é particularmente importante. Na agroindústria canavieira, a mão-de-obra representa 48% do custo total de produção.

– Combustível limpo e renovável: a queima de energéticos oriundos da cana-de-açúcar apresenta balanço de carbono nulo, pois o carbono emitido pela combustão desses materiais é absorvido e fixado pela cana-de-açúcar durante seu crescimento. No entanto, a queima desses combustíveis emite óxidos de nitrogênio; isto ocorre porque o nitrogênio faz parte da constituição química dos vegetais. Esse problema pode ser reduzido aplicando-se lavadores de gases e filtros, já disponíveis comercialmente no país.

SETOR DE PAPEL E CELULOSE

O setor de produção de papel e celulose se caracteriza por um processo produtivo que apresenta uma excelente relação entre as demandas de eletricidade e de calor (vapor) para

efeito de cogeração, além da geração de um combustível importante; intrínseco ao processo – o licor negro.

Além do licor negro (o efluente combustível inerente ao processo, com um poder calorífico em torno de 13.400 kJ/kg), produzido a uma taxa entre 1,0 e 1,4 kg de licor concentrado por quilo de celulose, o setor conta com outros insumos energéticos agregados como cascas, lascas e resíduos de madeira, e cavacos de lenha, utilizados como combustíveis complementares para atender às necessidades energéticas do processo.

O sistema de cogeração utilizado na planta de uma indústria de papel e celulose é composto de turbina a vapor de condensação com duas extrações para atender às demandas térmicas do processo.

Em um sistema de cogeração, o vapor é gerado pela queima de licor negro na caldeira de recuperação química, e de resíduos de madeira e lenha em caldeiras do tipo leito fluidizado (este último, quando necessário para suprir a demanda de vapor no processo).

O processo de produção de celulose demanda vapor a ser utilizado, sobretudo, nos secadores e digestores e vapor de baixa pressão empregados nos evaporadores, entre outros setores.

A central de utilidades recebe da planta industrial a lixívia e os resíduos/ cascas de madeira, queimados em caldeira de recuperação e leito fluidizado, respectivamente, gerando vapor de alta pressão, que aciona o sistema de cogeração fornecendo energia elétrica, vapor de média e de baixa pressão para o processo de fabricação.

Aspectos socioeconômicos e ambientais

O segmento de celulose e papel gera, hoje, cerca de 130 mil empregos, se forem considerados os de natureza direta e indireta. Mas a relevante contribuição social do segmento não é claramente representada por essa imagem, e sim pelos valores de impostos arrecadados anualmente e por seus benefícios socioeconômicos, observados nas regiões as quais cercam os setores das empresas (florestal, industrial, comercial, etc.).

Dando seguimento aos aspectos sociais, não pode ser deixado de lado avaliar a relação existente entre a instalação da unidade produtora de papel e celulose e o desenvolvimento local. A maioria das unidades produtoras, no Brasil, localiza-se próxima à sua área de reflorestamento, levando em conta os altos custos de extração e transporte que seriam gerados, caso suas fábricas ficassem localizadas a grandes distâncias de seus reflorestamentos, provocando, assim, um fenômeno de descentralização e fuga dos grandes centros urbanos.

Tal descentralização, dentro do segmento de papel e celulose, exerce um papel de suma importância, pois consegue obter bons índices de desenvolvimento regionais, gerando empregos e construindo uma estrutura para suportar as necessidades do crescimento da região.

O tema meio ambiente é um assunto de grande importância e preocupação para as indústrias produtoras de papel e celulose, visto que sua matéria-prima básica é fornecida diretamente da exploração controlada de madeira, respeitando leis e normas ambientais rigorosas. Como principais aspectos ambientais do segmento de papel e celulose, destacam-se:

• Reflorestamento: No Brasil, as principais matérias-primas utilizadas pelo segmento de papel e celulose são o eucalipto e o pinus. O setor conta com em torno de 1,4 x 106 hectares de reflorestamentos próprios, principalmente eucalipto (69,2%) e pinus (29,3%), sendo o restante de outras espécies. A produção de celulose é, exclusivamente, feita a partir de madeira oriunda de florestas plantadas, nas quais se incorporam modernas técnicas de silviculturas e de manejo florestal sustentável.

• Reciclagem: Como um rótulo ecológico importante, a reciclagem do papel carrega consigo um apelo, não somente ambiental, mas sim uma solução para a diminuição ou "controle" de aterros sanitários e também uma solução financeira para algumas pessoas que dependem da coleta seletiva para sobreviver. A indústria de papel e celulose, tendo como principal matéria-prima a madeira e gerando resíduos orgânicos em seu processo, é um forte exemplo de utilização da biomassa como uma alternativa energética ambiental.

• Lixívia: A lixívia (licor negro), um resíduo inevitável do processo de fabricação da celulose, altamente tóxico e poluente, comporta inúmeras vantagens em sua recuperação. Nela estão presentes todos os produtos químicos utilizados no processo "sulfato" de fabricação de celulose, e, se não fosse utilizada como combustível, na caldeira de recuperação (com a finalidade de recuperar esses produtos químicos e gerar vapor), deveria ser descartada com elevados impactos ambientais em rios, lagos e lençóis freáticos. Como exemplo, o fato ocorrido em março de 2003 na Indústria de Papel Cataguases, onde toneladas de licor negro poluíram a bacia do rio Paraíba do Sul.

BIODIESEL

A idéia da utilização de óleos vegetais em motores a combustão é quase tão antiga quanto a própria invenção destes. Há mais de 100 anos foram

realizados testes com óleos vegetais em motores estacionários, sendo Rudolf Diesel um empreendedor pioneiro nesse sentido. No entanto, apesar de fazer o motor funcionar de modo satisfatório, os primeiros testes de longa duração revelaram que a utilização de óleos vegetais apresentava alguns inconvenientes. Além disso, com a redução do custo de prospecção do petróleo e aumento da oferta do produto, algumas frações derivadas do refino do óleo cru mostraram-se bastante adequadas à utilização como combustível em motores de combustão interna. Assim, e com o passar dos anos, novos melhoramentos foram realizados tanto no combustível derivado do petróleo quanto no motor que o utilizava, levando ao esquecimento a idéia da utilização direta de óleos vegetais para esse fim. A origem das limitações ao uso automotivo de óleos *in natura* está relacionada com certas características intrínsecas aos óleos vegetais, tais como alta viscosidade, composição em ácidos graxos e presença de ácidos graxos livres, assim como pela tendência que apresentam à formação de gomas por processos de oxidação e polimerização, durante sua estocagem ou combustão. No entanto, vários estudos demonstraram que uma simples reação de transesterificação poderia dirimir muito dos problemas associados à combustão de óleos vegetais, tais como a baixa qualidade de ignição, ponto de fluidez elevado e altos índices de viscosidade e densidade específica, gerando um biocombustível denominado biodiesel, bastante compatível com o óleo diesel convencional. De modo geral, biodiesel é definido como derivados monoalquil éster de fontes renováveis como óleos vegetais ou gordura animal, cuja utilização está associada à substituição de combustíveis fósseis em motores de ignição por compressão interna (motores do ciclo Diesel).

Processo de produção de biodiesel

A transesterificação é um processo químico que consiste da reação de óleos vegetais com um produto intermediário ativo (metóxido ou etóxido), oriundo da reação entre álcoois (metanol ou etanol) e uma base (hidróxido de sódio ou de potássio). Os produtos dessa reação química são a glicerina e uma mistura de ésteres etílicos ou metílicos (biodiesel). O biodiesel tem características físico-químicas muito semelhantes às do óleo diesel e, portanto, pode ser usado em motores de combustão interna, de uso veicular ou estacionário.

Fontes de matérias-primas para a produção de biodiesel

• Óleos Vegetais: Todos os óleos vegetais, enquadrados na categoria de óleos fixos ou triglicerídicos, podem ser transformados em biodiesel: grão de amendoim, polpa do dendê, amêndoa do coco de dendê, amêndoa do coco da praia, caroço de algodão, amêndoa do coco de babaçu, semente de girassol, baga de mamona, semente de colza, semente de maracujá, polpa de abacate, caroço de oiticica, semente de linhaça, semente de tomate, entre muitos outros vegetais em forma de sementes, amêndoas ou polpas.

• Gorduras de Animais: Os óleos e gorduras de animais possuem estruturas químicas semelhantes as dos óleos

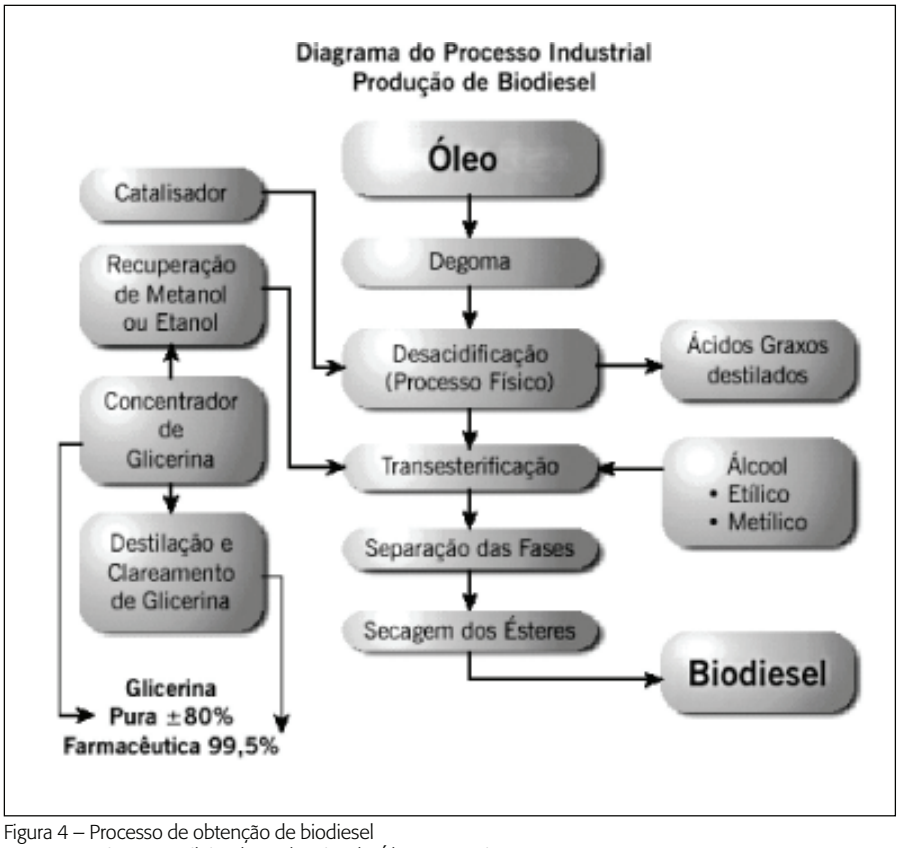


Figura 4 – Processo de obtenção de biodiesel
Fonte: Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais – ABIOVE

vegetais. Como moléculas triglicerídicas de ácidos graxos, também podem ser transformadas em biodiesel: o sebo bovino, os óleos de peixes, o óleo de mocotó, a banha de porco, entre outras matérias graxas de origem animal.

• Óleos e Gorduras Residuais: Os óleos e gorduras residuais, resultantes de processamentos domésticos, comerciais e industriais: as lanchonetes e as cozinhas industriais, comerciais e domésticas, onde são praticadas as frituras de alimentos; as indústrias nas quais processam frituras de produtos alimentícios, como amêndoas, tubérculos, salgadinhos, e várias outras modalidades de petiscos; os esgotos municipais, onde a nata sobrenadante é rica em matéria graxa, é possível extrair-se óleos e gorduras; águas residuais de processos de certas indústrias alimentícias, como as indústrias de pescados, de couro, etc.

Biodiesel no Brasil

Os estudos e testes sobre combustíveis alternativos e renováveis no Brasil não são recentes. Na década de 20, o Instituto Nacional de Tecnologia (INT) já desenvolvia pesquisas nessa direção. Desde a década de 70, esse instituto, com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e com a Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC), vêm desenvolvendo pesquisas relativas à utilização de óleos vegetais como combustível, dentre as quais merece destaque o DENDIESEL, baseado no óleo de dendê.

Em 1983, o governo federal, motivado pela alta nos preços de petróleo, lançou o Programa de Óleos Vegetais (OVEG), no qual foi testada a utilização de biodiesel e misturas combustíveis em veículos que percorreram mais de 1 milhão de quilômetros. É importante ressaltar que essa iniciativa, coordenada pela Secretaria de Tecnologia Industrial, contou com a participação do setor privado, como institutos de pesquisa, indústrias automobilísticas e de óleos vegetais, fabricantes de peças e produtores de lubrificantes e combustíveis.

Embora tenham sido desenvolvidos vários testes com biocombustíveis, dentre os quais o éster etílico de soja puro e a mistura 30% de éster etílico de soja e 70% de óleo diesel (cujos resultados constataram a viabilidade técnica da utilização do biodiesel como combustível) e realizadas diversas tentativas para o desenvolvimento de mercado para o produto, os elevados custos de produção em relação ao óleo diesel impediram seu uso em escala comercial.

Com a elevação dos preços do óleo diesel e o interesse do governo federal em reduzir sua importação, o biodiesel passou a ser visto com maior interesse, levando o Ministério da Ciência e Tecnologia a lançar o Programa Brasileiro de Desenvolvimento Tecnológico do Biodiesel (Probiodiesel), em 30 de outubro de 2002, pela Portaria Ministerial n. 702. Ele tem como objetivo fomentar a produção e utilização do biodiesel no país, de modo a atingir sua viabilidade técnica, socioambiental e econômica. Na primeira fase, encerrada em 2003, foram testados o éster etílico e metílico de soja e etanol. Na fase II, que deverá se estender até 2005, serão desenvolvidas as cadeias produtivas do biodiesel produzido a partir de outros óleos vegetais e/ou óleos residuais. O programa prevê, para 2005, o uso comercial de misturas com 5% de biodiesel e 95% de óleo diesel (mistura B5), esperando-se para 2010 o aumento da participação do biodiesel para 10% (B10) e até 2020 para 20% (B20).

Além do Probiodiesel, há alguns projetos de lei tramitando no Congresso, prevendo a inclusão do biodiesel na matriz energética brasileira. Desses, cabe destacar o PL n. 6983/2002, o qual prevê a mistura de 5% de biodiesel no diesel, a partir de janeiro de 2004, e 15% a partir de 2006, e o PL n. 526/2003, que regulamenta o uso do biodiesel no Brasil.

Aspectos socioeconômicos e ambientais

O biodiesel é um combustível renovável e, portanto, uma alternativa aos combustíveis tradicionais, obtidos do petróleo. Sua utilização traz uma série de vantagens ambientais, econômicas e sociais.

Em termos ambientais, uma das mais expressivas vantagens trazidas pelo biodiesel refere-se à redução da emissão de gases poluentes. Estudos realizados pela Universidade de São Paulo demonstram que a substituição do óleo diesel mineral pelo biodiesel resulta em reduções de emissões de 20% de enxofre, 9,8% de anidrido carbônico, 14,2% de hidrocarbonetos não-queimados, 26,8% de material particulado e 4,6% de óxido de nitrogênio.

Os benefícios ambientais podem, ainda, gerar vantagens econômicas. O país poderia enquadrar o biodiesel nos acordos estabelecidos no Protocolo de Kyoto e nas diretrizes dos Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL), já que existe a possibilidade de venda de cotas de carbono por intermédio do Fundo Protótipo de Carbono (PCF), pela redução das emissões de gases poluentes e também créditos de "seqüestro de carbono", por meio do Fundo Bio de Carbono (CBF), administrados pelo Banco Mundial.

Outra vantagem econômica é a possibilidade de redução das importações de petróleo e diesel refinado. Segundo estatísticas da Agência Nacional do Petróleo (ANP), o consumo brasileiro de óleo diesel apresentou um

crescimento acumulado de 42,5%, no período de 1992 a 2001. Para suprir a demanda crescente, foi necessário aumentar o volume importado do combustível, de 2,3 milhões de m^3, em 1992, para 6,6 milhões de m^3, em 2001. É importante destacar que, em 1992, 8,5% do consumo brasileiro de óleo diesel era suprido via importações. Em 2001, essa participação já havia saltado para 16,5%. De acordo com a ANP, cada 5% de biodiesel misturado ao óleo diesel consumido no país representa uma economia de divisas em torno de US$ 350 milhões/ano.

O aproveitamento energético de óleos vegetais e a produção de biodiesel são também benéficos para a sociedade, pois gera postos de trabalho, especialmente no setor primário. Outro aspecto positivo de sua utilização refere-se ao aumento da oferta de espécies oleaginosas, as quais são um importante insumo para a indústria de alimentos e ração animal, além de funcionarem como fonte de nitrogênio para o solo.

BIOGÁS

Até há pouco tempo, o biogás era simplesmente encarado como um subproduto, obtido a partir da decomposição anaeróbica (sem presença de oxigênio) de lixo urbano, resíduos animais e de lodo proveniente de estações de tratamento de efluentes domésticos. No entanto, o aquecimento da economia nos últimos anos e a subida acentuada do preço dos combustíveis convencionais têm encorajado as investigações na produção de energia, a partir de novas fontes alternativas e economicamente atrativas, tentando, sempre que possível, criar formas de produção energética que possibilitem a redução do uso dos recursos naturais esgotáveis.

Diante do grande volume de resíduos provenientes das explorações agrícolas e pecuárias, assim como aqueles produzidos por matadouros, destilarias, fábricas de laticínios, tratamentos de esgotos domésticos e aterros sanitários, a conversão energética do biogás se apresenta como uma solução a agregar ganho ambiental e redução de custos na medida em que reduz o potencial tóxico das emissões de metano, ao mesmo tempo em que produz energia elétrica.

Processo de formação do biogás

O processo consiste na decomposição do material pela ação de bactérias (microrganismos acidogênicos e metanogênicos). Trata-se de um processo simples, que ocorre naturalmente com quase todos os compostos orgânicos.

O tratamento e o aproveitamento energético de dejetos orgânicos (esterco animal, resíduos industriais, etc.) podem ser feitos pela digestão anaeróbica em biodigestores, na qual o processo é favorecido pela umidade e aquecimento. Este é provocado pela própria ação das bactérias, mas, em regiões ou épocas de frio, pode ser necessário calor adicional, pois a temperatura deve ser de pelo menos 35 °C.

Em termos energéticos, o produto final é o biogás, composto, essencialmente, por metano (50% a 75%) e dióxido de carbono. Seu conteúdo energético gira em torno de 5.500 kcal por metro cúbico.

Principais tecnologias de conversão do biogás

Existem diversas tecnologias para efetuar a conversão energética do biogás. Entende-se por conversão energética o processo que transforma um tipo de energia em outro. No caso do biogás, a energia química contida em suas moléculas é convertida em energia mecânica por um processo de combustão controlada. Essa energia mecânica ativa um gerador o qual a converte em energia elétrica.

Não podemos esquecer de mencionar o uso da queima direta do biogás em caldeiras para cogeração e do surgimento de tecnologias remanescentes, porém atualmente não comerciais, como a da célula combustível. Mas as turbinas a gás e os motores de combustão interna do tipo "ciclo Otto" são as tecnologias mais utilizadas para esse tipo de conversão energética.

Aspectos socioeconômicos e ambientais

O primeiro fator a ser analisado é o da utilização de um gás combustível de baixo custo, uma vez que o biogás é um subproduto de um processo de digestão anaeróbica e, normalmente, é desprezado, ora emitido diretamente na atmosfera e agravando o impacto ambiental por meio da emissão de gases de efeito estufa, ora pela queima em "flares" para minimizar o impacto ambiental.

Uma receita adicional pode ser gerada pela venda do gás ou pelo uso do mesmo na geração de energia elétrica. É importante salientar que, no caso do tratamento de esgoto, o uso do biogás para geração de energia elétrica possibilita a redução do consumo de energia, enquanto, no caso de um aterro sanitário, possibilita a venda da energia elétrica gerada à rede.

A emissão do biogás para a atmosfera provoca impactos negativos ao meio ambiente e à sociedade, pois contribui para o agravamento do efeito estufa pela emissão de metano (CH_4) na atmosfera (o impacto do metano é 24 vezes maior que o do dióxido de carbono (CO_2), provocando odores

desagradáveis pela emissão de gases fétidos e tóxicos, sobretudo pela concentração de compostos de enxofre presentes no gás, além de uma pequena, mas não-desprezível, presença de bactérias responsáveis pela digestão anaeróbica dos resíduos orgânicos. A presença do metano no biogás sugere que o mesmo seja queimado em "flare", por exemplo, para que seja convertido para dióxido de carbono (CO_2) pelo processo de combustão, com o objetivo de minimizar o impacto ambiental provocado pela emissão de gases de efeito estufa.

O aproveitamento energético do biogás, gerado pela digestão anaeróbica de resíduos, contribui com a preservação do meio ambiente e também traz benefícios para a sociedade:

• Promove a utilização ou reaproveitamento de recursos "descartáveis" e/ou de baixo custo (o biogás é considerado como um gás residual de processo);

• colabora com a não-dependência de uma única fonte de energia fóssil (oferecendo uma maior variedade de combustíveis);

• possibilita a geração descentralizada de energia (gerando-a em comunidades isoladas);

• aumento da oferta de energia;

• geração de empregos para pessoas menos qualificadas;

• reduz os odores e as toxinas do ar que contribuem para a poluição do ar local;

• diminui as emissões poluentes pela substituição de combustíveis fósseis;

• colabora para a viabilidade econômica dos aterros sanitários e estações de tratamento de esgoto, aumentando a viabilidade do saneamento básico;

• reduz significativamente a emissão de gases efeito estufa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Brasil apresenta condições favoráveis para se tornar uma grande potência no que diz respeito a fontes renováveis de energia, sobretudo a biomassa, dado os seguintes fatores:

– Vasta extensão territorial, propícia à agricultura alimentícia e possível de (re)florestamento;

– condições bioclimáticas e a experiência atingida quanto ao trato e exploração florestal a permitirem a obtenção de produtividade quatro a cinco vezes superiores às obtidas nos países de clima temperado (essencialmente os países desenvolvidos);

– a existência de grande quantidade de biomassa disponível pela expansão da fronteira agrícola e implantação de grandes projetos na região Norte e a existência de excedente de bagaço de cana na indústria sucroalcooleira;

– o aprimoramento das tecnologias de transformação e o surgimento de novas, possibilitando melhores rendimentos.

Como conseqüência, os fatores acima apresentados trazem alguns benefícios, dentre os quais citamos:

• incentivo à produção agrícola e florestal, ambas em ascensão;

• incentivo ao desenvolvimento de novas tecnologias;

• geração de energia descentralizada e possibilidade de fornecimento de energia excedente às concessionárias locais;

• geração de empregos na zona rural, diminuindo o êxodo para as grandes metrópoles;

• desenvolvimento sustentável (qualidade de vida, transporte e energia);

• menor emissão de poluentes na atmosfera;

• balanço de carbono praticamente nulo, o que incentiva a venda de créditos de carbono para os países desenvolvidos.

A experiência nacional de geração de energia a partir da biomassa tem maior tradição na indústria sucroalcooleira, mostrando-se plenamente viável sob os pontos de vista técnico, operacional e econômico.

É recomendável, portanto, que as experiências operacionais de geração de energia elétrica com biomassa florestal na região Norte, como as dos sistemas eletricamente isolados e a dos reservatórios de usinas hidrelétricas concretizem-se, possibilitando o aproveitamento de grande potencial florestal o qual estará disponível nos próximos anos. No caso do bagaço de cana, cuja experiência operativa se encontra mais aprofundada, requer-se incentivos institucionais, técnicos e financeiros por parte do governo federal a possibilitar a implantação de um programa de cogeração na indústria sucroalcooleira.

Quanto ao aproveitamento das extensas áreas reflorestáveis, recomenda-se programas pilotos que desenvolvam a experiência florestal e tecnológica de usinas com alto rendimento energético de modo a possibilitar, em um futuro próximo, a execução de programas de geração térmica da biomassa florestal de porte tal, que venham a contribuir com a complementação do sistema hidrelétrico, principalmente nas regiões nas quais já se vislumbra o esgotamento do potencial de recursos hídricos.

Considerando-se as alternativas apresentadas hoje e as perspectivas para o setor elétrico no Brasil, discute-se a potencialidade do uso de biomassa nas usinas termoelétricas já existentes. O custo de produção de MWh (nuclear, carvão ou óleo) é elevado em relação às hidrelétricas, apesar de apresentarem

períodos de construção, no caso das termoelétricas a óleo, de três anos somente. Foi considerada a possibilidade de operação de termoelétricas a bagaço de cana com operação em 11 meses/ano, ampliando-se a discussão sobre a possibilidade de trabalhar não só com bagaço excedente, mas também com a palha da cana-de-açúcar, resíduos provenientes do processo de fabricação de papel e celulose, e até mesmo bagaço de laranja.

Energeticamente, as vantagens para o país são devidamente atraentes. Lançando mão de uso de recursos locais e renováveis, diminuindo-se a pressão futura sobre o balanço de pagamentos, com uma importação de petróleo compatível às receitas das exportações e a despesa das importações totais, além de internacionalizar a geração de benefícios. Afora isso, a remuneração das usinas sucroalcooleiras, pelas noções de custo evitado, gera nova receita aos produtores e transfere ao setor privado, que já produz álcool combustível, também a responsabilidade pela geração de energia, evitando a construção de novas centrais térmicas pelas concessionárias de energia elétrica. Como autoprodutores, essas empresas também economizariam na construção de redes de transmissão de energia, com a eliminação das linhas de transmissão, pois o abastecimento seria obtido da própria fonte.

Quanto à questão ambiental, a energia da biomassa não apresenta aspectos críticos com relação ao processo de conversão. Praticamente o único efluente a requerer controle específico em uma termoelétrica é material particulado dos gases de combustão. O uso de precipitadores ou filtros de mangas leva o nível de emissão desse poluente a valores aceitáveis pelas legislações mais rigorosas.

O assunto mostra outra face quando se aborda o lado da obtenção do combustível. É inegável que para algumas situações o aproveitamento de biomassa pode ser extremamente benéfico, como no caso de resíduos urbanos agrícolas e industriais (lixo, esgoto), evitando problemas com a disposição final.

Finalmente, entendemos que o uso da biomassa na geração de energia elétrica constitui-se em uma das opções mais viáveis para a participação do capital privado, no atendimento da parcela do mercado de eletricidade no Brasil.

Algumas questões ficam no ar após a realização do trabalho:

1 – Como a prática da biomassa, tão antiga e ambientalmente correta, pôde ser esquecida pela humanidade?

2 – Por que o combustível à base de cana-de-açúcar (o álcool), nacional e de tamanho valor de interdependência energética, não se perpetuou com sucesso?

3 – O que se pode fazer para que a implementação desses programas se tornem ações definitivas e permanentes?

BIBLIOGRAFIA

ATLAS de Energia Elétrica do Brasil. Brasília, DF: Agência Nacional de Energia Elétrica. 2002. 153 p.

COELHO, S. T. *Mecanismos para implementação da cogeração de eletricidade a partir de biomassa. Um modelo para o estado de São Paulo*. 1999. 278 p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

COELHO, S. T; SILVA, O. C.; CONSÍGLIO, M.; PISETTA, M.; MONTEIRO, M. B. C. A. *Panorama do potencial de biomassa no Brasil – Projeto BRA/00/029 – Capacitação do setor elétrico brasileiro em relação à mudança global do clima*. Brasília, DF: ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, 2002. 80 p.

COSTA, D. F. *Biomassa como fonte de energia, conservação e utilização*. 2002. 38 p. Monografia (Especialização). Instituto de Energia / Escola Politécnica – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

PARENTE, E. J. S. *Biodiesel: Uma aventura tecnológica num país engraçado*. Fortaleza: Tecbio Tecnologias Bioenergéticas Ltda, 2003. 66 p.

VELÁZQUEZ, S. M. S. G. *A cogeração de energia no segmento de papel e celulose: Contribuição à matriz energética do Brasil.* 2000. 205 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

Visita à Unidade Fabril da Klabin Monte Alegre – Telêmaco Borba/PR.

Sites:
www.cenbio.org.br
www.aneel.org.br
www.iee.usp.br
www.unica.com.br

A APLICAÇÃO DE NITRATO DE AMÔNIO PARA O CONTROLE DE ODORES EM SISTEMAS DE COLETA DE ESGOTOS SANITÁRIOS

Teodosia Basile Liliamtis

Engenheira química pela Universidade de Mogi das Cruzes, mestre e doutoranda em saúde pública pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo.
Teodosia@usp.br

Pedro Caetano Sanches Mancuso

Engenheiro industrial pela Faculdade de Engenharia Industrial da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, mestre e doutor em saúde pública pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, professor doutor do Departamento de Saúde Ambiental da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo.
mancuso@usp.br

RESUMO

A presença de sulfetos, freqüentemente o sulfeto de hidrogênio, é responsável pela geração de odor, como também pela corrosão nas instalações de tratamento de esgotos. O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de identificar e analisar a questão da geração de maus odores na rede coletora de esgotos do município de Pereira Barreto, com ênfase na formação do sulfeto de hidrogênio, focalizando a questão como problema de saúde pública, e também analisar o método de controle implantado em sua rede de esgotos para minimizar o odor freqüente e intenso. Dos resultados obtidos, concluiu-se que o método de nitrificação com a aplicação do nitrato de amônio, revelou-se eficaz em inibir a produção de concentrações de gás sulfídrico (H_2S) superiores a 1,0 mg/L de H_2S. Entretanto, para a região na qual se encontra a lagoa de estabilização, a dosagem de nitrato de amônio ao esgoto apresentou-se inadequada, sendo necessário reavaliá-la. Os sintomas apresentados pelos entrevistados decorrentes da exposição ao odor freqüente e ofensivo, como dor de cabeça, náusea, ardor nasal, tontura e alterações no estado de humor, vieram a desaparecer, quando o odor passou a ser controlado e sua intensidade diminuída.

PALAVRAS-CHAVE
Odor, gás sulfídrico, nitrato de amônio, saúde pública.

ABSTRACT

The presence of sulfides, particularly the hydrogen sulfide, are caused to emanate odor and corrosive attack on pipe line from the wastewater treatment facilities. The present research work was developed in order to identify and analyze the creation of bad odors matter in the sewer system in the city of Pereira Barreto, giving emphasis to the formation of hidrogen sulfide, focusing it as a public health problem, and also analyzing the control method implemented in the sewer system to reduce frequent and intense odor. The nitrification method with the ammonia nitrate is eficient to inhibit the production of the sulphydric gas concentrations were at over 1,0 mg/L H_2S. However, the area that is found the stabilization lagoon, the dosage of the ammonia nitrate in the sewer system was not inadequate, it is necessary to evaluate again. The symptoms presented by the people had been exposed to the frequent and ofensive odor were: headache, nausea, nose irritation, dizziness and mood alterations. These symptoms were disappeared as soon the odor was once controlled and the intensity was reduced.

KEY WORDS
Odor, sulphydric gas, ammonium nitrate, public health.

INTRODUÇÃO

A problemática do odor associada aos sistemas de esgotos urbanos é uma questão extremamente complexa e pouco abordada no campo da saúde pública e ambiental.

Uma causa importante de odor nas coleções de águas residuárias é atribuída à geração de sulfetos, principalmente ao sulfeto de hidrogênio (H_2S). A presença de sulfetos é também responsável pela corrosão das tubulações de concreto nas instalações de tratamento de esgotos.

O processo de geração de odor ocorre, fundamentalmente, pela presença de sulfetos em esgotos, principalmente em decorrência de atividade biológica.

Por outro lado, a formação de atividades biológicas favorece a produção de gases não derivados de sulfetos, os quais podem ser odoríferos e inodoros.

Em algumas situações, a produção de odor no esgoto não resulta de atividade química ou biológica, mas da introdução de fatores externos, como os despejos industriais.

De acordo com o guia de primeiros socorros para o sulfeto de hidrogênio da USEPA (2001), a toxicidade do H_2S ocorre por inalação ou pelo contato com a pele e olhos. Os efeitos do odor na saúde são vários como:

• exposição aguda – taquicardia, palpitações cardíacas, arritmias cardíacas, bronquites, edemas pulmonares, depressão respiratória e também, possivelmente, uma paralisia respiratória;

• os efeitos neurológicos incluem: vertigem, irritabilidade, dor de cabeça, tontura, tosse, convulsões e até o estado de coma. Náusea, vômito e diarréia são geralmente observados.

A exposição ao gás sulfídrico pode também provocar irritação na pele, lacrimejamento, incapacidade de percepção de odores, fotofobia e visão embaçada.

A bibliografia consultada, até o momento, permitiu identificar que em vários países existe preocupação com relação à ocorrência de odores.

No Brasil, a problemática da emissão de odores provenientes de fontes de poluição como: plantas industriais, usinas de tratamento de resíduos sólidos e estações de tratamento de esgotos, ainda não vem sendo regulamentada de forma específica.

No tocante ao H_2S existe legislação, em âmbito estadual, para o controle de emissão do gás na água, expressa no Decreto n. 8.468 de 8 de setembro de 1976, em seu artigo 19-A, a restringir o limite de lançamento de sulfeto em sistemas de esgoto a 1 mg/L.

Assim sendo, problemas relacionados a exposições contínuas de seres humanos a substâncias odorantes, como os trabalhadores de ETEs, além de moradores, transeuntes e trabalhadores em áreas próximas às estações de tratamento, devem ser priorizados à luz da saúde pública e ambiental.

OBJETIVOS

• Identificar e analisar a questão da geração de maus odores na rede coletora de esgotos do município de Pereira Barreto, com ênfase na geração do sulfeto de hidrogênio, focalizando a questão como problema de saúde pública;

• Analisar o método de controle de odor utilizado para combater os maus odores exalados pelo sistema de esgoto da cidade; e,

• Identificar, por meio de um questionário "próprio", os efeitos do odor na saúde da população e a percepção desta com relação ao odor antes e depois da técnica da aplicação do nitrato de amônio implantada.

O PROBLEMA DA GERAÇÃO DE ODOR NO SISTEMA DE ESGOTO DE PEREIRA BARRETO

Histórico

Em 1979, a Companhia Energética de São Paulo (Cesp) iniciou a construção da Usina Hidroelétrica (UHE) de Três Irmãos, no município de Pereira Barreto, com a finalidade de exploração do rio Tietê para a produção de energia elétrica. A obra foi concluída em março de 1991, contudo, produziu sérios danos ao meio ambiente, apontados, inclusive, no Estudo de Impacto Ambiental (EIA). Dentre eles devemos ressaltar a elevação do lençol de água e a contaminação do esgoto urbano, cujo sistema de disposição entrou em colapso.

O antigo e precário tratamento de esgotos sanitários que atendia em torno de 63% da população urbana da cidade foi reformulado pela Cesp.

O novo sistema de esgoto implantado pela Cesp e elaborado pela Coplasa Engenharia de Projetos S/A, em 1983, inclui cinco sub-bacias de esgotamento com vazão total de 8.800 m^3/dia (coeficiente de retorno de 0.8), cada uma delas contando com uma estação elevatória. Cada sub-bacia bombeia seus efluentes para a sub-bacia vizinha. Assim, os efluentes da EE-2 são bombeados para a EE-1 e desta para a EE-5. O esgoto da EE-4 é recalcado para a EE-3 e desta para a EE-5. As estações elevatórias EE-1, EE-2 e EE-3 localizam-se na área urbana, enquanto a EE-4 e a EE-5 na área rural.

Da EE-5 o esgoto é recalcado pelo emissário até a caixa de passagem e desta por gravidade, até a estação de tratamento, constituída por um conjunto de lagoas de estabilização (anaeróbia e facultativa), de onde o efluente é

encaminhado para o lago do reservatório da UHE de Três Irmãos, a jusante da cidade. Esse sistema foi proposto em função do relevo topográfico da cidade e das possibilidades de assentamento dos coletores.

Ação pública ambiental

Em novembro de 1991, a Promotoria Pública do Meio Ambiente entrou com uma ação civil pública ambiental cautelar (Processo n. 318/91 da 2ª. Vara da Comarca de Pereira Barreto) contra a Cesp por danos causados ao meio ambiente, estipulando multas e prazos para a solução dos problemas.

Entre os danos ambientais temos a remessa de resíduos de esgoto *in natura* no rio Tietê e o odor desagradável produzido e exalado pelo esgoto em todas as estações elevatórias, nas caixas de passagens, em algumas regiões da cidade e dentro das residências.

Caracterização do odor proveniente do sistema de esgoto

Da análise do desempenho hidraúlico do sistema de esgoto realizado pela Cesp, constatou-se que vários foram os fatores a propiciarem a decomposição de material orgânico e, conseqüentemente, ao desprendimento do gás sulfídrico em tempo insuficiente de atingir-se o sistema de tratamento. Dentre eles, destacam-se:

a) A elevada temperatura do esgoto, em torno de 35º C, aumentando a velocidade de decomposição anaeróbica da matéria orgânica. A solubilidade do gás sulfídrico é inversamente proporcional à temperatura. Nesses níveis constatados de temperatura, é propiciada uma maior liberação do gás;

b) o elevado teor de sulfato existente na água de abastecimento;

c) trechos da rede coletora, com baixa declividade que propiciam um aumento no teor de sulfetos, em função do depósito de matéria orgânica, fato agravado pela temperatura do esgoto. Próximo de 7,5% da extensão da rede urbana apresentaram esse problema;

d) a existência de diversas obstruções parciais e/ou totais de trechos da rede, dificultando o escoamento e provocando deposições de matéria orgânica que poderão entrar em decomposição. Esse problema de obstrução está relacionado com as ligações indevidas, caixas de gordura ou passagens mal construídas (ou ligações diretas sem sifão) que acabam carregando grandes quantidades de areia e terra para o sistema coletor de esgotos;

e) falhas nos trechos hídricos das instalações prediais de esgoto e a existência de ralos de drenagem pluvial ligados indevidamente ao sistema, sem fecho hídrico, bem como a não-existência de sistema de ventilação às redes das casas.

Medidas corretivas propostas visando à redução do odor

As medidas corretivas necessárias e implantadas para amenizar o problema de odor gerado pelo esgoto em Pereira Barreto, propostas pela Cesp, no período anterior a 1995, foram:

a) limpeza da rede coletora e das elevatórias, tendo a finalidade de eliminar os depósitos e obstruções existentes;

b) rebaixamento do nível das bóias de acionamento dos conjuntos de recalque das elevatórias, para diminuir o intervalo de tempo de retenção do esgoto;

c) implantação de um programa de limpeza constante dos cestos de retenção de sólidos das estações elevatórias;

d) instalação de caixas de gordura;

e) remanejamento de todos os trechos da rede coletora com declividades baixas; e

f) estabelecimento de programa de desconexão dos ralos de drenagem ligados ao sistema de esgotos. Foram enviadas correspondências à Secretaria de Saúde e prefeitura municipal de Pereira Barreto, para que as irregularidades detectadas fossem corrigidas.

Solução escolhida para eliminação do odor

A Cesp optou pelo método da adição de nitrato de amônio; sua aplicação foi intensamente pesquisada pela Sabesp, que utilizou esse produto de forma pioneira. A Sabesp, no período de 1988 a 1993, desenvolvia método de combate à formação do gás sulfídrico, adicionando nitrato de amônio ao esgoto nas cidades de Santos e Monte Aprazível, ambas no estado de São Paulo, com ótimos resultados. Como esse método também era preconizado pela Coplasa, a Cesp, com a supervisão da Sabesp, implantou um campo experimental em Pereira Barreto, com a finalidade de resolver os dois problemas: odor e corrosão.

Desde o início foi definido que as elevatórias e a lagoa seriam pontos de aplicação e monitoramento, pois próximo a estes locais se verifica o maior número de reclamações.

Os parâmetros analisados são:

(a) **Temperatura ambiente e do esgoto (º C)** – Determinada por meio de um termômetro de mercúrio;

(b) **PH** – Método eletrométrico;

(c) **Potencial de oxirredução, POR (mV)** – O POR mede a capacidade de oxidação ou redução de uma substância. A medida é feita utilizando-se um pHmetro digital na escala de milimetragens com eletrodo específico a medir a minitensão, a qual é correlacionável com o grau de oxidabilidade ou redutibilidade de uma mistura (BRAILE & CAVALCANTI, 1993).

Em Pereira Barreto a aplicação de nitrato de amônio elevou o POR do

esgoto e, conseqüentemente, interferiu na formação de sulfetos;

(d) **Teor de sulfeto de hidrogênio (mg/L)** – O teor de sulfeto de hidrogênio é obtido por meio de uma técnica de análise adotada pela Sabesp.

Com base no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (CLESCERI et al, 1992), o teste de sulfeto é qualitativo e consiste na reação da amostra de esgoto com acetato de chumbo e utilização de um catalisador (CO_2).

A reação do gás liberado da amostra produz uma coloração na membrana branca. A coloração obtida é comparada com uma tabela, na qual encontramos seis níveis de coloração diferentes que correspondem a valores compreendidos entre 0 a 5 mg/L de H_2S.

Dessa forma, avalia-se, então, o teor de sulfeto de hidrogênio contido na água do esgoto.

Cabe frisar que, atualmente, em Pereira Barreto existem 11 pontos de aplicação do produto, nos quais a quantidade aplicada é verificada diariamente em três horários diferentes e 14 pontos de monitoramento, redefinidos conforme remanejamento dos pontos de gotejamento de nitrato. A freqüência estipulada é de uma medição semanal.

ESTUDO DE CASO – QUESTIONÁRIO PARA ENTREVISTAS

O questionário utilizado para identificar os efeitos do odor na saúde das populações circunvizinhas à ETE de Pereira Barreto é do tipo de perguntas fechadas e de contato direto.

O questionário elaborado é composto por um total de 20 questões objetivas, divididas nos seguintes itens:

I. Identificação – seis questões referentes a (o): Município/ Data/ Nome do entrevistado/ Sexo/ Idade/ Endereço.

II. Urbanidade – duas questões referentes a (o): Tempo de moradia/ Localização do imóvel em relação a outras fontes potenciais de incômodos (cemitério, lixões, indústrias).

III. Descrição do odor – seis questões referentes a (o): Localização do entrevistado quando da percepção do odor/ Classificação do odor (antes da solução do problema)/ Descrição do odor propriamente dita/ Permanência do odor na vizinhança/ Percepção atual do odor/ Classificação do odor (após o controle do problema).

IV. Problemas de saúde causados pelo odor – três questões referentes aos (a): Problemas de saúde que o entrevistado já manifesta/ Problemas de saúde manifestados após exposição ao odor/ Insistência dos problemas de saúde surgidos, após o controle do odor.

V. Questões ligadas à empresa de saneamento – três questões referentes a (o) (s): Conhecimento acerca da empresa prestadora dos serviços de saneamento/ Conhecimento acerca das providências do órgão responsável com relação ao problema de odor/ Forma de manifestação adotada pelo entrevistado para reclamar do odor.

Para aplicação do mesmo, resolveu-se adotar, para fins de pesquisa, os seguintes critérios:

• Um raio de cerca de 500 metros do foco de propagação, no caso, as estações elevatórias EE-1, EE-2, e um posto de visita (PV) na região central de Pereira Barreto. Esse raio foi fixado levando-se em conta a repercussão de impactos, como proliferação de odores os quais se constitui na principal queixa contra as estações de tratamento de esgotos próximas às áreas urbanas; e,

• Os domicílios em que os moradores possuem um tempo de residência de pelo menos 5 anos; este valor foi estipulado para avaliar o odor nas áreas críticas estabelecidas no presente trabalho, antes e após a aplicação do nitrato de amônia, utilizando-se uma escala de intensidade de odor.

A percepção olfativa humana apresenta grande variabilidade. A variabilidade é o resultado de diferentes percepções dos odores (a percepção varia devido às diferentes classes de compostos odorantes); aceitar ou rejeitar um odor depende muito de experiências anteriores, das circunstâncias nas quais o odor é determinado, da idade, saúde e atitudes do receptor humano (WPCF, 1979).

Amostragem estabelecida

O tipo de amostragem adotada é dita amostragem não-probabilística intencional, ou seja, as unidades que compõem a amostra são escolhidas pelo pesquisador, não servindo, conseqüentemente, os resultados obtidos nessa amostra, para se fazer uma generalização à população "normal" (RUDIO, 1989).

Considerou-se, para fins de pesquisa, o domicílio como unidade amostral.

Aplicação do questionário

Na aplicação do questionário foram adotados os seguintes procedimentos básicos:

• Quando da abordagem dos entrevistados, foram dadas informações referentes à pesquisa, objetivo e procedência;

• Foram respeitados os indivíduos que preferiram, por qualquer motivo, não responder ao questionário, tomando-se a residência imediatamente seguinte;

• No caso de residência fechada (ausência de moradores), foi tomada a residência mais próxima;

• Aos entrevistados se garantiu a manutenção de sua identidade em anonimato, quando da publicação dos resultados da pesquisa, podendo responder livremente às questões, sem medo de ficarem expostos a críticas ou represálias de quaisquer ordem ou procedência.

Foram realizadas 17 entrevistas, com uma média de duração de 30 minutos cada uma.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise dos valores de sulfeto de hidrogênio obtidos no monitoramento da rede de esgotos

O sulfeto de hidrogênio é o principal parâmetro a ser analisado, pois sua ausência define o sucesso da utilização da tecnologia que emprega o nitrato de amônio.

Segundo experiências executadas pela Sabesp, apenas concentrações superiores a 1.0 mg/L, na massa líquida, causam odor, procedente do gás sulfídrico.

O monitoramento para o parâmetro em questão restringiu-se aos seguintes períodos: 10 de maio a 18 de setembro de 1995 e 3 de janeiro a 25 de julho de 2001.

Para cada amostra há dados correlatos de gás sulfídrico medidos ao longo da rede.

Como forma de melhor avaliar a eficácia desse método no controle de odor, resolveu-se dividir a cidade de Pereira Barreto em cinco regiões distintas:

a) Região 1 – Estação elevatória 1. PV (posto de visita) da rua Auto Leite com a avenida D. Pedro II, próximo à EE – 1 e PV da avenida D. Pedro II anterior à EE–1.

b) Região 2 – Estação elevatória 2.

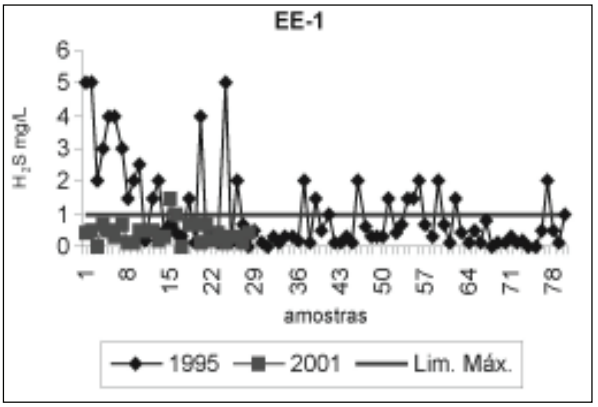
c) Região 3 – Estação elevatória 3. PV da avenida Francisco Pacca com a rua Washington Luís, próximo à EE – 3.

d) Região 4 – Estação elevatória 5. PV da entrada da EE – 5.

e) Região 5 – Entrada da lagoa de estabilização (caixa de areia) e saída da lagoa de estabilização (lagoa facultativa).

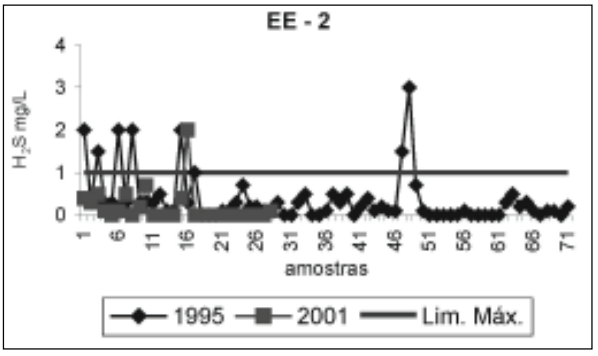
Na análise dos resultados procurou-se verificar se as concentrações de H_2S para o sistema de esgotos da cidade atendia ao limite máximo permitido de 1,0 mg/L, valor este adotado pela legislação vigente. Nessa abordagem foi analisado se a aplicação de nitrato de amônio conseguiu eliminar o odor fétido em todo o sistema de coleta do município.

As Figuras 1, 2 e 3 mostram as concentrações de gás obtidas nas regiões 1, 2 e 5, comparando-se os



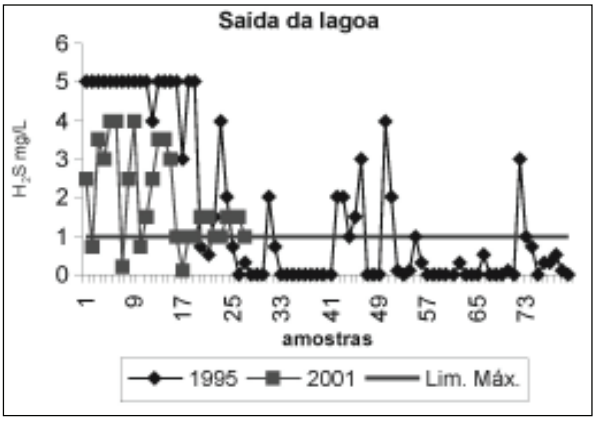
Região 1

Figura 1 – Concentração de H_2S (mg/L) nos esgotos da EE-1, nos anos de 1995 e 2001, comparando-se com o limite máximo permitido
Fonte: Autores



Região 2

Figura 2 – Concentrações de H_2S (mg/L) nos esgotos da EE-2, nos anos de 1995 e 2001, comparando-se com o limite máximo permitido
Fonte: Autores



Região 5

Figura 3 – Concentrações de H_2S (mg/L) nos esgotos da saída da lagoa de estabilização (lagoa facultativa), no ano de 1995 e 2001, comparando-se com o limite máximo permitido
Fonte: Autores

anos de 1995 (início da implantação da tecnologia da adição de nitrato de amônio) e 2001 (seis anos após o nitrato ser implantado) com o limite máximo permissível de sulfeto.

Observa-se, pela Figura 1, que no ano de 1995 a região 1 se apresentou crítica em termos de odor, pois a maioria dos valores obtidos de sulfeto está acima de 1.0 mg/L. Para o ano de 2001, verifica-se que quase não se registrou a presença de gás sulfídrico nessa região.

De acordo com os dados apresentados, a aplicação de nitrato de amônio, na região 2, conseguiu praticamente inibir a formação de sulfetos, pois a maior parte de suas concentrações se encontram abaixo de 1.0 mg/L.

A dosagem de nitrato de amônio, supostamente suficiente para esse trecho, não conseguiu impedir a produção de gás, tornando esta uma região crítica em termos de odor.

A Tabela 1 resume os resultados obtidos no monitoramento da rede de esgotos de Pereira Barreto.

Análise dos resultados obtidos na pesquisa de campo

O questionário foi aplicado no período de 11 a 13 de julho de 2001.

Na análise dos resultados, optou-se por abordar as questões referentes aos efeitos do odor na saúde da população e a descrição do odor antes e depois da alternativa escolhida pela Cesp, para solucionar o problema de geração de odor intenso em Pereira Barreto.

É evidente que nessa abordagem não foram analisados todos os parâmetros considerados no questionário, pois isso cabe a trabalhos de pesquisa posteriores e complementares a este.

As variáveis consideradas foram:

Variável 1 – sexo dos entrevistados; e Variável 2 – idade dos entrevistados.

Os indicadores são:

1. Intensidade do odor (antes) – tem por objetivo analisar como os entrevistados classificaram o odor gerado pela ETE antes de o problema ser solucionado;

2. intensidade do odor (atual) – este indicador analisa como os entrevistados classificam o odor hoje, após implantado o método de nitrato de amônio no sistema de esgotamento da cidade;

3. efeitos do odor na saúde dos entrevistados após sua exposição ao odor ofensivo – dentre os sintomas potenciais surgidos, quais os que a população manifestou com maior intensidade.

Os indicadores foram estudados um a um, e depois se buscou apresentar o comportamento das variáveis (sexo e idade) em face de cada um deles.

Indicadores estipulados

No que se refere ao indicador 1, 11 entrevistados (64,7% do total) classificaram o odor como forte, e seis entrevistados (35,0%) como muito forte.

Quanto ao indicador 2, dividiu-se da seguinte forma: a grande maioria correspondente a 47,0% dos entrevistados afirma que, hoje, o odor é fraco; 41,0% moderado; 6,0% muito fraco; e os outros 6,0% dos entrevistados disseram que o odor é não-perceptível.

O indicador 3 mostrou que a maioria dos entrevistados, correspondendo a 76,5% do total, apresentou algum sintoma, enquanto os 23,5% do restante afirmaram não sentirem absolutamente nada diferente.

Dos 76,5% dos entrevistados a manifestarem alguma anomalia, os sintomas mais comuns em ordem decrescente foram: dor de cabeça, náusea e ardor nasal; outros sintomas (piora de rinite/sinusite; azia); tontura e alterações do estado de humor.

Comportamento da variável 1 em relação aos indicadores

Com relação à variável 1, pode-se afirmar que a disposição feminina em responder ao questionário foi bem maior que a masculina. O número de mulheres (10) correspondeu a 58,8%

	1995						2001					
Região	Média mg/L	σ	CV %	V máx.	V min.	AV	Média mg/L	σ	CV %	V máx	V min.	AV
1	1,03	1,26	122,33	5	0	5	0,42	0,33	78,57	1,5	0	1,5
2	0,37	0,60	161,53	3	0	3	0,19	0,41	214,88	2,0	0	2,0
3	1,33	1,68	126,09	5	0	5	0,17	0,23	142,33	0,7	0	0,7
4	0,50	1,12	224,00	5	0	5	0,20	0,27	135,00	1,0	0	1,0
5	1,60	2,03	126,62	5	0	5	1,95	1,23	62,88	4,0	0,1	3,9

Tabela 1 – Resultados do monitoramento
Fonte: Autores

do total das entrevistas, e o número (7) foi de 41,2% do total.

O comportamento de homens e mulheres em relação aos indicadores estudados pode ser observado nas Figuras 4, 5 e 6.

A Figura 4 apresenta o comportamento de ambos os sexos em relação à intensidade de odor antes da aplicação de nitrato de amônio.

Observa-se, na Figura 4, que tanto a maioria das mulheres (seis entrevistadas, perfazendo 60% do total feminino) quanto a maioria dos homens (cinco entrevistados, perfazendo 71,4% do total masculino) classificou como forte o odor na cidade, antes do nitrato.

Na classificação do odor, hoje, o comportamento da variável 1 é demonstrado na Figura 5.

De acordo com a Figura 5, a classificação do odor, hoje, segundo a opinião de ambos os sexos, divide-se da seguinte forma:

• Não-perceptível – 10% das mulheres contra 0% dos homens;

• Muito fraco – 10% das mulheres contra 0% dos homens;

• Fraco – 40% das mulheres contra 57,1% dos homens;

• Moderado – 40% das mulheres contra 42,9% dos homens;

• Forte – 0% das mulheres contra 0% dos homens;

• Muito forte – 0% das mulheres contra 0% dos homens.

Com relação aos efeitos do odor na saúde dos entrevistados, a Figura 6 apresenta o comportamento de homens e mulheres.

Pela Figura 6 percebe-se que as mulheres apresentaram uma maior susceptibilidade a problemas de saúde que os homens, quando da exposição freqüente ao odor intenso.

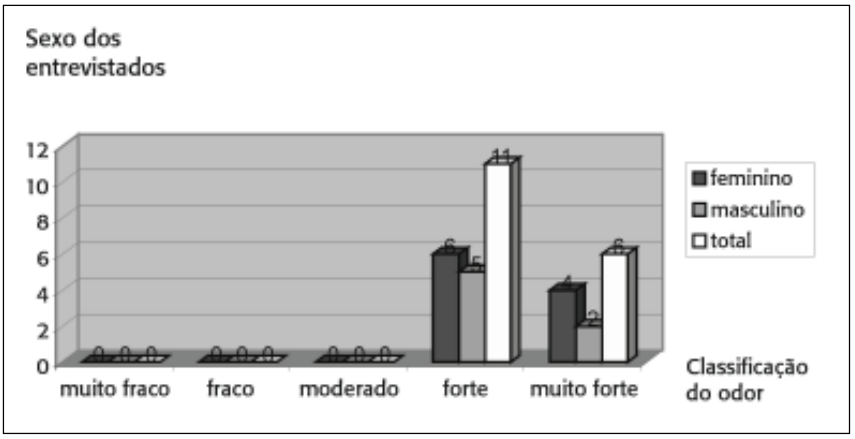


Figura 4 – Sexo dos entrevistados x classificação do odor (antes) – (variável 1 x indicador 1)
Fonte: Autores

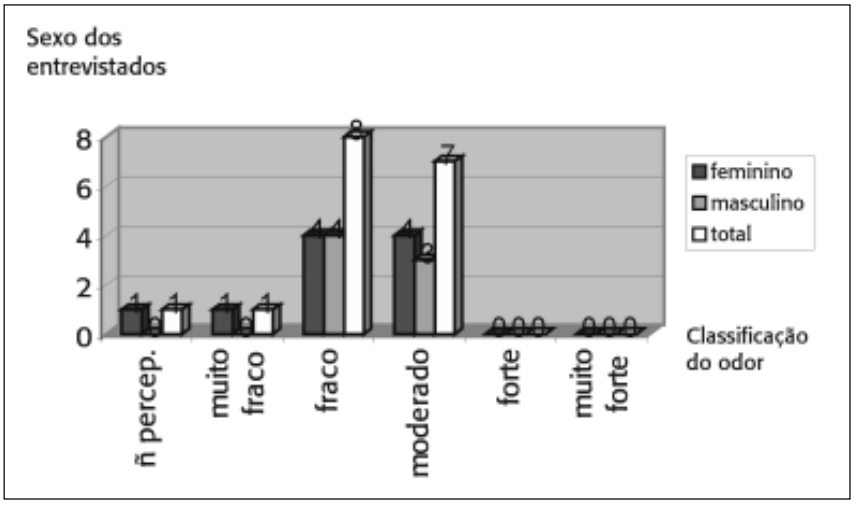


Figura 5 – Sexo dos entrevistados x classificação do odor atualmente – (variável 1 x indicador 2)
Fonte: Autores

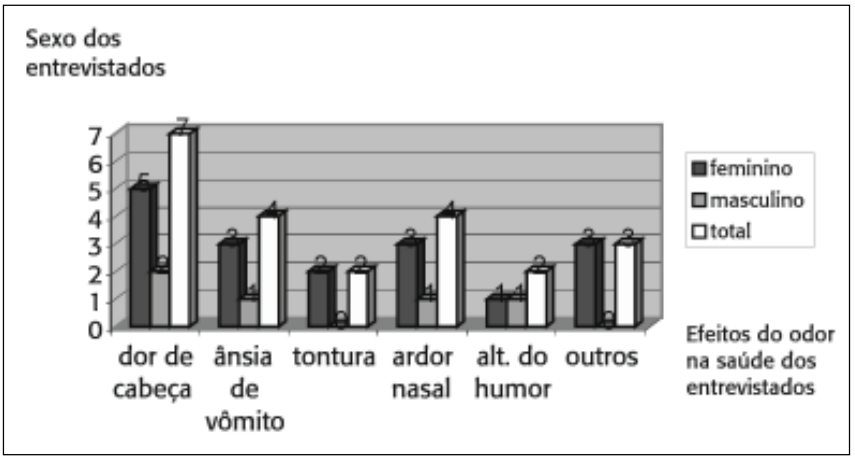


Figura 6 – Sexo dos entrevistados x efeitos do odor na saúde dos entrevistados – (variável 1 x indicador 3)
Fonte: Autores

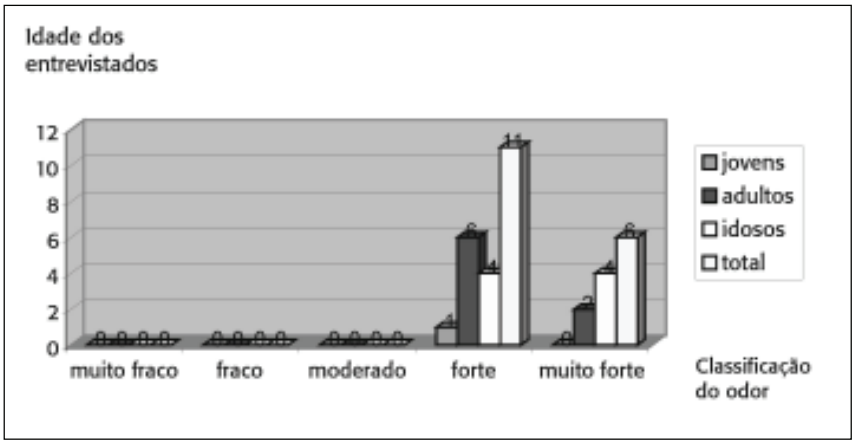


Figura 7 – Idade dos entrevistados x classificação do odor antes – (variável 2 x indicador 1)
Fonte: Autores

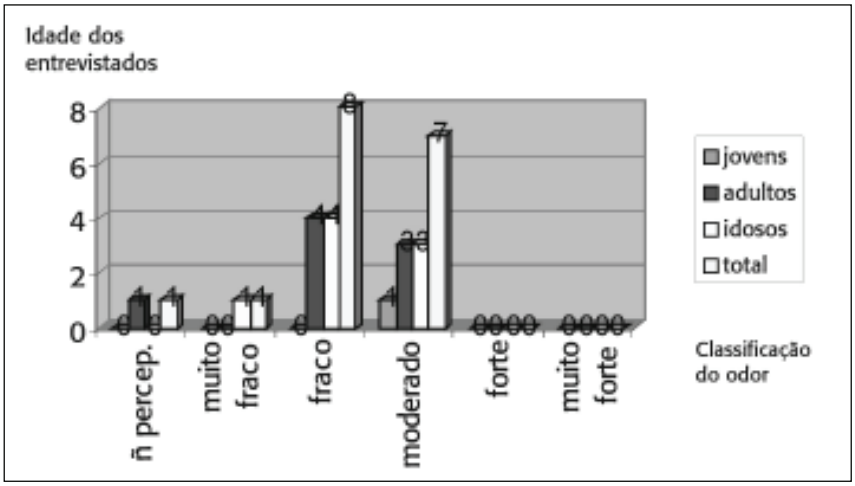


Figura 8 – Idade dos entrevistados x classificação do odor atualmente – (variável 2 x indicador 2)
Fonte: Autores

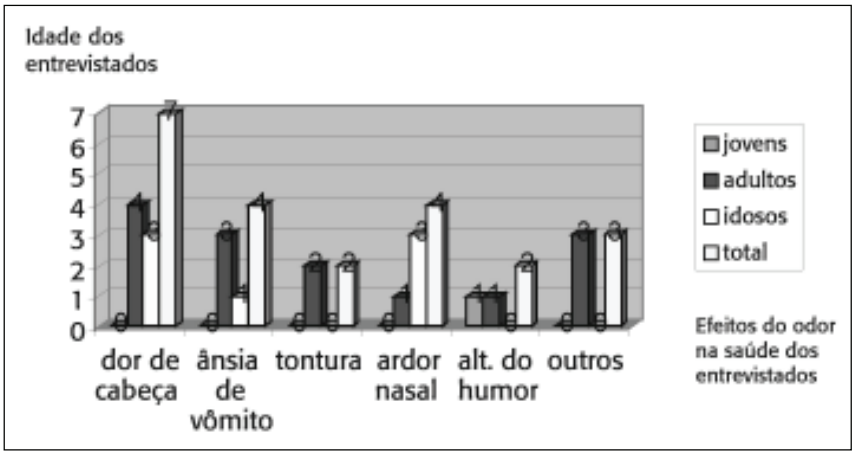


Figura 9 – Idade dos entrevistados x efeitos do odor na saúde dos entrevistados – (variável 2 x indicador 3)
Fonte: Autores

Comportamento da variável 2 com relação aos indicadores

A variável 2 – idade dos entrevistados, aparece no questionário dividida em faixas etárias de 10 a 15; 16 a 25; 26 a 35; 36 a 45; 46 a 55; 56 a 65, e acima de 65 anos.

Para facilitar a análise dessa variável ante os indicadores de percepção, decidiu-se agrupar as faixas etárias, da seguinte forma:

• Jovens – grupos de 10-15; 16-25 (anos);

• Adultos – grupos de 26-35; 36-45; 46-55 (anos);

• Idosos – grupos de 56-65; acima de 65 (anos).

De acordo com a variável 2 (idade), os 17 entrevistados da pesquisa de campo ficaram divididos em:

• Jovens = 1 (6%);

• Adultos = 8 (47%);

• Idosos = 8 (47%).

Conforme se observa, a porcentagem de adultos e idosos que respondeu ao questionário foi equivalente.

Nas Figuras 7, 8 e 9, observa-se as diferenças de comportamento dos grupos etários considerados.

O comportamento da variável 2, em face da classificação do odor antes do nitrato de amônio, é objeto da Figura 7.

A partir dos dados apresentados na Figura 7, observa-se que tanto a maioria dos adultos (75% dos indivíduos) quanto 50% dos idosos entrevistados classificaram o odor como forte em Pereira Barreto, antes do nitrato de amônio.

Em termos da classificação do odor, hoje, na Figura 8, encontram-se os resultados em face da variável 2.

A classificação do odor, hoje, para os grupos etários considerados, apresentaram os seguintes resultados:

• Não-perceptível – 0% dos jovens, contra 12,5% dos adultos e 0% dos idosos;

• Muito fraco – 0% dos jovens, contra 0% dos adultos e 12,5% dos idosos;

• Fraco – 0% dos jovens, contra 50% dos adultos e 50% dos idosos;

• Moderado – 100% dos jovens, contra 37,5% dos adultos e 37,5% dos idosos;

• Forte – 0% dos jovens, contra 0% dos adultos e 0% dos idosos;

• Muito forte – 0% dos jovens, contra 0% dos adultos e 0% dos idosos.

O desempenho da variável 2, em vista dos efeitos do odor freqüente e ofensivo na saúde dos entrevistados, apresenta-se na Figura 9.

Da Figura 9, destacam-se como os mais sensíveis os adultos, seguidos pelos idosos e jovens.

Conclusões

Dos resultados obtidos se concluiu:

• O nitrato de amônio aplicado em trechos da rede coletora, correspondente às regiões 1, 2, 3 e 4 do município de Pereira Barreto, revelou-se eficaz em inibir a produção de concentrações superiores a 1,0 mg/L de H_2S, sendo eficiente no controle de odor procedente deste gás para os anos de 1995 (início do experimento) e 2001 (seis anos após o método de controle do odor ser implantado).

• Para a região 5, na qual se encontra a lagoa de estabilização, a dosagem aplicada de nitrato ao esgoto apresentou-se inadequada para inibir a formação de sulfetos nesse local, sendo necessário reavaliá-la.

• Analisando-se os resultados obtidos com a aplicação do questionário, verifica-se, pelas pessoas entrevistadas, que o odor na cidade de Pereira Barreto, antes da aplicação do nitrato, era forte. Em 2001, foi classificado como fraco. Isso vem comprovar que o método de nitrificação com o nitrato de amônio é eficiente no controle de odor.

• Os sintomas mais freqüentes apresentados pelos entrevistados foram: dor de cabeça, ardor nasal, náusea, alterações do estado de humor e tontura.

• As mulheres se mostraram mais susceptíveis aos efeitos do odor, provavelmente pelo fato de existir uma maior ligação feminina com a residência e seu entorno (o bairro, a vizinhança, entre outros).

• Vale comentar que os sintomas apresentados pelas pessoas entrevistadas vieram a desaparecer, assim que o método da aplicação do nitrato de amônio foi implantado no sistema de esgotos de Pereira Barreto, minimizando o odor intenso.

• Deve-se ressaltar que os resultados apresentados neste trabalho devem ser encarados com reserva, mais como uma tendência do que uma regra, dado o fato de a amostragem estipulada para a aplicação do questionário ser não-probabilística intencional.

BIBLIOGRAFIA

AZEVEDO, A. D. P. et al. Redução do odor através da aplicação de nitrato de amônio. In: CONGRESSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. 1993, Natal. *Anais* ... São Paulo: Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, 1993, p. 693-704.

BRAILE, P. M.; CAVALCANTI, J. E. W. A. *Manual de tratamento de águas residuárias industriais*. São Paulo: Cetesb – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1993.

CLESCERI, L. S.; EATON, A. D.; GREENBERG, A. E. *Standard methods for the examination of water and wastewater.* 18 th ed. Washington (DC): American Public Health Association, 1992.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE SÃO PAULO (CESP). *Implantação do sistema experimental de adição de nitrato de amônia no esgoto de Pereira Barreto*. Ilha Solteira: CESP, 1996.

RUDIO, F. V. *Introdução ao projeto de pesquisa científica.* 13. ed. Petrópolis: Vozes Ltda., 1989.

SÃO PAULO (Estado). Decreto n. 8.468, de 8 de setembro de 1976. Aprova o regulamento da Lei n. 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente. Disponível em: <http://www.ambiente.sp.gov.br/leis internet/76.8468.zip.> Acesso em: 18 out. 2004.

SOUZA, R. C. *Avaliação de impactos sociais dos processos de implantação e gestão dos serviços de tratamento de esgotos sanitários*. 1998. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1998.

[U. S. EPA] United State Environmental Protection Agency. *Emergency first aid treatment guide for hydrogen sulfide.* [on-line] Avaliable from: <URL: http:// www.epa.gov/swercepp/ehs/firstaid/ 7783064.txt > Acesso em: 01 ago. 2001.

[WPCF] Water Pollution Control Federation. *Odor control for wastewater facilities.* Washington (DC); 1979. (WPCF Manual of Practice, 22).

MONITORAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS DOS ESGOTOS COMO INSTRUMENTO DE OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE LODOS ATIVADOS E SUAS IMPLICAÇÕES

Solange Vieira da Silva

Mestre em história social da ciência pela FFLCH-USP, especialista em engenharia de saneamento básico pela FSP-USP. Especialista em entomologia médica pela FSP-USP. Graduada em ciências biológicas pelo Instituto de Biociências da USP.
sovieira@usp.br

Rosemara Augusto Pereira

Engenheira civil formada pela PUC-Campinas, especialista em engenharia de saneamento básico pela FSP-USP. Responsável pela coordenação dos projetos da Empresa VSTECH.
rosemara@ustech.com.br

Roque Passos Piveli

Engenheiro civil pela Escola de Engenharia de São Carlos – USP (EESC-USP). Doutor em engenharia hidráulica e sanitária pela Escoloa Politécnica da USP e mestre em engenharia hidráulica e saneamento pela EESC-USP.
roque.piveli@poli.usp.br

Hernan Junqueira Criscuolo

Engenheiro civil pela Autarquia Municipal de Ensinos de Poços de Caldas – atua PUC-Poços de Caldas. Especialista em engenharia de saneamento básico pela FSP-USP.
hjcriscuolo@sabesp.com.br

RESUMO

As variações na composição dos esgotos que chegam às estações de tratamento de esgoto (ETE) causam grandes transtornos operacionais. Em geral, dados os procedimentos operacionais padrão e a concepção de projetos rigidamente estruturados, não há como adotar uma atitude preventiva. O caráter dinâmico do funcionamento de uma ETE também dificulta a realização de mudanças drásticas de operação quando em situações adversas. Nesse sentido, um programa de monitoramento pode auxiliar para que o processo de tratamento dos esgotos atinja seu máximo de eficiência. A adoção de parâmetros que possibilitem averiguar as características dos esgotos encaminhados à ETE, em pontos estratégicos de monitoramento, pode orientar na escolha de estratégias operacionais eficazes. Conhecer o ambiente dos microrganismos responsáveis pelos processos metabólicos envolvidos na degradação de matéria carbonácea e de nitrificação, possibilita antecipar quais parâmetros devem ser controlados. O monitoramento também pode auxiliar na identificação das possíveis fontes geradoras de poluição, possibilitando a transferência de custos de tratamento por meio da aplicação do princípio poluidor-pagador. No presente trabalho foram analisados parâmetros de caracterização do afluente e efluente das ETEs Barueri e Franca.

PALAVRAS-CHAVE
Monitoramento de esgotos sanitários, caracterização de esgotos, processo de lodos ativados.

ABSTRACT

Variations in the wastewater composition can cause serious operational problems in the wastewater treatment plant. Very often, the strategies adopted to overcome problems related to the biochemical process, usually caused by toxic compounds are not effective. Moreover, the concept and the operation of the wastewater treatment plants are not structured to support changes in function of the wastewater characteristics. In this way, a very structured monitoring program can help operators to achieve the maximum treatment efficiency. The precise specification of the monitoring parameters and the strategic points of measuring them can lead to a more efficient operation. Another important question is the knowledge of the biological process responsible for the carbonaceous degradation and the nitrification process. This knowledge can anticipate which parameters must effectively be controlled to guarantee the microorganisms growing and adaptation. Besides, the wastewater monitoring can identify the wastewater sources and transfer these costs to the wastewater generators by the application of principle of "who pollutes must pay for that". In this work, the influent and the effluent of two wastewater treatment plant using sludge activated processes characteristics where analyzed. Despite of the less pollutant concentrations in the Barueri treatment plant, Franca treatment plant is more efficient. One of the reasons for that is the huge dimensions of the Barueri treatment plant, the operation complexity and great wastewater volume treated contribute to a lower treatment efficiency.

KEY WORDS
Wastewater monitoring, sludge activated process, wastewater parameters characterization.

INTRODUÇÃO

Considerando os riscos ambientais a que estão submetidos os corpos hídricos, sujeitos ao recebimento das mais diversas cargas poluentes, decorrentes do lançamento direto de esgotos e dos efluentes finais de uma estação de tratamento de esgotos, a determinação das principais características dos mesmos, identificando suas propriedades físicas e seus principais constituintes químicos e biológicos, constitui ferramenta poderosa a auxiliar na tomada de medidas, cujo objetivo seja o de otimizar os processos operacionais de uma ETE. Uma análise da viabilidade do monitoramento das características dos esgotos submetidos ao processo biológico de tratamento, a partir de dados de monitoramento das características dos afluentes e efluentes finais das estações de tratamento de esgotos de Barueri e Franca, referentes ao período de agosto a dezembro do ano de 2002, obtidos na Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp), possibilitou não só caracterizar os esgotos brutos dessas estações de tratamento como também permitiu uma avaliação geral de suas condições de funcionamento.

Este estudo possibilitou definir quais parâmetros físicos, químicos e biológicos são fundamentais na caracterização dos afluentes e efluentes, assim como a comparação entre os dados obtidos do monitoramento das características dos afluentes e efluentes finais das estações de tratamento de esgotos de Barueri e Franca permitiu avaliar a eficiência dessas estações em função do afluente que recebem. Essa análise foi possível pelo fato de essas unidades utilizarem o processo de lodos ativados no tratamento.

Também foi considerado um conjunto de dados isolados específicos às estações de tratamento de esgotos estudadas, cuja análise possibilitou evidenciar aspectos representativos de cada uma delas, os quais indicaram particularidades das regiões a elas associadas.

A escolha dos parâmetros utilizados na análise comparativa entre as duas estações de tratamento de esgotos levou em consideração a relevância para a caracterização e a constância no período de referência, e para a análise de eficiência no tratamento consideraram-se as concentrações dos vários parâmetros presentes no afluente e no efluente final.

No que se refere ao efluente devem ser considerados não só os riscos ambientais, mas também o fato de suas características apresentarem grande interferência na segurança e na saúde dos trabalhadores que operam o sistema, e na preservação das instalações de coletas e transporte dos esgotos, permanentemente sujeitos à corrosão, incrustação ou mesmo obstrução e condições que podem gerar explosões.

Os resultados obtidos a partir do monitoramento do afluente e efluente permitem não só avaliar a eficiência do tratamento efetuado pelas ETEs em questão, mas também possibilitam identificar problemas em potencial, orientando nas ações que conduzem a uma otimização dos processos operacionais dentro dessas ETEs.

Monitoramento das características dos esgotos

O monitoramento das características dos esgotos deve basear-se em um conjunto de ações que tenha por objetivo avaliar a eficiência do sistema de tratamento de efluentes por meio de medições repetitivas, de forma discreta ou contínua. Essa avaliação só é possível quando se dispõem de informações confiáveis obtidas a partir de dados observados nas diversas fases do fluxo de um sistema de esgotos, para um efetivo conhecimento do que está ocorrendo no meio. É assim que os sistemas de monitoramento de esgotos devem ser planejados, pois de nada adianta obter dados isolados os quais não possibilitam conclusões acerca do meio em questão.

O conceito de monitoramento das características dos esgotos é muito mais amplo do que simplesmente verificar se os padrões legais de emissão e lançamento de efluentes estão sendo obedecidos ou não. Um plano de monitoramento eficaz deve atender às necessidades de responder o que está divergindo das características esperadas e por que está ocorrendo, para que medidas eficientes sejam tomadas.

METODOLOGIA

Este estudo se baseou em dados secundários gerados a partir das informações que constam nos relatórios técnicos das estações de tratamento de esgotos de Barueri e Franca, fornecidos pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, nos quais constam valores médios mensais para diversos parâmetros de caracterização dos esgotos. Salienta-se que neste trabalho foram selecionados os dados correspondentes ao período de agosto a dezembro de 2002. Esses dados são apresentados no item reservado à análise de dados.

Processo de tratamento dos dados

Primeiramente, os dados foram tabulados em Excel (Microsoft Office 2000 Premium), a partir do qual foram gerados os gráficos temporais que auxiliaram no processo de análise.

A definição dos parâmetros utilizados para análise considerou, como aspectos importantes, a constância durante o período de referência e os valores médios mensais. Para a análise de eficiência no tratamento consideram-se as concentrações desses vários parâmetros presentes no afluente e no efluente final e, posteriormente, a análise de dados isolados possibilitou o reconhecimento de particularidades inerentes a cada uma das estações de tratamento estudadas. O estudo comparativo a partir desses dados foi possível, uma vez que ambas se utilizam do processo de lodo ativado para tratamento dos esgotos que chegam nas estações de tratamento.

DESCRIÇÃO DOS MÉTODOS ANALÍTICOS

Foram objetos de estudo deste trabalho as estações de tratamento de esgotos de Barueri e Franca, para as quais foram analisadas as características dos esgotos que chegam às estações de tratamento e do efluente final, a fim de identificar a eficiência de ambas.

Estação de tratamento de esgotos de Barueri

O sistema de esgotos de Barueri é responsável pela coleta, transporte e tratamento das contribuições de esgoto provenientes das regiões: centro, norte, sul e oeste da região metropolitana de São Paulo, além de municípios das regiões oeste e sudoeste da Grande São Paulo, que são: Osasco, Taboão da Serra, Carapicuíba, Barueri, Cotia, Jandira e Itapevi.

Esse sistema de esgotos possui a maior e a mais complexa rede de coleta e transporte de esgotos da RMSP, abrangendo uma área de cerca de 1.200 km², na qual estão presentes os rios Tietê, Pinheiros, Tamanduateí, além dos reservatórios Billings e Guarapiranga.

O processo de tratamento dos esgotos do sistema Barueri é do tipo lodos ativados convencional e em nível secundário.

O tratamento compreende: tratamento preliminar, pelo gradeamento e desarenação; decantação primária em tanques retangulares; aeração por ar difuso em dois conjuntos de tanques de aeração; clarificação final em decantadores circulares com extração de lodos por sifonamento; tratamento de lodos por adensamento, por gravidade para lodos primários e por flotação para lodos secundários; digestão anaeróbia e desidratação mecânica dos lodos produzidos.

A ETE Barueri lança seu efluente final no rio Tietê, o qual pertence à classe 04, de acordo com o Decreto n. 10.755/77.

Atualmente, a ETE Barueri tem capacidade nominal estabelecida em 9,5 m³/s e trata cerca de 6,0 m³/s. A configuração final prevista, no atual plano diretor da Sabesp, é de 28,5 m³/s, correspondendo a três módulos de 9,5 m³/s.

Estação de tratamento de esgotos de Franca

O município de Franca é atendido por cinco subsistemas de esgotos. Nesse projeto estão sendo estudados apenas os esgotos encaminhados à ETE Franca.

A ETE de Franca está localizada na margem esquerda do córrego dos Bagres, a jusante do cruzamento deste com a rodovia SP-345.

A ETE Franca lança seu efluente final do córrego dos Bagres, o qual pertence à classe 04, de acordo com o Decreto n. 10.755/77.

O processo de tratamento dos esgotos da ETE Franca é do tipo lodos ativados convencional e em nível secundário.

O esgoto chega à ETE pelo emissário dos Bagres. Nessa fase é realizado um tratamento preliminar; em seguida, o efluente é enviado para o poço de sucção da estação elevatória de esgoto bruto, de onde é bombeado até a torre de controle de nível e, em seguida, para os decantadores primários, seguido de aeração por ar difuso; clarificação final em decantadores e tratamento de lodos.

Apresentação dos dados

As Tabelas 1 e 2 apresentam, respectivamente, as características dos esgotos afluentes às ETEs Barueri e Franca, e as Tabelas 3 e 4 apresentam, respectivamente, as características do efluente final das ETEs Barueri e Franca.

DISCUSSÃO

A análise foi feita a partir de dados apresentados nos relatórios da Sabesp para as estações de tratamento de esgotos de Barueri e de Franca. Foi considerado o período de agosto a dezembro de 2002 pelo fato de os parâmetros usados para a comparação entre as duas ETEs estarem presentes nos dois relatórios. Não foi possível fazer uma análise comparativa para as concentrações de metais nem para as características da microfauna que compunham o lodo do tanque de aeração (reator), porque nos relatórios não há informações para esses dados no período considerado. Também não há indicações sobre as metodologias aplicadas para a obtenção e análise das amostras. Assim sendo, não podemos descartar a possibilidade que as discrepâncias apresentadas possam ser resultantes da aplicação de metodologias diferenciadas. Contudo, a análise dos parâmetros considerados permite avaliar, individualmente, as condições gerais nas

Tabela 1 – Características do esgoto bruto afluente à ETE Barueri *

Mês de referência	Ago./02	Set./02	Out./02	Nov./02	Dez./02
Q (l/s)	5.897	5.888	6.050	6.019	6.671
pH	7,2	7,2	7,3	7,3	7,3
Coliformes $_{TOTAIS}$ (NMP/100 ml)	3,00E+08	2,30E+07	2,80E+08	2,30E+07	7,00E+07
T ºC	25	24	27	27	27
DQO (mg/L)	529	452	494	477	414
DBO (mg/L)	235	202	285	266	249
SST (mg/L)	192	183	190	221	191
SSV (mg/L)	151	139	148	170	142
OG (mg/L)	61	44	70	95	45
N_{TOTAL} (mg/L)	52	45	43	50	45
$N_{ORGÂNICO}$ (mg/L)	36	6	9	17	12
$N_{AMONIACAL}$ (mg/L)	16	39	34	33	33
Níquel (mg/L)	0,073	0,098	0,092	0,090	0,078
Zinco (mg/L)	1,170	0,535	0,382	0,550	0,550
Manganês (mg/L)	0,083	0,092	0,111	0,090	0,115
Chumbo (mg/L)	0,025	0,031	0,022	0,030	0,027
Cobre (mg/L)	0,096	0,106	0,099	0,140	0,103
Cromo Total (mg/L)	0,169	0,128	0,248	0,140	0,0185
Ferro (mg/L)	5,300	3,390	5,163	3,440	2,800

* Dados obtidos a partir do relatório técnico fornecido pela Sabesp, 2003

Tabela 2 – Características do esgoto bruto afluente à ETE Franca *

Mês de referência	Ago./02	Set./02	Out./02	Nov./02	Dez./02
Q (l/s)	287	278	299	302	376
pH	6,6	6,7	6,7	6,9	6,9
Coliformes $_{TOTAIS}$ (NMP/100 ml)	5,00E+07	8,00E+07	2,80E+08	2,40E+08	5,00E+07
T ºC	24	23	27	25	26
DQO (mg/L)	959	728	762	634	560
DBO (mg/L)	454	292	341	378	345
SST (mg/L)	340	328	330	284	283
SSV (mg/L)	292	274	281	234	228
OG (mg/L)	103	110	112	103	112
N_{TOTAL} (mg/L)	60	63	58	60	55
$N_{ORGÂNICO}$ (mg/L)	25	41	26	42	26
$N_{AMONIACAL}$ (mg/L)	34	22	32	18	29

* Dados obtidos a partir do relatório técnico fornecido pela Sabesp, 2003

Tabela 3 – Características do efluente final da ETE Barueri *

Mês de referência	Ago./02	Set./02	Out./02	Nov./02	Dez./02
Q (l/s)	5.897	5.888	6.050	6.019	6.671
pH	7,2	7,2	7,1	6,9	7,2
Coliformes $_{TOTAIS}$ (NMP/100 ml)	1,70E+06	9,00E+05	1,70E+06	9,00E+05	1,10E+05
T ºC	25	24	27	27	27
DQO (mg/L)	67	95	75	62	53
DBO (mg/L)	36	55	55	35	29
SST (mg/L)	20	44	26	23	19
SSV (mg/L)	15	35	20	18	15
OG (mg/L)	2	2	11	ND**	ND**
N_{TOTAL} (mg/L)	17	16	12	11	11
$N_{ORGÂNICO}$ (mg/L)	4	3	3	3	1
$N_{AMONIACAL}$ (mg/L)	13	13	9	8	10
Níquel (mg/L)	0,024	0,053	0,047	0,040	0,020
Zinco (mg/L)	0,090	0,193	0,116	0,110	0,110
Manganês (mg/L)	0,062	0,084	0,081	0,060	0,070
Chumbo (mg/L)	0,010	0,013	0,010	0,010	0,010
Cobre (mg/L)	0,015	0,009	0,022	0,020	0,006
Cromo Total (mg/L)	0,050	0,122	0,016	0,004	0,022
Ferro (mg/L)	0,506	0,780	0,745	0,520	0,390

* Dados obtidos a partir do relatório técnico fornecido pela Sabesp, 2003
** Valores não-determinados

Tabela 4 – Características do efluente final da ETE Franca *

Mês de referência	Ago./02	Set./02	Out./02	Nov./02	Dez./02
Q (l/s)	287	278	299	302	376
pH	7,1	7,1	7,2	7,1	6,8
Coliformes $_{TOTAIS}$ (NMP/100 ml)	3,00E+06	1,70E+06	8,00E+05	1,70E+06	5,00E+05
T ºC	23,8	23,4	27,0	25,3	25,7
DQO (mg/L)	40,5	49,0	42,6	41,0	38,7
DBO (mg/L)	11,5	9,5	9,5	10,0	9,0
SST (mg/L)	12,6	11,2	10,8	8,6	11,6
SSV (mg/L)	11,4	9,1	8,4	6,5	8,4
OG (mg/L)	0,0	1,7	5,7	8,0	8,0
N_{TOTAL} (mg/L)	26,3	23,3	24,2	33,0	25,0
$N_{ORGÂNICO}$ (mg/L)	12,0	6,0	7,0	23,0	5,0
$N_{AMONIACAL}$ (mg/L)	14,3	17,3	17,2	10,0	20,0

* Dados obtidos a partir do relatório técnico fornecido pela Sabesp, 2003

quais essas ETEs estão funcionando, fornecendo indicativos da eficiência obtida por cada uma delas.

Foram analisados, para o afluente e o efluente das ETEs Barueri e Franca, os parâmetros: sólidos suspensos totais (SST), sólidos suspensos voláteis (SSV), demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrogênio total kjeldhal (NTk) (KEENEY e NELSON, 1982), nitrogênio orgânico (N-org), nitrogênio amoniacal ($N\text{-}NH_3$), metais, coliformes, índice volumétrico (IVL). A escolha desses parâmetros teve como base a possibilidade de verificação, a partir de seus valores referentes ao afluente e efluente, das condições gerais de funcionamento das estações de tratamento de esgotos (ETEs) Barueri e Franca. Outros parâmetros igualmente importantes para inferir as condições de funcionamento das ETEs são a caracterização da fauna microbiológica e a idade do lodo (θ). Não havendo dados sobre a fauna microbiológica que compõe os lodos dessas ETEs, no período considerado, não foi possível fazer a correlação com o parâmetro idade do lodo (θ), para a avaliação da diversidade dessa fauna e a composição relativa entre os organismos constituintes. O correlacionamento desses dois parâmetros permitiria inferir os possíveis agentes a comprometerem o bom funcionamento do sistema.

Condições de funcionamento da ETE Barueri

Para a ETE Barueri, a temperatura média nos pontos de coleta manteve-se em 26º C e o pH médio esteve por volta de 7,2. Para o período considerado, a medida para a DQO_{aflu} do afluente mostra um valor médio de 473,2 mg/L. O valor máximo atingido foi de 529 mg/L e ocorreu no mês de agosto. Para a DBO_{aflu}, o valor médio foi de 247,4 mg/L. O valor máximo atingido ocorreu no mês de outubro e chegou a 285 mg/L. A relação DQO_{aflu}/DBO_{aflu} ficou ao redor de 1,9, que segundo os valores aceitos, é típico de esgotos domésticos brutos, cujo valor varia entre 1,7 a 2,4 (BRAILE e CAVALCANTI, 1979; VON SPERLING, 1996a).

A análise para a DQO_{aflu} e DBO_{aflu}, respectivamente, mostra que, em geral, nessa ETE, os valores de DBO foram em torno de 52% menor. Isso significa que próximo de 52% da matéria orgânica presente no afluente bruto de Barueri deveriam corresponder à matéria orgânica carbonácea biodegradável, já que a $DBO_{5,20}$ mede apenas a fração biodegradável. Quanto mais este valor se aproximar da DQO, mais facilmente biodegradado será o esgoto. O tratamento biológico, normalmente, é recomendado quando a relação $DQO/DBO_{5,20}$ for menor a 3/1, e valores muito elevados desta relação indicam grandes possibilidades de insucesso, uma vez que a fração biodegradável se torna pequena, ficando o tratamento biológico prejudicado pelo efeito tóxico exercido pela fração não-biodegradável sobre os microrganismos (CETESB, 2003).

Esse valor, no entanto, pode estar mascarado por alguns fatores que interferem na medição da DBO. Por exemplo, a presença de metais pesados no esgoto bruto pode estar inibindo o processo metabólico dos microrganismos presentes no tanque de aeração, ou estes microrganismos podem não estar adaptados às condições do ambiente. Também a reação de nitrificação pode interferir na medida da DBO, ou seja, a presença de nitrogênio, em meio aeróbio, favorece a ação das nitrosomonas, as quais convertem a amônia a nitrito (NO_2-), e das Nitrobacter, que convertem nitrito a nitrato (NO_3-).

Por outro lado, a DQO envolve a oxidação tanto de matéria biodegradável quanto da inerte, presentes no despejo. Dependendo da matéria presente na amostra, pode haver uma superestimativa do oxigênio requerido no afluente em questão, quando ocorre também a oxidação de matéria inorgânica. A análise dos demais parâmetros pode auxiliar na confirmação ou não das estimativas feitas a partir desses valores.

O parâmetro SST_{aflu}, que quantifica os sólidos suspensos totais presentes no esgoto bruto e, portanto, a matéria orgânica total (fração biodegradável e fração inerte) e inorgânica da ETE de Barueri teve o valor médio de 195,4 mg/L, no período considerado.

O parâmetro SSV_{aflu} quantifica a matéria volátil. Caracteristicamente, a matéria orgânica volatiliza totalmente a 550 ºC. O valor médio, de agosto a dezembro de 2002, foi de 150 mg/L. O valor médio encontrado para o SSV_{aflu} do esgoto bruto da ETE de Barueri é cerca de 76% do valor médio encontrado para o SST. Esse valor indica que cerca de 76% da quantidade total de sólidos suspensos corresponde à matéria orgânica.

A análise de DBO_{aflu} mostra que 48% da matéria orgânica total presente no esgoto bruto do afluente de Barueri não é biodegradável, o que corresponde próximo de 36,48% do total de sólidos suspensos totais. Isso indica que 39,52% do valor de SST_{aflu} é composto de matéria orgânica biodegradável, restando 24% que corresponde à fração inorgânica.

Para o efluente de Barueri, o valor médio da DQO foi de 70,4 mg/L. O valor máximo ocorreu no mês de setembro de 2002, chegando a 95 mg/L.

Para a DBO_{eflu}, o valor médio permaneceu por volta de 42 mg/L. O valor máximo foi de 55 mg/L e ocorreu

nos meses de setembro e outubro de 2002. Segundo o Decreto n. 8.468/76, para a DBO, o valor máximo permitido para lançamento no corpo receptor é de 60 mg/L.

A relação DQO_{eflu}/DBO_{eflu} média foi de 1,67, que, segundo a literatura, é característico de esgotos domésticos brutos. No entanto, como enfatizado por von Sperling (1996b), o valor para essa relação deve aumentar após o tratamento biológico e, usualmente, é superior a 3,0 no efluente final do tratamento biológico, uma vez que a biodegradação leva à redução da matéria orgânica biodegradável, mantendo inalterada a quantidade de material inerte.

Comparando o valor obtido para a relação DQO/DBO do afluente e do efluente, houve uma diminuição de 1,9 para 1,67, quando se esperava um aumento desse valor.

Considerando que 41% do material é inerte, e observando que a remoção da DQO foi superior a 90% e a remoção de DBO foi em torno de 87%, há indicativos que embora tenha havido eficiência na remoção de material inerte, a remoção de matéria orgânica está sendo comprometida em algum ponto do processo biológico. Pode haver material tóxico comprometendo os processos bioquímicos, ou o mais provável é haver problemas operacionais, como, por exemplo, perda de lodo ou controle inadequado da idade do mesmo, levando a um desequilíbrio no qual há excesso de processo de degradação endógena em detrimento da exógena.

Para os valores de sólidos suspensos totais do efluente de Barueri, o valor médio obtido para o SST_{eflu}, no período de agosto a dezembro de 2002, foi de 26,4mg/L. O valor máximo obtido no período foi de 44 mg/L, no mês de setembro de 2002.

O valor médio para SSV_{eflu} de Barueri, no mesmo período, foi de 20,6 mg/L. E o valor máximo ocorreu no mês de novembro e foi de 35 mg/L, no mês de setembro de 2002.

Observa-se que o valor médio encontrado para o SSV_{eflu}, no período considerado, foi cerca de 78% do valor para SST_{eflu}, significando que perto de 78% dos sólidos totais presentes no efluente correspondem a material orgânico. Desse total, 46,02% correspondem à fração orgânica biodegradável e 31,98% a material orgânico não-biodegradável. A fração inorgânica corresponde a 22%.

Assim, o efluente final da ETE Barueri possui as seguintes características: 46,02% corresponde à matéria orgânica biodegradável; 31,98% material orgânico não-biodegradável, aproximadamente; e cerca de 22% corresponde a material inerte, que passou incólume pelo processo.

Para a verificação da eficiência na remoção do nitrogênio, a Tabela 5 mostra os valores obtidos na ETE Barueri.

A análise dos dados mostra que houve uma baixa eficiência na remoção do nitrogênio amoniacal. Particularmente, no mês de agosto de 2002, de acordo com o relatório da Sabesp (2003), somente 20% do nitrogênio total foi removido. A Sabesp, em seu relatório de 2003, enfatiza que esta ETE não foi projetada para a remoção de compostos nitrogenados e isso, certamente, vem causando problemas operacionais.

A amônia é o produto primário do nitrogênio em muitos processos de tratamento de esgoto. Isso acontece porque a ação das bactérias nitrificantes para oxidar a amônia a nitrito (NO_2-) e, a partir daí, a nitrato (NO_3-), requer abundância de O_2 e os sistemas de aeração encarecem o tratamento de esgotos (MANAHAN, 1994). Assim, se o processo de lodos ativados for operado sob condições que favoreçam a manutenção do nitrogênio na forma de amônia (NH_3), este pode ser retirado da água por arraste pelo ar, desde que o pH seja mantido em nível superior ao pK_a do íon amônio (NH_4^+), favorecendo a forma gasosa do NH_3. Na prática, o pH é mantido em níveis superiores a 11, usualmente 11,5, pela adição de cal (MANAHAN, 1994). A desvantagem desse processo é a poluição atmosférica.

No caso específico da ETE Barueri, esse procedimento parece não ser a melhor solução. Talvez seja mais conveniente e tenha menor custo promover o processo completo, favorecendo o processo de desnitrificação, logo após a nitrificação. A desnitrificação é catalisada por bactérias desnitrificantes e ocorre em ambiente anaeróbio, podendo requerer uma fonte adicional de matéria orgânica – neste caso, o metanol pode ser adicionado. Contudo, o parâmetro, usualmente, utilizado para favorecer a remoção do nitrogênio é o tempo de retenção (Sludge retention time – SRT) (GRADY, 1999).

Tabela 5 – Valores médios para NTK, $N\text{-}NH_3$ e N-org, (valores em mg/L), na ETE Barueri

Forma	Afluente (mg/L)	Efluente (mg/L)	Eficiência na remoção (%)
$N\text{-}NH_3$	31	10,6	61,2
N-org	16	02,6	80,0
$N\text{-}N_{Tk}$	47	13,4	70,4

Fonte: Relatório elaborado pela Sabesp de Barueri, 2003

As concentrações de metais pesados que chegam ao reator (ou tanque de aeração) tiveram as seguintes médias, apresentadas na Tabela 6, para o período considerado.

A remoção de metais solúveis deve ser feita a partir de reações de oxidação que tornem o metal em questão insolúvel, facilitando sua retirada por outros processos.

No caso do ferro e do manganês, esse processo deve garantir oxidação próxima ao mais alto estado de oxidação insolúvel. A taxa de oxidação é pH-dependente, e, quanto maior for o pH, mais rapidamente ocorre a oxidação (MANAHAN, 1994).

Os metais pesados, tais como cobre, cádmio, mercúrio e chumbo são encontrados em águas residuárias de processos industriais. Devido à toxicidade de muitos metais pesados, há uma preocupação em removê-los ou, pelo menos, reduzi-los aos níveis mais baixos durante os processos de tratamento dessas águas.

A ação tóxica de muitos metais ocorre por haver afinidade com o enxofre, causando a quebra da cadeia protéica e formando ligações com o enxofre em muitas enzimas, comprometendo a ação enzimática. O grupo carboxila (-CO_2H) e amina (-NH_2), presentes em proteínas, é também atacado por muitos metais pesados.

Cádmio, cobre, chumbo e mercúrio se ligam à membrana celular, bloqueando o transporte celular. Os metais podem precipitar biocompostos fosforados ou participarem da catalisação dessas substâncias.

No afluente de Barueri, o zinco apresentou valores que comprometem os processos bioquímicos de degradação de matéria carbonácea e os processos de nitrificação. Dado isolado, do mês de agosto de 2002, apresentou um valor de 1,17 mg/L no afluente e, correspondentemente, uma eficiência de 20% na remoção do nitrogênio amoniacal. Esses resultados, entretanto, não são conclusivos e dependem da avaliação de outros parâmetros. O cobre também apresenta concentrações de risco, com valores bem próximos dos limites comprometedores (Tabela 6).

Tabela 6 – Metais presentes no afluente e efluente da ETE Barueri

Metais	**Concentrações médias limites (mg/L)***		**Comprometimento (fonte: Metcalf & Eddy)****	
	Afluente	**Efluente**	**Carbonáceo**	**Nitrificação**
Cádmio	0,01	0,005	de 15 a 26	(nada consta)
Níquel	0,068	0,02	de 1,0 a 2,5	0,25
Prata	0,02	<< 0,01	5,0	nada consta
Zinco	0,638	0,124	de 0,8 a 10,0	0,08 a 0,5
Manganês	0,098	0,07	nada consta	nada consta
Chumbo	0,027	<0,010	nada consta	nada consta
Cobre	0,1088	0,0144	1,00	0,005 a 0,5
Ferro	4.0186	0,5882	nada consta	nada consta

* Valores obtidos a partir dos dados fornecidos pela Sabesp, 2003
* * Valores a partir dos quais há o comprometimento dos processos bioquímicos
Fonte: METCALF & EDDY, 1991

Tabela 7 – Mostra os valores obtidos para compostos orgânicos, para a ETE Barueri

Composto orgânico	**Concentrações médias limites (mg/L)***		**Comprometimento (mg/L)****	
	Afluente	**Efluente**	**Carbonáceo**	**Nitrificação**
Fenol	0,276	0,038	200,0	4,0 a 16,0
Surfactantes	18,8	0,86	nada consta	nada consta
fósforo total	5,32	2,64	nada consta	nada consta
óleos e graxas	63	4,6	nada consta	nada consta

* Valores obtidos a partir do relatório técnico fornecidos pela Sabesp, 2003
* * Valores a partir dos quais há o comprometimento dos processos bioquímicos
Fonte: METCALF & EDDY, 1991

O efluente final da ETE Barueri apresenta concentrações para metais (níquel, manganês, chumbo, cobre, cromo total e ferro) abaixo dos limites máximos de lançamento. Embora a eficiência na remoção de alguns desses metais esteja acima de 70%, a presença deles no efluente é preocupante por serem cumulativos ao longo da cadeia alimentar.

Outro aspecto a requerer atenção são as condições dos corpos d'água que recebem esses efluentes os quais, segundo a Cetesb (2003), apresentam condições elevadas desses metais.

A Tabela 7 mostra os valores obtidos para compostos orgânicos, presentes no afluente e efluente da ETE Barueri, no período considerado.

A remoção ou a diminuição das concentrações dos compostos orgânicos presentes no efluente é importante pelo

fato de, na presença de cloro, ocorrer a cloração de alguns desses compostos encontrados na água, particularmente, substâncias húmicas, levando à formação dos trihalometanos.

A presença de estruturas fenólicas ocorre naturalmente no meio ambiente, como resultado da decomposição de vegetais no solo, no metabolismo secundário de plantas e aparecem como intermediários na formação de húmus (VILLAS BÔAS, 1999). O aumento nos níveis de fenol no ambiente é devido às atividades industriais, principalmente, naqueles efluentes provenientes de refinarias, siderúrgicas e indústrias de produtos químicos orgânicos (BASTOS et al,1997 apud VILLAS BÔAS, 1999).

A presença desse e de alguns outros compostos no reator pode comprometer os processos bioquímicos envolvidos na degradação de material. Villas Bôas (1999) demonstrou, em seu trabalho, que ocorre uma seleção dos microrganismos presentes no lodo do reator biológico, quando submetidos a ambientes estressantes, necessitando de um certo tempo para que haja uma reconfiguração da microfauna presente nesse lodo. Em ambientes restritivos, observamos uma diminuição da diversidade desses microrganismos. Na presença de concentrações variáveis de fenol, Villas-Bôas mostrou que, à medida que a concentração aumenta, ocorre uma seleção em favor de alguns grupos, tais como as do grupo *Sporosarcina*, *Klebsiella* (por exemplo, a *Klebsiella pneumoniae*).

As vazões médias para esgoto bruto apresentadas pela ETE Barueri foi de 6.105 L/s e estão dentro dos valores de projeto. Assim, esse parâmetro não deve interferir no desempenho do sistema. A Tabela 8 mostra o IVL, a relação alimento/microrganismos (F/M) e idade do lodo (θ), para o lodo retirado do reator.

Jordão (1998), em seu trabalho, discute o valor para o IVL que melhor representaria uma boa sedimentalidade para o lodo. Mostrou que em algumas situações nas quais o lodo apresentava altas concentrações e não sedimentava, o valor encontrado para o IVL estava ao redor de 130 mL/g. De acordo com a literatura clássica sobre operações de estações de tratamento, o autor cita o MOP-11 da WEF (1990), o qual sugere um valor acima de 200 mL/g, indicando um lodo de má qualidade. No entanto, Jordão (1998) demonstrou:

(i) a viscosidade e resistência do lodo não estão relacionadas aos valores de IVL;

(ii) a temperatura afeta a viscosidade da amostra, alterando os resultados do teste;

(iii) os ensaios devem ser feitos em proveta padrão.

A utilização do índice volumétrico de lodo diluído (Diluted Sludge Volume Index – IVLD) pode ser aplicado a lodos com altas concentrações de sólidos ou em estado de intumescimento (JORDÃO, 1998). As relações entre o IVLD e IVL são da ordem de 0,58 a 0,77. Assim, para lodos com IVL de 149 mL/g, o IVLD correspondente foi de 86 mL/g.

Desse modo, o método utilizado para medição do índice volumétrico deve ser escolhido com precaução para evitar falsos resultados que possam levar a estratégias operacionais inadequadas.

Os dados fornecidos para o IVL da ETE Barueri mostram valores superiores a 200 mL/g para os meses de agosto/2002 (251 mL/g), setembro/2002 (288 mL/g), outubro/2002 (203 mL/g). Em média, o valor do IVL para a ETE Barueri foi de 198,8 mL/g, no período considerado. Esses resultados não são satisfatórios e indicam problemas operacionais.

A Tabela 9 mostra as concentrações de coliformes presentes no esgoto bruto e efluente, para a ETE Barueri.

Não há dados para avaliar os microrganismos que compunham o lodo do reator da ETE Barueri, para o período considerado.

Tabela 8 – Valores obtidos para os parâmetros IVL; F/M, idade do lodo θ da ETE Barueri

ETE	IVL (mL/g)	Relação (F/M) (kg DBO/kg SSV.d)	Idade do lodo (θ)(d)
Barueri	198,8	0,3586	10,2

Fonte: SABESP, 2003

Tabela 9 – Comparativa dos valores para coliformes na ETE Barueri

	Mês	Esgoto bruto (NMP/100 mL)	Efluente final (NMP/100 mL)	Coliformes termotolerantes
Ago./2002	3,0E+08	1,3E+07	1,7E+06	7,0E+05
Set./2002	2,3E+07	1,3E+07	9,0E+05	9,0E+05
Out./2002	2,8E+08	1,7E+07	1,7E+06	3,0E+05
Nov./2002	2,3E+07	8,0E+06	9,0E+05	9,0E+05
Dez./2002	7,0E+07	7,0E+07	1,1E+05	1,3E+04
Média	1,40E+08	2,42E+07	3,88E+05	5,626E+05

Fonte: SABESP, 2003

Condições operacionais da ETE de Franca

A temperatura média no local de coleta das amostras foi de 23,5º C, e o pH médio foi de 6,5. A DQO_{aflu} da ETE de Franca atingiu o valor médio de 728,6 mg/L entre os meses de agosto a dezembro. O valor máximo ocorreu no mês de agosto e chegou a 959 mg/L. A DBO_{aflu} apresentou um valor médio de 362,0 mg/L e atingiu um valor máximo no mês de agosto, chegando a 454 mg/L. A relação DQO/DDBO para o afluente da ETE de Franca resultou em 2,01, e, de acordo com a literatura, caracterizaria esgoto doméstico bruto (BRAILE e CAVALCANTI, 1979; VON SPERLING, 1996a).

O SST_{aflu} médio do afluente nos meses de agosto a dezembro ficou em 313 mg/L. O SSV_{aflu} médio do afluente para o mesmo período ficou em 261,8 mg/L. Esses valores mostram que, em média, 83% do esgoto bruto que chega à ETE Franca é constituído por: 41,6% de matéria orgânica biodegradável; 42,2% de matéria orgânica inerte e 17% de matéria inorgânica.

O valor médio para a DQO_{eflu} do efluente da ETE de Franca para os meses de agosto a dezembro apresentou o valor de 42,36 mg/L e atingiu valor máximo no mês de setembro com valor de 49 mg/L.

No mesmo período, o valor médio para a DBO_{eflu} foi de 9,9 mg/L e o valor máximo foi de 11,5 mg/L no mês de agosto. A relação DQO/DBO para o efluente da ETE apresentou valor 4,278. Observamos que a relação DQO/DBO do efluente é cerca de duas vezes maior que o valor obtido para o esgoto bruto. Esse resultado está de acordo com o esperado, segundo Braile e Cavalcanti (1979), uma vez que há uma diminuição da matéria orgânica biodegradada, sem que haja diminuição significativa da matéria inerte. Esse valor é bastante satisfatório e sugere boas condições dos processos biológicos. Outros parâmetros podem ser considerados para confirmação do observado.

A DBO foi próximo de 23% da DQO, no mesmo período considerado.

A avaliação dos sólidos totais (SST_{eflu}) para o efluente mostrou valor médio de 10,96 mg/L, para os meses de agosto a dezembro.

O valor para os sólidos suspensos voláteis (SSV_{eflu}) do efluente mostrou valor médio de 8,76 mg/L, no período considerado (agosto a dezembro de 2002). O SSV_{eflu} corresponde a 80% dos sólidos suspensos totais. Desses 80%, 23% correspondem à fração biodegradável, e o restante à fração inerte (77%). O SSV_{eflu} corresponde a 80% dos SST_{eflu}, restando cerca de 20% para a fração inorgânica. Assim, podemos caracterizar o efluente como tendo as seguintes frações: 20% de inorgânica; 18,4% de orgânica biodegradável; e 61,6% de matéria orgânica não-biodegradável.

Para o afluente, o valor médio para o nitrogênio total (NTK_{aflu}) foi de 59,2 mg/L. Para o nitrogênio orgânico o valor médio, no mesmo período, foi de 32 mg/L. Para o nitrogênio amoniacal, o valor foi de 27 mg/L, valores obtidos no período de agosto a dezembro de 2002.

A presença de nitrogênio amoniacal, em condições aeróbias e pH<8, está na forma do íon amônio (NH_4^+), e na presença de bactérias nitrificantes reduz o nitrogênio a nitrito (NO_2-), e, posteriormente, a nitrato (NO_3-), em um processo que consome oxigênio.

A Tabela 10 mostra os valores medidos para NTK, $N\text{-}NH_3$ e N-org do afluente da ETE Franca.

Nitrogênio no efluente de Franca – os valores médios para o efluente da ETE de Franca estão mostrados na Tabela 11.

A eficiência na remoção do nitrogênio amoniacal manteve-se ao redor de 58%, em média, para o período de agosto a dezembro de 2002. Para o nitrogênio orgânico, esse valor ficou cerca de 66% e para o nitrogênio total esse valor foi de 56%.

Tabela 10 – Valores medidos para NTK, $N\text{-}NH_3$ e N-org do afluente da ETE Franca, (valores em mg/L)

Forma	Ago./2002	Set./2002	Out./2002	Nov./2002	Dez./2002	Média
$N\text{-}NH_3$	34	22	32	18	29	27
N-org	25	41	26	42	26	32
N_{TK}	60	63	58	60	55	59,2

Fonte: Relatório elaborado pela Sabesp de Franca, 2003

Tabela 11 – Valores medidos para NTK, $N\text{-}NH_3$ e N-org do efluente da ETE Franca

(valores em mg/L)						
Forma	**Ago./2002**	**Set./2002**	**Out./2002**	**Nov./2002**	**Dez./2002**	**Média**
$N\text{-}NH_3$	14,3	17,3	17,2	10,0	20,0	15,76
N-org	12,0	6,0	7,0	23,0	5,0	10,6
N_{TKT}	33,0	19,0	30,0	27,0	30,0	27,8

Fonte: Relatório elaborado pela Sabesp de Franca, 2003

Tabela 12 – Valores médios para NKT, $N\text{-}NH_3$ e N-org, para a ETE Franca, período considerado (valores em mg/L)

Forma	Afluente (mg/L)	Efluente (mg/L)
$N\text{-}NH_3$	27	15,76
N-org	32	10,6
$N\text{-}N_{Tk}$	59,2	27,8

Fonte: ETE Franca – Relatório Sabesp (2003)

Tabela 13 – Valores para coliformes totais e Escherichia coli (10^7 NMP/100 mL) no afluente geral

Microrganismo	Ago./2002	Set./2002	Out./2002	Nov./2002	Dez./2002	Média
Coliformes totais	5	8	28	24	5	14
Escherichia coli	3	0.17	3	2,8	2,30	2,25

Fonte: ETE Franca – Relatório Sabesp (2003)

Tabela 14 – Valores para E. coli e coliformes no efluente final da ETE Franca

Coliformes totais (NMP/100 mL)	Escherichia coli (NMP/100 mL)	Meses
3,0E+06	5,0E+05	Ago./2002
1,7E+06	3,0E+05	Set./2002
0.8E+06	5,0E+05	Out./2002
1,7E+06	8,0E+05	Nov./2002
0,5E+06	1,1E+05	Dez./2002
1,54E+06	4,42E+05	Média

Fonte: ETE Franca – Relatório Sabesp (2003)

Tabela 15 – IVL, idade do lodo para a ETE de Franca

ETE	IVL (mL/g)	Relação (F/M) (kg DBO/kg SSV.d)	Idade do lodo (θ)(d)
Franca	<100	0,552	4

Fonte: ETE Franca – Relatório Sabesp (2003)

Tabela 16 – Comparação entre as ETEs Barueri e Franca*

Parâmetros considerados (mg/L)	ETE			
	Barueri		Franca	
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
SST	195,40	26,40	313,000	10,960
SSV	150,00	20,60	261,800	8,760
DQO	473,20	70,40	728,600	42,360
DBO	247,40	42,00	362,000	9,900
DQO/DBO	1,90	1,67	2,010	4,278
NTK	47,00	13,40	59,200	27,800
$N\text{-}NH_3$	31,00	10,60	27,000	15,760
N-org	16,00	2,60	32,000	10,600

* Valores calculados a partir dos dados fornecidos pela Sabesp, 2003
Fonte: SABESP, 2003

A Tabela12 mostra valores médios para NKT, $N\text{-}NH_3$ e N-org (valores em mg/L).

A Tabela 13 mostra valores para coliformes totais e Escherichia coli (10^7 NMP/100 mL) no afluente geral.

As concentrações para Escherichia coli e coliformes totais, para os meses de agosto a dezembro de 2002, apresentaram como valores médios no afluente $2{,}25.10^7$ NMP/100 mL e 14.10^7 NMP/100 mL, respectivamente. A Tabela 14 mostra a concentração de coliformes no efluente da ETE Franca.

Os valores do IVL, idade do lodo (θ) e relação F/M no lodo no reator da ETE Franca são mostrados na Tabela 15.

Análise comparativa entre as ETEs de Barueri e Franca

A comparação das vazões para as ETEs de Barueri e Franca mostra que, em média, os valores para o período compreendido entre os meses de agosto e dezembro de 2002 foram de 6.105 L/s e 308 L/s, respectivamente. A ETE de Franca possui uma vazão cerca de 20 vezes menor que a de Barueri. O valor para o SST de Franca é de 1,6 vez maior que o valor presente na ETE Barueri e o SSV de Franca é ao redor de 1,74 vez maior que o valor encontrado na ETE Barueri.

A DQO_{aflu} em Franca é 1,5 vez maior que a de Barueri. Para a DBO_{aflu}, o valor de Franca é de 1,4 vez maior que a de Barueri. A relação DQO_{aflu}/DBO_{aflu} para o esgoto bruto de Franca foi 2,01 e de Barueri foi 1,9. Para ambas, os valores permaneceram dentro da faixa característica para esgotos domésticos. No efluente, esses valores ficaram em 1,67 para Barueri e 4,278 para Franca. As Tabelas 16 e 17 resumem os valores apresentados pelas duas ETES.

A Tabela 16 mostra os parâmetros considerados para análise e os respectivos valores.

Tabela 17 – Compara a composição das frações orgânicas e inorgânicas nas duas ETES*

Tipo de material		SST (%)		SSV(%) (matéria orgânica)	
				(23%)	(77%)
		orgânico	inorgânico	biodegradável	Não-bio
Barueri	Afluente	76,0	24,0	39,52	36,48
	Efluente	78,0	22,0	46,02	31,98
Franca	Afluente	83,6	16,4	41,60	42,00
	Efluente	80,0	20,0	18,40	61,60

* Valores calculados a partir dos dados fornecidos pela Sabesp, 2003

A ETE Barueri apresentou um valor DQO/DBO bastante anormal, já que indica um aumento de matéria orgânica biodegradável no final do processo. Isso pode ser um indício de problemas operacionais, tais como ineficiência do processo bioquímico por causa de agentes contaminantes ou, muito mais provável, perda de lodo no processo. Comparando os valores do SSV para o afluente e efluente da ETE Barueri, verificamos um aumento ao final do processo, quando o esperado seria a diminuição da fração biodegradável. Uma provável solução seria aumentar a relação F/M, diminuindo a quantidade de lodo na linha de recirculação, de forma a garantir uma maior oferta de alimento a ser degradada pelos microrganismos. Contudo, devemos considerar que, nesse caso, sendo altas as concentrações de metais presentes no lodo do tanque de aeração, uma maior oferta de alimento significaria também uma maior atuação de compostos tóxicos sobre a microfauna do lodo do reator, o que provocaria uma piora nas condições de funcionamento da ETE.

O valor obtido para o SST do efluente de Barueri é em torno de 2,4 vezes maior que o valor verificado em Franca, embora o valor inicial do SST de Franca fosse maior que o de Barueri. Para o SSV, Franca obteve um valor 2,3 vezes menor que o de Barueri.

Verificamos que, embora, o esgoto bruto de Franca apresente uma quantidade de sólidos suspensos totais bastante superior ao da ETE Barueri, os valores apresentados no efluente de Franca são inferiores, sugerindo uma maior eficiência na remoção de sólidos na ETE Franca – devemos considerar que a relação entre os volumes de Franca e Barueri é cerca de 5%. Também para a DBO e DQO verificamos uma maior eficiência de remoção na ETE Franca.

O IVL apresentado pela ETE Barueri mostra um lodo com baixa capacidade de compactação. Dados da literatura mostram como possíveis causas o seguinte (JORDÃO, 1998):

(i) baixas concentrações de oxigênio dissolvido;

(ii) baixa carga de floco na entrada do reator;

(iii) deficiência de nutrientes;

(iv) óleos e graxas emulsionados.

Para identificar a causa do IVL elevado, seria necessária a observação de certas características, tais como: presença ou não de grumos de lodo no decantador secundário, presença ou não de bolhas de gás envolvidas no floco, baixa concentração de bactérias filamentosas ou grande concentração de bactérias filamentosas.

O afluente da ETE Barueri apresentou uma concentração de zinco, cujo valor poderia estar comprometendo os processos de biodegradação carbonácea e a nitrificação.

De maneira geral, o desempenho da ETE Barueri se mostrou bastante comprometido. Os dados analisados para essa ETE não são suficientes para uma avaliação conclusiva, contudo, as inferências possibilitadas pela análise podem auxiliar na adoção de medidas corretivas que visem à melhora das condições operacionais dessa ETE.

O MONITORAMENTO E A EFICIÊNCIA EM UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS

A função de uma ETE é tratar os esgotos que possam causar impactos ambientais nos corpos d'água os quais irão receber esses efluentes. Muito embora os processos de tratamento ofereçam alternativas diversas, um aspecto bastante preocupante é a dificuldade em determinar as características do esgoto que está chegando na estação de tratamento. Alguns aspectos são previstos no projeto, porém, o processo de urbanização e industrialização nem sempre seguem o que foi projetado. A poluição ambiental é, hoje, um dos grandes desafios que o homem do século 21 terá de enfrentar. Não basta tão-somente ter a noção do que seja gestão ambiental, mas é preciso criar mecanismos de ação que possibilitem não só a tomada de medidas preventivas, dentro de uma concepção *a priori* dos problemas ambientais, mas garantir que a legislação seja cumprida.

O monitoramento de parâmetros ambientais é uma ferramenta poderosa para a gestão ambiental sob vários aspectos:

(i) possibilita localizar fontes poluidoras;

(ii) possibilita identificar fatores de risco;

(iii) possibilita a tomada de medidas preventivas;

(iv) possibilita a tomada de medidas corretivas.

No que se refere à gestão dos recursos hídricos, um dos problemas enfrentados é justamente a identificação de fontes poluidoras.

Entre os fatores que causam grande variação nas características dos esgotos que chegam às ETEs para tratamento, podemos considerar os seguintes: temperatura, pressão, pluviosidade, aumento na concentração de substâncias que, normalmente, aparecem no esgoto, presença de substâncias não-usuais, presença intermitente de certas substâncias causando variações abruptas em suas concetrações, compostos tóxicos.

Esses fatores interferem grandemente no desempenho de uma ETE. Contudo, podem ser adotados procedimentos cujo objetivo seja identificar essas variações nas características de determinados aspectos do esgoto, as quais possibilitem as adequações operacionais convenientes, para garantir um efluente de qualidade.

Monitoramento bem planejado, visando caracterizar o esgoto antes que ele chegue à estação de tratamento, pode trazer os seguintes benefícios:

(i) ao conhecer a composição do afluente, é possível propor mudanças operacionais antecipadamente;

(ii) identificação dos possíveis poluidores;

(iii) verificar o cumprimento da legislação;

(iv) possibilita uma fiscalização ativa;

(v) possibilidade de aplicar o princípio poluidor-pagador, para minimizar os custos com o tratamento do esgoto;

(vi) caso não seja possível localizar a fonte poluidora, pode-se pensar em alternativas, como, por exemplo, grupos de empresas custeando uma ETE projetada para tratamentos de lodos, com características mais específicas;

(vii) garantir o monitoramento a montante e a jusante da ETE;

(viii) promover estudos urbanísticos e econômicos para definir estratégias;

(ix) promover pesquisas para a escolha de parâmetros que sejam significativos;

(x) promover um aumento na eficiência das ETEs.

A ETE Barueri recebe esgotos de uma região da cidade de São Paulo bastante problemática, já que, além de esgotos domésticos, há os industriais e, com eles, os chamados compostos xenobióticos os quais comprometem, grandemente, o desempenho nessa estação. As mudanças necessárias para que esta ETE possa aumentar sua eficência é dificultada por vários motivos. Podemos citar pelo menos dois principais. Por ser uma estação de grande porte, mesmo as soluções operacionais imediatas, como, por exemplo, correção de pH ou alcalinidade, exigem grandes quantidades de reagentes que, para atuarem de forma adequada, exigem um sistema de mistura eficiente – o que nem sempre é possível. Como observado no relatório da Sabesp (2003), essa estação não foi projetada para remover compostos nitrogenados. As soluções para amenizar esse problema devem evitar alterações estruturais de projeto ou, se forem propostas e factíveis, devem considerar os custos envolvidos. Um programa de monitoramento bem projetado poderia ser uma alternativa, por possibilitar a identificação dos fatores que afetam a operação. Esse programa poderia também auxiliar na identificação dos agentes causadores e suas fontes.

Os problemas decorrentes da necessidade de alterações operacionais para a correção de parâmetros, tais como: pH, temperatura e outros, podem ser minimizados com a adoção de tratamentos específicos em estações de pequeno porte.

No que se refere à ETE de Franca, os dados mostraram uma maior eficiência no tratamento do esgoto recebido, cujas características eram bastante ruins. Esse fato reforça a idéia que estações de pequeno porte possibilitam um controle operacional mais eficiente.

Contudo, não dispomos de dados os quais possibilitem uma averiguação dos custos envolvidos para o funcionamento das duas ETEs e a correlação com o tipo de afluente recebido.

Os valores iniciais para os parâmetros, que caracterizam o esgoto recebido nessas ETES, mostram que as condições iniciais de operação na ETE de Franca é pior que as de Barueri, ou seja, o esgoto recebido pela ETE Franca apresenta piores condições do que o recebido pela ETE Barueri.

Os valores finais os quais caracterizam o efluente nas duas ETEs estão apresentados na Tabela 18.

Tabela 18 – IVL, idade do lodo

ETE	IVL (mL/g)	Relação (F/M) (kg DBO/kg SSV.d)	Idade do lodo (θ)(d)
Barueri	198,8	0,3586	10,2
Franca	<100	0,552	4

Fonte: SABESP, 2003

A comparação entre os valotres obtidos para o IVL (F/M) e idade do lodo.

A remoção de nitrogênio amoniacal mostrou-se bastante comprometida nas duas ETEs. Como a idade do lodo no reator pode influenciar na remoção do nitrogênio, talvez, para Franca, um aumento nesse parâmetro pudesse tornar mais eficiente a remoção de nitrogênio amoniacal. No caso de Barueri, talvez fosse recomendado diminuir o lodo na linha de circulação, de tal forma a promover um aumento na relação F/M. Contudo, não podemos deixar de considerar as altas concentrações de metais presentes no afluente do tanque de aeração, o que comprometeria todo o processo bioquímico. Também, ineficiência na aeração pode estar dificultando o processo de nitrificação, como discutido anteriormente.

CONCLUSÃO

A partir das considerações possibilitadas pela análise dos dados fornecidos pela Sabesp, referentes às estações de tratamento de esgotos de Barueri e de Franca, e considerando que um programa de monitoramento bem planejado seja capaz de identificar problemas em potencial, os quais possam comprometer o funcionamento de uma ETE e, conseqüentemente, contribuir para a degradação ambiental, foi possível verificar os seguintes aspectos:

(i) é preciso escolher um conjunto de parâmetros que possam, de fato, trazer informações úteis e eficazes na indicação de ações alternativas;

(ii) a análise de parâmetros que caracterizem o afluente e efluente são limitados, no sentido de não trazerem nenhuma informação sobre os aspectos operacionais da ETE em questão;

(iii) no entanto, esses parâmetros permitem que se façam avaliações dos riscos em potencial e, quando analisados conjuntamente aos parâmetros operacionais, auxiliam na orientação das ações corretivas dentro da ETE;

(iv) é preciso que os pontos de monitoramento se estendam por toda a região abrangida pela ETE;

(v) a partir desses dados mais gerais, dois caminhos podem ser adotados: primeiro, promover ações que auxiliem na mudança das características do afluente, identificando as fontes poluidoras e orientando quanto às alternativas possíveis de tratamento, ou quanto a processos de produção menos agressivos ao meio ambiente, possibilitando transferências de custos do tratamento. Como segundo caminho, é possível utilizar os indicativos do monitoramento do afluente ou mesmo efluente, para sugerir medidas preventivas de correções operacionais dentro da ETE;

(vi) o conhecimento das condições sociais, econômicas, políticas, ambientais são importantes para um planejamento de ações possíveis.

Assim, os parâmetros SST, SSV, DQO, DBO, presença de nitrogênio, fósforo, metais e compostos orgânicos, mostraram-se eficazes na identificação de afluentes problemáticos e, portanto, comprometedores dos processos bioquímicos envolvidos no tratamento por lodos ativados. Quando esses parâmetros são analisados levando-se em consideração também os parâmetros operacionais no reator, tais como oxigênio dissolvido (OD), pH, temperatura, índice volumétrico (IVL), idade do lodo (θ), relação alimento/microrganismo (F/M), constituição da microfauna do lodo do reator, é possível sugerir alterações em parâmetros operacionais, garantindo um efluente de qualidade.

O conceito de monitoramento de esgotos pode ser ampliado e não se limita apenas em verificar se os padrões legais estão sendo obedecidos. Mais do que isso, um efetivo monitoramento deve atender às necessidades de responder o que está sendo alterado, e por que essas modificações estão acontecendo.

A adoção de uma postura *a priori*, no que se refere à utilização do monitoramento, constitui uma poderosa ferramenta de orientação, já que identifica as causas de grande parte dos problemas enfrentados em uma estação de tratamento de esgotos. Esse conhecimento permite que sejam efetuadas não só as mudanças na rotina de operação da estação de tratamento, mas, principalmente, serve de suporte para a identificação das fontes de lançamento e, eventualmente, a transferência do aumento nos custos de tratamento, partindo da aplicação do princípio poluidor-pagador.

Dessa forma, é crucial a elaboração de medidas corretivas ou de controle a partir da identificação dos fatores da degradação ambiental.

BILBLIOGRAFIA

BARTH, F. T. *A nova política estadual de recursos hídricos: Princípio usuário pagador e recursos hídricos no meio urbano.* São Paulo: Instituto de Estudos Avançados da USP, 1992.

BRAGA, B. (Org.). *Introdução à engenharia ambiental*. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

BEZERRA M. C. L.; MUNHOZ, T. M. T. (Coord.) *Gestão dos recursos hídricos naturais: Subsídios à elaboração da Agenda 21 brasileira.* Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal (MMA). Brasília: Consórcio TC/BR/FUNATURA; 2000. Disponível em: <URL: http://www.mma.gov.br> Acesso em: 20 maio 2002.

CETESB. *Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo* – 2001. Disponível em: <URL: http://www.cetesb.com.br> Acesso em: 15 jun. 2003.

ESTEVES, F. A. *Fundamentos de limnologia*. 2. ed. Rio de Janeiro: Ed. Interciência, 1998. 602 p.

GRADY JR., C. P. L.; DAIGGER, G. T.; LIM, H. C. *Biological wastewater treatment*. 2. ed. Nova York: Marcel Dekker, 1999.

HEMOND, H. F.; FECHNER, E. J. *Chemical fate and transport in the environment*. USA: United Kingdom Edition, Academic Press Limited, 1993.

HESPANHOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil: Agricultura, indústria, municípios, recarga de aqüíferos. In: *III Enc. Águas.* Disponível em: URL:http://www.aguabolivia.org/situacionaquaX/IIIEncAguas/contenido/trabajos.htm>. Acesso em: 27 mar. 2003.

JORDÃO, E. P. *Pesquisas visando melhorias operacionais no processo de lodos ativados*. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

KALFF, J. *Limnology: Inland Water Ecosystems.* São Paulo: Prentice Hall, 2002. 592 p.

KEENEY, D. R.; NELSON, D. W. Nitrogen inorganic fons. In: PAGE, A. L. (Ed.) *Methods of soil analysis*. Part. 2. Madison: American Society of Agronomy, 1982.

LANNA A. E. A inserção da gestão das águas na gestão ambiental. In: MUÑOZ, R. H. *Interfaces da gestão de recursos hídricos – Desafios da lei de águas em 1997.* Ministério do Meio Ambiente – MMA. Secretaria de Recursos Hídricos – SRH. Brasília: Governo Federal, SRH, Unesco, BIRD; 2000. Disponível em: <URL:http://www.mma. gov.br> Acesso em: 20 jun. 2002.

MANAHAN, S. E. *Toxicological chemistry.* 2. ed. USA: Lewis Publishers, INC., 1992.

MELO, G. S. L. de. *Investigação das oscilações diárias e transientes de vazão e qualidade em esgotos urbanos no estado de São Paulo*. Relatório científico – Processo Fapesp n. 00/11091-7. Orientador: Prof. Dr. André Luiz de Lima Reda. Instituto Mauá de Tecnologia – Escola de Engenharia Mauá. São Caetano do Sul, SP.

METCALF & EDDY. *Wastewater engineer: Treatment, disposal, reuse*. Cingapura: McGraw-Hill, Book Company, 1991.

MUÑOZ, R. H. (Org.). Razões para um debate sobre as interfaces da gestão dos recursos hídricos no contexto da lei de águas de 1997. *Interfaces da gestão de recursos hídricos – Desafios da lei de águas em 1997.* Ministério do Meio Ambiente – MMA. Secretaria de Recursos Hídricos – SRH. Brasília: Governo Federal, SRH, Unesco, BIRD; 2000. Disponível em: <URL:http://www.mma.gov.br>. Acesso em: 20 jun. 2002.

NUVOLARI, A. *Esgoto sanitário: Coleta, transporte, tratamento e reúso agrícola*. São Paulo: Ed. Edgard Blücher Ltda., 2003. 520 p.

PINTO, A. L. A situação institucional dos recursos hídricos no Brasil: Uma visão analítico interpretativa. In: SEMINÁRIO PERSPECTIVA DOS RECURSOS HÍDRICOS NO ESTADO DE SÃO PAULO. São Paulo, 1986. *Anais...* São Paulo: DAEE/FCTH/FUNDAP, 1986. Disponível em: <URL:http://www.daee.sp.gov.br>. Acesso em: 20 maio 2002.

RIGHETTO, A. M. *Hidrologia e recursos hídricos.* 1 ed., São Carlos: Publicação São Carlos: EESCUSP, 1988. 819 p.

ROCHA, G. A. *A construção do sistema paulista de gestão dos recursos hídricos*. Disponível em: <URL:http://www.abrh.org.br>. Acesso em: 14 jun. 2002.

SABESP. *Relatório gerencial da estação de tratamento de esgotos de Barueri.* São Paulo: Sabesp, jul. 2003.

___. *Relatório Anual de Operação – 2002, Estação de tratamento de esgotos de Franca.* São Paulo: Sabesp, 2003.

TSUTIYA, M. T.; SOBRINHO, P. A. *Coleta e transporte de esgoto sanitário.* São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1999. 547 p.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M.; ROCHA, O. *Limnologia de águas interiores. Impactos, conservação e recuperação de ecossistemas aquáticos/Águas doces no Brasil: Capital ecológico, uso e conservação.* Organização e coordenação científica: Aldo da C. Rebouças, Benedito Braga e José Galisia Tundisi. São Paulo: Escrituras Editora, 2002.

VILLAS BÔAS, D. M. F. *Estudo microbiológico de sistemas de lodos ativados com ênfase nas bactérias degradadoras de fenol.* 1999. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

VON SPERLING, M. *Princípios de tratamento biológico de águas residuárias-Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.* 2. ed., v.1. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

___. *Princípios de tratamento biológico de águas residuárias – Lodos ativados.* V. 4. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

Website da ORSANCO. Disponível em: <URL: http://www.orsanco.org.> Acesso em: 7 jul. 2003.

Website da Sabesp. Disponível em: <URL: http://www.sabesp.com.br> Acesso em: 9 set. 2003.

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 *abstrac*t, 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 formatação/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 seguientes normas:

a) Presentados en archivo electrónico.

b) Utilizando el processador 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 com 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 instituiciones.

5. Es obligatório 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 Cientifico 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, whithout 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 obbligatory 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.

Eventos
Agenda 2005

V FSM – FÓRUM SOCIAL MUNDIAL. FSM 2005: GT SUSTENTABILIDADE E MEIO AMBIENTE
26 a 31 janeiro de 2005 – Porto Alegre/RS
http://www.forumsocialmundial.org.br

ENVIRONMENT 2005
Abu Dhabi International Exhibition Centre
January 30-February 2, 2005 – Abu Dhabi, United Arab Emirates
http://www.environmental-center.com/

ENERGIA SCOTTISH & CONFERÊNCIA AMBIENTAL 2005
February 8, 2005 – Scotland
http://www.envirowise.gov.uk/

HELECO '05 – EXHIBITION AND CONFERENCE CENTRE OF ATTICA, HELEXPO, ATHENS, GREECE
February 3-6, 2005 – Athens, Greece
http://www.environmental-center.com

POWER-GEN RENEWABLE ENERGY
March 1-3, 2005 – Las Vegas Hilton, Las Vegas, Nevada, USA
http://www.environmental-center.com

E-WORLD 2005
March 15-17, 2005 – Messehaus Ost, Norbertstraße, 45131 Essen, Germany
http://www.environmental-center.com

EFFICIENT 2005 - III CONFERENCIA INTERNACIONAL SOBRE USO Y GESTIÓN
Marzo 14 -18, 2005 – Santiago – Chile
http://www.efficient2005.com

URBAN RESEARCH SYMPOSIUM 2005
Third Urban Research Symposium on "Land Development, Urban Policy and Poverty Reduction"
The World Bank – Institute of Applied Economic Research – IPEA
April 4-6, 2005 – Brasília, DF, Brazil
http://www.worldbank.org/urban/symposium2005/concept_note.htm

ENVIROEXPO & CONFERENCE 2005
May 3-4, 2005 – Seaport World Trade Center, Boston , Massachusetts, USA
Michael Scheibach, Ph.D., Conference Director, Tel: 816-350-2049
Email: mscheibach@enviroexpo.com
http://www.environmental-center.com

LAND DEVELOPMENT EAST
May 4-6, 2005 – Marriott Waterfront Hotel, Baltimore, Maryland
http://www.environmental-center.com

WORLD WATER & ENVIRONMENTAL RESOURCES CONGRESS 2005
May 15-20, 2005 – Anchorage Convention Center, Anchorage, AK, USA
http://www.environmental-center.com

EECO 2005
May 26-27, 2005 – Toronto, Canada
http://www.environmental-center.com

WASTETECH 2005
May 31-June 3, 2005 – Moscow, Rússia
http://www.environmental-center.com

WATERSHED MANAGEMENT 2005
July 19-22, 2005 – Williamsburg, Virginia, USA
http://www.environmental-center.com

23º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
18 a 23 de setembro de 2005 – Campo Grande/MS
http://www.abes-dn.org.br/eventos/abes/23cbes/index.htm

LAND DEVELOPMENT WEST
November 2-4, 2005 – SunBurst Resort, Scottsdale, Arizona
Michael Scheibach, Ph.D., Conference Director, Tel: 816-350-2049
Email: mscheibach@ldconference.com
http://www.environmental-center.com



Seção de apresentação de pôsteres
Foto: Marcelo de Andrade Roméro

ICTR´ 2004

Congresso Nacional de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável

NISAM´ 2004

Ciclo de Conferências sobre Política e Gestão Ambiental

O ICTR 2004 – Congresso Nacional de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável e o NISAM'2004 – Ciclo de Conferências sobre Política e Gestão Ambiental ocorreram na cidade de Florianópolis entre 17 a 20 de outubro de 2004.

A Comissão Organizadora recebeu cerca de 1.000 trabalhos produzidos por mais de 3.000 autores e co-autores de todo o Brasil, que colaboraram na discussão dos problemas nacionais e internacionais bem como na disseminação do conhecimento científico e tecnológico, promovendo a interação entre pesquisadores, profissionais, empresários e representantes governamentais. Desse total, 599 trabalhos foram aceitos para apresentação na forma de pôster e nove trabalhos receberam premiação ao término do evento.

O evento contou com a participação de 21 palestrantes do Brasil e do exterior, além da presença da prefeita de Florianópolis, Angela Amin. Na oportunidade houve o lançamento da *Revista Brasileira de Ciências Ambientais* e dos livros da Coleção Estudos e Pesquisas Ambientais *Curso de gestão ambiental*, *Curso interdisciplinar de direito ambiental*, *Educação ambiental e sustentabilidade* e *Saneamento, Saúde e Ambiente*.