



**ABES RBCiamb**

EDIÇÃO 08

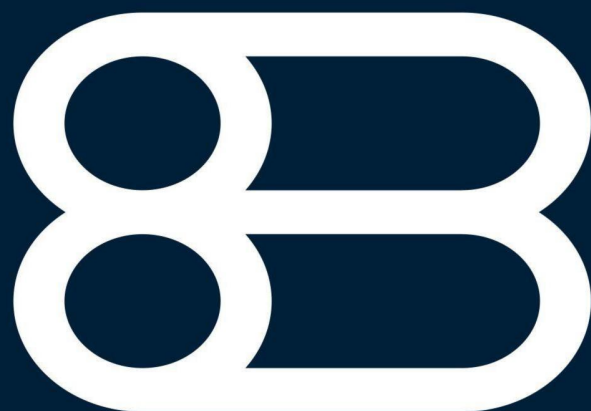
---

Dezembro/07

# Revista Brasileira de Ciências Ambientais

ISSN Impresso 1808-4524

ISSN Eletrônico 2176-9478



# ABES

# NISAM/ ICTR

## CONSELHO EDITORIAL CIENTÍFICO

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

# Revista Brasileira de Ciências Ambientais

## Opiniões e Sugestões

Cartas para

NISAM/Revista Brasileira de Ciências  
Ambientais

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

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

...

## Envio de Artigos

Observar as  
normas para publicação  
na página 60, deste número

Enviar para: ictr@ictr.org.br

...

## Sites

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

...

## Para anunciar

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

...



## Editor

Marcelo de Andrade Roméro



Fotos: Marcelo de Andrade Roméro

# Índice

2 NISAM/ICTR  
CONSELHO EDITORIAL CIENTÍFICO

3 Editor  
MARCELO DE ANDRADE ROMÉRO

4 Gerenciamento de Resíduos  
DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES EM MEGACIDADES:  
UMA ANÁLISE DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO  
Claudia Ruberg, Geraldo Gomes Serra

10 Tratamento e Disposição Final de Resíduos  
AVALIAÇÃO DAS TÉCNICAS DE PRECIPITAÇÃO QUÍMICA E  
ENCAPSULAMENTO NO TRATAMENTO E DESTINAÇÃO CONJUNTA DE  
RESÍDUOS LÍQUIDOS CONTENDO CROMO E VIDRARIAS DE LABORATÓRIO  
Juliana Graciela Giovannini, Glaucio Arnold Tavares, José Albertino Bendassolli,  
Valter Secco

16 Gestão Ambiental  
CONSTRUÇÃO DE MODELO EMPÍRICO PARA O MONITORAMENTO DE  
RECURSOS HÍDRICOS DO RIO DO SAL/SERGIPE  
Roberto Rodrigues de Souza, Jailton de Jesus Costa, Rosemeri Melo e Souza

29 PRESERVAÇÃO DO MEIO AMBIENTE COMO PRÁTICA DE  
RESPONSABILIDADE SOCIAL E MARKETING SOCIAL  
Luis Hernan Contreras Pinochet, Herman Edgardo Contreras Alday, Mauricio C.  
Serafim

42 Saneamento Ambiental  
COMPOSTAGEM ACELERADA: ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DO COMPOSTO  
Bárbara R. Heidemann, Edilsa R. Silva, Marlene Soares, Valma M. Barbosa

47 Normas

ISSN: 1808-4524

## DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES EM MEGACIDADES: UMA ANÁLISE DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

**Claudia Ruberg**

NUTAU/USP, PQ  
ruberg@usp.br

**Geraldo Gomes Serra**

NUTAU/USP, PD

### RESUMO

O gerenciamento dos resíduos sólidos se apresenta como um dos maiores problemas da atualidade nas megacidades. Na cidade de São Paulo cerca de 9.000 toneladas diárias de resíduos domiciliares são dispostas em dois grandes aterros sanitários. Sem mecanismos de redução do volume de resíduos, a política atual é o afastamento dos resíduos coletados. Os diversos problemas associados a essa prática, tornam o afastamento uma solução pouco viável nas megacidades. Portanto, é necessário reduzir significativamente o volume de resíduos dispostos em aterro, a dependência de grandes áreas de aterro e as distâncias de transporte entre coleta e destinação. Na elaboração de uma proposta para São Paulo que atinja esses objetivos, foram definidos os elementos condicionantes de projeto e verificados os diversos aspectos ambientais e urbanos que restringem a proposta. A distribuição dos incineradores ao longo do Rodoanel criou um sistema mais racional de transporte, com a eliminação de grande parte dos resíduos gerados, de modo a salvaguardar o meio ambiente e a permitir o desenvolvimento da megacidade de São Paulo. Esta pesquisa foi financiada pela CAPES.

### ABSTRACT

The solid waste management is one of the largest problems existent in the megacities. In the city of São Paulo about 9.000 daily tons of household waste is disposed of into two great sanitary landfills. Because of the several problems associated with the practice of removing the waste, this practice is almost unviable in the megacities. Therefore, it is necessary to reduce significantly the volume of the waste disposed in landfills, the dependence of great landfill areas and the distances between collection and destination. In order to reach these objectives in São Paulo, we defined the premises and the environmental and urban restrictions for the project. The distribution of the incinerators along one ring road created a more rational system of transport, with the elimination of great part of the generated residues, in order to protect the environment and to allow the development of the megacity of São Paulo. This research is financial supported by CAPES.

## INTRODUÇÃO

São Paulo, município escolhido como estudo de caso, é uma megacidade de 10,5 milhões de habitantes (IBGE, 2002) e está no centro de uma grande região metropolitana composta por 39 municípios que abriga 18,6 milhões de habitantes (EMPLASA, 2003<sup>1</sup>). Um em cada dez brasileiros mora na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP).

De acordo com Fialho (2002), na Capital de São Paulo são coletadas, diariamente, cerca de 16.000 toneladas de resíduos sólidos urbanos, sendo que aproximadamente 12.000 toneladas são dispostas nos dois aterros sanitários que estão em operação, situados na periferia ao norte (Aterro Bandeirantes) e à leste da cidade (Aterro São João) (informação oral)<sup>2</sup>. Das 12 mil toneladas de resíduos urbanos confinados nos aterros todos os dias, quase 9 mil são resíduos domiciliares (PMSP, 2004c).

Dentro da malha urbana há três estações de transbordo (ou de transferência) de resíduos domiciliares para melhorar a estrutura de coleta e transporte, reduzindo gastos com o sistema.

Inúmeras viagens são realizadas para transportar todo o material coletado nas vias dos 1.500 km<sup>2</sup> de área do município. O tempo despendido no trânsito também é representativo. Como em São Paulo, a distância entre os transbordos e os aterros varia de 32 a 54 km, o tempo médio de transporte é de 2 a 4 horas, chegando a durar de 6 a 9 horas nos horários de maior trânsito na cidade.

Atualmente não há mecanismos de redução significativa do volume de resíduos domiciliares a ser disposto no aterro. A coleta seletiva disponibilizada pela administração municipal recolhe menos de 1% dos resíduos gerados.

Os aterros sanitários existentes, Bandeirantes e São João, que ocupam 140 ha e 85 ha respectivamente, têm uma vida útil prevista de mais três ou quatro anos, de acordo com previsões do Eng. Rubens Lara, presidente da Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB (HENRIQUE; MENOCCHI, 19/03/2005).

O contínuo afastamento dos resíduos tem se tornado uma alternativa cada vez menos viável face ao alto grau de urbanização municipal e conurbação urbana. Mister é reduzir significativamente o volume de resíduos enviados aos aterros e diminuir as distâncias de transporte.

O foco da pesquisa se dá em função da destinação dos resíduos sólidos domiciliares, e compreende: aspectos urbanos de localização, dimensionamento das áreas, acessibilidade e área de abrangência de cada unidade de destinação.

O presente artigo contém uma parte da pesquisa de doutorado do autor principal (RUBERG, 2005) cujos principais objetivos são: analisar os principais problemas urbanos associados à questão dos resíduos sólidos em megacidades e propor um sistema de estações redutoras de volume de resíduos domiciliares associadas ao sistema viário principal da região metropolitana de São Paulo.

## MÉTODO

Inicialmente foi realizada a revisão bibliográfica sobre a destinação dos resíduos urbanos, as experiências internacionais de tratamento de resíduos sólidos existentes na atualidade e sobre o gerenciamento dos resíduos urbanos do município de São Paulo. Em seguida foram coletados dados primários, tanto

na Prefeitura quanto nas unidades de resíduos sólidos da capital paulista. Após a compilação e análise dos dados obtidos e com o auxílio de mapas contendo o sistema viário principal metropolitano (que inclui o traçado do Rodoanel elaborado pela Dersa S.A.), áreas de proteção ambiental e áreas urbanizadas, foi montada a proposta de destinação dos resíduos sólidos domiciliares do município de São Paulo.

## RESULTADOS

Verifica-se atualmente que o afastamento dos resíduos não é alternativa viável nas megacidades e conurbações urbanas – que inclui o município de São Paulo, devido aos seguintes fatores:

- não há mais para onde afastar – o afastamento significa dispor em outro município;
- existe uma forte rejeição da população<sup>3</sup> pelas unidades de resíduos;
- escasseiam as áreas adequadas para aterros e o custo do solo é elevado;
- quando não há tratamento, o volume gerado e as distâncias de transporte são muito grandes e o sistema depende de grandes áreas para disposição final;
- a emissão dos veículos de transporte é elevada e a circulação dos caminhões contribui para agravar os congestionamentos;
- o entorno dos aterros sofre diversos impactos, decorrentes do fluxo de veículos, da emissão de gases e particulados, dos ruídos, da visão anti-estética, da restrição do uso futuro da área;
- devido aos impactos negativos ocorre uma desvalorização imobiliária permanente do entorno.

A redução significativa do volume de resíduos é fundamental para minimizar o problema dos resíduos nas megacidades.

Objetivando definir qual tipo de tratamento a ser empregado é importante conhecer a composição dos resíduos sólidos coletados no município de São Paulo. Para tanto apresenta-se na figura 1 os resultados da caracterização dos resíduos sólidos domiciliares do município de São Paulo realizada em 2004 (PMSP, 2004):

O percentual de materiais recicláveis (papel, plástico, vidro e metal) presentes nos resíduos sólidos do município de São Paulo é inferior a 30%. Verifica-se que, caso a coleta seletiva fosse amplamente implementada, com captação total (utopia) dos materiais recicláveis gerados, quase 30% dos resíduos atualmente coletados seriam desviados dos aterros sanitários. Restariam ainda 70% dos resíduos a prosseguir para outra destinação.

Além disso, a caracterização revela que cerca de 60% dos resíduos é matéria orgânica que poderia ser encaminhada para a compostagem. Sabe-se que qualidade do produto final depende da qualidade do material que chega à unidade, conforme demonstram as experiências brasileiras de compostagem. Percebe-se então a dificuldade de coletar esse material em separado, pois seria necessária uma estrutura de coleta e transporte em paralelo à coleta convencional, tornando ainda mais complexo o sistema de limpeza urbana. Apesar disso não se teria como garantir a qualidade do material recolhido, porque a separação adequada é a realizada na fonte de geração, ou seja, aquela feita pelo morador.

Convém lembrar que atualmente há uma grande preocupação com a contaminação biológica da matéria orgânica por doenças como a “doença

### Composição média dos RSD - São Paulo - 2004

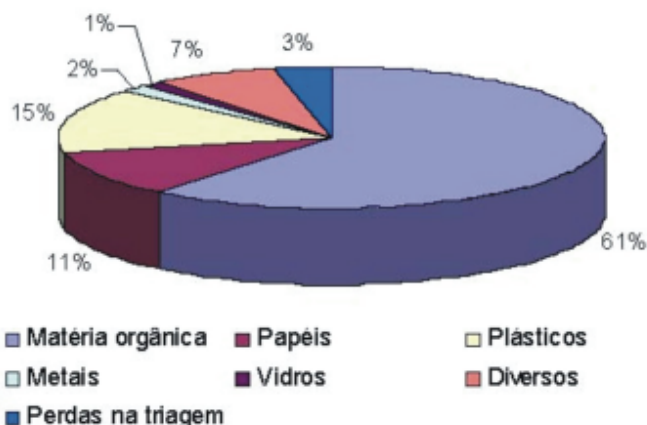


Figura 1 – Composição média dos resíduos sólidos domiciliares através da ponderação pela produção anual de resíduos – São Paulo – 2004

Fonte: Baseado em PMSP, 2004, p. 67 – Tabela 4.

da vaca louca” (encefalopatia espongiforme bovina), a febre aftosa animal, a gripe aviária e a Aids. Esse receio mundial é eliminado com a queima dos resíduos a temperaturas elevadas.

Identificou-se que a incineração é a tecnologia de redução de volume que melhor atende, nos dias atuais, as necessidades das megacidades – pois, além de reduzir o volume de resíduos, inertiza o material biológico, pode gerar energia, permite a reciclagem de parte dos materiais, seus equipamentos ocupam áreas significativamente menores que os aterros atuais, entre outros benefícios.

A incineração é uma tecnologia atualmente encontrada em diversos países, que atende às mais restritas legislações quanto às emissões. Os exemplos das Regiões Metropolitanas de Paris e de Lisboa serviram de referência para as análises (VALORSUL, 2004; SYCTOM, 2005; CEWEP, 2004).

A melhoria do sistema de gerenciamento em São Paulo também está vinculada à implantação das unidades em local próximo ao de

geração dos resíduos e de fácil acesso pelo sistema viário principal.

Por isso, o Rodoanel (anel viário metropolitano traçado pela Dersa, mas ainda em fase de construção) foi escolhido como elemento viário para localização das unidades de tratamento. Esse anel viário dista de 20 a 40 km do centro do município, passando também por municípios vizinhos a São Paulo, na Região Metropolitana, e sua principal função é reduzir o fluxo interno de veículos de grande porte que atravessam a cidade.

Para a montagem da proposta de destinação dos resíduos domiciliares de São Paulo, considerou os seguintes condicionantes de projeto:

- Tratamento de todos os resíduos domiciliares recolhido pelo sistema público de coleta no município;
- Redução significativa do volume e peso dos resíduos a serem dispostos em aterro sanitário.
- Não obrigatoriedade de uma coleta diferenciada ou triagem prévia ao tratamento;
- Unidades de fácil acesso de chegada e saída;



- Redução do impacto do tráfego nas imediações das unidades, quando comparado ao atual;
- Destinar a cada unidade quantidades aproximadamente equivalentes de resíduos;
- Criar um *buffer zone* vegetal para proteção visual da área.

Portanto, todos os resíduos coletados serão encaminhados para estações redutoras de volume e, dessas estações, os rejeitos seguirão para os aterros sanitários.

Para definir a localização das estações redutoras de volume de resíduos foi necessário levantar os principais

elementos restritivos e/ou impeditivos da implantação dessas estações. Algumas áreas do município de São Paulo, ou fora dele, são protegidas pela legislação estadual de proteção ambiental vigente, sofrendo restrições quanto à utilização de seu solo. Na figura 2, estão destacadas as áreas de proteção aos mananciais:

Com o intuito de minimizar os conflitos, verificou-se que as áreas mais indicadas para implantação de novas unidades de resíduos seriam aquelas que, atualmente, já sofrem o impacto das atividades ligadas aos resíduos sólidos. Essa também é a postura adotada pela administração municipal, uma vez que os atuais transbordos de resíduos e algumas centrais de triagem funcionam junto a antigas unidades de incineração e aterros encerrados.

Após diversas análises, a proposta elaborada consiste na implantação de seis unidades de incineração distribuídas ao longo do Rodoanel Metropolitano, próximas a algumas das principais rodovias interligadas por ele. Há uma única exceção: o incinerador localizado na Região Sul do município (Santo Amaro), onde o trecho viário do Rodoanel está totalmente inserido na área de proteção aos mananciais, assim como as duas Rodovias a ele interligadas. Em cada unidade está previsto um *buffer* de vegetação para proteger visualmente e minimizar os ruídos e os particulados no entorno.

A figura 3 apresenta o rodoanel, as vias principais e as unidades de incineração.

Três unidades de incineração localizam-se dentro dos limites do município e as outras três, em municípios vizinhos pertencentes à Região Metropolitana – Cotia, Itaquaquecetuba e Mauá.

A indicação das áreas para implantação das unidades de



Figura 2 – Áreas de Proteção aos Mananciais – RMSP  
Fonte: SÃO PAULO, 1997.

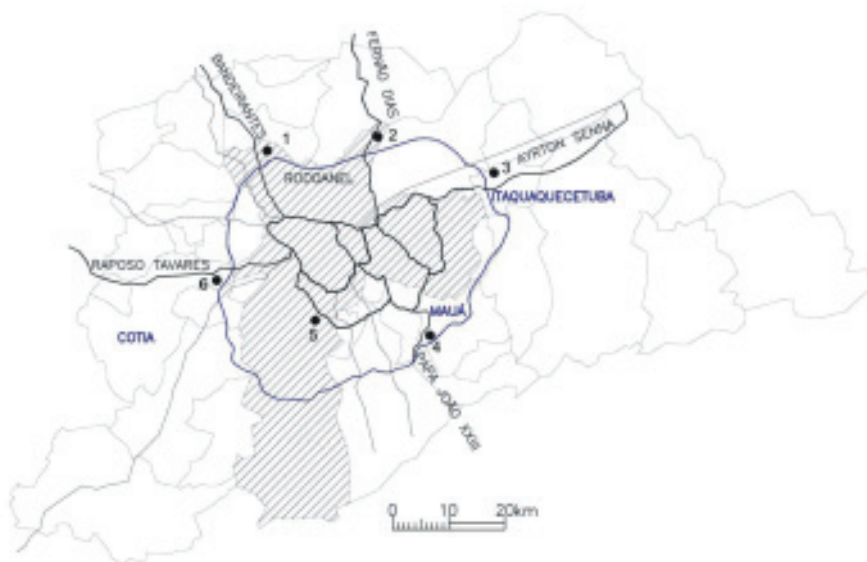


Fig. 3 – RMSP, vias principais, Rodoanel e unidades de incineração  
Mapas base: UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2002; IBC, 2005; DERSA, 200-

incineração é fruto de análises ambientais, urbanas e do sistema viário. A definição de uma localização mais precisa de um lote ou terreno necessitaria de um estudo mais aprofundado de cada área apontada. Essa atividade não fez parte dos objetivos da presente pesquisa.

Tomando como referência os projetos de Lisboa (VALORSUL, 2004) e de São Paulo (PROEMA, 1994), estima-se que uma área aproximada de 4 hectares comporta o incinerador e equipamentos complementares. Com intuito de proteger visualmente o local prevê-se que no entorno do equipamento haja um buffer vegetal, uma faixa de vegetação de cerca de 30 metros<sup>4</sup>, que aumentará em cerca de 70% a área inicial. Desse modo a área total da unidade de incineração ocupará, em média, 6,8 hectares.

Esse buffer terá a função principal de proteger visualmente a área, mas também contribuirá como amortecedor acústico e retentor de materiais particulados.

Após a elaboração da proposta fez-se uma avaliação das principais vantagens e desvantagens dessa proposta. Lista-se a seguir algumas vantagens:

- cada unidade ocupa áreas muito menores que os atuais aterros (cerca de 6,8 hectares cada);
- as unidades localizam-se dentro do município ou em áreas próximas à Capital e de fácil acesso;
- cada unidade possui *buffer* vegetal para proteção visual, além de servir como barreira acústica e de propagação de particulados;
- o tratamento permite a reciclagem dos metais e das escórias;
- o processo permite a geração de energia;
- a distribuição espacial das unidades diminui a circulação de veículos de grande porte nas principais vias dentro da malha urbana;

- o tratamento não exige qualificação do material (estar separado, limpo) e sistema de coleta diferenciado;

- o número de incineradores reduz o impacto no entorno da unidade a partir da redução de entradas e saídas de veículos em cada local.

Em seguida estão relacionadas as principais desvantagens dessa proposta:

- os custos de implantação e operação das unidades de incineração;
- o sistema não prevê a reciclagem de papel, plástico ou vidro;
- o processo emite gás carbônico e outros poluentes;
- a produção de cinzas perigosas;
- não abrange os resíduos gerados nos municípios da RMSP que não têm unidades de incineração;

- somente são atendidos pela proposta a Capital e os três municípios onde foram localizados os incineradores.

Sob o aspecto da redução de volume de resíduos, para melhor visualização dos resultados da proposta, foram montados os fluxogramas de gerenciamento dos resíduos sólidos domiciliares no município de São Paulo, atual e proposto, suas respectivas massas e percentual do total coletado (figuras 4 e 5).

Com a redução do volume de resíduos, apenas 2% do total diário de resíduos gerados será disposto em aterro sanitário, ou seja, menos de 200 t/dia, em contraposição às quase 9.000 toneladas diárias atuais.



Fig. 4 – Fluxograma do gerenciamento dos resíduos domiciliares em São Paulo – atual

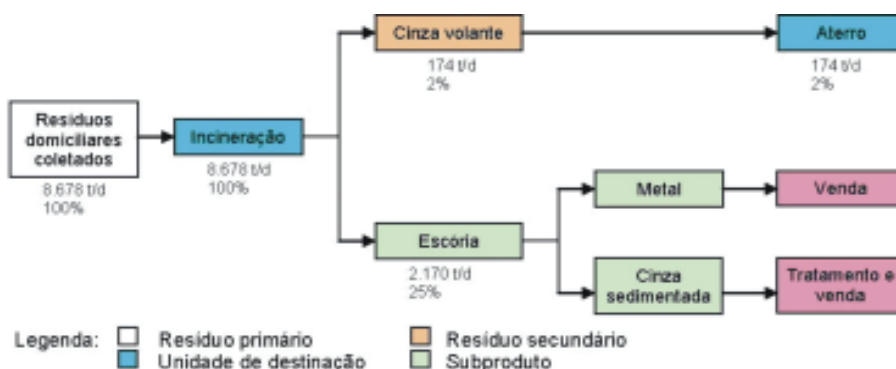


Fig. 5 – Fluxograma do gerenciamento dos resíduos domiciliares em São Paulo – proposta

## CONCLUSÕES

Conclui-se então que a distribuição de estações de redução de volume de resíduos permitiu a montagem de um sistema mais racional de transporte, evitando estações de transferência de resíduos, diminuindo as distâncias de transporte e conseqüentemente a poluição causada pelos veículos.

Com este projeto o problema da destinação dos resíduos sólidos é enfrentado, com a eliminação de grande parte dos resíduos gerados, salvaguardando o meio ambiente e a megacidade de São Paulo.

## NOTAS

(1) Informação obtida no site da EEMPLASA referente à população estimada na data acessada. Disponível em: <<http://www.emplasa.sp.gov.br>>. Acesso em: 30/09/2003.

(2) Informação oral fornecida por Marco Antônio Fialho, assistente técnico do Plano Diretor de Resíduos Sólidos da Secretaria de Serviços e Obras (SSO), Prefeitura Municipal de São Paulo (PMSP), em São Paulo, no dia 19/06/2002.

(3) Conhecida como Síndrome NIMBY, que vem da expressão "Not in my back yard" – não no meu quintal.

(4) Essa largura foi estimada como sendo razoável para crescimento de variados tipos de vegetação para vedação visual da unidade de incineração. Não foi encontrada referência bibliográfica acerca da largura mais adequada para essa finalidade.

## REFERÊNCIAS

CEWEP – Confereration of European Waste-to-Energy Plants. Heating and lighting the way to a sustainable future. Download de arquivo. Disponível em: <<http://www.cewep.com>>. Acesso em: 26/10/2004.

DERSA Desenvolvimento Rodoviário. [200-]. Disponível em: <<http://www.dersa.gov.br>>. Acesso em: 18 jul. 2004.

EMPLASA. População estimada em tempo real. 2003. Disponível em: <<http://www.emplasa.sp.gov.br>>. Acesso em: 30 set. 2003.

HENRIQUE, Brás; MENOCCI, Simone. Até 2009, SP não terá onde pôr o lixo. CRUZEIRONET. Brasil – Meio Ambiente, 19 mar. 2005. Disponível em: <<http://www.cruzeironet.com.br/run/5/164448.shl>>. Acesso em: 20 mar. 2005.

IBC – Instituto Brasileiro de Cultura Ltda. Guia Cartoplan São Paulo. São Paulo: Cooperdisc Editorial Log, 2005. 1 CD ROM.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB 2000. Rio de Janeiro: IBGE, 2002. Download de arquivo. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 30 set. 2003.

PMSP – Prefeitura Municipal de São Paulo. Secretaria de Serviços e Obras – SSO. Departamento de Limpeza Urbana – Limpurb. Caracterização gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares do Município de São Paulo - 2004. São Paulo: PMSP/SSO/Limpurb, 2004.

PROEMA Engenharia e Serviços Ltda. Estudo de Impacto Ambiental – EIA: Usina de processamento de resíduos sólidos domiciliares com incineração, recuperação de energia elétrica e dos materiais reaproveitáveis – Santo Amaro. São Paulo: PROEMA, ago. 1994a. 4 vols.

RUBERG, Claudia. A destinação dos resíduos sólidos domiciliares em megacidades: o caso de São Paulo. 2005. Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

SÃO PAULO. Secretaria do Meio Ambiente – SMA. Coordenadoria de Planejamento Ambiental – CPLA. Lei Estadual nº. 9.866/97: uma nova política de mananciais. São Paulo: SMA, [1997b].

SYCTOM. [2005] Disponível em: <<http://www.syctom.fr>>. Acessos em: 21 fev. 2005; 06 mar. 2005; 10 set. 2005.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Seção de Produção de Bases Digitais – CESAD. Mapa vetorial de quadras Município de São Paulo – MSPQ. São Paulo: CESAD-FAUUSP, 2002. 1 CD ROM.

VALORSUL. Apresentação base 2004. Apresentação em PowerPoint. Lisboa: Valorsul, 2004. 1 CD ROM.

## AGRADECIMENTOS

À CAPES pelo financiamento da pesquisa de doutorado.

# Tratamento e Disposição Final de Resíduos

## AVALIAÇÃO DAS TÉCNICAS DE PRECIPITAÇÃO QUÍMICA E ENCAPSULAMENTO NO TRATAMENTO E DESTINAÇÃO CONJUNTA DE RESÍDUOS LÍQUIDOS CONTENDO CROMO E VIDRARIAS DE LABORATÓRIO

Juliana Graciela Giovannini

CENA/USP, PT  
jgiovann@cena.usp.br

Glauco Arnold Tavares

CENA/USP, PT

José Albertino Bendassolli

CENA – USP, PD

Valter Secco

UNIMEP, PD

### RESUMO

Os resíduos e/ou efluentes líquidos contendo cromo podem ser tratados através de reações químicas de oxidação-redução e técnicas simples, como, por exemplo, a precipitação química. Ainda que a fiscalização do descarte de efluentes por parte dos órgãos ambientais seja mais freqüente junto às indústrias, nas universidades também vêm sendo realizadas ações no sentido de estabelecer o tratamento e a correta gestão de resíduos. No presente trabalho, são discriminados os procedimentos para tratamento e destinação de solução residual contendo cromo, gerada nos laboratórios de ensino e pesquisa do CENA/USP. Neste, foram avaliadas as condições da precipitação química do metal e potencialidade do uso da técnica de encapsulamento em vidro, destinando conjuntamente resíduos sólidos contendo cromo e vidrarias quebradas de laboratório. Os resultados evidenciaram que o melhor intervalo de pH para precipitação química situa-se entre 10 e 11. Com relação ao encapsulamento do  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ , os testes de lixiviação e solubilização realizados no material encapsulado permitiram classificá-lo como resíduo não perigoso e não inerte (Classe II-B). Reforça-se, por fim, que a adoção de práticas de gerenciamento de resíduos em universidades deve ser estimulada, uma vez que contribui para a formação de recursos humanos aptos às boas práticas ambientais.

### ABSTRACT

Several simple methods and chemical reactions are used in routine to treat wastes containing heavy metals. The chemical precipitations belong one to them. Usually, the industrial emissions are controlled by the environmental protection agencies. Universities also generate reduced volumes of residues. In those institutions, management programs for chemical residue have been established. The procedures for treatment and final destination of residual solution containing chromium were presented in this paper. The aim of this work was estimate the efficiency of the metal chemical precipitation and to evaluate the glass encapsulation using glass lab-wares. The results had evidenced that the convenient pH values for chemical precipitation are between 10-11. In reference to the encapsulation of the  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ , leaching and solubilization tests allowed to classify it as not dangerous and not inert residue. The adoption of management programs of residues in universities must be stimulated, contributing for the formation of accustomed professionals to the good laboratory practices.

## INTRODUÇÃO

O gerenciamento dos resíduos sólidos industriais e domésticos é um dos principais problemas vivenciados nos dias atuais. Segundo a Cetesb, no estado de São Paulo geram-se anualmente 535 mil toneladas de resíduos Classe I, perigosos, e 25 milhões de toneladas de resíduos Classe II<sup>1</sup>.

Além das indústrias, as universidades e centros de pesquisa também acabam por gerar resíduos químicos, que embora gerados em pequenas quantidades, são encarados como um problema devido à diversidade com que são gerados (Jardim 1998; Tavares, 2004), o que contribui para que essas instituições de ensino e pesquisa estejam, gradativamente, implementando seus Programas de Gerenciamento de Resíduos Químicos.

No Centro de Energia nuclear na Agricultura (CENA/USP), teve início o gerenciamento dos resíduos através de uma dissertação de mestrado (Tuono, 1999), orientada pelo Prof. Dr. José Albertino Bendassolli, na qual foi caracterizada a emissão de efluentes no CENA/USP e estabeleceram-se procedimentos para o tratamento de alguns dos principais resíduos gerados na instituição.

Em 2001, com apoio financeiro da Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), iniciou o Programa de Gerenciamento de Resíduos Químicos e Águas Servidas (PGRQ) do CENA/USP (Tavares, 2004). Os resíduos gerados no CENA/USP é bastante diversificado, incluindo solventes, soluções inorgânicas diversas ( $\text{NH}_3\text{aq}$ ,  $\text{SO}_2\text{aq}$ , ácidos, bases, soluções contendo metais, entre outras) e resíduos sólidos (óxido de cobre,

perclorato de magnésio, etc). Nessa listagem, destacam-se várias soluções residuais contendo cromo: soluções de sulfocromica; soluções de dicromato de potássio; soluções geradas na determinação de biomassa C em material vegetal (Vance et al., 1987).

Há registros de casos documentados que mostram contaminação ambiental por cromo em água já na metade do século XX. Semelhante ao que ocorre com outros metais pesados e demais poluentes em geral, o acentuado e desenfreado desenvolvimento industrial contribuiu sobremaneira para que tais eventos de contaminação fossem verificados (Miller-Ihli, 1992).

De forma a evitar que resíduos contendo esse metal sejam descartados no meio ambiente, algumas formas para tratamento foram desenvolvidas e relatadas. Na literatura, encontram-se várias técnicas de tratamento de cromo presente em resíduos líquidos, dentre as quais destacam-se a precipitação química (Lunn & Sansone, 1989), a retenção em resinas de troca iônica (Tenório & Espinosa, 2001), a absorção em carvão ativado (Landrigan & Hallowell, 1975), biossorção do cromo em cascas de arroz (Guimarães et al., 2005), adsorção de cromo VI utilizando fibras de coco (Miranda Jr. et al., 2005) e vários outros, como redução eletroquímica, osmose reversa e extração por solventes (Nriagu & Nieboer, 1988). O grande número de técnicas citadas, longe de englobar todas as possibilidades, reforça a atual relevância dos procedimentos de tratamentos de resíduos.

Ao mesmo tempo, um outro resíduo freqüente dos laboratórios são restos de vidrarias originárias da quebra destes materiais, para as quais a reciclagem já vem sendo empregada há vários anos em escala industrial no Brasil.

Recentemente, surgiram trabalhos que preconizam a inutilização de metais em material vítreo, o que possivelmente permitiria a destinação concomitante de ambos os resíduos (materiais químicos e vítreos). Segundo Delbianco Filho (2003), a vitrificação é uma das melhores opções tecnológicas para inertização de resíduos, com objetivo de obter um produto que não ofereça qualquer risco. A técnica consiste em agregar aos vidros e cerâmicas, resíduos sólidos (como o cromo) que possam conferir colorações a esses materiais. Assemelha-se, portanto, ao método de encapsulamento em matriz de cimento, bastante eficiente para metais pesados, como extensamente relatado na literatura (Hanna, 1990; Oliveira, 1992; Chamie, 1994; Cruz, 1999).

Diante do exposto, valendo-se das facilidades oferecidas nos laboratórios do CENA/USP e do Departamento de Física do IGCE – UNESP, investigou-se a eficiência das técnicas de precipitação química e encapsulamento com vistas a estabelecer uma possível destinação conjunta de resíduos contendo cromo e vidros gerados em atividades de ensino e pesquisa.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### MATERIAL

Os equipamentos necessários ao desenvolvimento da pesquisa, além das vidrarias convencionais de laboratório (proveta, béquer, cápsulas de porcelana, bastões de vidro, entre outras), foram: Medidor de pH modelo digital marca ORION modelo 4260-C15; capela exaustora Walk-in; agitador e aquecedor magnético (Marconi, mod 085), balança eletrônica digital modelo ER-182A, range

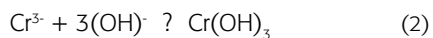
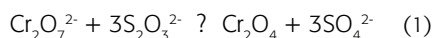
0.0001g, marca And; estufa ventilada; forno mufla, temperatura até 1300°C; forno Maitec, mod. FET – 1600 vertical; cadinho de platina pura; forno Maitec, mod. FL – 1300/7; Espectrômetro de Absorção Atômica (AAS), Espectrômetro de Emissão Atômica com plasma acoplado indutivamente (ICPAES), metalizador MED 010 da Balzers, Link-Oxford ZEISS DSM 940A.

Com relação aos reagentes e resíduos utilizados, destacam-se: ácido sulfúrico, hidróxido de sódio, tiosulfato de sódio, borato de sódio e ouro. resíduos: solução de sulfocromica, carbonato de sódio com prazo de validade vencido (resíduo sólido passivo) e vidrarias borossilicato (Pyrex), trituradas em laboratório.

## MÉTODOS

### TRATAMENTO QUÍMICO

Considerando-se as anteriormente citadas soluções contendo cromo, optou-se pela realização dos ensaios iniciais utilizando-se uma solução residual de sulfocromica com concentração de cromo total avaliada em 9,5 g.L<sup>-1</sup>. O tratamento foi baseado na redução de Cr<sup>6+</sup> à Cr<sup>3+</sup> em meio ácido, utilizando tiosulfato de sódio conforme a Equação 1. A Equação 2 refere-se ao processo de precipitação química do cromo, realizado após a etapa de redução, estudando-se a elevação do pH da solução em valores variando entre 7 e 13. Após a precipitação, o lodo formado passou por um processo de filtração e o líquido, eliminado pelo processo foi neutralizado e realizado determinação de cromo total através da técnica de espectrometria de absorção atômica, previamente ao descarte.



### ETAPA DE ENCAPSULAMENTO

As vidrarias inutilizadas (resíduo classe II B – ABNT NBR 10004), o resíduo de hidróxido de cromo (resíduo classe I – ABNT NBR 10004) e borato de sódio (reagente auxiliar), em diferentes concentrações (Tabela 1), foram homogeneizados e fundidos em forno mufla, utilizando cadinho de platina, à temperatura de 1450°C, durante cerca de 1h. Após isso, o material fundido foi vertido em moldes de aço e resfriado lentamente em forno pré-aquecido a 600°C

Testes	Composição
T1	0,5% Cr <sup>3+</sup> + Na <sub>2</sub> B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + vidro
T2	0,5% Cr <sup>3+</sup>
T3	1% Cr <sup>3+</sup>
T4	1,5% Cr <sup>3+</sup>
T5	Na <sub>2</sub> B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + vidro
T6	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> + vidro

Tabela 1 – Preparo das amostras para os testes de vitrificação.

### ENSAIOS PARA CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS

Foram conduzidos com base no protocolo recomendado pelas normas ABNT NBR 10005 e 10006, ensaios de solubilização e lixiviação, permitindo classificar os materiais vitrificados em função da sua periculosidade (ABNT NBR 10004).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### TRATAMENTO QUÍMICO

#### TRATAMENTO POR PRECIPITAÇÃO QUÍMICA EM DIFERENTES INTERVALOS DE PH

A Figura 1 exibe as distintas eficiências de remoção do cromo observadas nos testes, realizados em triplicata, variando-se o pH entre 7 e 13. Ainda que, aparentemente, tenha sido confirmada uma significativa eficiência de remoção na faixa de pH entre 8 e 12, foi possível avaliar, através das análises realizadas no líquido sobrenadante, que o melhor intervalo de pH para precipitação química situa-se entre 10 e 11. Nessas

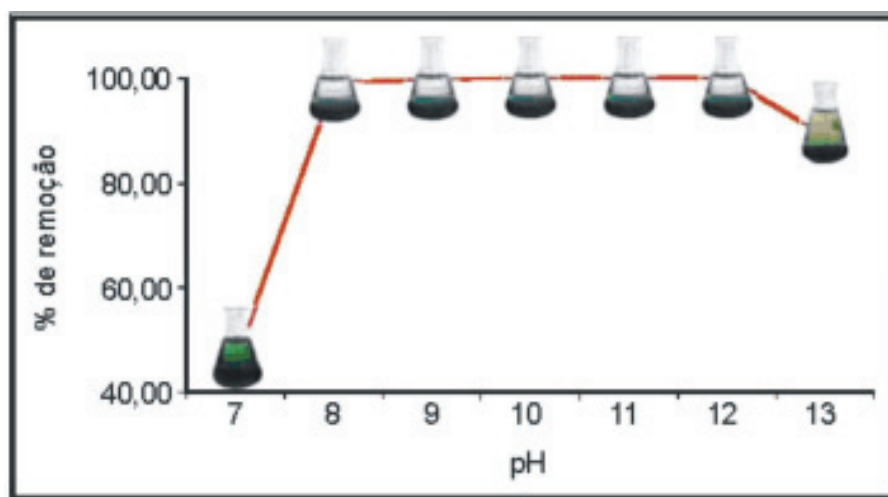


Figura 1 – Influência da variação do pH na precipitação química do cromo.

condições, como mostra a Figura 2, as concentrações de Cr total mantiveram-se em níveis inferiores ao limite permitido para descarte na Resolução CONAMA 357 (0,5 mg.L<sup>-1</sup>). Testes realizados variando-se a velocidade de adição do hidróxido de sódio indicaram que é desnecessária a preocupação com essa variável, uma vez que o resultado independe se este é adicionado lenta ou rapidamente.

## ETAPA DE ENCAPSULAMENTO

### TESTES DE VITRIFICAÇÃO

Inicialmente, dispunha-se de um resíduo classe I (hidróxido de cromo) e outro classe II B (vidrarias quebradas em laboratório), de acordo com NBR 10004. Após a mistura e fusão destes resíduos, obteve-se um produto que foi preliminarmente denominado resíduo vitrificado contendo cromo.

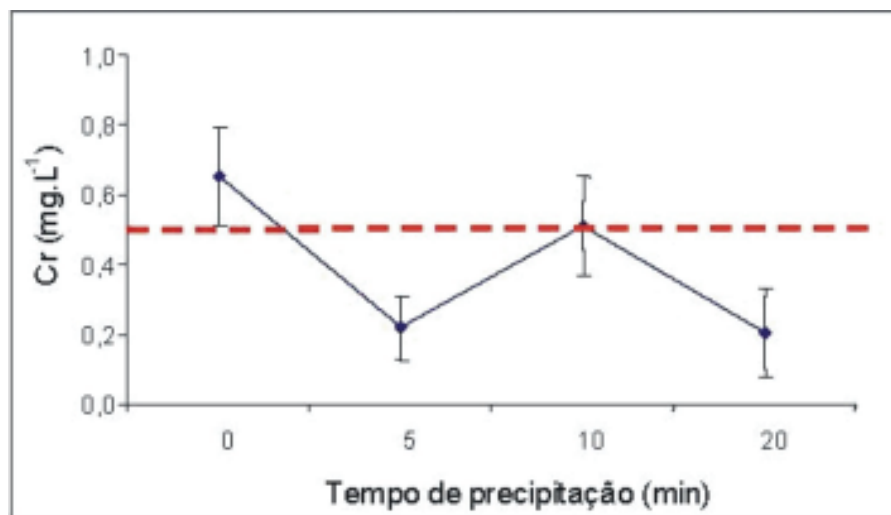


Figura 2 – Teores de Cr total verificado no sobrenadante, dos ensaios de precipitação variando-se o tempo de adição de hidróxido de sódio nas soluções residuais (linha pontilhada - resolução CONAMA 357).

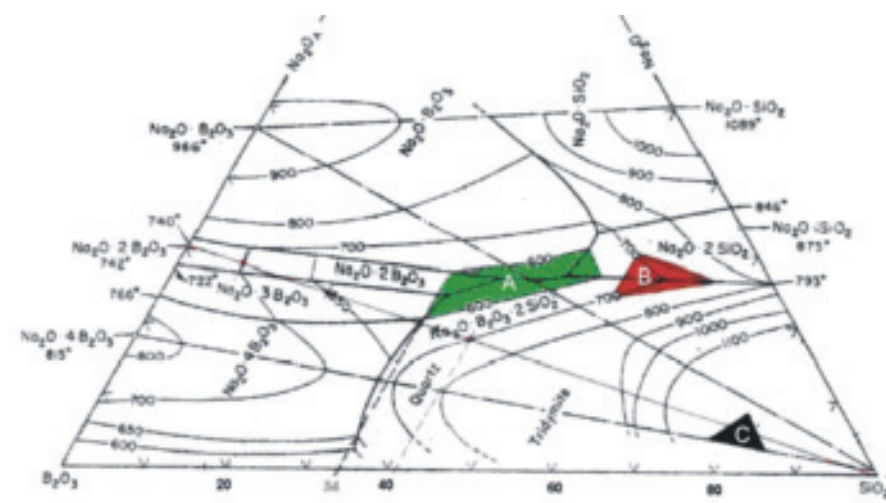


Figura 3 – Diagrama ternário de fases (Na<sub>2</sub>O - B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - SiO<sub>3</sub>), adaptado de G. W. MOREY (J. Soc. Glass Tech., 35, 270, 1951).

Realizados os testes iniciais de vitrificação, verificou-se a dificuldade em amolecer o vidro borossilicato nas condições experimentais empregadas. De acordo com o diagrama ternário de fases, apresentado na Figura 3, a temperatura ideal para o amolecimento do vidro aproxima-se a 600°C (Área A – Figura 3). Todavia, considerando-se a composição do vidro borossilicato, verifica-se na mesma Figura (Área C – FIG. 3) que a região de trabalho é superior a 1100°C, o que explicaria essa dificuldade operacional.

Objetivando contornar essa dificuldade, conseguiu-se abaixar a temperatura do amolecimento do vidro próximo a 600°C através da adição de Borato de sódio (fundente), e mantendo a estrutura do vidro praticamente inalterada. Na prática, a decomposição do fundente liberou vapores de sódio, que começaram a atacar as placas do forno compostas de cerâmica. Para contornar esse problema, substituiu-se o borato por carbonato de sódio, até então armazenado como resíduo sólido (prazo de validade esgotado) no entreposto da Instituição, trabalhando então próximo a 700°C (Área B – Figura 3).

### ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO DO MATERIAL VITRIFICADO

Quando se tenciona solidificar um resíduo em uma matriz qualquer, é conveniente o acompanhamento detalhado dessa operação. Para isso, realizou-se a análise do componente produzido, comparando-a com a quantidade incorporada do resíduo. Os dados, observados na Tabela 2, refletem os efeitos da adição de cromo e dos auxiliares de fusão na composição centesimal do vidro. Já na Figura 4, observa-se uma tendência de decréscimo nos teores de cromo incorporado ao material vítreo à medida que se aumenta a proporção da adição

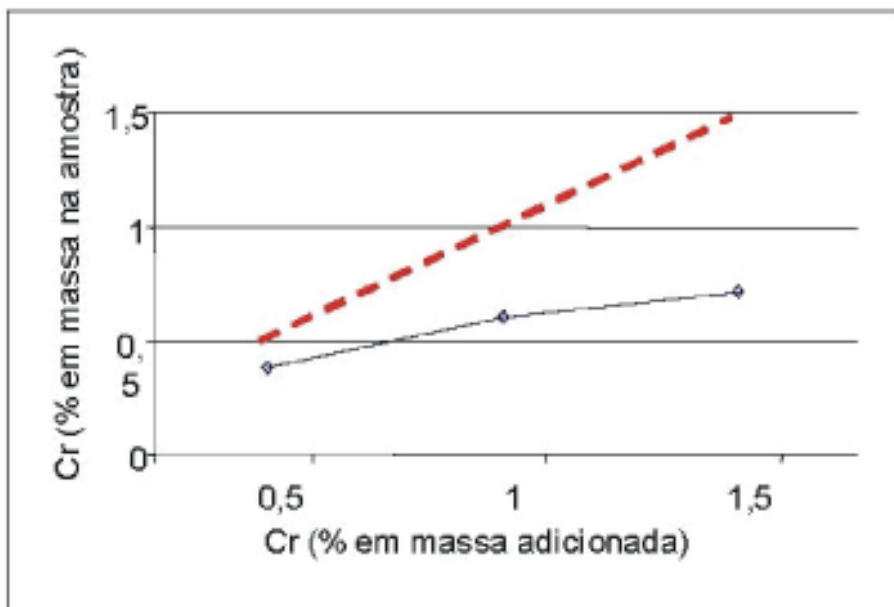


FIG. 4: Avaliação da incorporação do cromo no material vítreo

TAB. 2: Composição química do material vitrificado.

Testes	SiO <sub>2</sub> %	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Na <sub>2</sub> O %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %
T1	71,6	18	8,2	1,6	0,3
T2	73,6	10,1	14,0	2,0	0,6
T3	63,9	10,1	23,2	1,9	0,9
T4	65,0	10,1	18,8	1,5	1,2
T5	77,0	18	3,1	1,9	-
T6	76,6	10,1	12,5	1,4	-

TAB. 3: Testes de lixiviação e solubilização.  
\* Valor acima do limite máximo permitido no extrato (ABNT NBR 10004).

Testes	Lixiviação	Solubilização
T1	0,016	0,007
T2	0,024	0,096*
T3	0,038	4,527*
T4	0,288	0,353*

do metal. Ainda que as massas testadas tenham sido pequenas, não parece ser recomendável a adição de cromo em proporções mais elevadas.

#### ENSAIOS PARA CLASSIFICAÇÃO DE RESÍDUOS

Na tabela 3 são apresentados os resultados dos testes de lixiviação e solubilização realizados nas amostras de materiais vitrificadas. De acordo com esses resultados, segundo o método proposto pela ABNT NBR 10004, o material pode ser classificado como resíduo não perigoso (classe II), uma vez que os resultados foram inferiores ao valor máximo permitido (5 mg L<sup>-1</sup>), preconizado no Anexo F da norma ABNT NBR 10005. Ao mesmo tempo, os testes de solubilização permitiram classificar o material vitrificado como resíduo não perigoso e não inerte (classe II A), possivelmente devido ao uso da matriz borossilicato.

## CONCLUSÕES

A apreciação dos resultados obtidos permite concluir que o tratamento químico mostrou-se eficiente e de prático manuseio, o que corrobora a sua utilização em rotina. Os aspectos ambientais e de segurança em química também reforçam essa aplicabilidade.

Quanto ao processo testado de encapsulamento, embora a técnica aparente ser promissora, no processo estudado, os resultados demonstraram o contrário. Todavia, esse resultado deve ser interpretado com cautela, uma vez que a solubilização do cromo do material vitrificado talvez não acontecesse caso um diferente tipo de vidro tivesse sido utilizado.



## NOTA

(1) Apostila Elaborada por Francisco Alves, disponibilizada na Internet endereço [http://www.unilivre.org.br/banco\\_de\\_dados/textos/forum/resindus.htm](http://www.unilivre.org.br/banco_de_dados/textos/forum/resindus.htm), acessada em 20/04/05

## REFERÊNCIAS

- CHAMIE, S. L. **Encapsulamento de resíduos de lamas galvânicas através da solidificação em matrizes de cimento**. 1994. 246p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, São Paulo, 1994.
- CRUZ, R. A. **Hazardous residues dispose: chromium stabilization in cement**. Engineering Information, Amsterdam, p. 24-128, 1998.
- CUNHA, C. J. **O programa de gerenciamento de resíduos laboratoriais do depto de química da UFPR**. Química Nova, São Paulo, v. 24, n.3, p. 424-427, 2001.
- DELBIANCO FILHO, S. **Caracterização de vidros preparados com resíduos de indústria de galvanoplastia**. 2003. 77p. Dissertação – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.
- GUIMARÃES, I. R.; GORGULHO, H. F.; SANTOS, J. M. S.; MARTINELLI, P. B.; **Mecanismos de remoção de Cromo Hexavalente e Trivalente por Biossorção em Casca de Arroz**. In: *Reunião anual da Sociedade Brasileira de Química*, 28°, 2005, Poços de Caldas. Livro de resumos, São Paulo. Sociedade Brasileira de Química, 2005, AB - 114p.
- HANNA, R. A. **Estudo em escala de laboratório da fixação de metais pesados em matriz de cimento tendo em vista a disposição final de rejeitos industriais perigosos**. 1990. 101p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, São Paulo, 1990
- JARDIM, W.F. **Gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios de ensaio e pesquisa**. Química Nova, São Paulo, v.21, n.5, p.671-673, 1998.
- LANDRIGAN, R.B.; HALLOWELL, J.B. **Removal of chromium from plating rinse water using activated carbon**. Washington: EPA, 1975, 43 p. (Report EPA 670/2-75 - 055).
- LUNN, G.; SANSONE, E.B. **A laboratory procedure for the reduction of Chromium (VI) to Chromium (III)**. Journal of Chemical Education, Estados Unidos, v. 66, p. 443-445, 1989.
- MILLER-IHLI, N.J. **Chromium**. In: STOEPLER, M. (Ed.). Elsevier: Amsterdam, Hazardous metals in the environment, Chapter 13, p. 373-403, 1992. 541p.
- MIRANDA, Jr. P.; SILVA, P. R.; SUGIYAMA, S.; MÁDUAR, M. F.; **Fibra de Coco Como Material Adsorvedor de Cromo (VI) em Solução Aquosa**. In: *Reunião anual da Sociedade Brasileira de Química*, 28°, 2005, Poços de Caldas. Livro de resumos, São Paulo. Sociedade Brasileira de Química, 2005, AB -126p.
- OLIVEIRA, K.D. **Disposição de rejeitos perigosos : estudo, em escala de laboratório, da solidificação/estabilização de rejeitos fenolicos em cimento portland e argilas organofílicas**. 1992. 121P. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.
- TAVARES, G.A. **Implantação de um programa de gerenciamento de resíduos químicos e águas servidas nos laboratórios de ensino e pesquisa do CENA/USP**. 2004.131p. Tese (Doutorado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.
- TENÓRIO, J.A.S.; ESPINOSA, D.C.R. **Treatment of chromium plating process effluents with ion exchange resins**. Waste Management, Amsterdam, v.21, n.7, p.637-642, 2001.
- TUONO, V. **Avaliação dos principais resíduos químicos gerados nos laboratórios do CENA/USP**. 1999. 110p. Dissertação (Mestrado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.
- VANCE, E.D.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S. **Na extraction method for measuring soil microbial biomass C**. Soil Biology and Biochemistry, Amsterdam, v.19, p.703-707, 1987

## AGRADECIMENTOS

Ao Departamento de Física – Instituto de Geociências e Ciências Exatas - UNESP, Campus de Rio Claro, pela infraestrutura concedida para a realização do Trabalho.

Ao Núcleo de Apoio a Pesquisa em Microscopia Eletrônica Aplicada a Agricultura – ESALQ, onde foram realizadas análises de microscopia no vidro produzido.

## CONSTRUÇÃO DE MODELO EMPÍRICO PARA O MONITORAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DO RIO DO SAL/SERGIPE

**Roberto Rodrigues de Souza**

Prof. Associado da UFS no Departamento de Engenharia Química. Líder do GPBIOMA/UFS.  
rrsouza@ufs.br

**Jailton de Jesus Costa**

Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFS, membro Pesquisador do GEOPLAN/UFS/CNPq. Licenciado e Bacharelado em Geografia/UFS - Campus Universitário, S/N, São Cristóvão-SE, Brasil.  
jailton@ufs.br

**Rosemeri Melo e Souza**

Profa. Associada da UFS nos Cursos de Graduação e de Pós-Graduação em Geografia e Coordenadora do Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA). Campus Universitário, S/N, Pólo de Pós-graduação, sala 01 - São Cristóvão-SE.  
rome@ufs.br

### RESUMO

O monitoramento dos recursos hídricos constitui um instrumento essencial para o acompanhamento das condições destes, logo, a criação de modelos que descrevam suas situações é de fundamental importância. Assim, objetivou-se a construção de um modelo empírico para descrever a situação do Rio do Sal/SE, baseado em parâmetros físico-químicos e bacteriológicos, para subsidiar o estudo de ações corretivas para os problemas de poluição deste. O modelo empírico proposto mostrou-se capaz de prever a classificação da água, e prever o Índice de Qualidade da Água (IQA), e, portanto, a sua qualidade para uma dada situação, sem nenhum desvio significativo comparado com a metodologia proposta pela CETESB.

PALAVRAS-CHAVE

Monitoramento, Modelo Empírico, Rio do Sal, Modelagem Matemática e Recursos Hídricos.

### RESUMEN

El monitoreo de los recursos del agua se constituye en un instrumento esencial para el seguimiento de sus condiciones, por lo que la creación de modelos que describen su situación, tiene una importancia fundamental. Así, la construcción de un modelo empírico con el fin de describir el estado de Rio do Sal / SE tendrá por objetivo, sobre la base de físico-químicos y bacteriológicos, en la búsqueda de apoyar el estudio de medidas correctoras de sus problemas de contaminación. La propuesta de modelo empírico fue capaz de predecir la clasificación de las aguas, así como para predecir el Índice de Calidad del Agua (IQA), y, por lo tanto, su calidad para una situación determinada, sin ninguna desviación significativa en comparación con la metodología propuesta por CETESB.

PALABRAS-CLAVE

Monitoreo, Modelo Empírico, Río de Sal, Modelagem Matemática y Recursos Hídricos.

### ABSTRACT

ABSTRACT

The water resources monitoring constitutes itself in an essential tool for the following up of their conditions; so the creation of models that describe their situations has fundamental importance. Thus, the building of an empirical model in order to describe the state of Rio do Sal/SE was aimed, based on physical-chemical and bacteriological parameters to support the study of corrective actions of its pollution problems. The proposed empirical model was able to predict the classification of the water, as well as to predict the Index of Water Quality (IQA); and, therefore, its quality for a given situation, without any significant deviation compared with the methodology proposed by CETESB.

KEY WORDS

Monitoring, Empirical Model, Sal River, Mathematical Modeling and Water Resources.

# 1 - INTRODUÇÃO

Apesar de todos os esforços para armazenar e diminuir o seu consumo, a água está se tornando, cada vez mais, um bem escasso, e sua qualidade se deteriora com maior rapidez (FREITAS e ALMEIDA, 2001).

A água é um recurso natural essencial, seja como componente bioquímico de seres vivos, como meio de vida de várias espécies vegetais e animais, como elemento representativo de valores sociais e culturais.

No atual estágio de desenvolvimento empreendido pelos seres humanos, tem-se observado uma intensa deterioração da qualidade das águas em grande parte de nosso planeta.

Considerando a limitação dos recursos hídricos, a situação é muito preocupante, pois, embora a água seja um recurso renovável por meio do ciclo hidrológico, constata-se a ocorrência de processos poluidores que comprometem geralmente a fração da água passível de utilização. Segundo Dahi (1992), a proteção de contaminações no fornecimento de água é a primeira linha de defesa, pois a água é essencial à manutenção da vida.

Algumas atividades econômicas vêm liberando o derramamento de dejetos e substâncias tóxicas no meio ambiente, poluindo, principalmente, os recursos hídricos mundiais, a ponto de destruí-los.

A degradação do ambiente hídrico tem tomado grandes proporções diminuindo os recursos desta natureza, tornando-os cada vez mais escassos, mostrando a ocorrência de uma verdadeira crise da água. Isto faz necessário encontrar medidas para diminuir seu consumo, bem como evitar desperdício e ainda propiciar recursos econômicos para a sua manutenção.

Os rios e estuários constituem parte fundamental nos processos de

disposição dos resíduos gerados pela atividade humana. Conseqüentemente, pode ser de grande importância conhecer-se com antecipação que tipos e magnitudes de danos podem ocorrer em determinados locais em função do despejo de cargas poluidoras nestes ambientes aquáticos. Tais despejos podem ocorrer de forma controlada ou descontrolada. Em qualquer um dos dois casos deve-se prever zonas de segurança dentro das quais a água apresente padrões de qualidade compatíveis com determinados usos. De forma complementar, deve-se também prever zonas críticas de poluição, nas quais medidas devem ser tomadas no sentido de melhorar a qualidade da água, ou mesmo coibir o seu uso.

Torna-se importante ressaltar a existência de duas formas distintas, pelas quais as águas poluídas atingem um determinado corpo receptor, a primeira, denominada fonte ou poluição pontual, refere-se, como o próprio nome esclarece, à poluição decorrente de ações modificadoras localizadas. É o caso, por exemplo, da desembocadura de um rio, de efluentes de uma estação de tratamento de esgotos domésticos ou industriais, ou mesmo, a saída de um tronco coletor de esgotos domésticos sem tratamento, ou ainda a saída no mar, de um emissário submarino. A segunda, poluição difusa, se dá pela ação das águas da chuva ao lavarem e transportarem a poluição nas suas diversas formas espalhadas sobre a superfície do terreno (urbano ou não) para os corpos receptores. A poluição difusa alcança os rios, lagoas, baías, etc., distribuída ao longo das margens, não se concentrando em um único local como é o caso da poluição pontual.

O grau de poluição das águas é medido através de características físicas, químicas e biológicas, que, por sua vez, são identificadas por parâmetros de

qualidade das águas. De uma maneira geral, as características físicas são analisadas sob o ponto de vista de sólidos (suspensos, coloidais e dissolvidos na água) e gases. As características químicas, nos aspectos de substâncias orgânicas e inorgânicas e as biológicas sob o ponto de vista da vida animal, vegetal e organismos unicelulares (algas).

A liberação de efluentes de estações de tratamento de esgotos, a determinação da influência de obras hidráulicas na qualidade do meio aquático, vazamentos acidentais de resíduos tóxicos, o aumento da temperatura da água causado pela geração de energia termoelétrica, a previsão de alterações aquáticas causadas pelo uso do solo da bacia hidrográfica contribuinte, e muitos outros exemplos de situações podem ser analisados com modelos matemáticos de simulação de qualidade da água. Tais modelos podem propiciar uma avaliação abrangente dos impactos ambientais gerados por diversas atividades, inclusive as citadas anteriormente.

Um programa de monitoramento contínuo de recursos hídricos, que disponibilize informações rápidas, seguras e de fácil entendimento tanto para a população quanto para o gestor constitui um instrumento essencial para o acompanhamento das condições ambientais dos mesmos. Sendo assim, a criação de modelos matemáticos que possam descrever a situação em que se encontra determinado corpo hídrico é de fundamental importância para o combate à poluição ambiental.

Desta forma, este projeto de pesquisa teve por finalidade a criação de um modelo empírico que monitorasse a qualidade das águas do Rio do Sal/ Sergipe. Para a construção deste modelo fez-se uso da linguagem computacional Turbo Pascal e consideraremos os parâmetros físico-químicos e

bacteriológicos analisados pela Administração Estadual do Meio Ambiente (ADEMA) para a área de estudo (Rio do Sal / Sergipe), fornecendo assim uma ferramenta auxiliar para tomada de decisões para a melhoria da qualidade do corpo hídrico e conseqüentemente a melhoria de vida das comunidades que dependem direta ou indiretamente deste rio.

O Rio do Sal é um afluente pertencente à Bacia do Rio Sergipe e fica situado à sua margem direita, a uma distância de aproximadamente 10.000 metros da foz do Rio Sergipe. De acordo com a Resolução Nº 274 de 2000 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) que define nove classes para enquadrar as águas doces, salobras e salinas, de acordo com o uso preponderantes a que as águas se destinam, a água do Rio do Sal se enquadra na Classe 3.

Com base nesta mesma Resolução, estas águas são destinadas para as seguintes finalidades: ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional; à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; e a dessedentação de animais.

Apesar da água do Rio do Sal ser classificada como água doce, as suas características ao longo do seu curso são bruscamente alteradas, isto acontece devido à baixa vazão do rio com relação ao fluxo das marés que deságuam em seu corpo, tornando-se desta forma um rio com alta concentração de cloreto de sódio, ou seja, um rio de água salgada.

Esta característica pode ser facilmente evidenciada pela vegetação litorânea (predominância de manguezais) ao longo de suas margens e pela fauna ribeirinha (crustáceos e mariscos). Atualmente, o uso deste curso d'água restringe-se, principalmente, à pesca e ao deságüe de esgotos doméstico-sanitários e industriais.

Torna-se urgente o monitoramento deste corpo d'água, de modo a subsidiar a tomada de decisões pelos gestores, evitando danos ao meio ambiente e problemas futuros com a saúde da população que reside nas suas margens. Reforçando assim a importância deste trabalho de pesquisa, em contribuir para o desenvolvimento sustentável.

## 2 — REFERENCIAL TEÓRICO

Desde 1970, a relação entre a qualidade ambiental e a atividade humana tem atraído o interesse tanto dos cientistas quanto dos defensores ambientais (AGUILERA, 2001).

Poluição ambiental, principalmente de recursos hídricos, vem se tornando de interesse público. Não apenas os países desenvolvidos têm sido afetados por problemas ambientais, mas também nações em desenvolvimento sofrem os impactos da poluição, devido à desordem econômica crescente associada com a exploração dos recursos naturais (SILVA e SACOMANI, 2001).

Segundo estes mesmos autores, é possível extrair correlações e similaridades entre variáveis físico-químicas e bacteriológicas através de dados experimentais e a partir daí determinar a classificação das águas de um recurso hídrico em grupos de qualidades similares.

De acordo com Mpimpas et al. (2000), os problemas associados com a qualidade da água em regiões costeiras e estuárias vêm se tornando assunto de interesse crescente, pois, o aumento da poluição destas áreas pode vir a acarretar sérios problemas de impacto ambiental. Segundo este pesquisador, modelos numéricos tem sido extensivamente utilizados para prever a qualidade da água em áreas estuárias e costeiras.

Os padrões de qualidades das águas são as características de ordem física, química e biológica desejáveis nas águas em função dos usos preponderantes estabelecidos pela sociedade. Usos preponderantes são os usos benéficos determinados para um certo corpo d'água, de modo que promovam benefícios econômicos e/ou o bem estar e a boa saúde da população.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) através da Resolução Nº 274 de 2000 classificou as águas superficiais brasileiras em nove classes, sendo cinco para as águas doces, duas para as águas salinas e duas para as águas salobras.

De acordo com a classificação recebida pelo recurso hídrico, existem limites e condições estabelecidos que determinam as características desejáveis para as águas em consonância com os usos preponderantes previamente definidos.

Quando se pretende detectar a observância ou violação dos padrões de qualidade da água, a Organização Mundial da Saúde (OMS) sugere três formas básicas de obtenção de dados: o monitoramento, a vigilância e os levantamentos especiais. A função do monitoramento (objeto de estudo) é prever o levantamento sistemático de dados em pontos selecionados, fornecendo um acompanhamento de qualidade ao longo do tempo.

De acordo com Lonin e Tuchkovenko (2001) para validar ações de proteção ambiental de caráter científico se faz necessário a utilização de um monitoramento ambiental. Ainda segundo os mesmos autores as ações de proteção ambiental e as estimativas de sua eficiência precisam de ferramentas de modelagem matemática baseadas em resultados experimentais para simular a qualidade real da água em estudo.

Segundo Gobbi et al. (1999), o monitoramento consiste em um processo de observações sistemáticas, para fins bem definidos de um ou mais fatores, indicadores de um problema específico, para obter informações sobre as características desse problema no tempo e no espaço, utilizando-se para isso métodos comparáveis de amostragem, análise e de sensoriamento ambiental. Todo o programa de monitoramento deve poder identificar as condições existentes, e sua variação num dado período de tempo.

Torna-se necessário o monitoramento das águas visando estabelecer os padrões adequados para cada uso, haja vista os recursos hídricos envolverem multiusuários. A criação de programas de monitoramento de qualidade de água é uma ferramenta adequada para melhorar o conhecimento da hidroquímica e poluição do rio, porém este procedimento exige um grande número de dados experimentais que são bastante difíceis de ser interpretados.

De acordo Betty (1996), regiões estuárias são locais favoráveis para o desenvolvimento industrial e urbano, porém, estes ambientes são fisicamente e quimicamente complexos. Desta forma seria difícil prever através de modelos analíticos as influências que estes e seus despejos trariam para as regiões estuárias, sendo assim bastante útil a parametrização das mesmas com relação às cargas poluentes empiricamente.

Neste sentido, é de fundamental importância a criação de modelos, uma vez que estes são ferramentas matemáticas de cunho científico bastante utilizado para descrever os mais variados fenômenos diários. Segundo Baird e Wilby (1999), o modelo pode ser definido de uma forma simples como uma abstração ou simplificação da realidade.

Um modelo de qualidade de água é composto por um sistema de equações diferenciais estruturadas por correlações entre parâmetros físico-químicos, que simulam a concentração e a dispersão de vários poluentes num dado corpo hídrico (MPIMPAS, 2000).

O monitoramento propicia a criação de banco de dados que subsidia os processos de licenciamento, controle e fiscalização ambiental, além de possibilitar um conhecimento de forma contínua sobre a qualidade e estado da água.

Assim, os modelos terão uma maior ou menor confiabilidade a depender das variáveis consideradas e do seu grau de importância para o sistema. É importante também ressaltar que os dados que serviram de base para a validação do modelo são de fundamental importância para que este tenha representatividade.

Também segundo Baird e Wilby (1999), diversos estudos sobre modelagem diferenciam os modelos em três tipos: modelos conceituais, físicos e matemáticos, porém, os mais utilizados para descrever os fenômenos ecotoxicológicos são os matemáticos, os quais se subdividem em modelos empíricos, mecanísticos, determinísticos e estocásticos, entre outros.

Assim, para a realização de um monitoramento baseado nos principais parâmetros físico-químicos e bacteriológicos (conforme descritos nas Resoluções N° 020 de 1986 e N° 274 de 2000 do CONAMA), é de fundamental importância à elaboração de um modelo que possa descrever o sistema em estudo. Com base na literatura, optou-se pela escolha do modelo empírico, que se baseia na observação quantitativa das variáveis a serem consideradas, além de permitir a determinação dos coeficientes da função composta pelas variáveis e correlacioná-los com os dados experimentais.

No caso de programas de caracterização de qualidade das águas faz-se necessário considerar modelos simples de avaliação, pois muitas vezes, na tentativa de se solucionar um problema, cria-se outros que irão apresentar um maior grau de complexidade e frustrar quaisquer iniciativas relacionadas ao monitoramento dos recursos hídricos. Portanto, o desenvolvimento de um banco de dados de confiança é de extrema importância para o planejamento de ações corretivas ambientais (GOBBI, 1999).

Uma das maiores dificuldades no uso de modelos empíricos para monitoramento de recursos hídricos está na estimativa dos valores de seus parâmetros, os quais deverão ajustar adequadamente aos valores experimentais obtidos. Neste sentido, o processo de validação do modelo foi fundamental, tanto na identificação da validade do modelo para o recurso hídrico em estudo, como na aquisição de informações que subsidie a tomada de decisão.

Índices de qualidade de água são criados para promover uma ferramenta simples e compreensível para gerenciamento e administração da qualidade e possível usos de um dado corpo hídrico. Segundo ainda os mesmos, o índice de qualidade de água (WQI), tenta descrever um mecanismo que através de uma expressão numérica defina um nível de qualidade de água fazendo uso de um banco de dados acumulativos, derivado de parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos específicos (BORDALO et al., 2001).

Foram utilizados os resultados obtidos para cada um dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos pela Administração Estadual do Meio Ambiente (ADEMA) para o Rio do Sal / Sergipe, visando uma avaliação sobre o grau de inter-relação entre estes e a sensibilidade de cada um.

A validação do modelo empírico proposto consistirá numa avaliação entre os valores obtidos pelo modelo proposto e os obtidos experimentalmente. Segundo Galvão e Valença (1999) a otimização de modelos para recursos hídricos, indica a existência de cinco fatores principais que dificultam a obtenção da solução, que são: mínimos locais, "buracos", descontinuidade na superfície da função objetivo, interdependência entre parâmetros do modelo e a não-convexidade da superfície resposta nas proximidades da solução ótima.

Todas as etapas para a obtenção do modelo serão constantemente avaliadas, uma vez que a obtenção do modelo empírico final dependerá de uma boa otimização, que por sua vez depende de certas características relacionadas com a dimensão do problema e com as características da função objetivo. Com isto, estaremos fornecendo subsídios para o monitoramento contínuo de recursos hídricos e conseqüentemente para a sua gestão.

### 3 - METODOLOGIA

No presente trabalho, a metodologia consistiu inicialmente de uma revisão bibliográfica sobre o monitoramento de recursos hídricos e sobre as linguagens de programação mais adequadas para este tipo de projeto. A realização desta parte foi feita através de consultas a revistas, periódicos, livros, dissertações e teses, bem como a catálogos de fornecedores de softwares.

O levantamento dos dados experimentais para as variáveis turidez, pH, coliformes fecais, vazão e demanda biológica de oxigênio (DBO) foi realizado através de uma busca na base de dados sobre qualidade de águas da Administração Estadual do Meio

Ambiente (ADEMA) especificamente para o Rio do Sal.

A construção do modelo empírico genérico foi realizada utilizando o Teorema Pi de Buckingham, o qual possibilita a determinação de uma variável em função de grupos adimensionais, construídos com base nas variáveis que influenciam o fenômeno em estudo.

#### 3.1 - LEVANTAMENTOS DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM

As áreas de amostragem do Rio do Sal foram selecionadas, em parceria com a ADEMA, após levantamento detalhado dos problemas existentes na referida bacia hidrográfica. Durante este levantamento, percebeu-se que a bacia sofre grande pressão urbana, pois a população da Grande Aracaju (formada pelos Municípios de Aracaju, Barra dos Coqueiros, Nossa Senhora do Socorro e São Cristóvão) vem se estabelecendo de forma significativa junto à região estuarina, e conseqüentemente esta região fica sujeita a maiores impactos ambientais.

Devido à grande extensão da bacia, e encontrando-se às margens do Rio do

Sal uma série de grandes conjuntos residenciais como Fernando Collor de Mello, Marcos Freire, João Alves Filho e Bugio, o que favorece o aparecimento de vários pontos de drenagem de esgotamento sanitário, ao longo do curso deste rio, procurou-se restringir o monitoramento no trecho onde havia maiores reclamações dos usuários do rio, na grande maioria formada por pescadores.

O trecho da bacia a ser estudado, ficou compreendido entre o Porto do Gringo, no bairro Soledade, passando pelo conjunto Bugio até uma distância de cerca de 100 metros à montante da confluência com o riacho Palame, conhecido pela população local como riacho do Sangue (devido à cor vermelha adquirida por sua água devido ao despejo de efluentes de indústrias têxteis e frigoríficos). Ao todo, para o levantamento da qualidade da água do rio foram selecionados 06 (seis) pontos de amostragem. Estes pontos foram devidamente definidos por coordenadas geográficas, com o uso de GPS, conforme descrito na Tabela 01. Ressaltamos que para o ponto de

PONTO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	DISCRIMINAÇÃO
01	10°53'20" 37°06'42"	Ponto situado no rio do Sal, a cerca de 100 metros à montante da confluência com o riacho Palame, tendo de um lado o Povoado Sobrado, e do outro o Povoado Calumbi.
02	10°53'26" 37°06'08"	Ponto situado no riacho Palame (conhecido como riacho do Sangue), aproximadamente 100 metros da confluência do rio Sal.
03	10°53'20" 37°06'17"	Ponto situado no rio do Sal, na confluência com o riacho do Sangue.
04	10°53'08" 37°05'47"	Ponto situado no rio do Sal, enfrente ao conjunto Bugio, ou mais precisamente 400 metros da confluência com o riacho do Sangue.
05	10°52'25" 37°05'34"	Ponto situado no rio do Sal, em frente ao Porto do gringo, nas proximidades do bairro Bonfim (Soledade).
06	10°52'00"S 37°03'39"W	Ponto situado no Rio do Sal, na confluência com o riacho que recebe o efluente da lagoa de estabilização da DESO.

Tabela 01 – Localização dos Pontos de Amostragem  
Fonte: Trabalho de campo, 2002.

amostragem 02, foi realizada apenas uma análise, não sendo este incluído nos resultados e discussões.

O corpo d'água que foi estudado (Rio do Sal) drena um dos maiores núcleos residenciais povoados no estado de Sergipe. Um fato agravante no problema ambiental do Rio do Sal é que os conjuntos, loteamentos e invasões que estão localizados às suas margens, na sua grande maioria, não possuem rede de esgoto nem sistema de tratamento de esgoto sanitário, sendo o rio destino final desses efluentes. Além disso, recebe contribuições oriundas do Riacho Palame que antes de desaguar no rio, o mesmo recebe efluentes do Frigorífico de Sergipe - FRISE, da indústria têxtil GUIMATEX e de vários núcleos residenciais, principalmente os esgotos sanitários do conjunto Bugio.

Os dados fornecidos pela Administração Estadual do Meio Ambiente (ADEMA) foram determinados nos seguintes dias: em 24/11/1999 pontos de amostragem 01, 02, 03, 04, 05 e 06; em 15/05/2002 pontos de amostragem 01, 03, 04, 05 e 06; em 13/06/2002 pontos de amostragem 01, 03, 04, 05 e 06; em 11/07/2002 pontos de amostragem 01, 03, 04, 05 e 06.

### 3.2 - MODELAGEM MATEMÁTICA

Nesta seção, descreveu-se o método utilizado para a determinação de uma correlação empírica que permita a descrição da qualidade da água de um corpo hídrico através de parâmetros químicos, físicos e biológicos previamente estabelecidos.

O método utilizado caracteriza-se pela combinação de variáveis que afetam a qualidade do rio, através da obtenção dos grupos adimensionais que descrevem o problema. Utilizaremos neste trabalho o Teorema Pi de Buckingham, com a finalidade de facilitar a interpretação e aplicação dos dados

experimentais. Este método permite a descrição do nosso objeto de estudo através de grupos adimensionais, denominados de  $\pi_1, \pi_2, \pi_3, \pi_4,$  etc.

O Teorema Pi de Buckingham assegura que o comportamento do grupo adimensional de interesse pode ser determinado como uma função dos outros grupos, expresso pela Equação 01.

$$\pi_1 = F(\pi_2, \pi_3, \pi_4, \dots, \pi_n) \quad (01)$$

Assim o grupo adimensional  $\pi_1$  será expresso em função dos demais, os quais são determinados com base nas variáveis experimentais consideradas. Os dados experimentais servirão de base para a determinação dos coeficientes da equação.

A primeira etapa do Teorema Pi de Buckingham consiste na listagem de todos os parâmetros que influenciam significativamente no fenômeno em estudo, resultando em  $n$  parâmetros. A seguir, segunda etapa, na qual torna-se necessário à escolha de um conjunto de dimensões fundamentais adequadas ao problema, que podem ser expressas em termos do sistema de unidades MLT ou FLT (sistema de unidades Massa, Comprimento e Tempo). Na terceira etapa relataram-se as dimensões de

todos os parâmetros em termos destas dimensões fundamentais.

Na Tabela 02, apresentaremos a listagem de todos os parâmetros experimentais utilizados na adimensionalização com seu respectivo símbolo adotado e suas dimensões fundamentais, considerando o sistema de unidade (MLT).

No presente trabalho, o número de variáveis ( $n$ ) proposto inicialmente foi igual a 19, porém, devido a não disponibilidade de dados experimentais, este número foi reduzido a 8 necessitando-se, por tanto, da determinação do número de variáveis que comporão a base. É importante ressaltar que a alteração do número de variáveis não influenciou na eficácia do modelo proposto, sendo possível a qualquer momento fazer alterações no número de parâmetros iniciais sem que esta venha a intervir no resultado final. Este fato é justificado através dos coeficientes de correlação, seção 3.3, que são calculados de acordo com o número de variáveis de trabalho.

A construção da matriz dimensional é feita com o objetivo de se determinar  $m$ , que possibilitará o conhecimento do número de grupos adimensionais a ser determinados. A matriz mostrada na Tabela 03 é formada pelos expoentes

PARÂMETRO	UNIDADE	DIMENSÕES	SÍMBOLO
DBO <sub>5</sub>	mg/L	M.L <sup>-3</sup>	DBO
OD%	mg/L	M.L <sup>-3</sup>	O.D
Residual Total	mg/L	M.L <sup>-3</sup>	C <sub>9</sub>
Turbidez	mg/L	M.L <sup>-3</sup>	C <sub>11</sub>
Distância	m	L	D
Vazão	ml/s	L <sup>3</sup> .T <sup>-1</sup>	Q
pH	Adimensional	Adimensional	pH
Coliformes Fecais	NMP/100ml	L <sup>-3</sup>	C.F

Tabela 02 - Listagem de Parâmetros com seus Símbolos e Dimensões Fundamentais  
Fonte: SOUZA, R. R., 2002.

Tabela 03 – Matriz Dimensional  
Fonte: SOUZA, R. R., 2002.

	DBO	O.D	C <sub>7</sub>	C <sub>9</sub>	C <sub>11</sub>	d	Q	C.F
M	1	1	1	1	1	0	0	0
L	-3	-3	-3	-3	-3	1	3	-3
T	0	0	0	0	0	0	-1	0

Tabela 04 – Variáveis Básicas  
Fonte: SOUZA, R. R., 2002.

PARÂMETRO	UNIDADE	DIMENSÕES	SÍMBOLO
DBO <sub>5</sub>	mg/L	M.L <sup>-3</sup>	DBO
Vazão	ml/s	L <sup>3</sup> .T <sup>-1</sup>	Q
Distância	M	L	D

das variáveis com relação a cada dimensão fundamental.

O valor de **m** corresponde ao maior determinante não nulo. Desta forma, o valor de **m** encontrado é igual a 3. Este é, portanto o número de variáveis básicas ou repetidas.

Na quarta etapa será feita a escolha das variáveis básicas, que serão repetidas na formulação dos grupos adimensionais. O número destas variáveis será igual a 3. A escolha das variáveis foi feita utilizando a técnica que consiste na escolha de um conjunto de variáveis que envolvam grandezas de caráter cinemático, outra envolvendo massa ou força e outra de caráter geométrico.

Desta forma as variáveis básicas escolhidas são mostradas na Tabela 04.

Efetuada a combinação das variáveis, obtemos as equações para cada grupo adimensional que são mostradas a seguir:

$$\pi_1 = (DBO)^a (Q)^b (d)^c O.D \quad (02)$$

$$\pi_2 = (DBO)^a (Q)^b (d)^c C_9 \quad (03)$$

$$\pi_3 = (DBO)^a (Q)^b (d)^c C_{11} \quad (04)$$

$$\pi_4 = (DBO)^a (Q)^b (d)^c pH \quad (05)$$

$$\pi_5 = (DBO)^a (Q)^b (d)^c C.F \quad (06)$$

Com a finalidade de obtermos a correlação genérica, inicialmente efetuamos alguns cálculos e simplificações nas Equações 02 a 06. As equações resultantes são mostradas a seguir.

$$\pi_1 = \frac{O.D}{DBO} \quad (07)$$

$$\pi_2 = \frac{C_9}{DBO} \quad (08)$$

$$\pi_3 = \frac{C_{11}}{DBO} \quad (09)$$

$$\pi_4 = pH \quad (10)$$

$$\pi_5 = \frac{d^3}{CF} \quad (11)$$

Com base nas Equações 07 a 11, podemos obter a correlação genérica, como pode ser observada pela Equação 12.

$$IQA = W_1 \left[ \left( \frac{OD}{DBO} \right)^{W_2} \left( \frac{C_9}{DBO} \right)^{W_3} \left( \frac{C_{11}}{DBO} \right)^{W_4} (pH)^{W_5} \left( \frac{d^3}{L^3} \right)^{W_6} \right] \quad (12)$$

O IQA é uma adaptação do IWQ (Water Quality Index) proposto pela "National Sanitation Foundation" dos EUA e incorpora 9 parâmetros dos 35 propostos pelo IWQ. O desenvolvimento e adaptação do IQA foram feitos pela CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental), que indicaram os parâmetros a serem avaliados, o peso relativo dos mesmos e a condição com que se apresenta cada parâmetro, segundo uma escala de "rating".

Desta forma, pretendeu-se obter o valor do IQA calculado (via modelo) e compará-lo com o IQA experimental. A vantagem é que com a utilização deste índice temos como facilitar a interpretação das informações de qualidade de água de forma mais abrangente e útil, pois através do resultado obtido temos como dizer de forma segura a situação do corpo hídrico analisado.

### 3.3 - DETERMINAÇÃO DOS COEFICIENTES DA CORRELAÇÃO

O cálculo dos coeficientes W<sub>1</sub> a W<sub>6</sub> foram efetuados com o objetivo de ajustar a correlação genérica (Equação 12) a uma forma que descreva a qualidade da água do rio analisado, mediante o conhecimento das condições físicas, químicas e bacteriológicas do local em questão.



Este ajuste foi realizado utilizando o método de otimização dos mínimos quadrados. A função objetiva a ser minimizada, segundo este método, é dada por:

$$\varphi = \sum_{j=1}^m (IQA_{exp} - IQA_{calc})^2 \quad (13)$$

A minimização da Equação (13) é idêntica a minimização da Equação (14), que permitiu uma boa simplificação dos cálculos em relação a anterior, pois este artifício nos possibilita a obtenção e resolução de equações lineares.

A nova função objetivo pode ser escrita da seguinte forma:

$$\varphi = \sum_{j=1}^m [Ln(IQA_{exp}) - Ln(IQA_{calc})]^2 \quad (14)$$

OU

$$\phi = \sum_{j=1}^m \left[ Ln(IQA_{exp}) - Ln(w_1) - w_2 Ln\left(\frac{OD}{DBO}\right) - w_3 Ln\left(\frac{C_9}{DBO}\right) - w_4 Ln\left(\frac{C_{11}}{DBO}\right) - w_5 Ln(pH) - w_6 Ln\left(\frac{d^3}{CF}\right) \right]^2 \quad (15)$$

Para determinar o ponto de mínimo de uma função, é necessário que a derivada primeira da função objetivo a ser minimizada em relação a uma dada variável seja nula. Assim, efetuando-se os cálculos com a finalidade de se determinar a derivada da Equação (15) em relação às constantes empíricas  $W_1$  a  $W_6$ , obtemos um conjunto de equações lineares, que é facilmente resolvida.

A resolução deste sistema de equações foi realizada através do Método de Gauss. Assim, o modelo obtido permitirá uma avaliação da qualidade da água do recurso hídrico em estudo.

## 4 — RESULTADOS

### 4.1 — TURBIDEZ

A presença de turbidez pode ocorrer naturalmente em função do processo de erosão e artificialmente em função de lançamento de despejos domésticos e industriais.

O Gráfico 01 de Turbidez (NTU) versus data, tendo como parâmetro os pontos de amostragem, apresentou todos os valores acima do nível permitido pela Resolução Nº 274 de 2000 do CONAMA, ao longo do rio e por consequência ocorre redução da fotossíntese da vegetação enraizada submersa e das algas. Esse desenvolvimento reduzido de plantas pode, por sua vez, suprimir a produtividade de peixes. Logo, a turbidez pode influenciar nas comunidades biológicas aquáticas. Além disso, afeta adversamente o uso doméstico, industrial e recreacional do corpo hídrico.

### 4.2 — OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD)

Uma adequada quantidade de oxigênio dissolvido é essencial para a manutenção de processos de auto-depuração em sistemas aquáticos naturais e estações de tratamento de esgotos. Através da medição do teor de oxigênio dissolvido, os efeitos de resíduos oxidáveis sobre águas receptoras e a eficiência do tratamento dos esgotos, durante a oxidação bioquímica, podem ser avaliados. Os níveis de oxigênio dissolvido também indicam a capacidade de um corpo d'água natural manter a vida aquática.

O Gráfico 02 de oxigênio dissolvido versus data, tendo como parâmetro os pontos de amostragem, juntamente com os de demanda biológica de oxigênio (DBO), que será discutido

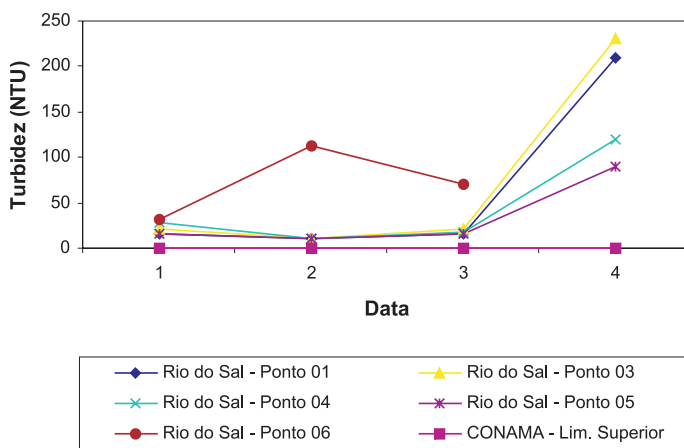


Gráfico 01 – Turbidez versus Data - Rio do Sal/SE  
Fonte: SOUZA, R. R., 2002.

posteriormente, representam o estudo mais importante das condições aeróbicas do rio. O teor de oxigênio encontrado no rio é bastante precário, o que indica que as condições aeróbicas do mesmo apresentam-se críticas. Todos os valores se encontram abaixo do limite mínimo estipulado pela Resolução N° 274 de 2000 do CONAMA, apresentando níveis críticos nas três primeiras análises e uma baixa elevação na sua concentração na última realizada. O oxigênio dissolvido é um elemento vital para os seres aquáticos aeróbios, portanto a sua falta pode ser facilmente caracterizada pela falta da ictiofauna neste rio e pelo odor desagradável de suas águas.

As reduções nas concentrações de oxigênio nos corpos d'água são provocadas principalmente por despejos de origem orgânica.

### 4.3 – PH

O pH é um parâmetro de bastante importância no monitoramento ambiental, pois é através dele que podemos identificar o caráter ácido, básico ou neutro do recurso hídrico analisado. Geralmente alterações bruscas do pH em uma água podem vir a acarretar o desaparecimento dos organismos aquáticos presentes na mesma, já que estes geralmente estão adaptados à condições de neutralidade. Valores fora das faixas recomendadas podem alterar o sabor da água e contribuir para a corrosão do sistema de distribuição de água, e dificultar a descontaminação da mesma.

O Gráfico 03 de pH versus data, tendo como parâmetro os pontos de amostragem, não apresentam problemas, o que nos indica que os efluentes lançados estão levemente carregados por componentes químicos. Todos os valores obtidos se encontram na faixa estipulada pela Resolução N°

Gráfico 02 – Oxigênio Dissolvido versus Data - Rio do Sal/SE  
Fonte: SOUZA, R. R., 2002.

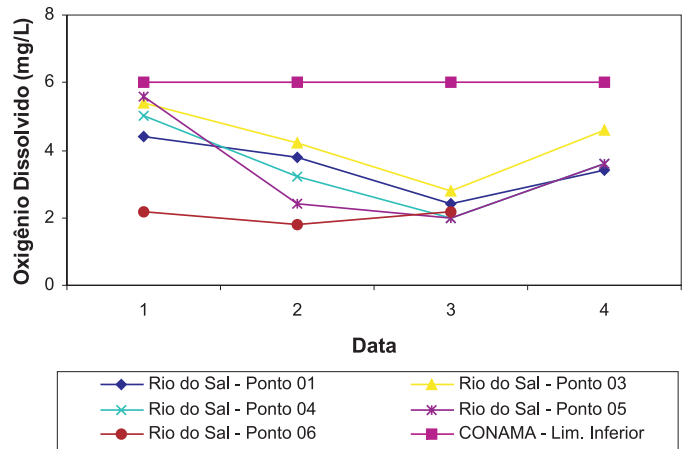
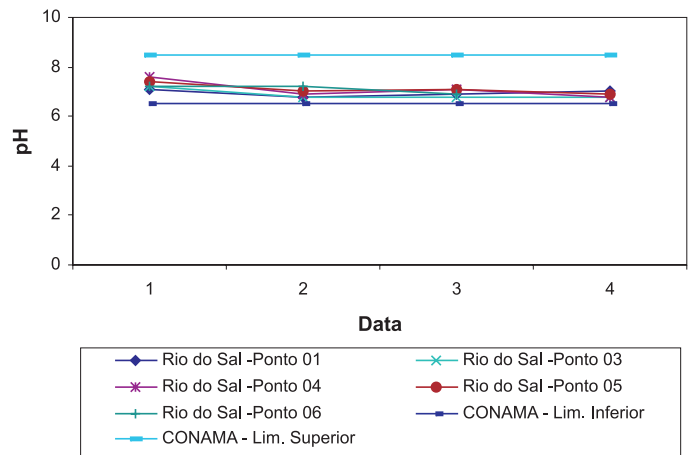


Gráfico 03 – pH versus Data - Rio do Sal/SE  
Fonte: SOUZA, R. R., 2002.



274 de 2000 do CONAMA, porém já pode ser observada um decaimento do seu valor ao longo do tempo, devendo-se ficar atento à qualquer mudança ocorrida.

As alterações do ponto de vista deste indicador nos corpos hídricos, são provocadas principalmente por despejos de origem industrial.

### 4.4 - COLIFORMES FECALIS

Os organismos do grupo coliformes, têm se mostrado como os melhores indicadores da possível presença de seres patogênicos (causadores de doenças ao homem), porém a

presente deste por si só, não representa perigo à saúde, mas pode indicar a possível presença de outros seres causadores de problemas à saúde, além também de determinar a potabilidade das águas e conseqüentemente o destino de seu uso. O uso da bactéria coliforme fecal para indicar poluição sanitária mostrou-se mais significativo que o uso da bactéria coliforme total, porque as bactérias fecais estão restritas ao trato intestinal de animais de sangue quente.

Todos as análises para Coliformes Fecais se apresentam fora da faixa permitida pela Resolução N° 274 de 2000 do CONAMA, para os diversos

usos estipulados para a água deste corpo hídrico (Gráfico 04). Os organismos do grupo coliformes, têm se mostrado como os melhores indicadores da possível presença de seres patogênicos (causadores de doenças ao homem), porém a presença destes por si só, não representa perigo à saúde, mas pode indicar a possível presença de outros seres causadores de problemas à saúde, além também de determinar a potabilidade das águas e conseqüentes o destino de seu uso.

Os altos valores encontrados para este recurso hídrico indicam altos despejos de carga orgânica, provenientes principalmente de esgotos sanitários.

#### 4.5 - RESIDUAL TOTAL

O residual total representa a quantidade de sólidos existente na água após esta ser submetida a uma evaporação.

Os sólidos podem causar danos aos peixes e à vida aquática. Eles podem se sedimentar no leito dos rios destruindo organismos que fornecem alimentos, ou também danificar os leitos de desova de peixes. Os sólidos podem reter bactérias e resíduos orgânicos no fundo dos rios, promovendo a decomposição anaeróbica. Altos teores de sais minerais particularmente sulfato e cloreto, estão associados à tendência de corrosão em sistemas de distribuição, além de conferir sabor às águas.

Todos os valores das análises realizadas nos diversos pontos de amostragem apresentaram-se fora do limite estipulado pela Resolução Nº 274 de 2000 do CONAMA, conforme pode ser observado no Gráfico 05. Este fato já está afetando na demanda de peixes da região estuarina.

Gráfico 04 – Coliformes Fecais versus Data - Rio do Sal/SE  
Fonte: SOUZA, R. R., 2002.

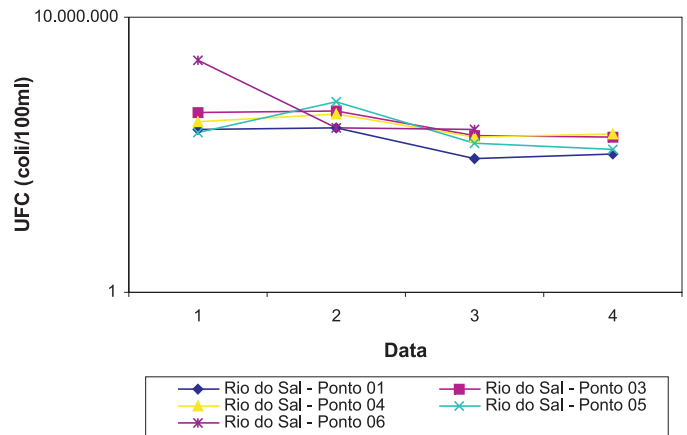
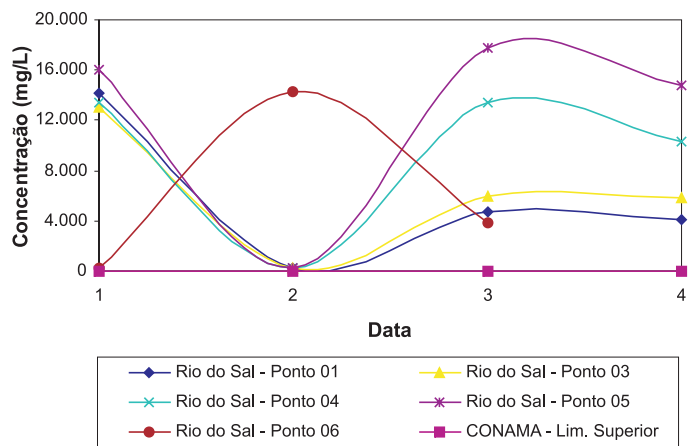


Gráfico 05 – Residual Total versus Data - Rio do Sal/SE  
Fonte: SOUZA, R. R., 2002.



#### 4.6 – DEMANDA BIOLÓGICA DE OXIGÊNIO (DBO)

A DBO de uma água é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável.

Os maiores aumentos em termos de DBO, num corpo d'água são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica. A presença de um alto teor de matéria orgânica pode induzir a completa extinção do oxigênio da água, (o que já pode ser evidenciado nas águas do rio do sal, que apresentam valores muito baixos de OD), provocando o

desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática.

Um elevado valor da DBO pode indicar um incremento da micro-flora presente e interferir no equilíbrio da vida aquática, além de produzir sabores e odores desagradáveis.

Os níveis de DBO no rio apresentam-se equilibrados, isto é, existem pontos críticos e pontos com níveis aceitáveis, desta forma iremos analisar grupos de ponto para facilitar o entendimento. Os pontos de amostragem 1, 3 e 5 apresentam níveis acima do permitido pela Resolução Nº 274 de 2000 do CONAMA nas duas primeiras análises. Na terceira análise estes pontos

apresentaram uma melhora significativa, porém voltam a elevar seus índices na quarta análise realizada.

O ponto de amostragem 4 apresentam-se dentro dos limites estipulados até a terceira análise, elevando seu índice na quarta análise. Já o ponto 6 apresenta-se com níveis elevados em todas as análises efetuadas.

A situação de alguns pontos do rio são críticas, principalmente a do ponto 6, que fica próximo a uma estação de tratamento de esgoto, e devido a estes altos índices pode-se notar que a fauna e flora da região estão desaparecendo, dando um aspecto de degradação ambiental muito grande.

#### 4.7 – MODELAGEM MATEMÁTICA

Neste trabalho realizou-se uma modelagem empírica utilizando-se o Teorema Pi de Buchingham, o qual facilita a interpretação e estende o campo de aplicação dos dados experimentais. A correlação empírica obtida visa determinar o Índice de Qualidade da Água (IQA) contribuindo para o monitoramento e gestão dos recursos hídricos.

O cálculo dos coeficientes foi realizado utilizando o método de otimização dos mínimos quadrados e tendo o conhecimento dos dados experimentais fornecidos pela Administração Estadual do Meio Ambiente (ADEMA). Para a resolução do sistema de equações lineares utilizou-se o Método de Gauss, utilizando um programa desenvolvido em Turbo Pascal. Substituindo estes coeficientes na Equação (15), obtemos a seguinte correlação:

$$IQA = 9,32551 \left[ \left( \frac{OD}{DBO} \right)^{1,18} \left( \frac{C_9}{DBO} \right)^{0,99} \left( \frac{C_{11}}{DBO} \right)^{1,02} (pH)^{0,30} \left( \frac{d^3}{L^3} \right)^{1,32} \right] \quad (16)$$

Observando-se os parâmetros desta correlação, nota-se que todos os grupos adimensionais são importantes para o modelo, mostrando que as variáveis são interligadas e não podem ser avaliadas independentemente, conforme descrita na literatura. É importante ressaltar que as variáveis utilizadas nesta correlação são as medidas pela Administração Estadual do Meio Ambiente (ADEMA) e que são utilizadas pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) para a determinação do Índice de Qualidade Ambiental (IQA) dos recursos hídricos.

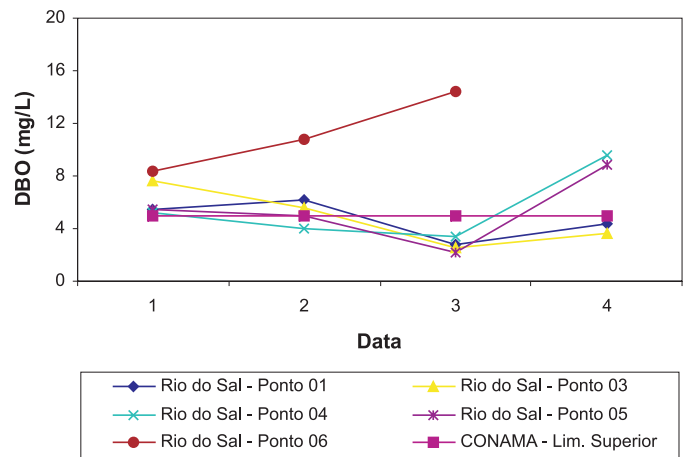
Com o valor do Índice de Qualidade Ambiental (IQA) é possível saber as condições em que se encontra o manancial. Segundo a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) a água bruta pode ser classificada da seguinte forma de acordo

com o valor do IQA obtido: Qualidade Ótima –  $79 < IQA \leq 100$ ; Qualidade Boa –  $51 < IQA \leq 79$ ; Qualidade Regular –  $36 < IQA \leq 51$ ; Qualidade Ruim –  $19 < IQA \leq 36$ ; Qualidade Péssima –  $IQA \leq 19$ .

A Tabela 05 mostra uma comparação entre os valores do Índice de Qualidade da Água determinados pela correlação proposta e os obtidos via a metodologia descrita pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB). Nesta, observamos que a correlação proposta (Equação 16), permite uma avaliação da qualidade da água do recurso hídrico em estudo em função das variáveis comumente analisadas para monitoramento do corpo hídrico.

A partir da correlação proposta pode-se determinar a qualidade da água bruta do rio em estudo. É importante ressaltar que mesmo com uma margem de erro

Gráfico 06 – Demanda Biológica de Oxigênio (DBO) versus Data - Rio do Sal/SE  
Fonte: SOUZA, R. R., 2002.



IQA Calculado pela Equação	IQA Calculado pela CETESB
18,71	10,71
5,41	9,87
10,70	10,30
15,54	10,31
8,69	10,44
9,07	10,27
12,08	10,36
7,98	10,42
13,90	10,25
12,88	10,35
10,50	10,19
8,30	10,17
8,17	10,28
8,04	10,32
6,52	10,37
6,21	10,10
9,89	9,95
6,17	9,95
4,95	10,22
4,93	9,98

Tabela 05 – Comparação entre os Índices de Qualidade da Água  
Fonte: SOUZA, R. R., 2002.

apresentada pela correlação, todas as classificações foram iguais as obtidas pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), ou seja, o rio apresenta uma qualidade péssima, necessitando urgentemente de ações mitigadoras.

## 5 - CONCLUSÃO

No presente trabalho construímos um modelo empírico visando o monitoramento dos recursos hídricos. O estudo foi realizado fazendo-se combinações das variáveis, visando obter grupos adimensionais capazes de descrever a qualidade da água.

Com os dados experimentais fornecidos pela Administração Estadual do Meio Ambiente (ADEMA), foi possível a determinação do Índice de Qualidade da Água (IQA) seguindo a metodologia descrita pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), que serviu de base para a otimização dos coeficientes da correlação.

A correlação empírica obtida neste projeto permite a predição do Índice de Qualidade da Água (IQA) e conseqüentemente sua classificação. O conhecimento deste parâmetro é de fundamental importância para subsidiar os gestores na tomada de decisão, bem como tomar medidas preventivas e/ou corretivas para evitar danos ao meio ambiente.

Os desvios apresentados entre os valores obtidos via a metodologia da CETESB e os calculados pela equação proposta não comprometem a classificação da água, mostrando que esta pode ser utilizada dentro da faixa de validade da mesma. Ressaltamos ainda que à medida que se tem um maior número de pontos a correlação torna-se mais robusta e com uma

capacidade de prever uma maior faixa de operação e com uma maior sensibilidade.

Com base nos dados experimentais, conforme mostrado no tópico de resultados, e os valores obtidos via correlação, podemos observar que o Rio do Sal/SE (recorte espacial da pesquisa) encontra-se com um alto grau de poluição, proveniente de lançamento de despejos domésticos e industriais, bem como de lixo urbano. Assim, torna-se imprescindível uma ação imediata que possa recuperar a vida do rio, evitando problemas ainda mais graves num breve espaço de tempo.

## 6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADEMA. **Relatório Técnico Nº 08 – Avaliação da qualidade das águas do Rio do Sal/Sergipe.** Administração dos Recursos Hídricos/Sergipe, 1999.
- AGUILERA, P. A.; FRENISH A. G.; TORRES, J. A.; CASTRO, H.; VIDAL, J. L. M.; CANTON, M. Application of the Kohonen Neural Network in coastal water management: Methodological development for the assessment and prediction of water quality. **Water Research**, Vol.35, nº 17, p. 4053-4062, 2001.
- BAIRD, A. J.; WILBY, R. L. **Eco-Hydrology.** London, Routledge, 1999.
- BETTY, N. G.; TURNER, A.; TYLER, O.; FALCONER, R.A.; MILLWARD, G. E. **Modelling Contaminant Geochemistry in estuaries.** Water Research, Vol.30, nº 1, p. 63-74, 1996.

- BORDALO, A. A.; NILSUMRANCHIT, W.; CHALERMWAT, K. Water Quality and Uses of the Bangpakong River (Eastern Thailand). **Water Research**, Vol. 35, nº15, p. 3635-3642, 2001.
- CHERNET, T.; TRAVI, Y.; VALLES, V. Mechanism of degradation of the Quality of Natural Water in Lakes Region of the Ethiopian Rift Valley. **Water Research**, Vol.35- Issue 12, 2001.
- CONAMA. Legislação Federal sobre Classificação das Águas (potabilidade/ Balneabilidade) e Poluição das águas. **Resolução CONAMA nº 20/ 1986**.
- CONAMA. Legislação Federal sobre Classificação das Águas (potabilidade/ Balneabilidade) e Poluição das águas. **Resolução CONAMA nº 274/ 2000**.
- CUNHA, C. **Métodos Numéricos-Para as Engenharias e Ciências Aplicadas**, 1ª ed., 1993.
- DAHI, E. **Water Supply in Developing Countries: Problems and Solutions**. Lyngby: Eds. Technical, University of Denmark, 1992.
- FREITAS, M. B.; BRILHANTE, O. M.; ALMEIDA, L. M. Importância da Análise para a Saúde Pública em duas Regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. **Caderno de Saúde Pública**, vol.17, nº 3, 2001.
- GALVÃO, C. O.; VALENÇA, M. J. S. (Org.). **Sistemas Inteligentes**. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ ABRH, 1999.
- GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**, 3º Ed., 1996.
- GOBBI, D. L.; ZAITSEV, D.; MISTURA, C. M.; VAITSMAN, D. S. Monitoramento Ambiental da Água do Rio Marau na Região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul. **Anais...** Congresso Brasileiro de Química, 29. Vol. 48 (1), p.01-06, 1999.
- LONIN, S. A.; TUCHKOVENKO, Y. S. Water quality modelling for the ecosystem of the Cienaga de Tesca coastal lagoon. **Ecological Modelling**, vol 144, p.279-293, 2001.
- MELO, R. S.; CESAR, L. P. M.; MOREIRA, M.; PRATES, A. P. L. Análise da Qualidade Ambiental das Águas Superficiais – Um modelo para integração de Fatores Ambientais na Aplicação da Isso 14001. **OLAM – Ciência e Tecnologia**, vol 1:3, 2001.
- MPIMPAS, H.; ANAGNOSTOPOULOS, P.; GANOULIS, J. **Modelling of Water Pollution in the Thermaikos Gulf with fuzzy parameters**. *Ecological Modelling*, nº 142, p. 91-104, 2001.
- RUGGIERO, M. A. G.; LOPES, V. L. R. **Cálculos Numéricos - Aspectos Teóricos e Computacionais**. 1º ed, 1988.
- SAGEHASHI, M.; SAKODA, A.; SUZUKI, M. A Mathematical Model of a Shallow and Eutrophic Lake (the Keszthely Basin, Lake Balaton) and Simulation of Restorative Manipulations. **Water Research**, Vol.35 - Issue7, 2001.
- SHIMIZU, T. **Processamento de Dados - Conceitos Básicos**, 1º Ed., 1982.
- SILVA, A. M. M.; SACOMANI, L. B. Using Chemical and Physical Parameters to Define the Quality of Pardo River Water (Botucatu-SP-Brazil). **Water Research**, Vol.35, Issue 6, 2001.
- VEGA, M.; PARDO, R.; BARRADO, E.; DEBÁN, L. Assessment of Seasonal and Pollution Effects on the Quality of River Water by Exploratory Data Analysis. **Water Research**, Vol.32-Issue12, 1998.

## RESUMO

O artigo objetiva analisar a percepção dos colaboradores da empresa em relação aos programas de marketing social. A pesquisa é de natureza exploratória com abordagem qualitativa, com o uso das seguintes categorias analíticas: responsabilidade, compromisso, confiança, imparcialidade e honestidade. A estratégia de pesquisa é o estudo de caso em uma empresa do setor de cosméticos e perfumaria. Os resultados obtidos sugerem que os colaboradores representados pelos grupos da organização e dos franqueados diferenciam determinadas práticas de estratégias de marketing social em relação aos programas de responsabilidade social, mas nem sempre conseguem distinguir com clareza a natureza dos programas desenvolvidos. A análise das categorias mostrou que o grupo dos franqueados ainda não foi envolvido pelo composto do marketing social, que é o elemento condutor para a transmissão de conhecimento das práticas de responsabilidade social na corporação.

### PALAVRAS-CHAVE

Estratégia empresarial, estratégia de marketing, marketing social, programas de responsabilidade social.

## ABSTRACT

The objective of this research consisted in analysing the perception company collaborators have with regard to social marketing programs. The research is exploratory natured with qualitative approach, once the documental analysis was used to characterize the analytical categories in study - responsibility, commitment, trust, impartiality and honesty - establishing relationships of the groups of the selected sample. The results have demonstrated that the collaborators represented by the organization and franchisee groups distinguish between certain practices of strategies of social marketing and programs of social responsibility. However, collaborators hardly ever get to distinguish with clarity the nature of the developed programs, due to the perception of all the groups that revealed contradictions, ambiguities and induced opinions. The analysis of the categories has characterized that the group of the franchisees was not still involved by the mix of the social marketing that is the leading element for the transmission of knowledge of the practices of social responsibility through the corporation.

### KEYWORDS

Business strategy, marketing strategy, social marketing, social programs responsibility.

## PRESERVAÇÃO DO MEIO AMBIENTE COMO PRÁTICA DE RESPONSABILIDADE SOCIAL E MARKETING SOCIAL

### Luis Hernan Contreras Pinochet

Doutor em Administração de Empresas pela FGV - EAESP, Mestre em Administração pela PUC - PR, Bacharel em Informática pela UNICENP.  
luishernan@terra.com.br

### Hernan Edgardo Contreras Alday

Doutor e Mestre em Engenharia da Produção pela UNIMEP. Master en Administración y Dirección de Empresas pela ESADE - Barcelona - Espanha. Engenheiro Mecânico pela Universidad de Santiago de Chile.  
hernanc@terra.com.br

### Mauricio C. Serafim

Doutor em Administração de Empresas pela FGV - EAESP. Interesses de pesquisas nas áreas de estudos organizacionais, sociologia econômica, capital social, religião e empreendedorismo.  
mauricio@serafim.pro.br

## INTRODUÇÃO

Dentre as novas concepções de Administração, pode-se citar a idéia de que a responsabilização da gestão pelos efeitos de suas operações e atividades na sociedade é adicionada à atuação das empresas orientadas para a Responsabilidade Social Empresarial (RSE), sem que os seus objetivos econômicos e de atendimento aos interesses de seus proprietários e acionistas sejam abandonados ou negligenciados (Guimarães, 2004).

E essa concepção vem ganhando cada vez mais adeptos. Como Paiva *et al.* (2003) observa, há um grande número de empresários que já se conscientizaram dessa nova realidade, visto que a maioria das organizações pesquisada está praticando ações sociais que as credenciem a serem chamadas de empresas “socialmente responsáveis”. De acordo com Alves (2003), a RSE se torna um fenômeno resultante de um conjunto de fatores que podem ser agrupados em algumas dimensões: ideológica, econômico empresarial, a gestão da empresa, ordenamento institucional da sociedade e os valores sociais do homem por meio da moral e da ética.

Um dos temas mais difundidos que abrange a relação entre o marketing e as ações sociais é o de *marketing social*. Possuindo significados diferentes, por vezes contraditórios, o assunto não é exatamente novo, já que há muitos anos empresários e empresas praticam ações na área social, doando recursos a entidades filantrópicas ou constituindo organizações para atuar no social (Alday e Pinochet, 2003, 2004). A novidade está na evolução de uma concepção baseada na caridade e no altruísmo para a associação entre filantropia e estratégia (Smith, 1994).

É nessa temática que o presente artigo se insere. Ele procura contribuir

para o melhor entendimento da importância da implementação dos programas de RSE e do conceito de marketing para causas sociais como uma possibilidade para alcançar a vantagem competitiva na empresa O Boticário. O principal foco da empresa em RSE é a preservação da natureza e o meio ambiente. Ela também possui outros programas de responsabilidade social em andamento, mas, embora muito importantes para a organização, não têm relação com o foco principal da empresa e, dessa forma, tornam-se um pouco restritos em termos de desenvolvimento e divulgação.

O artigo objetiva investigar a percepção dos colaboradores em relação aos programas de responsabilidade social e o marketing social presente na corporação. Para isso, a pesquisa tenta responder a quatro questões, a saber: (1) qual é o composto de marketing social aplicado pela empresa e que grupos de colaboradores estão envolvidos nessa percepção; (2) de que forma as estratégias e os programas de responsabilidade social da organização em análise se aderem ao marketing social; (3) como é compreendido o marketing social utilizado junto ao público interno da organização e aos franqueados, em relação aos programas sociais; e, (4) compreender se a estratégia de marketing social pode ser um ferramental de vantagem competitiva para a empresa neste estudo de caso.

## REFERENCIAL TEÓRICO

### UM PANORAMA HISTÓRICO

Pode ser considerada como marco para o debate na academia a publicação *Social Responsibilities of the Businessman*, de Howard R. Bowen, em

1953 (Carroll, 1979). Contudo, o debate se intensificou apenas a partir dos anos 1970, cujos trabalhos de Narver (1971), Davis (1973), e de Hay e Gray (1974) podem ser considerados como significativos. No início de 1970 questões como os problemas com o meio ambiente – principalmente a respeito da poluição –, o aumento da sensibilidade dos acionistas e dos consumidores em relação às ações empresariais, o questionamento sobre o papel das empresas na guerra do Vietnã – que forneciam materiais e produtos para armamentos e lucravam consideravelmente à custa de mortes de pessoas –, foram fatores externos importantes para que a academia começasse a refletir sobre a relação entre as empresas e a sociedade. Parece ser justamente nessa fronteira que a RSE se inclui, se considerar em termos mais amplos. Ainda no início de 1970 o economista Milton Friedman (1970) questionou a RSE ao afirmar que a responsabilidade das empresas não deve ser mais do que gerar lucros, porque dessa forma, cumpre com a sua função “natural”: distribuir riqueza entre os acionistas de modo que possam futuramente fazer mais investimentos e, com isso, oferecer mais empregos, pagar um volume maior de impostos para o Estado, e fornecer mais produtos para os consumidores. Ou seja, a dimensão a qual Friedman se refere é a estritamente econômica.

Assim, é colocada em cheque a RSE ao emergir a idéia que ela é apenas uma retórica. Contudo, Davis (1973) enriquece o debate ao propor que a RSE é algo que surge depois que cessa a lei, algo que vai além da responsabilidade econômica, legal e técnica. Em sua definição clássica, a RSC é entendida como “consideração da empresa em responder a questões além das exigências econômicas,



técnicas e legais da empresa [...] a fim de realizar benefícios sociais paralelamente com os ganhos econômicos tradicionais que a empresa procura” (Davis, 1973, p. 312).

Em meados da década de 1970 surge o debate acerca da necessidade de se medir o desempenho da empresa numa relação causal com a RSE. Em outras palavras, começou a se buscar uma razão para a RSE existir, utilizando-se do desempenho financeiro como uma justificativa. Esses estudos podem ser classificados em duas visões. Na primeira, empresas socialmente conscientes possuem habilidades superiores que as demais, no sentido tradicional de performance financeira. Representante dessa visão é o trabalho de Moskowitz (1972), que tentou provar empiricamente essa hipótese. Na segunda, uma visão contraditória à primeira, afirma que a RSC seria uma desvantagem competitiva por adicionar despesas, Tal visão foi defendida por Vance (1975), que em seus estudos encontrou uma correlação negativa entre a posição da empresa no *rank* e o valor da ação no ano de 1974.

No embate Moskowitz *versus* Vance há dois pressupostos importantes: que existe relação (positiva ou negativa) entre RSE e desempenho financeiro, e que isso influi na decisão dos investidores. Tais pressupostos foram questionados por vários autores, entre eles Alexander e Buhholz (1978), Abbot e Monsen (1979), Cochran e Wood (1984), Aupperle, Carrol e Hatfield (1985), que em suas pesquisas não conseguiram concluir se realmente existe tal relação. Não há como afirmar, levando-se em conta essas pesquisas empíricas, que a RSE influi no desempenho financeiro da empresa.

O segundo pressuposto é questionado por Fogler e Nut (1975), ao indicar que, em geral, os investidores

ainda não se sensibilizam – ao avaliar uma empresa – com suas ações sociais. Em seus estudos, cujo objetivo foi pesquisar empiricamente a avaliação dos investidores de empresas (produtoras de papel) após divulgação de suas tendências poluidoras (analisar o impacto da publicidade indesejada), concluíram que é necessária uma mudança institucional. Afirmam que enquanto não houver uma maioria de investidores socialmente conscientes não haverá mudança, porque a pequena parte de investidores socialmente conscientes vende para os investidores tradicionais, ou seja, as ações passam de mão em mão. O sentido inverso – venda do investidor tradicional para o socialmente consciente – se daria apenas se obedecesse aos critérios da responsabilidade social. Mas como o universo dos investidores sociais é pequeno, esse impacto é insignificante. Concluem dizendo que, embora possa acontecer que um dia os investidores sejam socialmente conscientes, tal evento não está em curso no momento (isso em 1975). Resumidamente, pode ser que as vantagens ou benefícios intangíveis da responsabilidade social corporativa se inclinam a uma investigação científica quase impossível de ser resolvido. Talvez essa questão – se há ou não uma relação entre a RSE e a lucratividade – dificilmente será totalmente solucionada.

O teor do debate na década de 1980 seguirá a da década anterior, sendo, contudo influenciado fortemente pelo construto de Carroll (1979). Esse trabalho tentou construir uma ponte entre duas linhas principais de RSE. Na primeira, empresas são obrigadas somente a maximizar os lucros dentro da lei e num mínimo limite ético; na segunda, aqueles que sugerem um alcance mais abrangente de obrigações

com a sociedade. Essa ponte sugere um modelo de desempenho social baseado em 3 aspectos distintos: a) definição básica: a responsabilidade social das empresas inclui as expectativas econômicas, legais, éticas e filantrópicas, que a sociedade tem das organizações num dado momento histórico; b) questões sociais envolvidas: identificar as questões sociais ou áreas-tópico em que estas responsabilidades estarão vinculadas; c) filosofia da prontidão [*responsiveness*]: o terceiro aspecto do modelo remete à filosofia, método, ou estratégia por trás das respostas administrativas da empresa a questões sociais e de responsabilidade social. A prontidão social pode ser entendida como um *continuum* que vai da não-resposta [*no response, do nothing*] à resposta pró-ativa [*do much*].

No final dos anos de 1980 e ao longo de 1990 novos temas se tornam relevantes, acrescentado ao debate da RSE a preocupação com a qualidade das relações com os *stakeholders*, como em O’Neill, Saunders e McCarthy (1989), Teoh e Shiu (1990), e Berman *et al.* (1999), o tema da diversidade, como em Cox e Blake (1991) e Wright (1995), e a ênfase na proteção do meio-ambiente, como em Klassen e Whybark (1999) e Christmann (2000)

Contudo, um gerador para a ambigüidade do debate ainda é a falta de consenso do que realmente signifique RSE. Nesse período, o trabalho de Wood (1991) foi considerado como um marco para os estudos de RSE por tentar desfazer essa incerteza. Ela afirma que apesar das várias contribuições, as definições não são satisfatórias e não há ainda algo como uma teoria do desempenho social corporativo. A construção do conceito é importante para que o tema se transforme em algo *hard* e não *soft*, como vem sendo

tratado. Também pode fornecer uma estrutura coerente para o campo dos negócios e sociedade, integrando os avanços conceituais que foram feitos e permitir aos acadêmicos situar trabalhos dentro de um modelo amplo de relações negócios-sociedade. Afirmar que identificar categorias não é o mesmo que articular princípios (é o que Wood busca). Diz que *princípio* expressa algo fundamental que as pessoas acreditam ser verdadeiro, ou é um valor básico que motivam as pessoas a agirem. *Categoria* mostra como distinguir entre diferentes tipos de fenômeno, mas não representam motivações ou verdades fundamentais. É neste ponto que a autora critica o trabalho de Carroll (1979). Wood afirma que as categorias de Carroll (responsabilidade econômica, legal, ética e filantrópica) podem ser vistas como um conjunto de princípios ordenados nos seus respectivos domínios, mas não são os princípios em si. Acrescenta-se que idéia básica da RSE defendida por Wood é que a sociedade e os negócios estejam entrelaçados, mais do que serem considerados como entidades distintas.

O que se pode perceber ao longo dessas décadas é que a preocupação em estabelecer uma relação entre a RSE e o desempenho empresarial por meio da medição do desempenho financeiro vai, aos poucos, deixando de ser importante, e é fortalecida a idéia de focar as ações e as medições de eficácia nas próprias ações sociais. A impossibilidade de estabelecer uma relação causal entre RSE e lucratividade, constatada nas pesquisas, faz com que as ações sociais deixem de ser um mero meio – para atingir a meta da otimização do lucro –, para se tornar um fim, que deve ser eficiente em seus propósitos sociais e que, para isso, é preciso se fazer avaliações quantitativas e qualitativas.

## RESPONSABILIDADE SOCIAL E A SUA RELAÇÃO COM O MARKETING SOCIAL

Para fins desse trabalho, considera-se a RSE como uma forma de gestão empresarial que envolve a ética em todas as atitudes. Significa fazer todas as atividades da empresa e promover todas as relações – com seus funcionários, fornecedores, clientes, com o mercado, o governo, com o meio ambiente e com a comunidade – de uma forma socialmente responsável (Alves, 2003).

A responsabilidade social de uma empresa pode ser totalmente compatível com o conceito de marketing. A compatibilidade depende de duas coisas: quão amplamente uma empresa percebe seus objetivos de marketing e quanto tempo ela pretende esperar para atingir seus objetivos. Uma empresa que estende suficientemente as dimensões de tempo e de abrangência dos seus objetivos de marketing para atender suas responsabilidades sociais está praticando o que se tornou conhecido como conceito de marketing de responsabilidade social (Etzel *et al.*, 2001).

Kotler (1998) chama a atenção para o fato de que as empresas devem avaliar constantemente se estão praticando marketing de forma ética e socialmente responsável. Sugere uma reflexão sobre técnicas de vendas que invadem a privacidade das pessoas, técnicas de pressão para forçar as pessoas a comprar e a aceleração da obsolescência de bens. Nesse sentido entende-se por marketing de causa como o marketing destinado a criar apoio para idéias e questões ou a levar as pessoas a mudar comportamentos socialmente indesejáveis (Churchill e Peter, 2000).

A partir dos anos 1980 algumas empresas passaram a descobrir que com as mesmas ferramentas de marketing utilizadas para aumentar

vendas poderiam também promover um serviço público e, ainda mais, que os dois objetivos poderiam ser complementares (Eisman, 1992) surgindo, assim, o chamado marketing relacionado a uma causa. Numa outra interpretação, Schiavo (1999) defende que marketing social é a gestão estratégica do processo de mudança social a partir da adoção de novos comportamentos, atitudes e práticas, nos âmbitos individual e coletivo, orientadas por preceito ético, fundamentadas nos direitos humanos e na equidade social. Essa concepção enfatiza a questão de mudança de comportamento como uma estratégia de transformação social. No Brasil, porém, o termo *marketing social* está sendo utilizado, especialmente pela mídia, para designar atuação empresarial no campo social com o objetivo de obter diferenciais competitivos, sem que essas ações tenham o objetivo de influenciar um comportamento coletivo.

## MARKETING SOCIAL COMO ESTRATÉGIA DE MUDANÇAS DE COMPORTAMENTOS E ATITUDES

É possível identificar diferentes tipos de estratégias de marketing relacionado a uma causa, que pode acontecer por meio da destinação de um percentual sobre as vendas de certo produto, da distribuição conjunta de produtos ou informações sobre determinada questão, ou do licenciamento de uma marca ou logotipo para alguma empresa comercializar (Andreasen, 1996).

Na visão de Varadarajan e Menon (1988), marketing relacionado a causas sociais é um programa que procura alcançar dois objetivos: melhorar a performance organizacional e colaborar com causas sociais. Não é uma promoção de vendas, pois os consumidores não recebem nenhum tipo de incentivo financeiro (cupons,

bônus) para adquirirem produtos ou serviços de dada organização. Também não é filantropia, pois os recursos são regularmente doados em um orçamento à parte, não estando condicionados às vendas.

Os conceitos de marketing social são extremamente versáteis e suas técnicas podem ser utilizadas de diferentes maneiras, por exemplo: criar novos programas sociais. A maioria das referências considera o marketing social como a estratégia de mudança de comportamentos e atitudes, que pode ser usada por qualquer tipo de organização podendo atingir um impacto público mais amplo. No setor privado, as pressões competitivas do mercado impulsionam a organização a pensar estrategicamente para poder sobreviver.

#### **ALIANÇAS CORPORATIVAS POR MEIO DO MARKETING SOCIAL**

Para Drumwright, Cunningham e Berger (2000), existe uma forma de alianças sociais ou parcerias entre organizações com e sem fins lucrativos, distinguindo-as das alianças estratégicas entre organizações com fins apenas lucrativos. É o que pode ser chamado de alianças de marketing, que é um acordo formal ou informal entre organizações ou membros de uma corporação em que cada um busca, por meio de atividades de marketing, ganhos que não seriam possíveis a cada uma delas sem essa aliança. Uma dessas alianças que se aplica para o nosso estudo de caso é o chamado acordo de franquia, onde uma empresa se alia a um investidor para desenvolver e abrir lojas em uma área previamente determinada (Varadarajan e Cunningham, 1995; Bucklin e Sengupta, 1993; Lei e Slocum, 1992; Lorange, Roos e Bronn, 1992; Andreasen, 2002).

Alguns autores dividem os objetivos das alianças em duas categorias: operacionais e estratégicas. As alianças operacionais envolvem as parcerias projetadas para tornar as transações comerciais mais eficientes, e as estratégicas que oferecem aos parceiros, vantagens competitivas potenciais que não estão disponíveis para os concorrentes (Speckman *et al.*, 1996), sendo que algumas alianças podem ter tanto objetivos estratégicos quanto operacionais.

Para as corporações, são citadas quatro vantagens típicas para se engajar em alianças sociais: a) realça a imagem da corporação; b) aumenta o envolvimento dos funcionários; c) fortalece os laços com os clientes; e d) aumenta a eficiência dos programas de doação (Alperson, 1994).

Pela perspectiva de quem faz o marketing social é possível uma ampla gama de benefícios, a saber: um acréscimo no ingresso de recursos voltados para a missão da organização, incluindo capital de investimento e ajuda voluntária; um acréscimo na exposição promocional, principalmente por meio de publicidade, relações públicas e eventos especiais; um acréscimo no conhecimento e no crescimento da sofisticação no gerenciamento (Andreasen e Drumwright, 2002).

No entanto, nas alianças sociais de marketing é muito comum que as partes tenham diferenças significativas em relação a tamanho, especialidade, objetivos e medida de desempenho, e cultura (Andreasen, 2002). Existem controvérsias na literatura sobre se as diferenças culturais entre organizações afetam o sucesso das alianças. Em um estudo realizado com 98 parcerias comerciais, Saxton (1997) concluiu que alianças são ações econômicas embutidas em uma estrutura social, a qual pode afetar os resultados (veja

também Granovetter, 1985; Hill, 1990 e Nooteboom, 1992).

Entretanto, a análise quantitativa de Saxton concluiu que as similaridades entre parceiros com respeito a características organizacionais específicas, incluindo recursos culturais e humanos, se relacionaram negativamente aos resultados da aliança, concluindo que o desempenho das alianças era relacionado à reputação do parceiro, tomada de decisões compartilhada, similaridades entre os parceiros em relação aos processos estratégico e organizacional. O autor também indica que a confiança é um fator muito importante, pois afeta os resultados da aliança. Entretanto, Osborn e Hagedoorn (1997) sugerem que existe um reconhecimento crescente de que os patrocinadores podem ter expectativas incompatíveis para uma dada aliança. Isso pode ter efeitos importantes na confiança e, assim, sabotar um acordo potencialmente satisfatório.

#### **PADRÕES COMPORTAMENTAIS NA PRÁTICA DE RESPONSABILIDADE SOCIAL**

Uma contrapartida atual à tese de Friedman (como exposto anteriormente) é a posição advogada por Donaldson e Dunfee (1995) e por Quinn e Jones (1995), que afirmam que as corporações são responsáveis por múltiplos *stakeholders*, dos quais um dos mais proeminentes é a sociedade. O fato de que a sociedade permite à corporação existir implica um contrato social que impõe obrigações à corporação ao considerar os interesses da sociedade em suas ações.

Outros autores assumem uma abordagem diferente, mais empírica. Weeden (1998) entre outros tem assegurado que as alianças sociais são apenas bons negócios, ou seja, o investimento social sistemático pode ter resultados diretos, recompensas positivas

para a corporação. Drumwright, Cunningham e Berger (2000), acham que as alianças sociais podem resultar em acréscimos ao capital financeiro, humano e social.

Uma questão de importância para a sociedade é se o envolvimento das corporações no marketing social tem o efeito de desviar a atenção do setor sem fins lucrativos da gama de problemas que a sociedade estabeleceu como sendo os objetivos de ação de tais organizações. O que se questiona é se a sociedade estará mais bem servida se as empresas se restringirem a ver suas responsabilidades sociais como a criação de empregos e a geração de lucros para os acionistas.

Drumwright e Murphy (2000) argumentam que as alianças sociais e outras formas de marketing social das corporações podem resultar em benefícios irrecusáveis não apenas para as empresas, mas também para os organismos sem fins lucrativos. Dentro de uma aliança social específica, os comportamentos aparecem dentre três tipos de insatisfação: a) insatisfação com os efeitos ou resultados; b) insatisfação com os procedimentos ou processos, e c) insatisfação com o comportamento do parceiro. As partes podem se sentir feridas se acreditarem que a outra parte falhou em atingir um ou mais dos seguintes padrões de comportamento: honestidade, imparcialidade, justiça, confiança, compromisso e responsabilidade (Gundlach e Murphy, 1993).

## PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O delineamento de pesquisa utilizado neste trabalho é o estudo de caso. O método é considerado um tipo de análise qualitativa que busca respostas

para as questões que permitem focar diretamente o tópico da pesquisa inserido num determinado contexto (Goode e Hatt, 1969).

Os dados foram obtidos no período de julho a dezembro de 2004 a partir de quatro fontes. A primeira foi a fonte documental, sendo considerados documentos fornecidos pela empresa, tais como o planejamento estratégico, material de divulgação interna e externa, planos de ação dos diferentes projetos de responsabilidade social. A segunda foram os registros de arquivos, nos quais foram consultados alguns registros de arquivos históricos da empresa, disponibilizados para uma melhor compreensão do pesquisador, principalmente aspectos internos da organização que representam um valioso patrimônio para a empresa, além de arquivos disponíveis ao público em geral, em material publicitário e *sites* da Internet. A terceira fonte foram entrevistas do tipo focal (Merton *et al.*, 1990) e entrevistas que foram conduzidas de forma espontâneas e que assumiram caráter de uma conversa informal. A quarta foi a observação direta dos colaboradores.

Para a entrevista e a observação, a amostra intencional foi composta da seguinte forma: oito entrevistados do grupo do núcleo técnico-operacional, 10 entrevistados do grupo da linha intermediária, três entrevistados do grupo da cúpula estratégica, e cinco entrevistados do grupo dos franqueados.

O método de análise utilizado de estudo de caso foi de acordo com Eisenhardt (1989), que considera quatro técnicas analíticas dominantes: adequação ao padrão, construção da explanação, análise de séries temporais e modelos lógicos de programa.

A organização escolhida para a pesquisa foi a empresa O Boticário, por se tratar de uma referência nacional na

implementação de programas de marketing social, bem como uma referência nacional e internacional no processo de comercialização de produtos por meio do sistema de franquias.

### ESTRUTURA DA CORPORÇÃO E GRUPOS ORGANIZACIONAIS

Seguindo o modelo de Mintzberg (1995), foi identificado que a organização em estudo possui uma estrutura simples, em que o principal mecanismo de coordenação é a supervisão direta, a parte-chave da organização é a cúpula estratégica, os principais parâmetros de delineamento organizacional são a centralização e um modelo de estrutura orgânica (Morgan, 1996). A coordenação é efetuada em grande parte pela supervisão direta. Especificamente, o poder sobre todas as decisões estratégicas tende a ser centralizado no principal executivo.

A partir dessa caracterização estrutural, são apresentados a seguir os quatro grupos selecionados que melhor representam a corporação e que servirão para a análise. O primeiro grupo é o *núcleo técnico-operacional*, que engloba os técnicos que perfazem o trabalho básico relacionado diretamente com a produção de bens, no caso, na produção de perfumes e cosméticos, tais como farmacêuticos, bioquímicos, técnicos de produção, encarregados de embalagens e empacotamento, encarregados da distribuição, entre outros, e técnicos administrativos que realizam trabalhos padronizados em escritórios.

O segundo grupo é a *linha intermediária*, que é representado pela cadeia de gerentes com autoridade formal, tais como gerentes e supervisores de produção, gerentes e supervisores de qualidade, gerentes e supervisores de distribuição, gerentes e

supervisores comerciais, gerentes e supervisores de promoções e eventos, gerentes e supervisores da linha de franqueados, gerentes administrativos e financeiros, entre outros. Essa cadeia vai desde os gerentes de mais alto nível até os supervisores de fábrica.

O terceiro grupo é a *cúpula estratégica*, que engloba as pessoas em cargos com total responsabilidade na organização, tais como os diretores e gerentes executivos. Neste grupo também estão inclusos todos aqueles que dão suporte direto para os administradores da cúpula, como as secretárias diretas e assistentes administrativos. Esta cúpula estratégica é encarregada de assegurar que a organização cumpra sua missão de maneira eficaz e, também, de satisfazer as exigências de quem exerça poder na organização.

O quarto grupo são os *franqueados*, caracterizados por representar entre os colaboradores da organização toda a rede de distribuição da empresa, atuando como intermediários junto aos consumidores, correspondendo a mais de dois mil pontos de distribuição no Brasil. Eles realizam as atividades de vendas e comercialização dos produtos da empresa com os diferentes públicos-alvos, bem como a representação comercial e social nas comunidades onde eles atuam.

#### CATEGORIAS DE ANÁLISE

Conforme Gunglach e Murphy (1993) existem padrões de comportamentos que podem representar aspectos importantes na análise de dados, bem como na representatividade e legitimidade desses comportamentos. Esses comportamentos, sugeridos por esses autores, podem servir de apoio para a análise qualitativa dos dados

encontrados no presente estudo de caso, servindo de parâmetros para análise dos grupos escolhidos para a pesquisa. Foram consideradas as categorias responsabilidade, compromisso, confiança, imparcialidade e honestidade (Andreasen, 2002):

- *responsabilidade*: neste contexto, trata-se de uma aliança da organização com o público interno, em que os chamados colaboradores de maneira geral demonstram a sua responsabilidade em relação aos programas de responsabilidade social. Assumir a participação nos programas sociais da empresa pressupõe a mesma responsabilidade do trabalho formal;

- *compromisso*: para este estudo de caso são analisados o compromisso da organização com os colaboradores e o compromisso dos próprios colaboradores em relação aos programas sociais, evitando assumir compromissos fixos que possam ser difíceis de cumprir, como, por exemplo, se comprometer em mais de um programa social sem avaliar o tempo de dedicação;

- *confiança*: neste estudo, a parceria permanente entre organização e colaboradores está baseada no sucesso dos programas de responsabilidade social como requisito do sucesso empresarial, confiando no sucesso do programa em que está participando, mantendo sempre o entusiasmo e otimismo necessário;

- *imparcialidade*: uma preocupação para muitos dos que trabalham com marketing social é se a extensão e o caráter dos esforços de ambas as partes são apropriados e equitativos. É fundamental a parceria entre a organização e os colaboradores, mesmo em situações críticas, em que o colaborador é chamado muitas vezes a manter sempre o sentido crítico e imparcial no desenvolvimento das

atividades iniciadas para o andamento e sucesso dos programas de responsabilidade social;

- *honestidade*: no presente estudo de caso, quando a parceria acontece entre a organização que patrocina os programas de responsabilidade social, e os colaboradores que, de alguma forma estão mais ou menos envolvidos nos programas sociais, é fundamental para a manutenção do marketing social trabalhar de forma honesta nos programas sociais, fazendo com que eles tenham êxito para a organização e para seus beneficiários.

## ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS

Independentemente do resultado anual, a companhia destina ao investimento social privado 1% da receita líquida do exercício. Os recursos são aplicados em diversos programas, projetos e ações da Fundação O Boticário de Proteção à Natureza e em programas desenvolvidos na comunidade local e na corporação, destinados à saúde, educação, bem-estar, cultura e lazer. O investimento social privado é o uso planejado, monitorado e voluntário de recursos privados em projetos de interesse público, que têm por objetivo a transformação de determinada realidade social. As ações de investimento social com foco na proteção e conservação ambiental são implementadas pela Fundação O Boticário de Proteção à Natureza. Entre seus principais programas destacam-se: Política de Responsabilidade Social, Global Compact, Projeto Crescer, Essência da Vida, Viver Mais Natural, Doação para fundo dos direitos da criança, Estação Natureza, Cadernos Reciclados, Meio Ambiente,

Apoio Internacional, Programa de Educação e Mobilização,

Constatou-se também a grande importância e prestígio que alguns programas sociais assumiram na empresa e, principalmente, entre seus colaboradores. Certamente nem todos esses programas gozam do mesmo prestígio e do *glamour* que significa atuar naqueles que mais representam a filosofia da empresa. Observou-se que o foco é a preservação da natureza e o respeito pelo meio ambiente, assim as ações nesse sentido adquirem uma importância maior no direcionamento das ações empresariais e a sua associação com a imagem da companhia. A pesquisa revelou também a necessidade de uma maior integração em torno de alguns programas direcionados para outros focos de atenção, mas com grande importância futura para a empresa, apenas evitando a dispersão de esforços e de recursos.

Foram detectadas críticas na pesquisa no sentido que a empresa deveria ser mais arrojada, expandir mais esses programas e não ficar apenas no raio de ação da própria comunidade próxima à sua sede principal. Talvez o entendimento de ações sociais não chegue por igual a todas as pessoas, que de fato podem ter um grau de percepção diferenciado em relação a esta ou aquela ação empresarial.

#### ANÁLISE DOS GRUPOS ORGANIZACIONAIS

De acordo com o grupo do *núcleo técnico-operacional*, os programas de responsabilidade social podem estar associados ao desenvolvimento profissional e pessoal na organização, destacando-se o programa Fábrica de Talentos. Esse programa oferece oportunidades para efetivação de emprego na empresa, pontos que foram verificados de maneira geral nesse grupo, e considera que os tornam mais

responsáveis nas suas atividades na organização e também as suas percepções sobre as práticas dos programas sociais.

Esse compromisso está diretamente relacionado com a intenção de continuar trabalhando na organização, como fazem parte deste grupo pessoas que estão na base da pirâmide, a necessidade do trabalho acabam atingindo maior afetividade com a organização, e dessa forma, consideram para muitos a sua segunda casa. Consideram que esse comprometimento com a organização poderá recompensá-los futuramente com maiores benefícios, além dos benefícios já oferecidos pelos programas de responsabilidade social. Um dos programas considerado por esse grupo que representa de certa forma um comprometimento com a organização é o programa de desenvolvimento para as crianças. Nesse programa os pais que pertencem a este grupo técnico-operacional podem deixar as crianças durante o período de trabalho e a empresa se responsabiliza pelos cuidados com seus filhos desenvolvendo aspectos emocionais, motores e cognitivos das crianças, preparando-as para a alfabetização.

O otimismo exagerado pode ser relacionado à confiança que eles depositam no que eles chamaram nas entrevistas de “investimento social”, algo que poderia beneficiá-los no crescimento profissional, na estabilidade e segurança de emprego, e também as práticas da responsabilidade social poderiam indicar um tipo de canal para captar novos talentos, dado o voluntarismo a que esses indivíduos se submetem. Este grupo chegou inclusive a sugerir outros programas que poderiam ser implementados pela empresa, tais como um programa específico para a terceira idade (contribuindo com maiores benefícios para pais, dependentes ou

parentes de colaboradores e pessoas idosas da comunidade) e um amplo programa de voluntariado.

Outro programa cuja divulgação foi considerada importante é o de “Gestão à Vista” para que os colaboradores soubessem mais o que está acontecendo na gestão da empresa e como as atividades administrativas estariam sendo encaminhadas. Assim, existiria maior transparência nas atividades administrativas de todos os colaboradores, já que o programa existe e somente faltaria uma maior divulgação por parte da cúpula estratégica.

A imparcialidade em relação de qual é o principal programa de responsabilidade social (a Fundação) foi predominante neste grupo. Eles consideram que os programas sociais são uma extensão das estratégias que a empresa está adotando, não conseguem separar o que é negócio e o que é responsabilidade social, acreditam que ambos os conceitos estão atrelados.

Em outra entrevista, percebeu-se a intenção do colaborador de que a Fundação fosse doada ou para a administração dos próprios funcionários da organização ou para alguma organização sem fins lucrativos desvinculada da indústria. Esta proposta parece indicar que apesar de alguns funcionários considerarem que os programas de responsabilidade social estejam com um foco bem definido em auxiliar à corporação e até mesmo expandir para a comunidade – promessa mantida pela cúpula estratégica em outras entrevistas –, existe certo receio, ou até mesmo certa desconfiança de alguns membros deste grupo em relação à administração dos programas sociais pela indústria.

O grupo da *linha intermediária* possui poder de sugerir prioridade dos recursos disponíveis, não tendo poder de utilização desses recursos disponíveis

de forma diferente. Observa-se que alguns integrantes deste grupo repetem respostas orientadas a ficar bem junto aos superiores, ou ainda, a repetir frases feitas, o que demonstra uma postura induzida, em relação aos programas de responsabilidade social, não tendo uma opinião muito autêntica e isenta.

Apesar do processo induzido verificado anteriormente, um ponto de relevância que deve ser ressaltado é a necessidade de implantação de programas de responsabilidade social a partir de novos meios tecnológicos de *e-learning* (ensino a distância) na corporação. Estes sistemas, segundo este grupo, poderiam beneficiar muitos dos colaboradores, porque com a adoção desta nova tecnologia, muitos cursos de ensino a distância poderiam ser usufruídos sem a necessidade de custos em deslocamentos e perdas de tempo.

A cultura local também foi considerada como um sinal de comprometimento, dado que apresenta ser uma organização em aprendizagem, que está compartilhando valores e crenças com seus funcionários, onde se comprometem de modo espontâneo a disseminar os seus valores e crenças para outros funcionários da empresa, criando assim, a cultura da empresa.

A prática destes programas sociais serviria de certo modo como um "laboratório" para a revisão do processo produtivo na organização, onde se obteriam melhores resultados. Assim, a prática de responsabilidade social, para esse grupo, poderia ser o caminho para a preservação de profissionais mais capacitados e ao mesmo tempo mais íntegros de confiança na organização. Neste grupo constatou-se uma preocupação em relação de como é utilizado o 1% da receita líquida que é investido em programas de responsabilidade social, considerando que a empresa deveria tornar presente

o balanço social para toda a corporação. Também consideram que ter os programas de responsabilidade social na corporação não é mais um "diferencial estratégico" e, sim, algo que já aponta para poder de sobrevivência da organização.

Em algumas entrevistas esse mesmo grupo põe em dúvida até que ponto os colaboradores de maneira geral, principalmente o grupo técnico-operacional, estaria disposto em participar como voluntário em programas sociais. Entretanto, apesar da presença dessa desconfiança eles consideram que como estão acima hierarquicamente podem utilizar a força da gerência média para conseguir seus objetivos.

Parece haver pouca objetividade, em alguns casos, mas também sugestões estratégicas de longo prazo, muito úteis para a continuidade dos programas de responsabilidade social. Mais uma vez vale lembrar a importância deste grupo em relação ao sucesso dos programas de responsabilidade social na empresa.

As respostas apresentadas pelo grupo da *cúpula estratégica* são relevantes por se tratar do grupo que detém o poder na organização, o grupo que estabelece as estratégias, enfim, o grupo que toma as principais decisões e diretrizes da organização às vezes com percepções muito particulares como se a empresa fosse de apenas uma pessoa, e com pouca preocupação pelo público interno (colaboradores e parceiros). Outro ponto importante levantado por este grupo é a transmissão de culpa para os colaboradores de forma geral na empresa, considerando que existem poucas pessoas atuando, que não existe comprometimento, que ainda há pouca conscientização e pouco voluntariado. Consideram que a prática de programas de responsabilidade social está associada à eficiência na gestão podendo atingir

diferentes níveis hierárquicos na corporação e assim, essas práticas seriam incorporadas pelos envolvidos, o que levaria inclusive a uma maior motivação no trabalho, bem como, maior produtividade nas funções exercidas.

Verifica-se uma intenção em atingir mais as comunidades representadas pelos clientes finais, embora eles acreditem que todos os colaboradores estejam usufruindo os benefícios dos programas de responsabilidade social. Um ponto considerado favorável pelo grupo da *cúpula estratégica* foi a diminuição da rotatividade de pessoal. Essa prática, já observada anteriormente em outros grupos, considera que os profissionais envolvidos nos programas de responsabilidade social estão se esforçando mais no trabalho e atingindo melhores resultados, diminuindo assim a substituição de pessoal e mantendo as pessoas nos cargos por mais tempo.

Outras respostas contêm críticas construtivas ao manifestar que deverá haver uma maior conscientização em longo prazo e uma otimização em cima do conhecimento, onde um maior número de pessoas estaria informado dos programas de responsabilidade social. Assim, percebe-se que a imparcialidade fica um pouco comprometida neste grupo, talvez pela sua posição hierárquica na empresa ou pela visão de longo prazo que os integrantes da *cúpula estratégica* devem ter a respeito do sucesso dos programas de responsabilidade social na empresa. Prevalece uma colocação crítica, no sentido de reconhecer que essa enorme força de distribuição dos produtos da empresa, por meio dos franqueados, mantém ainda esse importante grupo sem a participação correspondente nos programas sociais. No entanto, pouco se comentou sobre o posicionamento de ações específicas por parte deste grupo

para uma maior integração do grupo dos franqueados à corporação, no que tange a participação nos programas sociais.

As respostas dos integrantes do *grupo dos franqueados* têm a importância de quem está meio dentro e meio fora da empresa. Por um lado eles se sentem responsáveis por tudo que acontece na organização, como parceiros, e por outro lado se sentem como seres estranhos à organização. Este grupo acredita que a Fundação O Boticário representa todos os programas de responsabilidade social, que em números corresponde aproximadamente a 80% dos programas, desconhecendo outros 20% que representam os benefícios para os funcionários, os quais, como colaboradores, também possuem direito, mas acabam não usufruindo pela falta de informação que é caracterizada pela falta de *endomarketing*.

Percebe-se algum descontentamento por parte dos franqueados principalmente pela falta de atenção e informação da administração da organização, mas, ao mesmo tempo, uma enorme vontade de participação, de pertencer de alguma forma mais ativa, nos programas de responsabilidade social. Este grupo considera que deveria existir maior ação por parte do departamento de marketing da empresa divulgando de forma mais direta seus programas para os franqueados, principalmente aqueles que se encontram mais distantes geograficamente da indústria. Como esse grupo está envolvido diretamente com o consumidor final, considera que poderia se tornar uma das pontes estratégicas fundamentais no auxílio à empresa em apresentar novas sugestões em propagandas e divulgação sobre o tema da responsabilidade social.

Apesar de estarem de certa forma "entusiasmados", os franqueados consideram que a organização deveria

confiar mais neles em relação aos programas sociais existentes e na participação de novos programas. Alguns franqueados manifestaram interesse em participar de um programa de responsabilidade social intitulado Fábrica de Talentos, um projeto educacional de educação continuada. O grupo da cúpula acena com a possibilidade da implantação de *e-learning* entre franqueados, o que favoreceria, dependendo do tipo de curso e do programa de responsabilidade social, o acesso à aprendizagem.

Ao mesmo tempo alguns demonstraram um sentimento de angústia e de exclusão e se perguntam a razão de eles não podem se inserir de forma mais atuante nos programas sociais. Estas formas de comportamento e respostas refletiram um grau de honestidade confiável por parte do grupo. Os franqueados consideram que a área de marketing e a área de assessoria de imprensa deveriam refletir, repensar, e intensificar os esforços na forma de comunicação e divulgação dos programas sociais com os que fazem parte da corporação, e não se preocupar somente com o marketing do negócio (vendas de produtos). Em suma, pode-se considerar que os franqueados ainda não foram envolvidos pelo composto do marketing social que é o elemento condutor para a transmissão de conhecimento das práticas de responsabilidade social na corporação.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo de caso realizado na empresa O Boticário oferece uma ampla gama de informações em relação ao tratamento dado às ações de responsabilidade social. O objetivo principal da pesquisa foi verificar qual é a percepção dos colaboradores com

relação aos programas de responsabilidade social e sua associação com o marketing social.

Uma primeira constatação foi à diversidade de opiniões dos entrevistados em relação aos programas de responsabilidade social mantidos pela empresa. Não se pode esquecer que, na maioria das empresas, entende-se por ações sociais o que é algo totalmente normal nas outras organizações. Pode-se afirmar, apoiados na base teórico-empírica do estudo, que responsabilidade social não é apenas um conjunto de ações isoladas dentro de uma organização, e, sim, uma série de atividades organizadas, com esforços e recursos planejados para atender a uma determinada causa ou problema.

Pode-se identificar o meio ambiente e a natureza como foco principal nas ações de responsabilidade social da empresa. O *composto de marketing social* fica muito claro quando a empresa O Boticário se direciona para os programas relacionados com o meio ambiente por meio das ações da Fundação O Boticário para a preservação da natureza e o meio ambiente, bem como outros programas que beneficiam os membros da corporação. O marketing social tem por objetivo modificar as atitudes ou comportamentos do mercado-alvo, tendo como principal meta o atendimento dos interesses desse mercado ou da sociedade, cuja obtenção se dá por meio da concretização de idéias e serviços. Enquanto o marketing de negócios lida com preferências e opiniões, o marketing social trata de crenças e valores. Apesar de ambos utilizarem os mesmos instrumentos e compartilharem o conceito de marketing vinculado à relação de troca, os resultados obtidos são divergentes. Como consequência,



há a necessidade de desenvolvimento das atividades de marketing social de uma forma diferenciada.

Com base nos conceitos de estratégia empresarial, pode-se assumir que o marketing social, como *estratégia* utilizada neste estudo, *se adere aos programas de responsabilidade social*. Corresponde à formação da estratégia como processo em construção permanente considerar que a prática de programas de responsabilidade social está associada à eficiência na gestão, podendo atingir diferentes níveis hierárquicos na corporação e, assim, essas práticas seriam incorporadas pelos envolvidos, o que levaria inclusive a uma maior motivação no trabalho, bem como maior produtividade nas funções exercidas.

Lindbloom (1959) considera que a estratégia de aprendizagem sobre o ambiente se forma a partir das capacidades internas da organização, que é a forma mais adequada de estabelecer uma relação entre elas. Por outro lado, Mintzberg (1988) observa que para enfrentar os desafios do ambiente a estratégia deve ser um fluxo consistente de decisões da organização.

Em relação ao sentido de estratégia, a uma estratégia preferencialmente realizada a própria aprendizagem na implementação dos programas de responsabilidade social conduz a empresa e seus colaboradores a assumirem uma nova postura de comprometimento e crítica ao questionar a falta de diretrizes ou a falta de estratégias estruturadas e objetivos claramente definidos pela alta direção, que envolvam todos os colaboradores, de forma não planejada, na atuação nos mercados onde atua. Isso porque para Hax e Maijluf (1998) a estratégia se forma entre o aprender do passado e as novas direções que conduzam à organização para um futuro mais

equilibrado, levando-se em consideração a sua conduta anterior.

Essas estratégias tendem a ser emergentes para Mintzberg e Waters (1985), observando-se uma constante preocupação com o consumidor final, o que demonstra que as práticas de responsabilidade social estariam convergindo para um fator determinante na escolha da empresa, e não somente com a preocupação se o produto é o melhor, com o meio ambiente e a existência de práticas de responsabilidade social. Dessa forma, considera-se uma estratégia emergente porque ela é criada a partir do trabalho que é construído socialmente, por meio da sinergia dos diferentes grupos que participam do processo produtivo da empresa e que atuam de forma voluntária. Cada grupo pode assim contribuir com a sua competência essencial no processo e questionando a constante mutação para melhorias permanentes (Berger e Luckmann, 1999).

De acordo com Gluck, Kaufman e Walleck (1982) a estratégia pode ser implícita, dada a associação das características dos principais linhas de produtos com os principais programas de responsabilidade social mantidos pela empresa, orientados para a preservação da natureza e do meio ambiente. Assim, a aplicação dos conceitos de marketing social, no sentido de evidenciar melhor as ações desenvolvidas e em desenvolvimento, por meio de campanhas de divulgação mais explícitas direcionadas para os diferentes públicos, em geral, poderá gerar uma maior sinergia em relação aos produtos oferecidos pela empresa, em relação à sua filosofia de empresa responsável socialmente e em relação ao seu posicionamento de maneira geral nos mercados onde atua e/ou pretende atuar.

Alguns entrevistados citaram a questão de sobrevivência das empresas, não apenas se conformando com a situação atual. Outros lembraram a tendência do mercado, no sentido de que as empresas que não desenvolvam programas de responsabilidade social e não realizem investimentos no marketing social, simplesmente estarão fora do mercado.

Dessa maneira, sugere-se que existe uma falha na divulgação dos programas sociais para os colaboradores, principalmente os franqueados, o que acaba criando uma falsa idéia de que algumas ações não são realizadas. A pesquisa detectou claramente a existência de um descompasso em relação ao direcionamento da comunicação, com ênfase para o público externo em detrimento dos colaboradores. Certamente, sendo seu principal foco a preservação da natureza e o meio ambiente, é razoável pensar que os outros programas em andamento que, embora muito importantes para a organização, não têm relação com foco principal da empresa, fiquem um pouco restritos em termos de desenvolvimento e divulgação.

Por meio deste estudo observa-se também certa divergência em relação aos programas de responsabilidade social, se eles seriam considerados ou não *vantagem competitiva* para a empresa. Nesse sentido deve-se lembrar que nem todos os programas sociais são muitos conhecidos pelos seus colaboradores, principalmente, pelo grupo dos franqueados. Entretanto, nesta pesquisa também foi observada que a falta da participação dos programas de responsabilidade social pela corporação poderia se tornar uma desvantagem competitiva, o que indica uma clara preocupação com as atividades do negócio da empresa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBOTT, W. F.; MONSEN, R. J. On the measurement of corporate social responsibility: self-reported disclosures as a method of measuring corporate social investment. *Academy of Management Journal*, v. 22, n. 3, p. 501-15, 1979.
- ALDAY, H. E. C.; PINOCHET, L. H. C. A Relação entre as Dimensões do Marketing Para Causas Sociais com as Estratégias Empresariais em Busca da Vantagem Competitiva: um Estudo de Caso. Atibaia-SP. ENANPAD, 2003.
- ALDAY, H. E. C.; PINOCHET, L. H. C. *Integração e Valorização do Ser Humano em Programas de Responsabilidade Social: Estudo de Caso*. Atibaia-SP. ENEO, 2004.
- ALEXANDER, G. J.; BUCHHOLZ, R. A. Corporate social responsibility and stock market performance. *Academy of Management Journal*, v. 21, n. 3, p. 479-86, 1978.
- ALPERSON, M. *Corporate giving strategies that add business value*. Nova York: The Conference Board, 1994.
- ALVES, E. A. Dimensões da Responsabilidade Social da Empresa: Uma Abordagem Desenvolvida a Partir da Visão de Bowen. *Revista de Administração*. São Paulo, v. 38, n. 1, p. 37-45, jan/mar 2003.
- ANDREASEN, A. R. Profits for nonprofits: find a corporate partner. *Harvard Business Review*. 47-59, nov/dez, 1996.
- ANDREASEN, A. R. *Ética e Marketing Social*. São Paulo, Editora Futura, 2002.
- ANDREASEN, A. R. e DRUMWRIGHT, M. E. *Alianças e ética no marketing social*. São Paulo. Editora Futura, 2002. cap. 5
- AUPPERLE, K. E.; CARROLL, A. B.; HATFIELD, J. D. An empirical examination of the relationship between corporate social responsibility and profitability. *Academy of Management Journal*, v. 28, n. 2, p. 446-63, 1985.
- BARACH, J. A. Applying Marketing Principles to Social Causes. *Business Horizons*. July-August, 1984.
- BERGER, P. L.; LUCKMANN, T. *A Construção Social da Realidade*. Petrópolis: Vozes, 1999.
- BERMAN, et al. Does stakeholder orientation matter? The relationship between stakeholder management models and firm financial performance. *Academy of Management Journal*, v. 42, n. 5, p. 488-506, 1999.
- BUEHLER, V. M.; SHETTY, Y. K. Managerial response to social responsibility challenge. *Academy of Management Journal*, v. 19, n. 1, p. 66-78, 1976.
- CARROLL, A. B. A three-dimensional conceptual model of corporate performance. *Academy of Management Review*, v. 4, n. 4, p. 497-505, 1979.
- CHURCHILL, G. A.; PETER, J. P. *Marketing: Criando Valor para os Clientes*. São Paulo: Saraiva, 2000.
- COCHRAN, P.; WOOD, R. A. Corporate social responsibility and financial performance. *Academy of Management Journal*, v. 27, n. 1, p. 42-56, 1984.
- CORRÊA, Stela Cristina Hott. *Projetos de responsabilidade social: a nova fronteira do marketing na construção da imagem institucional*. Rio de Janeiro: COPPEAD/CJJE/UFRJ, 1997. (Dissertação de Mestrado)
- COTTRILL, M. T. Corporate social responsibility and the marketplace. *Journal of Business Ethics*, v. 9, n. 9, p. 723-9, 1990.
- CHRISTMANN, P. Effects of "best practices" of environmental management on cost advantage: The role of complementary assets. *Academy of Management Journal*, v. 43, n. 4, p. 663-80, 2000.
- COX, T. H.; BLAKE, S. Managing cultural diversity: implications for organizational competitiveness. *Academy of Management Executive*, v. 5, n. 3, p. 45-56, 1991.
- DAVIS, K. The case for and against business assumption of social responsibility. *Academy of Management Journal*, v. 13, n. 2, p. 312-22, 1973.
- DONALDSON, T.; DUNFEE, T. W. Integrative social contracts theory: a communitarian conception of economic ethics. *Economics and Philosophy*, April 11: 252-284, 1995.
- DRUMWRIGHT, M. E. CUNNINGHAM, P. e BERGER, I. E. Social alliances: company/nonprofit collaboration. Report nº 00-101, Cambridge: Marketing Science Institute, 2000.
- DRUMWRIGHT, M. e MURPHY, P. E. Corporate societal marketing. In: Paul N. Bloom e Gregory Gundlach (orgs.). *The handbook of marketing and society*. Newbury Park: Sage, 2000.
- EINSENHARDT, K. M. Building Theories from Case Study Research. *Academy of Management Review*, vol. 14, Nº4, pp.532-550, 1989.
- EISMAN, R. *Sweet charity. Incentive*: 24-9, December. 1992.
- ETZEL, M. J. et al. *Marketing*. São Paulo: Makron Books, 2001.
- FRIEDMAN, Milton. *The social responsibility of business is to increase its profits*. New York Times Magazine, 13 de September, 1970.
- FOGLER, H. R.; NUTT, F. A note on social responsibility and stock valuation. *Academy of Management Journal*, v. 18, n. 1, p. 155-60, 1975.
- GLUCK, F.; KAUFMAN, S.; WALLECK, A. S. The four phases of strategic management. *The Journal of Business Strategy*, vol.2, n.3, p. 9-21, 1982.
- GOODE, W. J.; HATT, P. K. *Métodos em Pesquisa Social*. 3ªed., São Paulo: Cia Editora Nacional, p:422, 1969.
- GRANOVETTER, M. Economic action and social structure: the problem of embeddedness. *American Journal of Sociology*, 91, nov.: 481-510, 1985.
- GUIMARÃES, D. C. A Responsabilidade Social Empresarial e a Precarização da Qualidade de Vida no Trabalho de uma Empresa de Call Center. In: Encontro Anual da Associação Nacional dos Programas de Pós-Graduação em Administração, 28º. Anais... Curitiba: ANPAD, 2004.
- GUNDLACH, G. D.; MURPHY, P. E. Ethical and legal foundations of relational marketing exchanges. *Journal of Marketing*, 57, out.: 35-46, 1993.
- HAX, A. C.; MAJLUF, N. S. The concept of strategy and strategy formation process. *Interfaces*, vol. 18, n.3, p. 99-109, 1988.
- HAY, R.; GRAY, E. Social responsibilities of business managers. *Academy of Management Journal*, v. 17, n. 1, p. 135-43, 1974.
- HILL, C. W. L. Cooperation, opportunism, and the invisible hand: implications for truncations cost theory. *Academy of Management Review*, 15: 500-513, 1990.
- KEIM, G. D. Managerial behavior and the social responsibility debate: goals versus constraints. *Academy of Management Journal*, v. 21, n. 1, p. 57-143, 1978.
- KLASSEN, R. D.; WHYBARK, D. C. The impact of environmental technologies on manufacturing performance. *Academy of Management Journal*, v. 42, n. 6, p. 590-615, 1999.
- KOTLER, Philip. *Administração de marketing: análise, planejamento, implementação e controle*. 4ª ed. São Paulo: Atlas, 1998.

- LINDBLOOM, C. The Science of Muddling Trough. *Public Administration Review*, vol.19, n.2, p. 79-88, 1959.
- MERTON, R. K. *et al. The focused interview: A manual problems and procedures.* (2<sup>nd</sup> ed.) New York: Free Press, 1990.
- MINTZBERG, H. Strategy Making in Three Modes in The Strategic Process-Concepts, contexts and cases. In: QUINN, J.B.; MINTZBERG,H; JAMES,R.M. (Ed.) Prentice-Hall Inc, 1988.
- MINTZBERG, H. *Criando Organizações Eficazes.* São Paulo, Atlas, 1995.
- MINTZBERG, H.; WATERS, J. A. Of Strategies, Deliberate and Emergent. *Strategic Management Journal*, 1985.
- MORGAN, G. *Imagens da Organização.* São Paulo: Atlas, 1996.
- NARVER, J. C. Rational management responses to external effects. *Academy of Management Journal*, v. 14, n. 1, p. 99-115, 1971.
- NOGUEIRA, C. E. A; CHAUVEL, M. A. Responsabilidade Social: Um Estudo Exploratório Sobre o Processo de Decisão das Instituições Mantidas por Empresas. In: Encontro Anual da Associação Nacional dos Programas de Pós-Graduação em Administração, 27<sup>o</sup>. Anais... Atibaia: ANPAD, 2003.
- NOOTEBOOM, B. Marketing, reciprocity and ethics. *Journal of Business Ethics*, 7 de December: 907-915, 1992.
- O'NEILL, H. M.; SAUNDERS, C. B.; MCCARTHY, A. D. Board members, corporate social responsiveness and profitability: are tradeoffs necessary? *Journal of Business Ethics*, v. 8, n. 5, p. 353-7, 1989.
- OSBORN, Richard N. e HAGEDOORN, John. The institutionalization and evolutionary dynamics of interorganizational alliances and networks. *Academy of Management Journal*, v. 40, n. 2, p. 268, 1997.
- PAIVA, F. D. *et al.* Responsabilidade Social nas Empresas: Transformando a Obrigação em Estratégia Competitiva. Curitiba-PR. 3Es, 2003.
- QUINN, D. P.; JONES, T. M. An agent morality view of business policy. *Academy of Management Review*, 20(1): 22-42, 1995.
- SAXTON, T. The effects of partner and relationship characteristics on alliance outcomes. *Academy of Management Journal*, 40(2):456, 1997.
- SCHIAVO, M. R. Conceito e evolução do marketing social. *Conjuntura Social.* São Paulo: 1(1), 25-9, maio. 1999.
- SINA, A; SOUZA, P. *Marketing Social.* São Paulo: Crescente Editorial, 1999.
- SMITH, C. The New Corporate Philanthropy. *Harvard Business Review.* 105-116, May-June, 1994.
- TEOH, H. Y.; SHIU, G. Attitudes towards corporate social responsibility and perceived importance of social responsibility information characteristics in a decision context. *Journal of Business Ethics*, v. 9, n. 1, p. 71-7, 1990.
- VARADORAJAN, P. R.; MENON, A. Cause related marketing: a coalition of marketing strategy and corporate philanthropy. *Journal of Marketing*, v. 52, p. 58-74, 1988.
- WEEDEN, C. *Corporate social investing: new strategies for giving and getting corporate contributions.* São Francisco: Berrett-Koehler, 1998.
- WOOD, D. J. Corporate social performance revisited. *Academy of Management Review*, v. 16, n. 4, p. 891-718, 1991.
- WRIGHT, P. Competitiveness through management of diversity: Effects on. *Academy of Management Journal*, v. 38, n. 1, p. 272-87, 1995.

## COMPOSTAGEM ACCELERADA: ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DO COMPOSTO

**Bárbara R. Heidemann**

DAQBI/UTFPR/PR, IC

**Edilsa R. Silva**

DAQBI/UTFPR/PR, PD  
edilsa@cefetpr.br

**Marlene Soares**

DAQBI/UTFPR/PR, PD

**Valma M. Barbosa**

DAQBI/UTFPR/PR, PD

### RESUMO

A compostagem é um processo controlado de degradação microbiológica da matéria orgânica, presente nos resíduos sólidos dispostos por um município. É dividida em duas fases, nas quais ocorrem a degradação e a estabilização do composto, durando, aproximadamente 120 dias. Para que a transformação da matéria orgânica em composto não consuma tanto tempo, já existem processos de compostagem acelerada. Este trabalho analisa os microrganismos, patogênicos ou não, presentes no material (lodo de esgoto da Estação de Tratamento de Esgoto Belém – ETE Belém e poda vegetal triturada) a ser compostado e no já maturado, da empresa Tibagi – Sistemas Ambientais, que utiliza como método acelerado, o processo Kneer®. O método utilizado para indicar ausência e presença de patógenos foi o Colorimétrico/Enzimático, com o reagente Fluorocult LMX, para coliformes totais e termotolerantes, e a contagem em placa, com o meio Ágar Enterococos, para enterococos fecais. Para analisar a biota presente, utilizou-se contagem em placa, com o meio PCA, para bactérias, e o meio PDA, para fungos.

### ABSTRACT

The compostagem is a controlled process of microbiological degradation of the organic, present substance in the solid residues made use by a city. It is divided in two phases, in which the degradation and the stabilization of the composition occur, lasting, approximately 120 days. So that the transformation of the organic substance in composition does not consummate as much time, already processes of sped up compostagem exist. This work analyzes the microorganisms, pathogenic or not, gifts in the material (silt of sewer of the Station of Treatment of Wastewater Belém - STW Belém and trims triturated vegetable) to be compostation and in already maturation, of the Tibagi company - Ambients Systems, that uses as sped up method, the Kneer® process. The used method to indicate absence and presence of pathogens was the Enzymatic Colorimetric/, with the reagent Fluorocult LMX, for total and thermotolerants coliforms, and the counting in plate, with the media Enterococci Agar, for fecal enterococci. To analyze the microorganisms present, counting in plate was used, with the media PCA, for bacteria, and the media PDA, for fungi.

## INTRODUÇÃO

Os resíduos sólidos urbanos são materiais, como alimentos, papéis, metais, plásticos, vidros, entre outros, resultantes da atividade do homem, que não podem mais ser diretamente utilizados por este. Várias cidades sofrem com a má disposição destes resíduos, sendo feita, muitas vezes, em lixões a céu aberto, tendo problemas também com a falta de espaço físico para a construção de aterros sanitários e com a falta de coleta seletiva.

A partir desta situação, observou-se a necessidade do desenvolvimento de tecnologias para a destinação adequada de resíduos, principalmente dos orgânicos, que não são recicláveis. Uma das alternativas é a compostagem, processo que já vem sendo utilizado há muito tempo, porém não de uma forma controlada.

## COMPOSTAGEM

A compostagem é um processo microbiológico aeróbio e controlado de transformação de resíduos orgânicos em matéria estabilizada.<sup>(2)</sup>

A matéria estabilizada compõe-se de compostos orgânicos e pode ser utilizada como adubo ou fertilizante.

Para um processo de compostagem ser bem sucedido, é necessário que sejam controlados os parâmetros físico-químicos como temperatura, aeração, umidade, pH, relação C/N (carbono/nitrogênio), para que os microrganismos encontrem condições ideais para o seu desenvolvimento.<sup>(4)</sup>

O controle da temperatura garante o desenvolvimento de uma população microbiótica diversificada, assim como elimina os microrganismos patogênicos. A aeração controlada garante o não-desenvolvimento de microrganismos anaeróbios e a atividade ótima dos

aeróbios. Altos teores de umidade também causam anaerobiose no meio, e baixos teores de umidade inibem a atividade microbiológica, diminuindo a taxa de estabilização. O pH deve permanecer entre 6,5 e 7,5 para atender às necessidades tanto de bactérias, quanto de fungos. A relação C/N deve permanecer entre 25:1 e 35:1. Na compostagem com carbono em excesso, a atividade biológica diminui sensivelmente, por causa da deficiência de nitrogênio, que é reciclado das células de bactérias mortas. Com o excesso de nitrogênio, por sua vez, este é eliminado na forma de amônia.<sup>(3)</sup>

A compostagem é dividida em duas fases: fase de degradação ou bioestabilização e fase de maturação ou humificação.<sup>(5)</sup>

Na fase de degradação predominam os microrganismos mesófilos. Conforme as reações da biodegradação da matéria orgânica vão ocorrendo, calor é liberado, diminuindo assim a população de mesófilos, proliferando-se com mais intensidade os termófilos. Quando a maior parte do substrato orgânico for transformada, a temperatura diminui, e os mesófilos voltam a se instalar.<sup>(5)</sup>

A bioestabilização dura aproximadamente 90 (noventa) dias. Além da máxima degradação, nesta fase objetiva-se a eliminação de microrganismos patogênicos pela ação da temperatura. Há grande consumo de oxigênio, necessitando assim de grande aeração.<sup>(5)</sup>

Inicia-se então, a fase de maturação, na qual a degradação e a eliminação de patogênicos continuam. A humificação dos materiais ocorre através de transformações químicas, observando-se baixa atividade microbiológica, necessitando-se assim de menor aeração. A coloração torna-se mais escura, sem odor inicial, e com aspecto de terra molhada. A maturação tem a

duração de aproximadamente 30 (trinta) dias.<sup>(5)</sup>

A fase de maturação é de grande importância, pois o composto imaturo, quando aplicado como adubo, pode ser tóxico e levar à proliferação de microrganismos patogênicos, favorecidos pelas condições de anaerobiose.<sup>(8)</sup>

## MICRORGANISMOS

Os microrganismos, bactérias, fungos e actinomicetos são os principais responsáveis pela transformação da matéria orgânica crua em húmus através do consumo de micro e macronutrientes. Sabe-se que somente os microrganismos são capazes de transformar biologicamente a matéria orgânica crua em húmus tendo em vista que nenhum processo, quer laboratorial ou industrial, conseguiu produzir húmus sintético.<sup>(6)</sup>

As bactérias presentes no material a ser compostado são importantes na fase termófila principalmente, decompondo açúcares, amidos, proteínas e outros compostos orgânicos de fácil digestão. Sua função é decompor a matéria orgânica – animal ou vegetal – aumentar a disponibilidade de nutrientes, agregar partículas ao solo e fixar o nitrogênio.<sup>(2)</sup>

Os fungos são microrganismos filamentosos, heterotróficos, que se desenvolvem em baixas e altas faixas de pH. Sua função é a decomposição em alta temperatura de adubação e fixação de nitrogênio.<sup>(2)</sup>

A tabela 1, a seguir, demonstra as características dos principais grupos microbianos envolvidos no processo de compostagem.

## COMPOSTAGEM ACELERADA

Este método de compostagem esclarecido, com duração de 120 (cento e vinte dias), é o método natural, ou seja, o resíduo orgânico junto com a

Discriminação	Bactérias	Actinomicetos	Fungos
Substrato	Carboidratos, amidos, proteínas e outros compostos orgânicos de fácil decomposição	Apropriado para substratos de difícil decomposição	Apropriado para substratos de difícil decomposição
Umidade	-	-	Prefere regiões secas
Oxigênio	Menor necessidade de oxigênio	Regiões bem aeradas	Regiões bem aeradas
PH ótimo	Neutro até levemente alcalino	Neutro até levemente alcalino	Ácido à alcalino
Faixa de valores de pH	6.0 – 7.7	-	2.0 a 9.0
Revolvimento	Não interfere	Desfavorável	Desfavorável
Significado durante a decomposição	80 a 90% da capacidade de degradação	-	-
Temperatura	Até 75%; redução da capacidade de degradação quando essa temperatura for ultrapassada	Supõe que o limite de temperatura seja 65°C	Limite de temperatura de 60°C.
Função	Decompor a matéria orgânica, animal ou vegetal, aumentar a disponibilidade de nutrientes, agregar partículas no solo e fixar o nitrogênio	Decomposição dos resíduos resistentes de animais e vegetais, formação do húmus, decomposição em alta temperatura de adubação verde, feno, composto, etc e fixação do nitrogênio	Decomposição dos resíduos resistentes de animais e vegetais, formação do húmus, decomposição em alta temperatura de adubação verde, feno, composto, etc e fixação do nitrogênio.

Tab. 1. Características dos principais grupos microbianos envolvidos no processo de compostagem.  
Fonte: Nassu (2003)

poda vegetal, por exemplo, é misturado e disposto em um pátio através de leiras, permanecendo todo o tempo ali, sendo apenas revirado para a adequada aeração.

Já o processo acelerado, como o próprio nome já diz, tem uma menor duração de tempo. O composto analisado é proveniente do processo Kneer®, da empresa TIBAGI Sistemas Ambientais.

O processo começa quando dois silos são carregados, um com material portador de carbono (resíduo vegetal triturado), e o outro com resíduo orgânico (lodo de esgoto) a ser degradado. Os materiais são dosados

através de roscas transportadoras, em proporções definidas por meio de um balanço de massa prévio. Após a dosagem, os materiais seguem para um misturador onde são homogeneizados para promover maior contato entre os mesmos.<sup>(9)</sup>

Através de esteiras, este material é transportado para um reator biológico. O reator biológico foi dimensionado de forma a promover ótimas condições de aeração e isolamento térmico. A câmara de insuflação foi construída de modo a reter em sua parte superior o substrato, e permitir, através de aberturas, a passagem do ar através da massa em compostagem. O isolamento térmico

existente nas paredes laterais do reator é constituído de uma camada de espuma de poliuretano. No topo do reator existe a camada de exaustão, onde é promovido vácuo para facilitar a aeração e a retirada dos gases provenientes da oxidação biológica. O controle da temperatura é feito através de uma termoresistência inserida pela tampa do reator.<sup>(9)</sup>

O processo é controlado por um software, que o divide em duas fases. A primeira, a de aumento da temperatura do substrato, o início do processo de compostagem, recebe aeração num intervalo que varia de 6 (seis) a 30 (trinta) minutos, para concentrações de oxigênio nos gases de exaustão superiores a 16% e inferiores a 20%. A segunda, a de declínio de temperatura, o intervalo de aeração varia de 30 (trinta) a 60 (sessenta) minutos, para concentrações de oxigênio superiores a 18% na linha de exaustão.<sup>(9)</sup>

O sistema de aeração é constituído por tubulações de insuflação e exaustão, válvulas, mangueiras, conjunto de fixação ao reator biológico e biofiltro. Este biofiltro serve para impedir que os gases mauscheirosos produzidos durante o processo, sejam lançados diretamente na atmosfera. Nele ocorre uma série de princípios físicos, químicos e biológicos o gás em contato com o meio filtrante, promovendo retirada das substâncias gasosas provenientes da oxidação biológica que ocorre no interior do reator. Possui as mesmas características construtivas do reator, porém é carregado com composto maturado.<sup>(9)</sup>

Os reatores possuem em sua parte inferior uma linha de drenagem do chorume produzido, o que permite sua retirada por gravidade, armazenagem e posterior reciclo.<sup>(9)</sup>

Ao final do processo, o reator é descarregado através da abertura da porta frontal. Em sua base é instalado um pistão hidráulico que promove inclinação

necessária para o descarregamento do material no pátio de cura.<sup>(9)</sup>

O material fica 14 (quatorze) dias no reator e mais 14 dias no pátio.

## LODO DE ESGOTO

O lodo de esgoto é o resíduo gerado no tratamento das águas residuárias urbanas (esgoto). Estas são tratadas com a finalidade de reduzir sua carga poluidora para garantir seu retorno ao ambiente sem causar degradação ambiental.<sup>(1)</sup>

## OBJETIVO

O objetivo do presente trabalho foi verificar a eficiência do sistema Kneer® de compostagem acelerada, alimentando o reator com a mistura de poda vegetal e lodo proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto Belém (ETE Belém), na proporção de 3:1 (três partes de poda para uma parte de lodo), no que diz respeito à eliminação de microrganismos patogênicos.

## METODOLOGIA

Após o reator ser alimentado, amostras foram retiradas nos dias 0, 3, 7, 11, 14, 28 e 32, do tempo em que o material permaneceu no reator e no pátio de compostagem. Estas amostras foram retiradas conforme a NBR 10007, e transportadas para o laboratório do CEFET-PR em uma caixa de isopor com gelo.

Para a análise de microrganismos (coliformes totais, termotolerantes, enterococos fecais, bactérias heterotróficas e fungos e leveduras), foram feitas diluições de 30 (trinta) gramas da amostra, de  $10^{-1}$  a  $10^{-6}$ , em solução salina 0,9%.

A presença ou ausência de coliformes totais e termotolerantes foi feita através do Método Colorimétrico/Enzimático, adicionando o reagente Fluorocult LMX a 100mL da diluição  $10^{-6}$ . Verificou-se mudança de cor para coliformes totais e fluorescência para termotolerantes.

Inoculou-se 1mL da diluição  $10^{-6}$  em Ágar Enterococos para determinar a presença e quantidade de enterococos fecais, 0,1mL da mesma diluição em PCA, para determinar a quantidade de bactérias heterotróficas e 0,1mL da mesma diluição em PDA, para

determinar a quantidade de fungos e leveduras. Estas três determinações foram feitas pela técnica do espalhamento em placas de Petri.

Todos os experimentos foram realizados em triplicata e foram analisadas duas bateladas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises microbiológicas estão expressos nas tabelas abaixo:

BATELADA 1					
DIAS	Coliformes Totais	Termotolerantes	Enterococos Fecais (UFC/mL)	Bactérias (UFC/mL)	Fungos (UFC/mL)
0	Positivo	Positivo	$1,5 \times 10^6$	$1,65 \times 10^8$	$1,2 \times 10^8$
3	Positivo	Positivo	-	$2 \times 10^7$	$4 \times 10^7$
7	Positivo	Positivo	$3 \times 10^7$	$1,3 \times 10^8$	$2,5 \times 10^8$
11	Negativo	Negativo	$4 \times 10^7$	$2,4 \times 10^8$	$1 \times 10^7$
14	Negativo	Negativo	-	$6 \times 10^7$	$2 \times 10^7$
28	Negativo	Negativo	-	$5 \times 10^7$	$1 \times 10^7$
32	Negativo	Negativo	-	$6 \times 10^7$	$1,5 \times 10^7$

Tab. 1. Resultados das análises da batelada 1.

BATELADA 2					
DIAS	Coliformes Totais	Termotolerantes	Enterococos Fecais (UFC/mL)	Bactérias (UFC/mL)	Fungos (UFC/mL)
0	Positivo	Positivo	$1 \times 10^7$	$1 \times 10^8$	$1 \times 10^7$
3	Positivo	Positivo	$2 \times 10^7$	$2 \times 10^8$	$2 \times 10^7$
7	Positivo	Positivo	-	$1 \times 10^8$	$2 \times 10^8$
11	Positivo	Positivo	-	$1,5 \times 10^8$	$1,5 \times 10^7$

BATELADA 2					
DIAS	Coliformes Totais	Termotolerantes	Enterococos Fecais (UFC/mL)	Bactérias (UFC/mL)	Fungos (UFC/mL)
14	Negativo	Negativo	-	$5 \times 10^7$	$1,45 \times 10^7$
28	Negativo	Negativo	-	$5 \times 10^7$	$2 \times 10^7$
32	Negativo	Negativo	-	$2,5 \times 10^7$	$1,6 \times 10^7$

Tab. 2. Resultados das análises da batelada 2.

Os resultados encontrados para coliformes totais e termotolerantes demonstram que a compostagem ocorreu de maneira esperada. Pode-se considerar o mesmo para os Enterococos Fecais. A análise de bactérias, fungos e leveduras foi feita para confirmar a presença destes no material antes de ser degradado e posteriormente, como composto.

## CONCLUSÃO

A compostagem é uma alternativa apropriada de disposição final de resíduos sólidos orgânicos. Para que o composto formado seja de boa qualidade ou, para que haja melhores condições do processo de compostagem, a coleta seletiva adequada dos resíduos sólidos urbanos, separando os recicláveis dos orgânicos, se faz necessária.

A principal apreensão, no que diz respeito a microrganismos no composto, é a eliminação dos patogênicos. Esta pode se feita através de um ótimo controle de fatores físico-químicos, durante o processo de compostagem.

As análises da quantidade de bactérias, fungos e leveduras confirmaram a biota existente no material, tanto em fase termófila quanto na fase mesófila.

A compostagem acelerada se mostrou um excelente método de transformação de matéria orgânica em adubo orgânico, desde que feita de forma controlada.

## REFERÊNCIAS

1. ANDREOLI, C., PEGORINI, E. **Gestão Pública do Uso Agrícola de Lodo de Esgoto**;
2. BIDONE, F. R. A., PAVINELLI, J. **Conceitos Básicos de Resíduos Sólidos**. Publicação EESC – USP São Carlos, SP, 1999;
3. Curso de Especialização em Engenharia Ambiental, **Microbiologia do Processo de Compostagem**, 2003;
4. FERNANDES, F., ANDREOLI, C. **Manual Prático para a Compostagem de Biossólidos**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES). Programa de Saneamento Básico, 1999;
5. KIEHL, E. J. **Manual de Compostagem**. Piracicaba: ESALQ-USP, 1998;
6. KIEHL, E.J. O processo de compostagem do lixo urbano. **Anais** do I Simpósio Estadual de Lixo Urbano, 09 a 10/outubro/1986. Curitiba – PR.
7. Nassu. K. Compostagem: uma proposta alternativa para o aproveitamento da matéria orgânica dos resíduos sólidos urbanos.
8. PEREIRA NETO, J. T. **Quanto Vale o Nosso Lixo**. Minas Gerais: Ed. Gráfica Orion, 1999;
9. TIBAGI, SISTEMAS AMBIENTAIS **Sistema Kneer® de Compostagem Acelerada**. Curitiba, 2000;



## Normas para publicação

1. A *Revista Brasileira de Ciências Ambientais* é uma publicação do ICTR e do NISAM, tem por objetivo a divulgação de trabalhos na área.
2. O Conselho Editorial com o Conselho Editorial Científico decidirão quais os artigos selecionados a serem publicados, considerando a qualidade, o potencial de inovação, a originalidade e a pertinência do tema em face da linha editorial da revista.
3. Os artigos submetidos para apreciação da revista devem pertencer à área das ciências ambientais.
4. Os originais deverão ser encaminhados seguindo os seguintes padrões:
  - a) Apresentados em arquivos eletrônicos.
  - b) Utilizar o processador Word, sem formatação, determinando apenas a abertura dos parágrafos.
  - c) Os trabalhos deverão ter no máximo 20 (vinte) laudas, incluindo todos os componentes do texto e das ilustrações.
  - d) Utilizar laudas de 20 (vinte) linhas com 60 (sessenta) caracteres e intervalos de espaçamentos inclusos.
  - e) Dos trabalhos apresentados devem constar: o título, o(s) nome(s) do(s) autor(es), sua(s) qualificação(ões) e instituição(s).
5. São obrigatórios o resumo, o *resumem* e o *abstract*, respectivamente nas línguas portuguesa, espanhola e inglesa, com no mínimo 500 (quinhentos) e no máximo 700 (setecentos) caracteres cada um, intervalos de espaçamentos inclusos.
6. As notas e referências bibliográficas devem vir apresentadas agrupadas no final do texto, e deverão ser referenciadas, assim como também as citações, de acordo com as normas da ABNT-NBR-6023.
7. As ilustrações deverão ser entregues em folhas separadas com as devidas indicações de créditos e legendas e referenciadas no texto.
8. Os desenhos devem ser entregues em arte-final. Se apresentados em 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 siguientes normas:
  - a) Presentados en archivo electrónico.
  - b) Utilizando el procesador Word sin formatear, definiendo solamente el inicio de los párrafos.
  - c) Los trabajos deberán tener un máximo de 20 (veinte) páginas incluyendo el texto y las ilustraciones.
  - d) Utizar página tendrá hasta 20 (veinte) líneas con hasta 60 (sesenta) caracteres incluso los espaciamientos.
  - e) Los trabajos deberán constar de: título, nombre(s) y apellido(s) del(de los) autor(es), su(s) título(s) profesional(es) y instituciones.
5. Es obligatorio presentar el resumen en los idiomas portugués, español y inglés, conteniendo un mínimo de 500 (quinientos) y un máximo de 700 (setecientos) caracteres cada uno, incluyendo los espaciamientos.
6. Las notas y referencias bibliográficas serán presentadas en el final del texto referenciadas y agrupadas, así como las citaciones textuales, de acuerdo con a las Normas de la ABNT – NBR-6023.
7. Las ilustraciones deberán ser enviadas en hojas separadas indicando las leyendas y los créditos y deberán ser referenciadas en el texto.
8. Los dibujos deberán ser presentados en arte-final. Se presentados en disquetes formateados en programas compatibles (CAD, Corel Draw, Photoshop, PM6.5), en blanco y negro o en colores.
9. Después de la entrega de los originales, ellos serán analizados criteriosamente por lo Consejo Editorial e por lo Consejo Editorial Científico y los trabajos que no hayan sido aprobados serán devueltos a sus autores.

## Publication norms

1. The *Revista Brasileira de Ciências Ambientais* is a review of the ICTR and the NISAM that has by object to divulgate the works of the area.
2. The Editorial Council, with the Editorial Scientific Council, will decide about which articles will be accepted for the publication, considering the quality, innovation, originality and the theme pertinence to the editorial line.
3. The contributions presented to the publication must appertain to the environmental sciences.
4. The originals must be sended with the following patterns:
  - a) Presented by electronic files.
  - b) To use the Word program, without format, only defining the paragraphs beginning.
  - c) The works must have a maximum of 20 (twenty) pages including the text and the illustrations.
  - d) Each page will have until 20 (twenty) lines composed by until 60 (sixty) signs with the spacements included.
  - e) The works must present: the tittle, the name(s) of the author(s), their(s) professional qualification(s) and institution(s).
5. It's obligatory the presentation of the abstracts in portuguese, english and spanish languages, containing a minimum of 500 (five hundred) and a maximum of 700 (seven hundred) signs each, with the spacements included.
6. The notes and bibliographic references will be presented at the end of the text, referred and grouped, also for the citations, according the norms of the ABNT–NBR-6023.
7. The illustrations must be sended in separated papers containing the credit indications and the inscriptions must be referred in the text.
8. The draws must be sended in theirs originals or by floppy disks using compatibles programs (CAD, Corel Draw, Photoshop, PM6.5). The images may be in black and white or in color.
9. After their presentation the originals will have the critical analysis by the Editorial Council and Editorial Scientific Council. The works not approved will be devolved to theirs authors.



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

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

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