

EDIÇÃO 04

Agosto/06



ABES RBCiamb



Palavras do Presidente

Arlindo Philippi Jr.

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



Neste quarto número da *Revista Brasileira de Ciências Ambientais* – RBCIAMB pode ser percebido o significativo espaço que a comunidade científica ambiental tem à sua disposição e a qual vem, gradativamente, preenchendo.

O conjunto de temas que vem sendo estudado e pesquisado, nas mais variadas instituições em todo o país, tem sido revelado nos eventos técnico-científicos de interesse ambiental, realizados em volume expressivo, caracterizando o amplo leque de questões que envolvem e exigem conhecimentos por parte dos militantes em ciências ambientais.

Nossa revista científica, ao abordar e divulgar resultados dos temas estudados, propõe-se a contribuir com uma maior interação das instituições e seus membros, caracterizando o amplo leque de questões que envolvem e exigem conhecimentos por parte dos militantes em ciências ambientais.

Há necessidade de novas posturas por parte de cientistas e profissionais dessa área quanto ao paradigma do tratamento multi, inter e transdisciplinar das complexas questões ambientais que desafiam a busca de soluções afinadas com os interesses maiores da sociedade. Essa necessidade recebe a contribuição dos artigos científicos publicados que possibilitam, aos interessados, ampliar seus conhecimentos e, gradativamente, melhor compreender as exigências de diálogo de saberes e do concurso de variadas disciplinas.

O ICTR e o NISAM-USP entendem bem a missão a que se propuseram e colocam a energia de seus membros a serviço da comunidade científica do país, trabalhando e colaborando para a construção de parcerias, ampliando o intercâmbio com professores e pesquisadores de instituições reconhecidas nacionais e do exterior.

Esse não é um trabalho solitário. Para que ele frutifique, o envolvimento e a participação daqueles que desejam um mundo social, econômica e ambientalmente melhor, são fundamentais para que possam ser encontradas respostas científicas compatíveis com as necessidades e complexidades das sociedades.

Observando a comunidade científica ambiental brasileira, entendemos que suas relações nacionais e internacionais vêm contribuindo de maneira significativa para a produção e o avanço do conhecimento.

Importante destacar que a contribuição da RBCIAMB somente se materializa quando trazida pela excelência de artigos científicos submetidos ao seu corpo editorial. E a comunidade científica será tanto mais respeitada e reconhecida quanto mais puder publicar os resultados de suas pesquisas, divulgando-os e retornando à sociedade os produtos de seus investimentos.

Com essa perspectiva, ao disponibilizar este espaço editorial, ICTR e NISAM esperam poder atender aos anseios, demandas e exigências tanto da comunidade científica afim quanto do conjunto da sociedade.

Para concluir, resta mencionar que a maturidade editorial de uma revista é alcançada e mantida com base na qualidade e quantidade dos artigos submetidos à publicação, o que depende da produção de nossa comunidade científica e da colaboração do corpo editorial responsável por sua edição.

Assim, conclamamos todos para que, cada vez mais, divulguem os resultados de seus estudos e pesquisas em artigos científicos e ocupem esse espaço, que é de todos nós.

Arlindo Philippi Jr.
Presidente

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

www.fsp.usp.br/nisam

...

Para anunciar

Marcelo de Andrade Roméro
maromero@usp.br

...

CARTAS

...

“Senhor Coordenador

Registro minhas
congratulações à Faculdade
de Saúde Pública, bem como
ao Conselho Deliberativo do
NISAM-USP e aproveito a
oportunidade para enviar
meus elevados protestos de
estima e consideração.

Cordialmente”

Prof. Adilson Avansi de Abreu
Pró-Reitor de Cultura e
Extensão Universitária da USP

...



Editor

Marcelo de Andrade Roméro

Destacamos, neste número, a entrevista do deputado Arnaldo Jardim que se encontra em seu quarto mandato como deputado estadual e vem atuando com relevante significância na área ambiental, com ênfase na legislação e na política estadual de resíduos sólidos. Em virtude de uma reorganização de espaços e equipamentos na gráfica responsável pela tiragem da RBCIAMB, atualizamos a entrevista com o deputado Arnaldo Jardim, inserindo fatos e conquistas políticas ocorridas após agosto de 2005.

Na seleção dos artigos aceitos para publicação, procuramos contemplar os diversos temas os quais compõem a RBCIAMB, de forma a demonstrar o interessante espectro que constitui a área ambiental e divulgar resultados de pesquisas.

Na seção de Eventos/Comunicados, divulgamos o trabalho da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Educação – ANPED e uma série relevante de grupos de pesquisa em educação ambiental, espalhados por todo o território nacional.

NISAM/ ICTR CONSELHO EDITORIAL CIENTÍFICO

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

Entrevista

Arnaldo Jardim

Engenheiro civil (Poli/USP), deputado estadual e, atualmente, é o líder da bancada do Partido Popular Socialista – PPS na Assembléia Legislativa.



Arnaldo Jardim, engenheiro civil (Poli/USP), está em seu quarto mandato como deputado estadual e, atualmente, é o líder da bancada do Partido Popular Socialista – PPS na Assembléia Legislativa. Foi eleito pela primeira vez deputado estadual em 1986 e no segundo mandato, em 1991, foi líder do governo e do PMDB na Assembléia paulista, tendo sido relator do anteprojeto da Constituição Estadual. Em 1992, assumiu a Secretaria de Habitação do Estado de São Paulo, na qual ficou até 1993. Em 1999, o deputado ganhou destaque como relator geral do Fórum São Paulo Século XXI – projeto, planejou o desenvolvimento de São Paulo para este novo século – e da CPI dos Combustíveis, em que combateu a máfia dos combustíveis adulterados, além de ser autor da Emenda Constitucional que pôs fim à “impunidade parlamentar”, fixando a imunidade apenas aos chamados “crimes de opinião”. No âmbito partidário, foi presidente estadual do PPS (2001/02). Em 2005, Jardim foi autor do Projeto de Lei n. 269/2005 que institui a Política Estadual de Apoio ao Cooperativismo; da Lei n. 11.976, a qual dispõe sobre o Programa de Saúde do Adolescente, além do Projeto de Lei n. 326/2005, que trata da Política Estadual de Resíduos Sólidos. Atualmente, além de ser presidente do grupo de trabalho responsável pela elaboração de uma nova legislação de destinação dos resíduos sólidos, o deputado coordena a Frente Parlamentar pela Habitação, a Frente Parlamentar pela Energia Limpa e Renovável e a Frente Parlamentar pelo Cooperativismo Paulista.

RBCIAMB: Qual é a importância da existência de uma política de resíduos sólidos no estado de São Paulo?

Arnaldo Jardim: Nossa sociedade é movida pelo consumo, em que a ordem é esforçar-se ao máximo para comprar e não se preocupar com o descarte. Estamos em pleno século 21, e o lixo se tornou um dos problemas mais sérios da humanidade, pois representa prejuízos à saúde e ao meio ambiente. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, são coletadas diariamente 229 mil toneladas, mas 136 mil vão para lixões a céu aberto, aterros deficientes, áreas alagadas ou simplesmente são queimados. Em quase 4 mil municípios não há sequer números sobre as quantidades geradas. E mais, 40 milhões de brasileiros (12 milhões em áreas urbanas) não dispõem de coleta domiciliar. Só na capital paulista são produzidas 16 mil toneladas de lixo todos os dias e, segundo a Cetesb, os poucos aterros existentes terão sua capacidade esgotada em três ou quatro anos.

O Projeto de Lei n. 326/2005, apresentado por nós, incorpora uma série de preocupações absolutamente atuais e modernizadoras do sistema. Para começar, a proposta institui um inventário dos resíduos sólidos no estado de São Paulo. Também dispõe sobre uma forma de monitoramento desses resíduos, desde a fase de produção até sua destinação final.

A nossa proposta estabelece, ainda, responsabilidades das empresas por aquilo que geram de resíduos, bem como fixa normas para o tratamento do lixo urbano. Temos certeza que o lixo, o qual é um grave problema atual, especialmente nas cidades maiores, poderá ser uma fonte importante e

inovadora de soluções urbanas, com o estabelecimento de regras de preservação ambiental, em um primeiro momento e, em seguida, com sua transformação em atividade lucrativa, dentro das três premissas básicas, chamadas de três Rs: Reduzir, Reutilizar e Reciclar. As possibilidades de ganho social e ambiental saltam aos olhos, pois fazem parte da realidade urbana.

Se a terra é muito preciosa para ser coberta por resíduos prejudiciais à saúde humana e ao solo, vamos transformar esses resíduos em ativo ambiental. Esse é o espírito do projeto apresentado agora que, aperfeiçoado, espero que possa servir a toda a sociedade paulista.

RBCIAMB: Em que estágio o estado de São Paulo poderá dizer que está, em relação a sua política?

A. J.: Com muita satisfação, no final do ano passado, conseguimos aprovar, em votação extraordinária, nossa Política Estadual de Resíduos Sólidos. Foram anos de elaboração e uma articulação política intensa para que o nosso estado se torne referência no tratamento e destinação dos resíduos sólidos. É importante salientar que os estados do Rio de Janeiro, Ceará, Pernambuco e o Rio Grande do Sul já elaboraram sua própria política de resíduos sólidos. Em meio à mobilização dos estados, a ausência de uma política nacional para tratar do tema é inaceitável. O projeto em questão passou pelas comissões de Meio Ambiente, Constituição e Justiça e de Finanças e Orçamentos, nas quais poucas emendas foram apresentadas, fato que chamou a atenção diante da complexidade do tema. Agora, o projeto segue para sanção do governador Geraldo Alckmin, que deve

acontecer dentro em breve, para fazer parte da legislação estadual.

RBCIAMB: Qual foi o processo adotado para confecção desse projeto de lei, sendo você presidente do grupo de trabalho parlamentar, responsável pela política estadual de resíduos sólidos?

A. J.: O Projeto de Lei n. 326/2005, a instituir a Política Estadual de Resíduos Sólidos, é fruto de um trabalho coletivo que envolveu 54 entidades – entre representantes de segmentos socioeconômicos, ONGs, órgãos do poder público, do meio acadêmico, pesquisadores e estudiosos. Foram dois anos de trabalho árduo, entre inúmeras audiências públicas, seminários e eventos que ajudaram na formulação de um projeto de lei inovador procurando aglutinar questões atuais da gestão integrada de resíduos sólidos, além de estabelecer um elo com as políticas estaduais de saneamento, recursos hídricos e de meio ambiente. A formatação suprapartidária do grupo de trabalho responsável pela elaboração do texto, além das valiosas contribuições da consulta pública por meio do site oficial da Assembléia Legislativa, que possibilitou o estabelecimento de um canal de comunicação direto entre a sociedade e o parlamento, foram iniciativas inovadoras as quais só enriqueceram o projeto. A cidade de São Paulo possui, por exemplo, 14 centros de triagem de lixo. É pouco, diante da quantidade de material descartado diariamente – cerca de 16 mil toneladas. Precisamos incentivar o aumento do número de centros de triagem e, mais do que isso, promover políticas públicas para educar a população, empresários, associações e

diversos setores da sociedade civil organizada sobre a importância de promover a reciclagem dos resíduos.

Também não podemos esquecer do papel da administração pública de fomentar esse ramo de atividade, seja por benefícios fiscais às empresas que investem em reciclagem, seja pelo investimento direto na criação de cooperativas e centros de triagem. Além disso, lutar pela inclusão da disciplina Educação Ambiental na grade escolar, incentivando e ensinando como reciclar e quais produtos podem ser reaproveitados. Afinal, quanto mais cedo implantarmos a consciência ambiental, mais chances de termos êxito diante do desafio de equacionar o problema do lixo neste novo século.

RBCIAMB: Quais são os pontos que você considera mais importantes na política estadual de resíduos sólidos?

A. J.: Entre as medidas propostas pelo projeto está a implantação de um sistema de informações sobre os resíduos sólidos em todo o estado – o Sistema Declaratório –, que contará com o apoio e a participação de todos os municípios paulistas para a divulgação pública. Com isso, os órgãos públicos competentes terão um instrumento pelo qual será possível fazer o mapeamento, planejamento e controle do lixo gerado. Com isso, abre-se o caminho para o fim de aterros e lixões clandestinos e de empresas coletoras não-credenciadas, além de propiciar dados para a elaboração de políticas públicas voltadas para o equacionamento do problema do lixo. As questões sociais também foram contempladas no texto, com a inserção de catadores, associações e cooperativas no processo de coleta, separação e

comercialização dos resíduos urbanos recicláveis. A medida tem como objetivo promover a ressocialização por meio de políticas de geração de emprego e renda de um número, cada vez maior, de pessoas que sobrevivem dessa atividade. Afinal, esses abnegados enfrentam sol, chuva e frio, sem qualquer proteção social, e respondem pela reciclagem de 30% do papel e papelão, mais de 20% do plástico e vidro e mais de 90% das latas de alumínio. Outro aspecto é a educação ambiental voltada para geradores e o consumidor final.

Para isso ser possível, o grupo de trabalho propôs ao governador Geraldo Alckmin a criação de incentivos fiscais e instrumentos econômicos, como o Fundo Estadual de Resíduos Sólidos. O fundo, por exemplo, proporcionará financiamento de projetos, programas e sistemas de resíduos sólidos nos municípios que estiverem adequados às normas ambientais, ou seja, aqueles os quais contemplem ou estejam de acordo com as diretrizes e recomendações dos planos regional e estadual de resíduos sólidos; com a sustentabilidade financeira dos empreendimentos pela demonstração dos instrumentos de custeio e técnica operacional por meio de programas continuados de capacitação e educação ambiental. Por se tratar de iniciativa exclusiva do Poder Executivo, o grupo de trabalho também sugeriu a criação de instrumentos de incentivos fiscais para garantir a viabilidade do projeto, bem como os incentivos financeiros que promovam e estimulem a mitigação de resíduos, pela reutilização, reciclagem e recuperação. Além de incentivar a pesquisa e a implementação de novas tecnologias mais limpas.



Fotos: Marcelo de Andrade Roméro

Índice

2 **Palavras do Presidente**
ARLINDO PHILIPPI JR.

3 **Editor**
MARCELO DE ANDRADE ROMÉRO

4 **Entrevista**
ARNALDO JARDIM
Deputado Estadual, líder da bancada do PPS na Assembleia Legislativa

6 **Gerenciamento de Resíduos**
CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE ALGUMAS INDÚSTRIAS DE CERÂMICAS ARTÍSTICAS DE PORTO FERREIRA, SP
Antonio A. Mozeto, Araceli C. Prozoto Gomes

16 **Tratamento e Disposição Final de Resíduos**
CORRELAÇÃO ENTRE A MICROFAUNA E PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE UM SISTEMA DE LODOS ATIVADOS DE UMA INDÚSTRIA DE REFRIGERANTES
Arthur Rodrigo Hermoso, Solange Ferreira, Edilsa Rosa da Silva, Josmaria Lopes de Moraes

23 **CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DO MUNICÍPIO DE PATO BRANCO, PR**
Ney Lyzandro Tabalipa, Alberto Pio Fiori

34 **Educação Ambiental**
A VISÃO DO CERRADO ANTES E APÓS UMA VISITA AO CAMPO: UMA EXPERIÊNCIA SOBRE AVALIAÇÃO DE UMA ATIVIDADE EM UMA TRILHA INTERPRETATIVA
Ângela Terumi Fushita, Maria Inês Salgueiro Lima

43 **Gestão Ambiental**
HABITAÇÃO SOCIAL COM TIJOLO DE SOLO-CIMENTO, COMO ELEMENTO ESTRUTURADOR DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DE JOÃO DOURADO (BA)
Gilda Collet Bruna, Simone Helena Tanoue Viziolli e Equipe

50 **A EXPERIÊNCIA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO NA IMPLEMENTAÇÃO DO FUNDO ESPECIAL DO MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**
Rubens Borges, Mary Lobas de Castro, Laura Lúcia Vieira Ceneviva

56 **Comunicados**
ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM EDUCAÇÃO (ANPED)

59 **Eventos**
AGENDA DE EVENTOS

ISSN: 1808-4524

CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE ALGUMAS INDÚSTRIAS DE CERÂMICAS ARTÍSTICAS DE PORTO FERREIRA, SP

Antonio A. Mozeto

PhD em ciências da terra pela Universidade de Waterloo, Canadá; fundador/coordenador do Laboratório de Biogeoquímica Ambiental do DQ-UFSCar. Professor de química e biogeoquímica ambiental.
amozeto@dq.ufscar.br

Araceli C. Prezoto Gomes

Licenciada e mestre em química, área de concentração: Química Analítica pelo Departamento de Química, Universidade Federal de São Carlos.

RESUMO

A caracterização e classificação dos resíduos de três indústrias cerâmicas artísticas de Porto Ferreira-SP pelas normas da ABNT (NBR, SÉRIE 10.000/04) revelou a presença dos elementos Al, As, Cd, Cr, Pb e Zn e de tolueno em desacordo com a legislação ambiental brasileira. Os resíduos da etapa de decoração classificaram-se, em sua maioria, como classe I-perigosos, e as águas de lavagens geradas nesta etapa, como classe IIA-não-inertes. Torna-se importante, portanto, a criação de um programa de gestão de resíduos para esse tipo de indústria, pois sua disposição incorreta pode estar contaminando solos, águas subterrâneas locais e corpos d'água superficiais circunvizinhos, como o rio Moji-Guaçu.

PALAVRAS-CHAVE

Resíduos sólidos, indústrias cerâmicas, caracterização, classificação, ABNT.

ABSTRACT

Solid wastes from three artistic ceramic industries of Porto Ferreira, SP-SE, Brazil, were characterized and classified according to the Brazilian Association of Technical Norms (ABNT) (Series NBR 10.000/04). They showed Al, As, Cd, Cr, Pb and Zn, and of toluene concentrations in disagreement to the Brazilian environmental legislation. Most of the solid waste generated in the decoration step is Class I-hazardous waste, whereas liquid effluent is Class IIA-non inert. There is an urgent need to create a solid waste management program as these wastes are being, in the present moment, incorrectly disposed and their leachate may already be causing soil, ground water and water body (e.g., Moji-Guaçu river) contamination.

KEY WORDS

Solid waste characterization, artistic ceramic industries, leachate, ABNT.

RESUMEN

La caracterización y clasificación de residuos de tres industrias cerámicas artísticas de Porto Ferreira (SP) a través de las normas de la ABNT (NBR, SERIE 10.000/04) reveló la presencia de Al, As, Cd, Cr, Pb, Zn y de tolueno, en concentraciones inaceptadas por la legislación ambiental brasileña. Los residuos de la decoloración se clasificaron, en su mayoría, como Clase I-peligrosos, y las aguas de lavaje generadas en esa etapa, como Clase IIA-no inertes. Por lo tanto se torna importante crear un programa de gestión de residuos para esas industrias, pues la disposición incorrecta puede estar, directa o indirectamente, contaminando suelos y aguas subterráneas locales, y caudales de agua superficiales aledaños, como el río Moji-Guaçu.

PALABRAS LLAVES

Resíduos sólidos, industrias cerâmicas, caracterización, clasificación, ABNT.

INTRODUÇÃO

Segundo Rocca (1993), *“resíduos sólidos industriais (RSI), são todos os resíduos no estado sólido ou semi-sólido, resultantes das atividades industriais, ficando incluídos nesta definição os lodos provenientes dos sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle da poluição, bem como determinados líquidos, cujas particularidades tornem inviável seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam, para isso, soluções técnicas e economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível”*.

Este trabalho visou à caracterização e à classificação dos RSI de um grupo de indústrias cerâmicas artísticas da cidade de Porto Ferreira, SP, segundo as normas gerais de resíduos sólidos da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), as normas NBR n. 10.004/04 (ABNT, 2004a), NBR n. 10.005/04 (ABNT, 2004b), NBR n. 10.006/04 (ABNT, 2004c) e NBR n. 10.007/04 (ABNT, 2004d) as quais tratam, respectivamente, da classificação, lixiviação, solubilização e amostragem de resíduos sólidos.

Porto Ferreira (SP) é uma cidade de médio-pequeno porte (mais de 52.000 habitantes), e conta, oficialmente, com cerca de 108 indústrias de cerâmicas artísticas (IZIQUE, 2001). Esse número pode, evidentemente, ser bem mais alto, pois se trata de uma atividade que faz parte da economia informal da cidade. A disposição dos lodos (ou resíduos) provenientes do processo industrial aos corpos d'água, ocorrido pela rede de esgotos da cidade, já provocou entupimentos (MESQUITA, Marcelo, SINDICER/Porto Ferreira (SP), com. pess., 2002; GOMES, 2003).

As cerâmicas artísticas são as cerâmicas brancas, obtidas a partir de argilas escolhidas com baixo teor de ferro, as quais são aglutinadas mediante quantidades variáveis de fundentes e aquecidas em forno a temperaturas relativamente altas (1.200 a 1.500 °C) (SHREVE e BRINK, 1980). Na decoração das peças, as cerâmicas a quente utilizam fritas (compostos vítreos, insolúveis em água, segundo LÓPEZ et al, 2001) e pigmentos inorgânicos (que contêm metais); já as cerâmicas a frio utilizam solventes orgânicos, purpurinas e tintas a óleo. Nas indústrias estudadas, a água empregada na lavagem de materiais utilizados (pincéis, recipientes, etc.), é decantada, sendo a parte líquida escoada para a rede de esgoto da cidade e/ou diretamente a um corpo d'água adjacente, enquanto o resíduo sólido é depositado em caçambas, e o conteúdo enviado para o lixão da prefeitura ou disposto, incorretamente, em terrenos baldios, geralmente em áreas adjacentes ao rio Moji-Guaçu, oferecendo alto risco de contaminação de solos e águas subterrâneas mais superficiais.

A caracterização de RSI é um dos passos essenciais para sua classificação, sua correta gestão. Assim, a classificação dos RSI é realizada com três objetivos básicos (LORA, 2002): (a) caracterização: conhecer propriedades ou características dos resíduos que possam causar algum dano ao homem e ao meio ambiente; (b) disposição: permitir a tomada de decisões técnicas e econômicas em todas as fases do tratamento dos resíduos sólidos; (c) mobilização: da sociedade no controle dos resíduos cuja liberação para o meio ambiente seja problemática, de modo a permitir a tomada de decisões técnicas e econômicas em todas as fases do trato de resíduo, visando à sua disposição.

A classificação de RSI no Brasil é feita segundo a norma da ABNT NBR n. 10.004/04: resíduos sólidos (ABNT, 2004a), que permite a classificação dos RSI por meio de seus anexos A, B, C, D, E, F, G e H. As normas ABNT NBR n. 10.005/04 (ABNT, 2004b), NBR n. 10.006/04 (ABNT, 2004c) e NBR n. 10.007/04 (ABNT, 2004d) tratam da lixiviação, solubilização e amostragem de RSI devem ser aplicadas, caso também não se obtenha a devida classificação com base na NBR n. 10.004/04. Segundo Ferrari (2004), *“a classificação dos resíduos envolve a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem e de seus constituintes e características e a comparação destes constituintes com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto a saúde e ao meio ambiente é conhecido, devendo ser a identificação dos constituintes criteriosa e estabelecida de acordo com as matérias-primas, os insumos e o processo que lhe deu origem”*.

Conforme as normas antes citadas, os RSI são classificados nas seguintes classes:

a) Resíduos Classe I – perigosos: são todos os resíduos ou mistura de resíduos que, em função de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade (incluindo quando o extrato – obtido pela norma ABNT NBR n. 10.005/04: lixiviação de resíduos – apresenta substâncias com concentrações superiores aos valores constantes na listagem n. G da NBR n. 10.004/04) e patogenicidade pode apresentar riscos à saúde pública, provocando ou contribuindo para o aumento da mortalidade ou incidência de doenças, e geram riscos ao meio ambiente, quando manejados ou dispostos de forma inadequada;

b) Resíduos Classe II – não-perigosos que se subdividem em (i) Classe II A – não-inertes: são os resíduos sólidos ou

mistura de resíduos sólidos os quais não se enquadram na Classe I – perigosos, ou na Classe II B – inertes (poderão estar incluídos na Classe II A os resíduos combustíveis, biodegradáveis e solúveis em água); e (ii) Classe III B – inertes: são quaisquer resíduos, quando amostrados de uma forma representativa pela norma ABNT NBR n. 10.007/04 e submetidos a um contato dinâmico e estático com a água destilada e deionizada, na temperatura ambiente, conforme a norma ABNT NBR n. 10.006/04, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor, conforme o anexo G da norma ABNT NBR n. 10.004/04.

Quando se consideram prováveis riscos à saúde pública e aos ecossistemas (meio ambiente), devido às conseqüências das atuais disposições dos resíduos das indústrias de cerâmicas artísticas da cidade de Porto Ferreira (SP), torna-se aparente a importância do presente trabalho que visa subsidiar a futura implantação de um programa de gestão de resíduos gerados para esse tipo de indústria.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o levantamento ou estudo do processo produtivo, utilizou-se o inventário nacional de resíduos sólidos industriais, embasado na Resolução CONAMA n. 313/02 (BRASIL, 2002) e nas normas da ABNT (SÉRIE NBR n. 10.000/04). Esse levantamento procurou responder a questões sobre os tipos de resíduos gerados, sobre as etapas e os fluxos que os mesmos eram gerados, segundo um balanço de massa do processo produtivo em que matérias-primas mais insumos entram no

processo produtivo, sofrem o processo industrial e geram produtos mais resíduos.

As primeiras visitas às indústrias permitiram a obtenção de dados gerais do processo, identificação de matérias-primas e de produtos gerados, fluxograma do processo industrial, estimativa da quantidade e composição dos resíduos gerados e identificação e quantificação das substâncias que conferem riscos de contaminação ambiental (riscos ecológicos) e à saúde pública.

Além das normas da ABNT NBR n. 10.007/04 (amostragem de resíduos), NBR n. 10.006/04 (solubilização de resíduos), NBR n. 10.005/04 (lixiviação de resíduos) e NBR n. 10.004/04 (resíduos sólidos), contendo esta última os valores numéricos de diversas variáveis para classificação dos resíduos, de acordo com limites máximos de solubilização e de lixiviação, foram também consultados o Decreto n. 8.468 (de 8/9/1976, do governo do estado de São Paulo) (SÃO PAULO, 1998) e a Resolução CONAMA n. 357/05 (do governo federal) (BRASIL, 2005), que estabelecem as concentrações máximas permitidas para lançamento de efluentes de qualquer fonte poluidora, uma vez que algumas amostras analisadas continham menos de 0,5% de sólidos suspensos, ou seja, tinham aspecto lodoso, porém praticamente líquidas; nesses casos, a norma da ABNT NBR n. 10.005/04 estabelece que seja retirado uma nova alíquota da amostra, que deve somente ser filtrada para a obtenção do extrato; portanto, além de comparados com os limites máximos para concentração de extratos lixiviados, neste trabalho, estes extratos foram também comparados com esses padrões de concentração máxima de lançamento de efluentes das supracitadas legislações.

As indústrias objeto deste estudo são, doravante, designadas como indústrias A e B que fabricam cerâmicas a quente, e a designada como indústria C, que fabrica cerâmica a frio, prioritariamente. Os nomes das empresas foram omitidos por questões de privacidade das mesmas e por estabelecimento e manutenção de uma relação de mútua confiança entre pesquisadores e pesquisados.

Nas indústrias em estudo foram realizadas as seguintes amostragens, em bases mensais entre as diferentes amostras (S = Solubilizado; L = Lixiviado; F = Efluente):

(a) Indústria A:

- Cinco amostras de diferentes argilas empregadas como matéria-prima de números 15 a 19S e 15 a 19L (todas aqui apresentadas – ver Tabela 2);
- nove amostras das 30 variações de cores de esmaltes utilizados por essa indústria, numeradas de 20 a 28S (todas aqui apresentadas – ver Tabela 2);
- nove amostras compostas de resíduos de um amontoado de resíduos a céu aberto na indústria de números 1 a 9S e 1 a 9L, das quais somente as de números 5, 6 e 8S e 5, 6 e 8L são apresentadas neste trabalho (ver Tabela 3), visto que os resultados das demais são similares e o conjunto escolhido é bastante representativo;
- uma amostra de efluente líquido de uma poça de lixiviado adjacente de número 1F apresentada neste trabalho (ver Tabela 3);
- 16 amostras de efluente de aspecto lodoso coletadas internamente na indústria (oito na pia 1, lavagens dos utensílios de preparo da massa e oito na pia 2, lavagens dos utensílios utilizados na decoração com esmalte), de números 2 a 9S e 2 a 9L, das quais apenas as de número 2, 6 e 9F e 10,11 e 16F têm os dados aqui apresentados (ver Tabela 3) (seleção de amostras

para apresentação de resultados seguiu o critério acima descrito);

- três amostras do tanque exterior à fábrica que junta os resíduos das pias 1 e 2, sendo as amostras 10S e 10F tratadas como resíduo sólido e as de números 18 e 19F (líquidas) (dados apresentados de todas essas amostras – ver Tabela 3);

- quatro amostras de peças quebradas de chacote, de chacote com esmalte e de decoração a frio de números 11 a 14S e 11 a 14L (todas aqui apresentadas – ver Tabela 4).

(b) Indústria B:

- Uma amostra de argila pronta de números 39S e 30L (ver Tabela 2);

- uma amostra de fritas de números 38S e 38L (ver Tabela 2);

- oito amostras compostas de resíduos (uma por mês) coletados em três diferentes pontos em uma canaleta coletora (única de toda a fábrica), numeradas de 29 a 36S e 29 a 36L, das quais são aqui apresentadas as amostras de números 29 e 34S e 29 e 34L (ver Tabela 3);

- uma amostra composta de resíduo das pias 1 e 2 (lavagem de utensílios de preparo da massa cerâmica para esmaltação e de pintura à mão, respectivamente), de números 37S e 37L (ver Tabela 3);

- uma amostra de efluente (pia 2 – decoração) de número 20F (ver Tabela 3).

(c) Indústria C:

- Uma amostra de pupurina de números 60S e 60L (ver Tabela 2);

- seis amostras de resíduos da aerografia (amostras numeradas de 50 a 55S e 50 a 55L, das quais se apresentam aqui as de números 50 e 54S e 50 e 54L (ver Tabela 3);

- quatro amostras de resíduos da pintura a óleo da pia 1 (amostras numeradas de 46 a 49S e 46 a 49L, das quais se analisaram as amostras de

números 46 e 47S e 46 e 47L (ver Tabela 3);

- seis amostras de resíduos da saída da pia de lavagem de utensílios do preparo da massa cerâmica e da fabricação de estampos (pia 2) das quais se apresentam aqui as amostras de número 44 e 45S e 44 e 45L (ver Tabela 3);

- quatro amostras de peças quebradas de chacote, de chacote com esmalte e de decoração a frio de números 56 a 59S e 56 a 50L (todas aqui apresentadas) (ver Tabela 4);

- duas amostras de efluente líquido das pias 1 (tinta a óleo) e 2 (areografia) para análise de BTX (ver Tabela 5).

Cada amostra coletada foi tratada separadamente nos processos de lixiviação e solubilização, e os extratos individualmente analisados para os diferentes analitos (espécies químicas).

Os resíduos sólidos foram coletados com uma pá plástica e as amostras armazenadas em saco plástico. Os resíduos lodosos (às vezes praticamente líquidos) foram coletados com concha plástica e armazenados em saco plástico e congelado. Esses resíduos eram transportados das indústrias em Porto Ferreira-SP até o Laboratório de Biogeoquímica Ambiental (LBGqA) (www.biogeoquimica.dq.ufscar.br) do Departamento de Química da UFSCar em São Carlos-SP, onde eram realizados os ensaios de solubilização e lixiviação.

Os extratos dos processos de solubilização e lixiviação, obtidos dos resíduos amostrados segundo as normas da ABNT antes mencionadas, foram analisados no Laboratório de Poços de Caldas, Poços de Caldas-MG da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), para os metais Al, Cr, V e Zn por espectrofotometria de emissão atômica com plasma acoplado indutivamente (do inglês: *inductively coupled plasma atomic emission*

spectroscopy, ou, ICP-AES); para os metais Cd, Co, Cu e Pb empregou-se a técnica da espectrofotometria de absorção atômica por chama (do inglês: *flame atomic absorption spectrofotometry*, ou, AAS), enquanto o metalóide As foi analisado por AAS-gerador de hidretos. Foram realizadas 20 réplicas de ensaios de lixiviação e solubilização, com 10 amostras de resíduos escolhidas aleatoriamente, e os resultados das análises químicas de metais e metalóide efetuadas, excetuando-se as concentrações que estiveram abaixo dos limites de quantificação (LQ), mostram as seguintes concentrações médias e os respectivos desvios padrão para os diferentes elementos (mg L⁻¹): (a) Al: 0,60 ± 0,43 (72%) (N = 19); (b) As: 0,026 ± 0,011 (42%) (N = 13); (c) Cd: 0,017 ± 0,007 (42%) (N = 8); (d) Cr: as réplicas estiveram abaixo do LQ deste elemento (0,03 mg L⁻¹), impossibilitando o cálculo do desvio padrão; (e) Cu: 0,103 ± 0,061 (50%) (N = 20); (f) Pb: 18,14 ± 6,59 (36%) (N = 18); (g) Zn: 13,07 ± 4,56 (35%) (N=17); (h) V e Co: amostras e réplicas abaixo dos LQs respectivos de 0,12 e 0,03 mg L⁻¹).

Esses desvios padrão percentuais acima listados para os diferentes elementos podem ser considerados relativamente altos, mas há de considerar-se que eles refletem as réplicas não somente das análises químicas, mas também do quarteramento das amostras de resíduos sólidos, as quais são, na realidade, bastante heterogêneas, e das extrações do processo de solubilização e de lixiviação, processos estes com potencial de introduzir significativa variabilidade aos resultados finais. Agregue-se a esses fatores de variabilidade um fator extra vistos os baixos valores de concentrações determinadas para os diferentes elementos nas amostras escolhidas.

As amostras dos resíduos para a análise de compostos orgânicos foram coletadas em frasco de vidro âmbar, os quais foram completados sem deixar espaço de ar, lacrados, etiquetados e acondicionados em caixa de isopor com bolsas de gelo (cerca de 4°C). As análises das concentrações de benzeno, tolueno e xileno desses resíduos foram realizadas pela técnica da cromatografia gasosa, com detecção por espectrofotometria de massas (do inglês: *gas chromatography-mass spectrometry*, ou, GC-MS) (USEPA, 1996a). A técnica usada emprega o sistema de preparação de amostras chamado SPME (do inglês: *solid phase micro extraction*), segundo método protocolado da Agência de Proteção Ambiental dos EUA (USEPA) (USEPA, 1996b). O limite de quantificação para esses compostos é 0,005 mg L⁻¹. Como foi coletada apenas uma amostra em dois pontos distintos na indústria C, não foi possível se calcular o desvio padrão.

É importante registrar que a permissão para a execução do presente estudo junto das diretorias e/ou proprietários das três indústrias foi obtida após algumas entrevistas e negociações, nas quais se procurou mostrar que o estudo a ser promovido seria um importante aliado das indústrias na caracterização da qualidade dos resíduos gerados, uma vez que tais dados inexistiam, bem como pela percepção reinante nas direções dessas indústrias e no povo, em geral, na cidade de Porto Ferreira, que os resultados desse estudo vieram a demonstrar que as atividades desse tipo de indústria não são geradoras de resíduos os quais possam causar contaminação e mesmo uma posterior poluição ambiental.

Indústrias		A	B	C
Produção (peças mês ⁻¹)		300.000	6.000	120.000
Quantia (matéria-prima)	Massa cerâmica (ton. mês ⁻¹)	300	15-20	20
	Decoração (kg mês ⁻¹)	500 (pigmentos)	10 (pigmentos)	20 (purpurinas)
Quantia (resíduo gerado)	Total*		8-12 m ³ mês ⁻¹	12-18 m ³ mês ⁻¹
	Estampo gesso	15 ton. mês ⁻¹		
	Peças quebradas	12 ton. mês ⁻¹	600-1.200 peças mês ⁻¹	600 peças mês ⁻¹
	Decoração	300 kg mês ⁻¹ (esmalte)		~ 0,72 m ³ mês ⁻¹ (aerografia) ~ 0,60 m ³ mês ⁻¹ (pintura a óleo)

*Total: peças quebradas, decantação do lodo e estampos.

Tabela 1 – Produção de peças, quantidade de matérias-primas e de resíduos gerados, pelas indústrias A, B e C de cerâmicas artísticas da cidade de Porto Ferreira, SP, estudadas neste trabalho

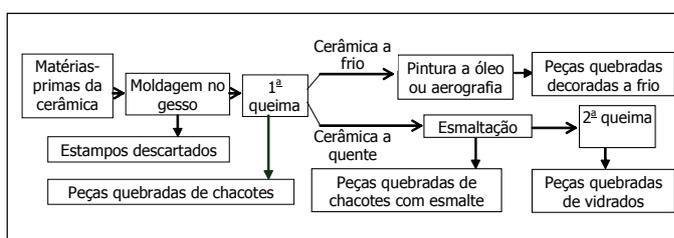


Figura 1 – Fluxograma da fabricação da cerâmica artística na cidade de Porto Ferreira, SP

Tabela 2 – Resultados das concentrações (em mg L⁻¹) de metais e metalóide (As) nos extratos dos processos de solubilização e lixiviação de amostras de algumas matérias-primas (argilas) e insumos (esmaltes, fritas e purpurinas) das indústrias A, B e C da cidade de Porto Ferreira, SP

Nota: O número que antecede o tipo do extrato refere-se ao número da amostra individual coletada em cada caso.

Limite de Quantificação			0,02	0,0003	0,010	0,03	0,010	0,10	0,005	
Limite máximo de Solubilização			0,20	0,0500	0,005	0,05	1,000	0,05	5,000	
Limite máximo de Lixiviação				5,0000	0,500			5,00		
Indústria	Matéria-prima	n. do extrato	Al	As	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn	
A	Argila MVB Varginha (SP)	15 Solubilizado	0,18	<LQ	<LQ	0,03	<LQ	<LQ	<LQ	
		15 Lixiviado	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
	Argila Branca Suzano (SP)	16 Solubilizado	0,27	<LQ	<LQ	0,04	<LQ	<LQ	0,011	
		16 Lixiviado	0,07	<LQ	<LQ	<LQ	0,010	<LQ	0,006	
	Argila Floresta Boracha Bento do Sul (SC)	17 Solubilizado	0,32	<LQ	<LQ	0,06	<LQ	<LQ	0,073	
		17 Lixiviado	1,30	<LQ	<LQ	<LQ	0,020	0,20	0,006	
	Argila São Simão São Simão (SP)	18 Solubilizado	4,63	0,0043	<LQ	0,05	0,030	<LQ	0,102	
		18 Lixiviado	0,81	0,0014	<LQ	<LQ	0,030	<LQ	0,058	
	Argila MTPT Tabatinga (PR)	19 Solubilizado	3,22	0,0076	<LQ	0,06	0,020	0,30	0,228	
		19 Lixiviado	3,47	0,0075	<LQ	<LQ	0,030	0,10	0,113	
		Esmalte amarelo gema	20 Solubilizado	2,24	0,0211	<LQ	<LQ	0,020	22,7	0,877
		Esmalte azul cobalto	22 Solubilizado	17,5	0,0028	<LQ	<LQ	0,020	31,6	130,0
		Esmalte branco	23 Solubilizado	1,15	1,7850	<LQ	<LQ	0,020	1,20	17,10
		Esmalte preto	25 Solubilizado	6,23	0,0052	0,010	<LQ	0,010	8,40	0,220
	Esmalte verde cromo	26 Solubilizado	7,60	0,0039	<LQ	<LQ	0,010	10,4	0,314	
	Esmalte vermelho cádmio	27 Solubilizado	<LQ	<LQ	0,010	<LQ	<LQ	0,20	<LQ	
	Esmalte vinho	28 Solubilizado	4,05	<LQ	<LQ	0,28	0,010	12,6	0,152	
B	Argila pronta	39 Solubilizado	1,33	0,0044	<LQ	0,05	0,020	<LQ	<LQ	
		39 Lixiviado	0,16	<LQ	<LQ	<LQ	0,020	<LQ	<LQ	
	Fritas	38 Solubilizado	0,22	0,0023	<LQ	<LQ	0,010	0,20	<LQ	
		38 Lixiviado	0,07	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,70	<LQ	
C	Purpurinas	60 Solubilizado	1,46	<LQ	<LQ	<LQ	0,040	<LQ	1,090	
		60 Lixiviado	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,020	<LQ	3247,0	

RESULTADOS

Neste artigo são mostrados apenas alguns dos resultados levantados, julgados mais relevantes, que serviram de base para estabelecer caracterização e classificação dos RSI em questão (ver discriminação das amostras na seção Material e Métodos e Tabelas 2-5). Os dados completos podem ser obtidos no trabalho de dissertação de mestrado de Gomes (2003), disponível no banco eletrônico de teses e dissertações da Biblioteca Central da UFSCar.

Na Tabela 1, são apresentadas algumas informações das indústrias A, B e C, obtidas no levantamento ou estudo do processo produtivo, como dados sobre produção, quantidades de matérias-primas utilizadas e de resíduos gerados pelas indústrias estudadas. A Figura 1 apresenta, por sua vez, um esquema simplificado da fabricação da cerâmica artística (cerâmica branca).

As Tabelas 2-5 mostram resultados (concentrações em mg L^{-1}) das análises químicas dos metais/metaloíde nos extratos dos processos de lixiviação e solubilização (Tabelas 2-4) e de benzeno, tolueno e xileno (BTX) (Tabela 5), para os tipos de amostras coletadas e os respectivos locais de coleta. Além disso, mostram os limites de quantificação para cada elemento, os limites máximos para extratos obtidos pelos ensaios de lixiviação e solubilização, e as concentrações máximas permitidas para lançamento de efluentes de qualquer fonte poluidora.

Os códigos de cores dos valores das variáveis das Tabelas 2, 3 e 4 servem para se identificar os limites máximos de solubilização (cinza claro), lixiviação (cinza), e as concentrações máximas de lançamento de efluentes (cinza escuro) (estes, especificamente na Tabela 3) e as amostras que violaram tais valores.

Tabela 3 – Resultados das concentrações (em mg L^{-1}) dos metais nos extratos processados de amostras de resíduos sólidos das indústrias A, B e C da cidade de Porto Ferreira, SP

Limite de Quantificação			0,02	0,0003	0,010	0,03	0,010	0,10	0,005	
Limite máximo de Solubilização			0,20	0,0500	0,005	0,05	1,000	0,05	5,000	
Limite máximo de Lixiviação				5,0000	0,500			5,00		
Concentração máxima Lixiviado/Efluente				0,2000	0,200		1,000	0,50	5,00	
Indústria	Local de coleta	n. do extrato	Al	As	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn	
A	Galpão de preparo de esmalte	5 Solubilizado	0,33	0,2610	<LQ	0,04	0,043	1,77	0,256	
		5 Lixiviado	0,28	0,0798	0,014	0,04	0,086	108,8	17,89	
		6 Solubilizado	0,36	0,1073	<LQ	0,04	0,133	2,57	0,180	
		6 Lixiviado	0,25	0,0304	0,027	0,04	0,393	131,6	8,901	
		8 Solubilizado	0,26	0,0802	<LQ	0,04	0,059	0,31	0,028	
		8 Lixiviado	0,24	0,0512	0,024	0,04	0,895	119,7	11,41	
	Poça a 5 metros após galpão de esmalte	1 Lixiviado/Efluente	0,35	0,0428	0,013	0,03	0,047	1,39	0,042	
	Pia 1 – lavagem dos utensílios de preparo da massa	2 Lixiviado/Efluente	0,25	0,0046	<LQ	0,04	0,035	0,14	0,027	
		6 Lixiviado/Efluente	0,34	0,0030	<LQ	0,05	0,036	<LQ	0,024	
		9 Lixiviado/Efluente	0,23	0,0029	<LQ	0,04	0,031	0,12	0,016	
	Pia 2 – lavagem dos utensílios da decoração/esmaltes	10 Lixiviado/Efluente	0,24	0,2083	<LQ	0,03	0,030	0,55	0,019	
		11 Lixiviado/Efluente	0,30	0,0135	<LQ	0,03	0,032	0,79	1,413	
		16 Lixiviado/Efluente	0,28	0,6795	<LQ	0,05	0,029	<LQ	0,056	
	Tanque exterior à fábrica, que junta os resíduos das pias 1 e 2	10 Solubilizado	0,66	0,0030	<LQ	0,08	0,010	<LQ	0,035	
		10 Lixiviado	3,55	<LQ	<LQ	0,06	0,040	0,30	<LQ	
		18 Lixiviado/Efluente	0,62	0,0385	<LQ	0,04	0,034	5,42	0,100	
	B	Canaleta que passa pelo interior da indústria B, após as pias 1 e 2	29 Solubilizado	0,43	0,0068	<LQ	0,04	0,054	0,70	0,019
			29 Lixiviado	0,48	<LQ	0,024	0,05	0,061	7,14	0,051
34 Solubilizado			0,30	0,0071	<LQ	0,06	0,020	<LQ	<LQ	
Pia 1 – massa e a pia 2 – decoração		34 Lixiviado	0,35	<LQ	0,012	0,05	0,016	16,16	0,158	
		37 Solubilizado	0,37	0,0092	<LQ	0,04	0,054	1,17	0,060	
Pia 2 – decoração		37 Lixiviado	0,43	0,0015	0,026	0,04	0,802	3,31	0,032	
C	Tanque de lavagem de utensílios de preparo de massa e de estampas	20 Lixiviado/Efluente	0,25	0,0056	<LQ	0,04	0,047	0,91	0,027	
		50 Solubilizado	0,37	0,0003	0,012	0,06	0,056	<LQ	0,027	
		50 Lixiviado	0,58	<LQ	0,023	0,05	0,111	0,54	0,056	
	Pia 1 – decoração com tinta a óleo	54 Solubilizado	1,15	0,0006	<LQ	0,08	0,040	0,10	<LQ	
		54 Lixiviado	4,39	<LQ	0,010	0,04	0,050	0,30	0,126	
		46 Solubilizado	0,32	0,0051	<LQ	0,05	0,149	<LQ	0,022	
		46 Lixiviado	0,35	<LQ	0,013	0,05	0,063	32,37	0,119	
		47 Solubilizado	0,32	0,0026	<LQ	0,05	0,055	<LQ	0,023	
		47 Lixiviado	0,66	<LQ	0,013	0,05	0,061	8,10	0,543	
		Pia 2 – decoração com aerografia	44 Solubilizado	0,22	0,0015	<LQ	0,04	0,020	0,10	<LQ
44 Lixiviado	0,28		<LQ	<LQ	<LQ	0,040	143,0	48,60		
45 Solubilizado	0,28		<LQ	<LQ	0,05	0,010	0,10	0,005		
45 Lixiviado	0,48	<LQ	<LQ	<LQ	0,020	63,10	0,502			

Tabela 4 – Resultados das concentrações (em mg L⁻¹) dos metais e metalóide (As) nos extratos obtidos de amostras de resíduos secos das indústrias A, B e C da cidade de Porto Ferreira, SP

Limite de Quantificação			0,02	0,0003	0,010	0,03	0,010	0,10	0,005
Limite máximo de Solubilização			0,20	0,0500	0,005	0,05	1,000	0,05	5,000
Limite máximo de Lixiviação				5,0000	0,500			5,00	
Indústria	Local de coleta	n. do extrato	Al	As	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn
A	Peças quebradas de chacote	11 Solubilizado	2,75	0,0005	<LQ	<LQ	0,010	0,10	0,009
		11 Lixiviado	7,59	<LQ	<LQ	0,10	0,040	0,20	0,131
	Peças quebradas de chacote com esmalte	12 Solubilizado	<LQ	0,0019	<LQ	<LQ	0,020	0,10	<LQ
		12 Lixiviado	4,62	0,0132	0,010	0,06	0,050	15,60	8,310
	Peças quebradas de vidrados	13 Solubilizado	2,68	0,0013	<LQ	0,12	0,010	<LQ	<LQ
		13 Lixiviado	4,06	0,0009	<LQ	0,07	0,020	0,10	0,607
Estampos de gesso descartado	14 Solubilizado	<LQ	0,0004	0,020	<LQ	0,050	0,20	<LQ	
	14 Lixiviado	0,14	0,0008	<LQ	<LQ	0,040	0,60	0,010	
C	Peças quebradas de chacote	56 Solubilizado	10,2	<LQ	<LQ	0,13	0,020	0,10	<LQ
		56 Lixiviado	1,67	0,0014	0,017	0,05	0,309	0,40	0,026
	Peças quebradas de chacote com esmalte	57 Solubilizado	0,13	<LQ	<LQ	0,36	0,100	0,10	<LQ
		57 Lixiviado	1,07	0,0013	0,404	0,05	0,128	21,66	0,208
	Peças quebradas de vidrados	58 Solubilizado	0,13	<LQ	<LQ	0,27	<LQ	<LQ	<LQ
		58 Lixiviado	1,47	0,0016	0,017	0,05	0,286	0,31	0,035
	Peças quebradas decoradas a frio	59 Solubilizado	1,12	<LQ	<LQ	0,49	0,330	<LQ	<LQ
		59 Lixiviado	1,59	0,0016	0,021	0,05	0,366	2,14	0,066

Tabela 5 – Resultados de concentrações (em mg L⁻¹) de compostos orgânicos (BTX) das amostras de efluentes das pias 1 e 2 da Indústria C da cidade de Porto Ferreira, SP (LQ válido para os três diferentes compostos é de 0,005 mg L⁻¹)

Local de Coleta	Benzeno (mg L ⁻¹)	Tolueno (mg L ⁻¹)	Xilenos (mg L ⁻¹)
Pia 1 tinta a óleo	<0,005	0,039	<0,005
Pia 2 aerografia	<0,005	0,464	0,015

Tabela 6 – Valores orientadores para águas subterrâneas, para solos (industrial) e limites de odor estabelecidos pela Cetesb (2001)

Variáveis	Benzeno	Tolueno	Xilenos
Valor de Intervenção para Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo (mg L ⁻¹)	0,005 ⁽¹⁾	170,0 ⁽²⁾	300,0 ⁽¹⁾
Valor de Intervenção Industrial Solos no Estado de São Paulo (mg kg ⁻¹)	3,0	140,0	15,0
Limite de Odor da Mistura (mg m ⁻³)	15,0	9,40	4,35

(1) Padrão de potabilidade da água da Portaria n. 518/2004 do Ministério da Saúde para substâncias que apresentam risco à saúde; (2) Padrão de potabilidade da água da Portaria n. 518/2004 do Ministério da Saúde para aceitação de consumo (critério organoléptico).

Na Tabela 5 estão listados os resultados das análises dos compostos orgânicos (BTX), das efluentes das pias 1 e 2 da Indústria C.

DISCUSSÃO

A cidade de Porto Ferreira-SP é de médio-pequeno porte, contabilizando, oficialmente, 108 indústrias de cerâmicas artísticas, e visto que somente em uma delas estudadas neste trabalho (a Indústria A) a produção total é de 300.000 peças mês⁻¹, o descarte é de 27 toneladas mês⁻¹, entre estampos e peças quebradas e 300 kg mês⁻¹ de resíduos da decoração (Tabela 1). Esses dados, em si, já denotam a necessidade da implantação de um programa de gestão de resíduos nas indústrias estudadas, existindo um controle melhor das quantias de matérias-primas e peças produzidas do que das quantias de resíduos gerados – estas últimas, estimadas pelo volume e número de vezes que as caçambas com os resíduos são retiradas das indústrias. Por isso, como será concluído neste trabalho, o levantamento de dados da cadeia produtiva, da caracterização e classificação dos resíduos, constituem-se a base adequada para a proposta de formas de disposição destes RSI.

Às amostras de matéria-prima foram aplicados os mesmos procedimentos dos RSI estudados neste trabalho, mesmo que tais matrizes não se constituam RSI propriamente ditos. Os resultados dessas análises, os quais podem ser vistos na Tabela 2, indicam que, nos extratos do processo de solubilização, as concentrações de Al, As, Cd, Cr, Pb e Zn ultrapassaram os limites de solubilização, e conseqüentemente, tais materiais foram classificados como Classe IIA-não-inertes. Pode-se inferir

desses resultados que essas matérias-primas produzem contaminação dos materiais produzidos por seu emprego, bem como nos RSI gerados. Infelizmente, os limites de quantificação (LQ) para os elementos Cd e Pb das técnicas analíticas disponíveis e empregadas neste estudo não tiveram a sensibilidade necessária, isto é, os LQs estavam acima dos limites máximos de solubilização (ver Tabela 2). Mesmo assim, para algumas amostras, as concentrações dos extratos analisados ficaram acima do LQ, portanto, também acima do limite máximo de solubilização. No entanto, se a técnica de espectrofotometria de absorção atômica por forno de grafite, por exemplo, estivesse disponível, esta inadequação teria sido evitada (NASCIMENTO, 2003).

Para os resíduos (sólidos) lodosos das indústrias estudadas (Tabela 3), nos extratos de amostras coletadas da etapa de decoração ou que tiveram contato com esta etapa (como águas de lavagens), a maioria das concentrações de Pb ultrapassou os limites de lixiviação, portanto, estes resíduos são classificados como Classe I-perigosos. Já nos extratos das amostras das etapas anteriores à decoração, como no preparo da massa cerâmica ou dos estampos de gesso, as concentrações de Al, Cd, Cr e Pb na Indústria C, e Al e Pb na Indústria B, ultrapassaram os limites de solubilização, classificados como resíduos de Classe IIA-não-inertes. Os extratos do processo de lixiviação/efluente da Indústria A, as concentrações obtidas de As, Cd, Cu, Pb e Zn não ultrapassaram as concentrações máximas de lançamento de efluentes (Decreto n. 8.468/76 ou da CONAMA n. 357/05) (SÃO PAULO, 1976; e BRASIL, 2005, respectivamente), e estes resíduos são classificados como Classe IIB-inertes.

Nas amostras de peças quebradas de chacote (peça cerâmica que passou pela 1ª queima) com esmalte (que ainda não recebeu a 2ª queima e, portanto, não vitrificou), seus extratos obtidos na lixiviação tiveram as concentrações de Pb acima dos limites de lixiviação (Tabela 4), sendo classificados como resíduos de Classe I-perigosos. Já as demais amostras de peças quebradas cerâmicas e de estampos de gesso tiveram, em seus extratos obtidos na solubilização, concentrações de Al, Cd, Cr e Pb acima dos limites de solubilização, sendo classificadas como Classe IIA-não-inertes. Os resíduos da Indústria B, de peças quebradas, são do mesmo tipo que os da Indústria A, e os resíduos de estampos de gesso são do mesmo tipo para as três indústrias, razão pela qual não foram realizados mais ensaios com esses, pois a expectativa seria de resultados similares.

Os resultados de análises para os compostos orgânicos benzeno, tolueno e xileno (BTX), dos efluentes das pias 1 e 2 da Indústria C, estão dispostos na Tabela 5. Como esses compostos orgânicos foram analisados em efluente líquido os resultados das análises efetuadas teriam, obrigatoriamente, de serem comparados a valores de lançamento de efluentes tanto do Decreto Estadual n. 8.648/76 (SÃO PAULO, 1976) como da Resolução CONAMA n. 357/05 (BRASIL, 2005). No entanto, a lista de padrões referida não inclui esses compostos (consta da lista apenas cinco diferentes compostos orgânicos: clorofórmio, dicloroetano, fenóis totais, tetracloro de carbono e tricloroetano). Outra possibilidade de comparação dos resultados da Tabela 5 seria com os limites de odor listados na Tabela 6, o que também não é compatível, pois os dados levantados se referem à efluente e não à concentração desses compostos da atmosfera. Apesar

dessas impossibilidades de comparações com valores orientadores, fica aparente que os efluentes analisados, e terem concentrações significativamente acima do LQ para o tolueno e xilenos, e serem compostos muito voláteis e altamente tóxicos, representam riscos aos ecossistemas e seres humanos. O benzeno é carcinogênico (leucemia) e concentrações acima de 32 mg m^{-3} devem ser evitadas, enquanto o tolueno tem sido associado a casos de danos neurológicos permanentes em crianças (CETESB, 2001). No entanto, esse composto não se constitui em preocupação para esse estudo de caso, pois os resultados das análises das amostras coletadas estiveram abaixo do limite de detecção do método empregado em laboratório (ver Tabela 6).

Deve ser também considerado que a norma ABNT NBR n. 10.004/04 estabelece que os compostos orgânicos benzeno, tolueno e xileno são inflamáveis e tóxicos. Para o benzeno, a concentração mínima, para que um resíduo seja considerado perigoso, é de 20 mg kg^{-1} (não estão estabelecidos valores equivalentes para tolueno e xilenos). Registre-se também que o tolueno está na listagem n. 4 – anexo D de substâncias que conferem periculosidade a resíduos industriais (Classe I-perigoso) desta norma da ABNT. Infelizmente, o presente estudo não analisou BTX nos resíduos estudados e o levantamento de inferências a este respeito não são possíveis no momento.

CONCLUSÕES

O presente estudo revelou que os resíduos das indústrias de cerâmicas artísticas da cidade de Porto Ferreira-SP não são inertes como, popularmente, supunha-se anteriormente. As

concentrações de metais, metalóide e dos compostos orgânicos determinadas neste estudo foram, de certa forma, uma surpresa ruim, pois como esses resíduos cerâmicos provêm, basicamente, de argilas, não se esperava que alguns resíduos fossem classificados como Classe I-perigosos. A expectativa era que, no máximo, tais resíduos se classificassem como Classe IIA-não-inertes, especificamente, pela presença dos esmaltes da decoração.

Reconhece-se ser essencial a realização de estudos futuros (mais amplos e sistemáticos) de caracterização dos resíduos sólidos das indústrias de cerâmicas artísticas da cidade de Porto Ferreira-SP abordadas neste trabalho, bem como de outras, para a devida aplicação de tecnologias para segregar, tratar e remediar o problema causado pelos RSI desta cidade. Sugere-se também seja investigada contaminação atmosférica, uma vez que o Pb e, eventualmente, outros elementos, poderiam estar sendo liberados para a atmosfera pela queima das peças esmaltadas nos fornos. A título de exemplo, pode-se citar que o estudo da poluição desse tipo de indústria na Espanha tem maior ênfase na avaliação da contaminação atmosférica (LÓPES et al, 2001).

Deve-se considerar também a existência no mercado de tecnologias de tratamento e até de reaproveitamento possíveis de serem aplicadas ao material cerâmico em geral, como as que utilizam tais materiais na construção civil. Portanto, ao invés de serem construídos aterros industriais Classes I e II, ou se realizarem gastos excessivos com recursos públicos para o envio dos resíduos de indústrias de cerâmicas artísticas até aterros em cidades distantes de Porto Ferreira (SP) (como é feito no presente caso), deveria ser montado um plano para o

reaproveitamento destes, pela implantação de um programa de gestão. Em decorrência dos resultados obtidos por este trabalho sugere-se que os resíduos das peças quebradas, dos estampos de gesso descartados e de lodo contaminado, possam ser reutilizados na fabricação de cimento, e os resíduos de lodos não-contaminados possam ser reutilizados na massa cerâmica.

Dentre as várias justificativas principais para não se ter ainda implementado um programa de gestão desses resíduos, bem como suas conseqüências negativas estão: (a) gastos na troca da tubulação da rede de esgotos, entupida pelos lodos provenientes do processo industrial; (b) questão da saúde pública e ambiental, por metais pesados e alguns compostos orgânicos incorporados a estas lamas; (c) deposição desses resíduos em qualquer localidade dessa cidade, como terrenos baldios, garagens de domicílios e locais adjacentes ao rio Moji-Guaçu, verdadeiros chamarizes para deposição de outros tipos de lixos, transformando a área em lixão.

Decorrente disso, os compostos de alta toxicidade ambiental (aos ecossistemas e ao homem) estão sendo lixiviados e/ou solubilizados desses resíduos, inadequadamente dispostos, e podem estar migrando direta e/ou indiretamente em direção ao rio Moji-Guaçu, o que demanda urgente ação das empresas e dos poderes públicos locais.

A sugestão final que se pode apresentar é: os resíduos que mostraram concentrações de metais e metalóide estudados acima dos limites máximos de lixiviação devem ser segregados (isto é, separados dos demais que não violam tais limites) e dispostos em aterro industrial Classe I-perigosos. Das três indústrias estudadas,

os resíduos da etapa de decoração ou que tiveram contato com esta, devem ter a mesma destinação, pois, entre os metais investigados, o Pb apresentou as maiores concentrações acima desse limite. Os outros resíduos classificados como Classe IIA-não-inertes e mesmo os de Classe IIB-inertes devem ser segregados dos demais e dispostos em aterro industrial Classe IIA-não-inertes.

Agradecimentos: À Fapesp pela bolsa de mestrado do segundo autor (Proc. n. 01/12668-9, sob responsabilidade de Antonio A. Mozeto) e aos técnicos do Laboratório de Poços de Caldas-MG da CNEN pelo treinamento da bolsista e realização das análises químicas de metais e metalóide.

BIBLIOGRAFIA

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Norma Técnica NBR n. 10.004, *Resíduos sólidos*. Rio de Janeiro: ABNT, 2004a.
- _____. Norma Técnica NBR 10.005, *Lixiviação de resíduos*. Rio de Janeiro: ABNT, 2004b.
- _____. Norma Técnica NBR n. 10.006, *Solubilização de resíduos*. Rio de Janeiro: ABNT, 2004c.
- _____. Norma Técnica NBR n. 10.007, *Amostragem de resíduos*. Rio de Janeiro: ABNT, 2004d.
- BRAILE P. M.; CAVALCANTI, Jewa. *Manual de tratamento de águas residuárias industriais*. São Paulo: Cetesb, 1993.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 313, 29 de outubro de 2002. Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais. *Resolução CONAMA n. 313_02 revoga 006_88 Resíduos Sólidos.htm*. Brasília, DF: CONAMA, 2002.
- _____. Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução n. 357, de 17 de março de 2005*. Dispõe sobre a classificação dos corpos e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília: CONAMA; 2005. Disponível em:

<www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. *Relatório de estabelecimento de valores orientadores para solos e águas subterrâneas no estado de São Paulo*. São Paulo: Cetesb, 2001. (Série Relatórios Ambientais. Organizadores: CASARINI, D. C. P; DIAS, C. L.; LEMOS, M. M. G.).

FERRARI, J. C. *Subsídios para a elaboração de um plano de gerenciamento de resíduos industriais em uma unidade de produção de embalagens de papel – Estudo de caso*. Trabalho de conclusão de curso – CCET/Curso de Engenharia Ambiental, PUC do Paraná, Curitiba, 2004.

GOMES, A. C. P. *Caracterização de resíduos sólidos das indústrias de cerâmicas artísticas de Porto Ferreira, SP*. 2003. (Dissertação Mestrado em Química). Departamento de Química – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, 2003.

IZIQUÉ, C. *Novo molde de desempenho industrial. Cepid após a modernização das 108 empresas do pólo cerâmico de Porto Ferreira*. Pesquisa Fapesp, n. 66, p. 56-59, 2001.

LÓPEZ, P. E.; CATELLÓ, J. B. C.; CORDONCILLO, E. C. *Esmaltes y pigmentos cerámicos*. Itália: Faenza Editrice Iberica s.l., 2001. (Collección Enciclopedia Cerámica).

LORA, E. E. S. *Prevenção e controle da poluição nos setores energético, industrial e de transporte*. Rio de Janeiro: Interciência, 2002.

NASCIMENTO, M. R. L. *Proposição de valores de referência para concentração de metais e metalóides em sedimentos límnicos e fluviais da bacia hidrográfica do rio Tietê*. 2003. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, 2003.

ROCCA, A. C. C. *Resíduos sólidos industriais*. 2. ed. São Paulo: Cetesb, 1993.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria Estadual do Meio Ambiente. Decreto n. 8.468, de 8 de setembro de 1976. Aprova do Regulamento de Lei n. 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a Prevenção e o Controle da Poluição do Meio Ambiente. *Relatórios Ambientais. Série Documentos. Legislação Estadual. Controle de Poluição Ambiental*. São Paulo, p. 119.

SHREVE, R. N.; BRINK JR. J. A. *Indústrias de processos químicos*. 4. ed. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Dois S. A., 1980.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Volatile organic compounds by gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS)*. Washington (DC): USEPA – Método de Análise; Method 8260B, 1996a.

_____. *Volatile organic compounds in solids and other matrices using equilibrium headspace analysis*. Washington (DC): USEPA – Método de Análise; Method 5021, 1996b.

Tratamento e Disposição Final de Resíduos

CORRELAÇÃO ENTRE A MICROFAUNA E PARÂMETROS FÍSICO- QUÍMICOS DE UM SISTEMA DE LODOS ATIVADOS DE UMA INDÚSTRIA DE REFRIGERANTES

Arthur Rodrigo Hermoso

Graduando em tecnologia em química ambiental pelo
CEFET-PR.

Solange Ferreira

Graduanda em tecnologia em química ambiental pelo
CEFET-PR.

Edilsa Rosa da Silva

Doutora em ciência de alimentos pela Unicamp e
professora do CEFET-PR.
edilsa@cefetpr.br

Josmaria Lopes de Morais

Professora do CEFET-PR e doutoranda em química
pela UFPR.
josmaria@cefetpr.br

RESUMO

Em uma Estação de Tratamento de Efluentes Industriais (indústria de refrigerantes), localizada na cidade de Curitiba – PR, foi realizado acompanhamento do processo de tratamento dos efluentes, utilizando parâmetros físico-químicos e análises empregando microscopia ótica do lodo ativado. As avaliações por microscopia foram realizadas com o uso de lâminas de preparo simples. Inicialmente foram realizadas observações das características dos flocos (abundância e morfologia) e da presença de filamentosos. Na sequência uma observação mais detalhada foi realizada com o objetivo de identificar a microfauna. As análises de estrutura dos flocos basearam-se em um método rápido e prático de comparação visual, que mede a densidade relativa de bactérias filamentosas. As observações da microfauna, por sua vez, foram realizadas pela identificação das classes de organismos presentes e do agrupamento destes em graus de predominância. Foi possível evidenciar os seguintes aspectos: a relação entre valores de Índice Volumétrico de Lodo com os resultados das análises estruturais de floco; a influência de choque de carga sobre a característica microbiana do lodo e a qualidade do tratamento; os benefícios decorrentes da inoculação de lodo; a confirmação da presença, relatada pela literatura, de determinados grupos de organismos em condições operacionais específicas.

PALAVRAS-CHAVE

Microbiologia, lodos ativados, floculação biológica.

ABSTRACT

In an industrial effluents treatment station (soft drink industry), located in the city of Curitiba - PR, the process of effluents treatment was followed, using physical-chemical parameters and microscopic analysis of the activated sludge. The microscopic evaluations were made by using simple preparation sheets. Initially the flocks' characteristics (amount and morphology) and the filamentous presence were observed. After that, a more detailed observation was done aiming to identify the micro fauna. The analysis of the flocks' structure were based on a fast and practical method of visual comparison that measures the relative density of filamentous bacteria. On the other hand, the observations of the micro fauna were done through the identification of the classes of present organisms and of the grouping of these in predominance degrees. It was possible to evidence the following aspects: the relation among values of Sludge Volumetric Indices and the results of the flocks structural analysis; the influence of load shock on the microbial characteristic of the mud and, the quality of the treatment; the benefits which come from mud inoculation; the confirmation of the presence, told by the literature, of certain groups of organisms in specific operational conditions.

KEY WORDS

Microbiology, activated sludge, biological flocculation.

RESUMEN

En una Estación de Tratamiento de Efluentes Industriales, localizada en la ciudad de Curitiba – PR, fue realizado el acompañamiento del proceso de tratamiento de los residuos generados en una industria de refrescos, empleando parámetros físico-químicos y análisis microscópicas del lodo activado. Las evaluaciones microscópicas fueron realizadas con el empleo de láminas de preparo simple. Al principio fueron realizadas observaciones de las características de los flocos (abundancia y morfología) y de la presencia de filamentosos. En seguida, fue realizada una observación más detallada con el objetivo de identificar la microfauna. Los análisis de estructura de los flocos fueron basados en un método rápido y práctico de comparación visual, que mide la densidad relativa de bacterias filamentosas. Por su vez, las observaciones de la microfauna fueron realizadas a través de la identificación de las clases de organismos presentes y su agrupación en grados de predominancia. Fue posible evidenciar los siguientes aspectos: la relación entre valores de Índice Volumétrico de Lodo con los resultados de los análisis estructurales de floco; la influencia del impacto de sobredosis de la carga orgánica sobre la característica microbiana del lodo y, la calidad del tratamiento; los beneficios decorrentes de la inoculación de lodo; la confirmación de la presencia, relatada por la literatura, de determinados grupos de organismos en condiciones operacionales específicas.

PALABRAS LLAVES

Microbiología, lodos activados, floculación biológica.

INTRODUÇÃO

Os processos biológicos para tratamento de despejos têm como função principal criar condições de degradação dos compostos orgânicos. Utilizam, para esse fim, o metabolismo de oxidação e floculação realizado por microrganismos, em condições ambientais controladas (BITTON, 1999).

O processo de tratamento por lodos ativados fundamenta-se na floculação da biomassa de lodo. Esses flocos são formados por um consórcio de microrganismos com capacidade de utilizar os compostos químicos presentes no efluente como fonte de nutrientes e carbono (JENKINS et al, 1993). Os microrganismos que participam na formação dos flocos no processo de lodos ativados são: bactérias, fungos, protozoários e micrometazoários (MENDONÇA, 2002). Estrutura da comunidade, distribuição e frequência dos organismos estão relacionadas com a fonte de inóculo, tipo de substrato fornecido e com as condições operacionais do sistema de tratamento (CUTOLO e ROCHA, 2001).

Os flocos dos lodos ativados são formados por dois níveis de estrutura: a micro e a macroestrutura. A microestrutura é formada pelos processos de adesão microbiana e biofloculação, enquanto a macroestrutura é constituída pelos organismos filamentosos, os quais formam uma espécie de rede dentro dos flocos sobre a qual as bactérias aderem (VON SPERLING, 1997). Portanto, os insucessos na separação do lodo ativado podem estar relacionados a problemas da micro e/ou da macroestrutura dos flocos (JENKINS et al, 1993). As bactérias são os principais constituintes dos flocos biológicos, o equilíbrio entre bactérias formadoras de flocos e as filamentosas é determinante para os mesmos

apresentarem estrutura compacta e robusta (MENDONÇA, 2002).

A avaliação da microbiota dos lodos ativados, realizada pela microscopia, é útil para determinar a natureza física e a abundância e tipos de organismos filamentosos presentes. Esse tipo de observação também pode trazer informações a respeito da presença/ ausência de microrganismos considerados como indicadores de qualidade de sistemas de lodos ativados (VAZOLLÉR, 1989). Os organismos presentes em um sistema de tratamento biológico (lodos ativados) são extremamente sensíveis às modificações no processo, alternando-se no sistema em resposta às mudanças das condições biológicas, físico-químicas e ambientais (BENTO et al, 2002; MENDONÇA, 2002).

Recentemente, estudos têm demonstrado que o acompanhamento pela microscopia óptica das condições do lodo ativado melhora significativamente o controle do processo biológico (SILVA e DAR-RIN, 2002; MENDONÇA, 2002; COSTA et al, 2003). Segundo Vazollér (1989), a realização regular de análises microscópicas de um lodo biológico serve para indicar ao operador as diversas tendências do processo, dentre os quais, destacam-se: (1) Eficiência da remoção da demanda bioquímica de oxigênio (DBO); (2) Eficiência da remoção de sólidos suspensos; (3) Condições de sedimentabilidade do lodo; (4) O nível de aeração empregado; (5) A presença de compostos tóxicos; (6) A ocorrência de sobrecargas orgânicas; e (7) A ocorrência de nitrificação.

Dessa forma, a compreensão da microbiologia e de suas alterações durante o processo de tratamento de despejos é essencial para a otimização do controle de processos biológicos (lodos ativados), com vista à melhoria de eficiência.

OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho foi a realização de avaliações microscópicas da estrutura e morfologia dos flocos, caracterização da microfauna presente no lodo e a correlação destes dados com parâmetros físico-químicos, monitorados pelo Laboratório de Controle da Estação de Tratamento de Efluentes de uma indústria de refrigerantes, situada em Curitiba-PR.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma estação de tratamento de uma indústria de refrigerantes com um histórico de muitas variações nas características do lodo ativado, como intumescimento do lodo, floculação excessiva e variações na qualidade do efluente tratado.

O efluente gerado por essa indústria, proveniente da fabricação de bebidas açucaradas, apresenta elevada biodegradabilidade. Antes da chegada do efluente no reator biológico ele passa por sistema de gradeamento e caixa de areia, para remoção de partículas sólidas. Posteriormente, o despejo segue para um tanque equalizador para homogeneização e eventuais correções de pH, de onde é enviado ao sistema biológico de tratamento (lodos ativados).

A planta utiliza um sistema de oxigenação, à base de oxigênio puro, com três misturadores submersíveis, que promovem a dissolução do oxigênio no meio (lodo). A faixa de concentração de oxigênio dissolvido é mantida entre 1 e 2 mg L⁻¹. Devido às características do despejo, é necessária a dosagem de nutrientes (nitrogênio e fósforo) no sistema de tratamento. A dosagem é feita segundo a relação para sistema de aeração prolongada, amplamente conhecida e indicada por diversas bases

bibliográficas, C:N:P (200:5:1) (VON SPERLING, 1997).

Entre 20 de janeiro de 2003 e 31 de março de 2003 foram realizadas análises físico-químicas e microbiológicas de amostras de lodos ativados, coletados diretamente do reator biológico da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) da indústria. As avaliações foram realizadas com uma frequência média de três vezes por semana, totalizando 35 dias de monitoramento.

Os dados físico-químicos e outros de controle operacional da ETE, utilizados para o desenvolvimento deste trabalho, foram disponibilizados pelo Laboratório de Controle da indústria de refrigerantes. Os principais parâmetros empregados para o controle operacional da estação são: Demanda Química de Oxigênio (DQO) $\frac{DQO_{entrada} * 0,5}{SSV}$, pH, Sólidos Suspensos Voláteis (SSV), Índice Volumétrico do Lodo (IVL), determinados de acordo com procedimentos padrão (APHA – STANDARD METHODS, 1992), Idade do Lodo, determinado segundo Von Sperling, 1997, Vazão de Entrada do Efluente, Oxigênio Dissolvido (OD), medido continuamente com emprego de Sensor Industrial, Razão Alimento/Microrganismo (A/M), calculada empregando a equação 1. A eficiência do sistema de tratamento foi determinada diariamente, com base na remoção de DQO, pela equação 2:

equação 1

$$A/M = \frac{DQO_{entrada} * 0,5}{SSV}$$

Onde: (DQO) $\frac{DQO_{entrada} * 0,5}{SSV}$ representava a DBO₅ teórica; A/M era dada em kg DBO₅.kg⁻¹.d⁻¹

equação 2

$$\eta = \left(\frac{DQO_{entrada} - DQO_{saída}}{DQO_{entrada}} \right) * 100$$

Para as análises microscópicas foram empregadas lâminas e lamínulas de vidro, usando preparações simples com lodo recém-coletado do tanque de aeração. As observações foram efetuadas utilizando-se um microscópio óptico composto Olympus, modelo BH. A análise da estrutura e densidade dos flocos foi realizada segundo Jenkins et al (1993). Já a identificação e predominância de protozoários e micrometazoários, de acordo com a metodologia descrita por Jachetti et al (2002).

As visualizações das lâminas deram-se em duas etapas, conforme a seguinte descrição:

1. Caracterização da estrutura dos flocos (morfologia, abundância e forma), densidade de filamentos nos flocos, classificando-os segundo metodologia descrita por Jenkins et al (1993), utilizando-se aumento de 100X;
2. Análises de identificação e de predominância de protozoários e micrometazoários, empregando a técnica de visualização simples e fazendo uso de atlas de identificação de organismos de diversas classes, disponíveis em Vazóller (1989) e Jenkins et al (1993).

Após o período das análises microscópicas do lodo, foi estudada a correlação entre os resultados obtidos e os principais dados e informações registradas pelo controle operacional da Estação de Tratamento de Esgotos. Para facilitar o entendimento dos resultados, considerou-se o primeiro dia de avaliação (21 de janeiro) como sendo o 1º dia e assim por diante, até o último dia (31 de março) como sendo o 35º dia.

Durante a realização do estudo, o controle operacional continuou a cargo dos responsáveis (funcionários da empresa) pela estação de tratamento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os descartes de lodo foram eventuais e ocorreram nos 3º, 5º, 9º, 10º, 14º, 15º, 22º, 27º, 31º e 33º dias. A realização dos descartes de forma irregular dificultou a correta determinação da idade do lodo e provocou aumento dos valores de IVL (Figura 1). Com as informações obtidas do registro de controle da estação foi possível estimar a idade do lodo entre 35 e 45 dias até o 30º dia de análise. Após o 31º dia de monitoramento, o descarte passou a ser realizado (5% ao dia) de forma a manter o lodo com idade de 20 dias.

A manutenção do lodo com idade alta e, conseqüentemente, o acúmulo de sólidos suspensos no reator biológico (entre 3.700 e 5.500 mg.L⁻¹) atribuiu características específicas ao sistema. Com alto valor de biomassa (sólidos suspensos voláteis), a razão A/M foi reduzida e, desta forma, foi intensificada a fase endógena no sistema, por acusa da baixa quantidade de alimento disponível por microrganismo (Figura 2). O lodo retirado estava mais estabilizado; no entanto, a eficiência da estação foi parcialmente comprometida, principalmente pela taxa de sedimentação (avaliada pela determinação de Índice Volumétrico de Lodo, IVL). Isso ocorreu, principalmente, entre o 1º e 10º dias de análise, e após o 26º dia de análise (Figura 1).

A análise da Figura 1 ilustra a observação de uma relação entre os valores de IVL do sistema e a quantidade de filamentosos presentes no lodo. No período em que os resultados da análise de estrutura dos flocos eram D, os valores de IVL estavam relativamente elevados, tendo-se em média valores próximos a 200 mL.g⁻¹. A partir do 14º dia verifica-se a redução nos valores de IVL para faixa de 100 a 150 mL.g⁻¹ (considerados aceitáveis por Von Sperling,

1996) e concomitante redução da densidade de filamentos de D (grande quantidade) para C (quantidade normal). Após o 24º dia de monitoramento, o número de filamentosos volta à classificação D e os valores de IVL apresentam-se em franco crescimento.

A grande quantidade de filamentosos, presente no lodo, pode ser justificada por diversos fatores, dentre os quais: (a) Tipo do efluente. Segundo Jenkins et al, (1993), efluentes facilmente biodegradáveis favorecem o crescimento de bactérias filamentosas em detrimento das formadoras de floco; (b) Concentração do efluente. De acordo com Bitton (1999), em baixa concentração de substrato (baixo, razão A/M) os organismos filamentosos possuem taxa de remoção de substrato mais alta que as bactérias formadoras de floco (ex. *Zooglea* spp.); (c) Tempo de retenção celular (maior de 20 dias), especialmente quando associado com razão A/M (menor de 0,1 kg DBO₅ kg⁻¹ SSVd⁻¹), intensifica o crescimento de filamentosas (JENKINS et al, 1993; VON SPERLING, 1997). A Figura 2 apresenta os valores de relação A/M mantidos durante o período de estudo.

Essa baixa sedimentabilidade do lodo na maior parte do tempo da realização do estudo também pode ser relacionada com a morfologia dos flocos. Os flocos se apresentavam de forma irregular, com estrutura difusa em parte do período de estudo. E apenas entre os 18º e 22º dias parte dos flocos foi classificada como tendo estrutura compacta. A estrutura difusa apresentada pela maioria dos flocos avaliados é um indício importante de condições inadequadas de sedimentabilidade. Segundo Mendonça (2002), somente flocos compactos e robustos são indicativos de boa sedimentabilidade.

A realização de descartes irregulares e inferiores aos recomendados para uma

Figura 1 – Relação entre o IVL (vertical) e classificação da abundância de filamentosos nos flocos (interpretada segundo JENKINS et al, 1993), nos dias de estudo

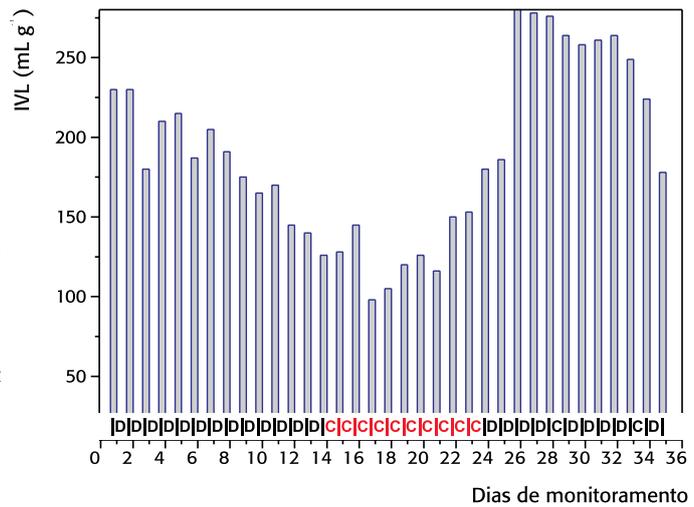
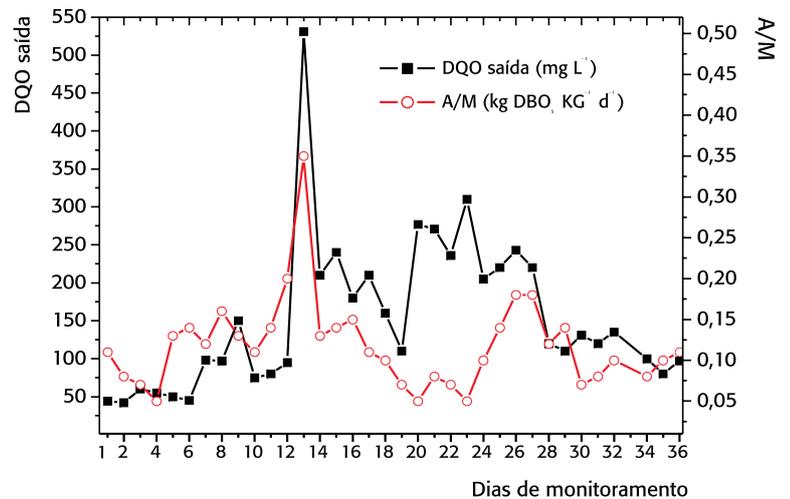


Figura 2 – Relação entre o fator de carga (A/M) e a DQO do efluente tratado



estação de grande remoção de matéria orgânica e, portanto, grande produção de biomassa, causou uma série de problemas operacionais. No 9º dia de avaliações microbiológicas, ocorreu grande elevação da manta de lodo sedimentado no decantador, gerando perdas de sólidos por arraste de lodo junto de efluente tratado no decantador secundário. Nesse período foi adicionado, no decantador, polieletrólito floculante (polímero), para melhorar a sedimentabilidade do lodo. A melhoria foi obtida somente com a realização de descarte de lodo, reduzindo os sólidos

suspensos voláteis de 5.480 mg.L⁻¹ (9º dia) para 3.800 mg.L⁻¹ (10º dia).

A realização de análises microscópicas com o objetivo de identificação de microrganismos demonstrou que, apesar de a ETE estar operando com lodo de alta idade e condições inadequadas de sedimentabilidade, na maior parte das observações podia ser constatada grande abundância de organismos indicadores.

Foram considerados como grupos predominantes os que incluíram aquelas classes e subclasses, que, por sua abundância, destacaram-se em meio aos

flocos do lodo analisado: ciliados livres natantes, ciliados livres predadores de flocos, ciliados sésseis, ciliados sésseis pedunculados e rotíferos.

Entre as classes que estiveram presentes, em grande parte do período das análises realizadas, estão os protozoários ciliados de vida livre (Figura 3) (gêneros mais freqüentes da subclasse hipotríquios: organismos semelhantes a *Euplotes*, *Aspidisca*, *Oxytricha* e *Stylonychia*) e o protozoário ciliado fixo identificado como *Chaetospira* sp (Figura 4). Pedunculados semelhantes a *Epistylis* ssp (Figura 5).

A predominância de ciliados livres são indicativos de boa depuração (MENDONÇA, 2002; VAZZOLER, 1989). Os ciliados são predadores de flocos, ou seja, consumidores de bactérias. O fato de eliminar bactérias faz com que sejam mantidas em máxima taxa de reprodução, ou seja, alta renovação celular (VAZZOLER, 1989). A presença de ciliados livres (natantes e predadores de floco) pode representar boas condições de depuração (Figura 3). A ocorrência desses microrganismos no lodo analisado foi muito significativa, tanto pela abundância de gêneros quanto pela predominância exercida pela subclasse das hipotríquias (predadores de flocos), as quais estiveram presentes em todo o período de análise.

No entanto, entre os 12^o e 13^o dias de monitoramento ocorreu um choque de carga, detectado pelas análises de DQO de entrada, em decorrência de um vazamento de xarope (açucarado) na fábrica. Esse acontecimento provocou uma elevação da DQO de saída e, portanto, uma redução na eficiência do sistema de tratamento, o que pode ser observado na Figura 2.

A ocorrência do choque de carga provocou uma redução brusca no

número e variedade de ciliados predadores de floco. O ciliado semelhante a *Euplotes* spp., por exemplo, identificado entre 2 e 4 por lâmina observada, voltou a aparecer apenas uma semana após o choque de carga. O protozoário semelhante a *Stylonychia mytilus* (ciliado predador de flocos) manteve sua predominância mesmo durante o choque.

Já as condições de sedimentabilidade (IVL na faixa de 100 – 150 mL g⁻¹) estavam melhores nesse período (Figura 1). O número de filamentosos estava menor entre os 14^o e 22^o dias de análise, correspondendo à classificação C (JENKINS et al, 1993).

A predominância da *Stylonychia mytilus* só deixou de existir nos dias em que foi constatado um derrame de óleo na ETE (16^o dia de monitoramento). Foram necessários cinco dias para que o protozoário *Stylonychia mytilus* voltasse a ser predominante. Após os eventos de choque de carga e de derrame de óleo, aos poucos a microbiota apresentava recuperação. Essa recuperação está relacionada com o aumento do número de ciliados predadores de flocos, responsáveis pela clarificação do efluente, uma vez que são consumidores de bactérias. A presença de grande número de ciliados provoca a redução do número de bactérias e mantém-nas em máxima taxa de reprodução, ou seja, alta renovação celular (VAZZOLER, 1989; JENKINS et al, 1993).

Após o 18^o dia de análise, o sistema estava novamente com más condições de sedimentabilidade, ocorrendo, inclusive, perdas de sólidos e, conseqüentemente, provocando aumento da DQO de saída (Figura 1). O número de filamentosos estava ainda no nível C (escala Jenkins); no entanto, os flocos estavam apresentando aspecto difuso e a variedade de microrganismos ainda estava inferior aos primeiros dias

de monitoramento. Nesse período foi constatado, por três dias de avaliação (19^o 20^o e 21^o), a presença (de 1 a 2 organismos por lâmina) do ciliado pedunculado semelhante à *Vorticella micróstoma*. Segundo Mendonça (2002) e Bayerisches (1999), a presença de vários pedunculados desse tipo é um importante indicativo de má depuração do sistema de lodos ativados. Após a inoculação, o pedunculado semelhante à *Vorticella micróstoma* não voltou a ser identificado.

No 21^o dia de monitoramento, foi realizado um grande descarte de lodo e uma inoculação de lodo ativado, proveniente de uma estação de tratamento de efluentes municipal. Com o acompanhamento por análises microscópicas, foi possível verificar que, nos dias seguintes a essa operação, aumentou a quantidade e variedade de ciliados predadores de flocos. Passaram a ser observados microrganismos semelhantes à *Amphileptos claperdie*, *Aspidisca* spp., *Colleps* spp.

Quando a microbiota apresentava boas condições, um segundo derrame de óleo ocorreu (26^o dia), provocando imediata redução da aeração. Foi ajustado o fornecimento de oxigênio (aumento de vazão) para manter o oxigênio dissolvido na faixa de 2 mg.L⁻¹; apesar disto, a DQO de saída voltou a aumentar (Figura 2).

As avaliações microscópicas constataram que o derrame de óleo promoveu grande redução do número de espécies presentes. Foi realizado descarte de 20% do lodo e inoculação de lodo proveniente da estação de tratamento municipal (ETE Belém). Foi realizado descarte e inoculação de lodo no 30^o dia de monitoramento.

O sistema apresentou uma recuperação mais lenta que no derrame anterior, e após o 31^o dia, foi estabelecida uma rotina de descarte de

lodo. Essa rotina, com objetivo de melhorar as condições de sedimentabilidade e, conseqüentemente, de eficiência do sistema de tratamento, demorou um período para demonstrar (em IVL) a melhoria de sedimentabilidade. No 35º dia, correspondente ao último dia de monitoramento, as condições de sedimentação ainda não estavam adequadas. A densidade de filamentosos ainda estava alta e a maioria dos flocos apresentava aspecto difuso.

A presença de flagelados ocorreu do 6º ao 12º dia de análise. Sua ocorrência foi pouco representativa, sendo encontrado, em média, apenas um microrganismo por lâmina observada. Com o choque de carga ocorrida no 13º dia, houve o completo desaparecimento desse tipo de microrganismo. Embora alguns autores (JENKINS et al, 1993; VON SPERLING, 1997) relacionem a presença de flagelados com alta disponibilidade de substratos, a justificativa para seu desaparecimento pode estar na maior eficiência das bactérias na competição por alimento.

Foi constante a identificação de metazoários (rotíferos) durante todo o período de monitoramento. Rotíferos apresentam várias formas e são muito mais complexos e maiores que os protozoários. Segundo Bayerisches (1999), aparecem em diversas idades de lodo, geralmente encontrados em idade de lodo alta. *Philodina spp.*, *Cephalodella spp.* e *Corlurelea spp.* são encontrados em lodo com carga baixa e com alta oxigenação. Já *Rotaria spp.*, encontrada apenas nos 1º e no 3º dias de avaliação, não é considerado bom indicador como os anteriores (JENKINS et al, 1993; BAYERISCHES, 1999). A espécie mais freqüentemente encontrada era a semelhante à *Philodina ssp.* Esta espécie de rotífero desapareceu quando

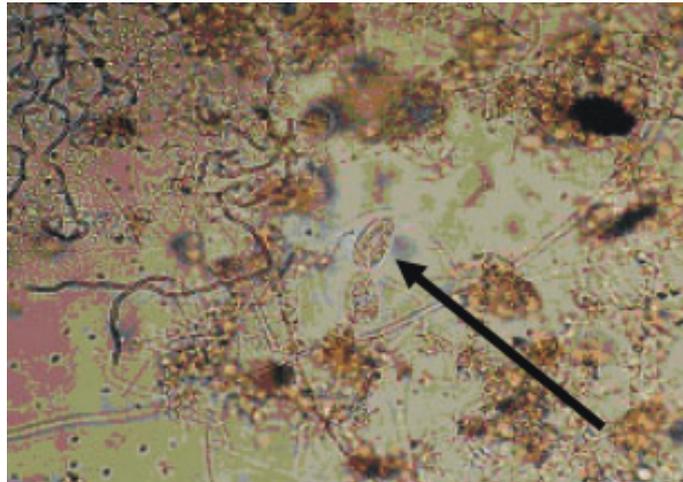


Figura 3 – Micrografia da amostra de lodo em estudo, apresentando protozoário ciliado livre natante (aumento de 400X)
Crédito: Fornecido pelos autores

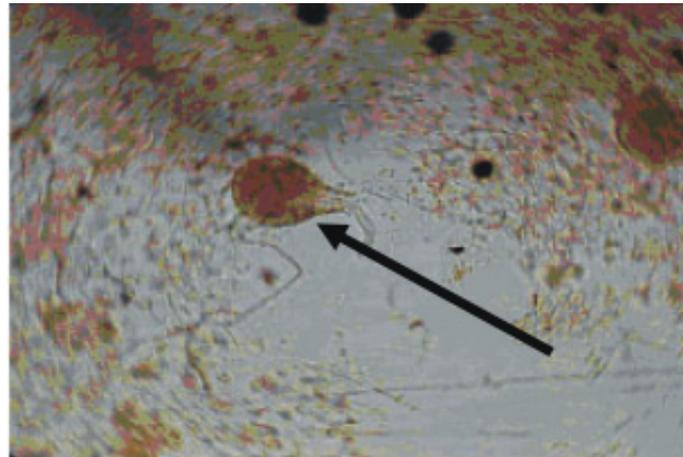


Figura 4 – Micrografia da amostra de lodo em estudo, apresentando o protozoário ciliado fixo, identificado como *Chaetospira mulleri*, encontrado freqüentemente na microfauna do lodo da estação de tratamento da indústria de refrigerantes (aumento 100X)
Crédito: Fornecido pelos autores

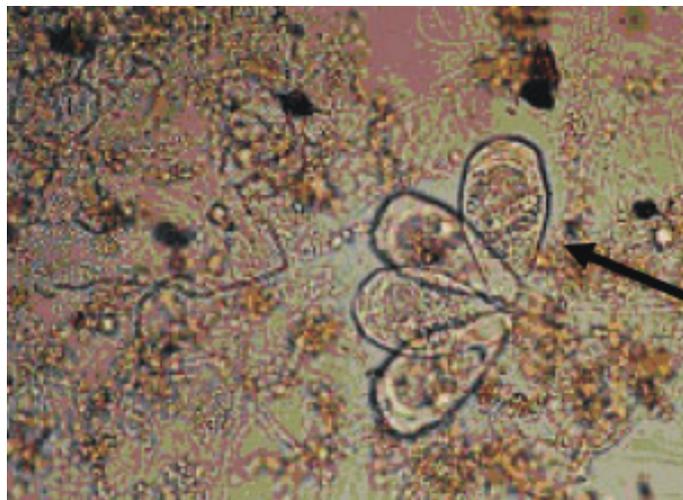


Figura 5 – Micrografia da amostra de lodo em estudo, apresentando um protozoário ciliado pedunculado semelhante à *Epistylis* (aumento de 400X)
Crédito: Fornecido pelos autores

do primeiro derrame de óleo, e voltou a aparecer no 23º dia de avaliação, permanecendo até o 31º dia de avaliação.

CONCLUSÕES

O sistema de tratamento de lodos ativados da indústria de refrigerantes avaliada apresentou, durante o período das análises, algumas características das quais se citam: sedimentação do lodo deficiente, choque de carga, derrame de óleo e desestabilização do sistema associado à manutenção de grande quantidade de sólidos suspensos no reator.

As análises de estrutura do floco do lodo do sistema de tratamento da indústria em questão expressaram um lodo com grande quantidade de filamentosos, abundância de flocos, na maioria classificados como difusos. Grande quantidade de filamentosos, presença de flocos difusos, são relacionados com má sedimentabilidade. As análises de IVL (valores acima de 150 mL.g⁻¹) e os eventos de perdas de sólidos confirmaram essa sedimentabilidade inadequada.

Foi possível observar, pelas análises de caracterização da microfauna do lodo, a presença predominante dos protozoários ciliados de vida livre (natantes e predadores de floco), na maior parte do período observado, bem como sua redução quando dos eventos de choque de carga e derrame de óleo.

O evento de choque de carga provocou uma redução relativa na presença de ciliados predadores de flocos, o que afetou de modo significativo a eficiência do tratamento. A partir da inoculação de lodo no sistema, houve aumento da variedade e quantidade de organismos identificados,

o que pode ser relacionado com a melhoria, embora lenta, da eficiência do tratamento.

Somente após a realização do acompanhamento do sistema pela microscopia óptica, foram realizadas as correlações com os parâmetros físico-químicos e com os registros dos eventos que ocorreram na estação. Com essa metodologia foi possível identificar alterações significativas nos organismos vivos, mesmo quando os parâmetros físico-químicos não evidenciavam grandes alterações. Esse é um dos fatos que valoriza a aplicação do monitoramento microbiológico.

Finalmente, ao longo da realização deste estudo, pode-se confirmar a importância de determinados grupos microbianos considerados como indicadores de qualidade, bem como a aplicabilidade das análises de caracterização de microfauna como diagnóstico para operação de sistemas de tratamento.

Também foi possível concluir que as análises microbiológicas aplicadas ao monitoramento de sistemas de lodos ativados podem servir como ferramentas para o controle adequado de sistemas biológicos de tratamento. Sugere-se, para um aprofundamento maior do estudo, a identificação e medição do comprimento de bactérias filamentosas, e a aplicação de métodos de contagens usando câmaras específicas.

BIBLIOGRAFIA

- APHA. *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (AWWA)*, 18th ed. Nova York: WPCF, 1992.
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT. *Das mikroskopische bild bei der biologischen abwasserreinigung*. München: Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, 1999.
- BENTO, A. P.; SEZERINO, P. H.; BARBOSA, T. C.; PHILLIPI, L. S. Comparação entre modelos

aplicados ao diagnóstico do tratamento de esgotos por sistemas de lodos ativados, baseados em parâmetros biológicos. In: VI SIMPÓSIO ÍTALO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2002. Vitória - ES. *Anais...* Rio de Janeiro: ABES, 2000.

BITTON, G. *Wastewater microbiology*. 2. ed. Nova York: Wiley-Liss, 1999.

COSTA, F. C.; RODRIGUES, F. S. M.; FONTOURA, G. T.; CAMPOS, J. C.; SANTÁNA JR.; DEZZOTI, M. Tratamento do efluente de uma indústria química pelo processo de lodos ativados convencional e combinado com carvão ativado. *Engenharia sanitária e ambiental*. v. 8, n. 4, p. 274-284, 2003.

CUTOLO, A. S.; ROCHA A. A. Correlação entre a microfauna e as condições operacionais de um processo de lodos ativados. In: XXVII CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2000, Porto Alegre-RS. *Anais...* Rio de Janeiro: ABES, 2000.

JACHETTI, D.; AZEVEDO, E. C.; GOLDSCHMIDT, A. *Estudo da microfauna presente no tratamento de efluentes de uma empresa curtidora de peles bovinas*. 2002. Disponível em: <www.tratamentodeagua.com.br>. Acesso em: 06/11/2002.

JENKINS, D.; RICHARD M. G.; DAIGGER G. T. *Manual on the causes and control of activated sludge bulking and foaming*. Michigan (USA): Lewis Publishers, 1993.

MENDONÇA, C. L. *Microbiologia e cinética de sistema de lodo ativado como pós-tratamento de efluente de reator anaeróbio de leite fluidizado*. 2002. Tese (Doutorado) – UFSCAR, São Paulo, 2002.

SILVA, T. C. R.; DAR-RIN B. P. Caracterização da biota de uma estação experimental de tratamento de esgotos em diferentes idades de lodo. In: XXVII CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2000. Porto Alegre-RS. *Anais...* Rio de Janeiro: ABES, 2000.

TEMPS, C. A. W. *Lodo ativado em batelada seqüencial para tratamento de despejos de indústria de refrigerantes e abatedouros de aves*. 2000. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2000.

VAZOLLÉR, R. F. *Microbiologia dos lodos ativados*. São Paulo: Cetesb, 1989.

VON SPERLING, M. *Princípios básicos do tratamento de esgotos*. Minas Gerais: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

_____. *Lodos ativados*. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/Universidade Federal de Minas Gerais, 1997.

Tratamento e Disposição Final de Resíduos

RESUMO

Este artigo apresenta um estudo de caracterização dos resíduos sólidos coletados pelo município de Pato Branco, PR, onde a deposição final dos resíduos é feita em um lixão a céu aberto, contaminando o solo, águas e com prévia separação e reciclagem inexpressivas. Os resultados encontrados mostram que Pato Branco necessita de um amplo estudo da disposição final e reciclagem de seus resíduos sólidos, criando com isso não somente a visão de preservação do meio ambiente, mas também retorno financeiro a catadores, carrinheiros e até mesmo para a prefeitura, na redução de custos com saúde pública. Os resultados indicaram que com a separação dos resíduos o material reciclável pode gerar valores de aproximadamente R\$ 45.000,00 mensais, e o volume lançado no lixão se reduziria de 41.664,285 m³ para 17.408,675 m³ ao ano, dobrando a vida útil de um futuro aterro sanitário.

PALAVRAS-CHAVE

Resíduos sólidos urbanos, destinação final, reciclagem.

ABSTRACT

This article presents a study of characterization of the urban solid residues of the city of Pato Branco, PR, where the final disposal of the rests residues is made in an open landfill, infecting the soil, water and with previous separation and inexpressive recycling, increasing, thus, the volume of trash thrown. The obtained results show that, Pato Branco needs another way of final disposal, environmentally correct, as a landfill and recycling of its solid residues, creating with this not only the vision of the environmental preservation, but also a financial return to garbagemen and even to the city hall, with reduction of costs in public health. The results indicated that with the separation of the rests residues, the recyclable materials can approximately generate values of R\$ 45,000.00 monthly and the volume launched in the landfill would reduce from 41.664,285 m³ to 17.408,675 m³ in a year, doubling the useful life of a future landfill.

KEY WORDS

Urban solid residues, final destination, recycling.

RESUMEN

Este artículo presenta un estudio de caracterización de los residuos sólidos recolectados por el municipio de Pato Branco, PR, donde la deposición final de los residuos es hecha en un basurero a cielo abierto, contaminando el suelo, aguas y con previa separación y reciclaje inexpressivas. Los resultados encontrados muestran que Pato Branco necesita de un amplio estudio de la disposición final y reciclaje de sus residuos sólidos, creando con eso no solamente la visión de preservación del medio ambiente, pero también retorno financiero a la recogedor de basura e incluso para el alcaldía, con la reducción de costes con salud pública. Los resultados indicaron que con la separación de los residuos, los materiales reciclables pueden generar valores de aproximadamente R\$ 45.000,00 mensuales y el volumen lanzado en el basurero se reduciría de 41.664,285 m³ para 17.408,675 m³ al año, doblando la vida útil de un futuro recolector sanitario.

PALABRAS LLAVES

Residuos sólidos urbanos, destinação final, reciclaje.

CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DO MUNICÍPIO DE PATO BRANCO, PR

Ney Lyzandro Tabalipa

Bacharel em direito, tecnólogo da construção civil, engenheiro de segurança do trabalho, mestre e doutorando em geologia pela UFPR. Professor do Departamento de Construção Civil do Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná (CEFET-PR), Unidade de Pato Branco, PR. ntabalipa@yahoo.com.br

Alberto Pio Fiori

Geólogo, mestre e doutor em geociências (mineralogia e petrologia) pelo Instituto de Geociências (USP), livre-docência em geologia pela Universidade de São Paulo (USP). Professor do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Paraná (UFPR), Setor de Tecnologia, Curitiba, PR. fiori@ufpr.br

INTRODUÇÃO

Em todo o mundo, a destinação final inadequada dos resíduos sólidos tem sido vista como um dos principais problemas da atualidade, que se agrava pelo crescimento da população e pelo incremento da produção de lixo *per capita*.

Em países economicamente desenvolvidos, à medida que há uma evolução tecnológica, agregam-se novos hábitos e costumes na sociedade, gerando novas fontes de poluição do ambiente, resultando em um resíduo cada vez mais complexo em sua constituição e com conseqüentes problemas relativos a seu tratamento.

Todo sistema de produção e de consumo implica na geração de uma quantidade de subprodutos e resíduos. Levando-se em consideração a natureza, a localização e as quantidades geradas, esses resíduos podem apresentar um duplo problema, tanto econômico como ambiental.

Para Bezerra (2000), além das questões socioeconômicas e ambientais, os resíduos sólidos possuem importância sanitária, tornando-os também um problema de saúde pública, e, como tal, devem ser tratados.

Sabendo-se que com o aumento da população a produção de lixo não cessa de crescer, torna-se imperativo assegurar seu gerenciamento com o emprego das estratégias de gestão desses materiais.

Buscar soluções para a problemática dos resíduos sólidos urbanos é um dos principais desafios encontrados pelos gestores públicos na atualidade, devendo encontrar alternativas de minimização de resíduos e eliminação ambientalmente compatível, conservando os solos, as águas e o ar.

No Brasil, como em tantos outros países ditos em desenvolvimento, a

globalização tem induzido, mesmo nas pequenas cidades do interior, a um sem-número de resíduos sintéticos, cuja simples deposição sobre o solo em áreas conhecidas como lixões, implica em significativo impacto ambiental e riscos à saúde pública. O lixão é a simples descarga de lixo sobre o solo, sem preocupação com o preparo do local ou com aspectos operacionais.

É comum encontrarmos publicações sobre resíduos sólidos utilizando indistintamente os termos "lixo" e "resíduos sólidos".

No *Novo dicionário da língua portuguesa*, de Aurélio Buarque de Holanda, lixo "*é tudo aquilo que não se quer mais e se joga fora; coisas inúteis, velhas e sem valor*".

Já para a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT – lixo são os "*restos das atividades humanas, considerados pelos geradores como inúteis, indesejáveis ou descartáveis, podendo-se apresentar no estado sólido, semi-sólido ou líquido, desde que não seja passível de tratamento convencional*".

Os resíduos sólidos, conforme a NBR n. 10.004, da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, podem ser definidos como: "*Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como, determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis, em face à melhor tecnologia disponível*".

Os resíduos gerados por uma cidade devem ser dispostos em aterros sanitários, mas em muitas cidades ainda se usam formas muito inadequadas de disposição, como é o lixão.

Dados recentes do IBGE (2000) mostram que na maioria dos municípios do Brasil ainda persiste a deposição em "lixões" como forma mais comum de destinação final dos resíduos sólidos coletados, implicando na ocorrência de problemas sociais, econômicos, sanitários, de poluição e de contaminação do meio.

Nesse sentido, Monteiro et al (2001) informa que, no Brasil, apesar da existência de normas para o setor, mais de 80% dos municípios vazam seus resíduos em locais a céu aberto, em cursos d'água ou em áreas ambientalmente protegidas, a maioria com a presença de catadores – entre eles crianças –, denunciando os problemas sociais que a má gestão do lixo acarreta.

A inexistência de um modelo adequado de gestão para os resíduos sólidos urbanos nas prefeituras tem criado sérios problemas, os quais comprometem o meio ambiente e, conseqüentemente, a qualidade de vida da população.

A coleta de resíduos sólidos e sua correta disposição é considerada como integrante do saneamento básico e sua falta ou deficiência pode ser causadora de doenças e mortes.

De acordo com Azevedo (1991), as pessoas com doenças causadas, direta ou indiretamente, pela água de má qualidade e por falta de saneamento ocupam 80% dos leitos hospitalares, nos países em desenvolvimento.

Dependendo de sua origem, os resíduos sólidos podem apresentar volumes e periculosidade bastante distintos, com implicações sempre complexas para sua disposição final.

Nos resíduos domiciliares, os principais contaminantes provêm da decomposição da matéria orgânica presente no lixo, gerando o percolato ou chorume, líquido escuro, ácido e de alta Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO.

Tendo em vista que a atual disposição final dos resíduos sólidos coletados (doméstico, comercial, de serviços e de varrição e limpeza pública) no município de Pato Branco é realizada em um lixão, há necessidade de elaborar-se um projeto de aterro sanitário e de um plano de gerenciamento integrado dos resíduos que assegurem a viabilidade técnica e o adequado tratamento. Para executar esses estudos deve-se, inicialmente, caracterizar os resíduos sólidos lançados no lixão, determinando a composição física dos resíduos produzidos pela população, passando, então, para a localização de uma área adequada à construção de um aterro sanitário.

A escolha da área para a implementação de um aterro sanitário em determinada região deve envolver, necessariamente, uma equipe multidisciplinar, de forma que se tenha um projeto racional e adequado, sendo um dos aspectos mais importantes o conhecimento geológico da área, o qual, conforme Cunha (1995), neste contexto, desempenha papel fundamental na caracterização do meio físico.

Este trabalho procurou caracterizar os resíduos sólidos coletados pelo poder público municipal e lançados no lixão do município, mostrando os benefícios da separação do lixo e a necessidade da correta disposição em aterro sanitário, reduzindo os danos ao meio ambiente.

Segundo Stech (1990), definindo bem o objetivo dessa caracterização, pode-se chegar a uma disposição final mais adequada dos resíduos sólidos gerados, ou viabilizar a implantação de algum sistema de tratamento.

OBJETIVOS

Em razão da importância da correta destinação final dos resíduos sólidos, este trabalho tem como objetivo caracterizar os resíduos que estão sendo depositados no lixão de Pato Branco.

Os objetivos específicos desta pesquisa são:

- Descrever como é realizada destinação final dos resíduos coletados pela prefeitura do município de Pato Branco – PR.
- Identificar e analisar os prejuízos ambientais e econômicos decorrentes da atual deposição final dos resíduos sólidos.
- Levantar a quantidade de lixo reciclável e o valor de comercialização dos mesmos, mostrando os benefícios ambientais e econômicos da separação do lixo, bem como da necessidade de implantação de um aterro sanitário no município.

MATERIAIS E MÉTODOS

Na elaboração deste estudo foram utilizados tambores de 200 e de 100 litros, pás, rastelos, uma balança Micheletti, com precisão de 50 g e capacidade máxima de 100 kg, e uma balança Máster, com precisão de 1 g, capacidade máxima de 22,1 kg, para pesagem dos materiais; um GPS Garmin, e Trex Vista; uma máquina digital Sony; e Equipamentos de Proteção Individuais – EPI's, tais como: uniforme, luvas, botas e máscaras.

CARACTERIZAÇÃO GERAL DO MUNICÍPIO DE PATO BRANCO

A pesquisa foi realizada no município de Pato Branco a 432 km de Curitiba, entre as cidades de Francisco Beltrão e de Coronel Vivida, que integram a região

sudoeste do estado do Paraná. O município ocupa uma área de 539 km² e possui uma população estimada de 62.234 habitantes (IBGE, Censo 2000), com densidade demográfica de 115,46 habitantes/km². A cidade estudada vem sofrendo uma expansão urbana acelerada nos últimos dez anos, com expressiva produção de resíduos sólidos. As conseqüências são desastrosas para o meio ambiente, já que grande parte do território onde se localiza o município é constituída por nascentes, rios e áreas de preservação permanente.

Metodologia

O presente estudo de caracterização e classificação dos resíduos sólidos do município de Pato Branco foi elaborado para se obter dados mais abrangentes possíveis dos resíduos coletados na cidade. Os alunos do curso de Construção Civil do CEFET-PR, unidade de Pato Branco, efetuaram a coleta de amostras, pesquisa de campo, compilação e análise dos dados e pesquisas documentais, sendo as análises físicas executadas pelo laboratório de Materiais do CEFET – PR. Nesse sentido, foi estabelecido que seriam realizadas: entrevistas com os administradores municipais, coleta de amostras no lixão municipal e, ao mesmo tempo, pesquisa de campo, com visitas *in loco*. A coleta das amostras e as entrevistas foram realizadas em julho de 2004.

Ressalta-se que o presente estudo é o início de uma série de outros os quais serão elaborados com a mesma finalidade e para futuro dimensionamento do aterro municipal. No final do trabalho são apresentados os resultados obtidos nos diversos estudos, possibilitando a obtenção de comparações.

A pesquisa foi realizada com o objetivo de conhecer a composição qualitativa e quantitativa dos resíduos sólidos coletados pela prefeitura do

município de Pato Branco e baseou-se nas instruções técnicas estabelecidas pela NBR n. 10.007 – Amostragem dos Resíduos – Procedimentos.

A composição física do lixo foi determinada por análise laboratorial, de acordo com normas da ABNT. A composição qualitativa dos resíduos sólidos foi obtida pela determinação de sua composição porcentual em peso de cada tipo de material encontrado no lixo triado, segundo o método de quarteamento.

Para o desenvolvimento do trabalho foi realizada uma série de estudos preliminares, com o levantamento de informações sobre o município, sua população e sistema de limpeza urbana. Procedeu-se também à caracterização do resíduo municipal e da área do lixão, sendo definidas, então, as etapas do trabalho.

O trabalho foi composto de três grandes etapas, a saber:

- Retirada de amostra do lixo no Lixão Municipal para o levantamento da composição gravimétrica.
- Entrevistas na prefeitura e nos estabelecimentos de coleta de material

reciclável com vista a conhecer informações sobre a separação de material reciclável e quantidades.

- Compilação de dados, conclusões e elaboração de relatórios.

Locais disponibilizados para os trabalhos de amostragem

A execução da pesagem, descarga, homogeneização e amostragem dos resíduos sólidos estudados, foi realizada diretamente no lixão da cidade de Pato Branco. Já a separação das amostras recomendadas pela metodologia adotada ocorreu no campus do CEFET de Pato Branco, PR, que possui uma área adequada para o processamento da separação das amostras e equipamentos necessários para aferição dos resíduos coletados (balança) e para destinação dos resíduos já triados, caracterizados e amostrados.

Antes de coletar as quatro amostras, a equipe de triagem, formada pelos alunos do curso de Tecnologia em Construção Civil do CEFET-PR, devidamente equipados com EPI's (Figura 1), rasgaram os sacos de lixo e misturaram seu conteúdo, formando uma massa homogênea.

Coleta de dados

As entrevistas foram efetuadas com os administradores municipais das secretarias envolvidas com a gestão dos resíduos sólidos, quais sejam: Secretaria Municipal da Agricultura e Meio Ambiente e Secretaria de Manutenção e Limpeza, visando à complementação das informações necessárias à elaboração da análise comparativa.

Em Pato Branco, o serviço de limpeza pública coleta 30.000 kg por dia, totalizando 150 toneladas de lixo por semana, segundo o chefe da divisão de manutenção e limpeza da prefeitura. Para a coleta e transporte desse material a prefeitura conta com 18 funcionários, quatro caminhões, perfazendo seis rotas diárias, quatro diurnas e duas noturnas, tendo como destinação final dos resíduos o lixão da cidade localizado na BR 158, próximo ao trevo da Cattani, conforme Figura 2.

Quarteamento

Foi realizada uma coleta de amostras e o processo utilizado para determinar a composição física foi o quarteamento (NBR n. 10.007 – Amostragem de



Figura 1 – Equipe de alunos do CEFET-PR na triagem dos resíduos, com os devidos EPI's
Créditos: Autores



Figura 2 – Lixão da cidade de Pato Branco, PR, na BR 158
Créditos: Autores

Resíduos – Procedimentos). O processo foi realizado em três etapas:

Primeira etapa

Ao final do dia, quando todos os caminhões coletores efetuaram a descarga no lixão de Pato Branco, foi realizada a mistura do material depositado para uma pré-homogeneização, sendo feita a divisão da área em quatro setores distintos da pilha homogeneizada, conforme Figura 3. Em cada um desses setores foi recolhida uma amostra de lixo,

transferida para um tambor (com taras conhecidas), de aproximadamente 200 (duzentos) litros de capacidade. Essas quatro amostras foram transportadas até o CEFET – PR, onde foram misturadas novamente com o auxílio de pás e enxadas, para uma homogeneização da amostra.

A fração de resíduos homogeneizada foi dividida em quatro partes, selecionando duas das quatro resultantes (sempre quartos opostos), as quais foram novamente misturadas e homogeneizadas;

Segunda etapa

Da mistura resultante da etapa 01 foram cheios dois tambores de 200 (duzentos) litros, sendo o restante descartado.

Esses tambores escolhidos foram novamente quarteados, passando o material dos dois tambores de 200 litros para quatro tambores de 100 litros, os quais foram pesados na balança de precisão, previamente aferida, da qual, novamente, descartou-se dois tambores.

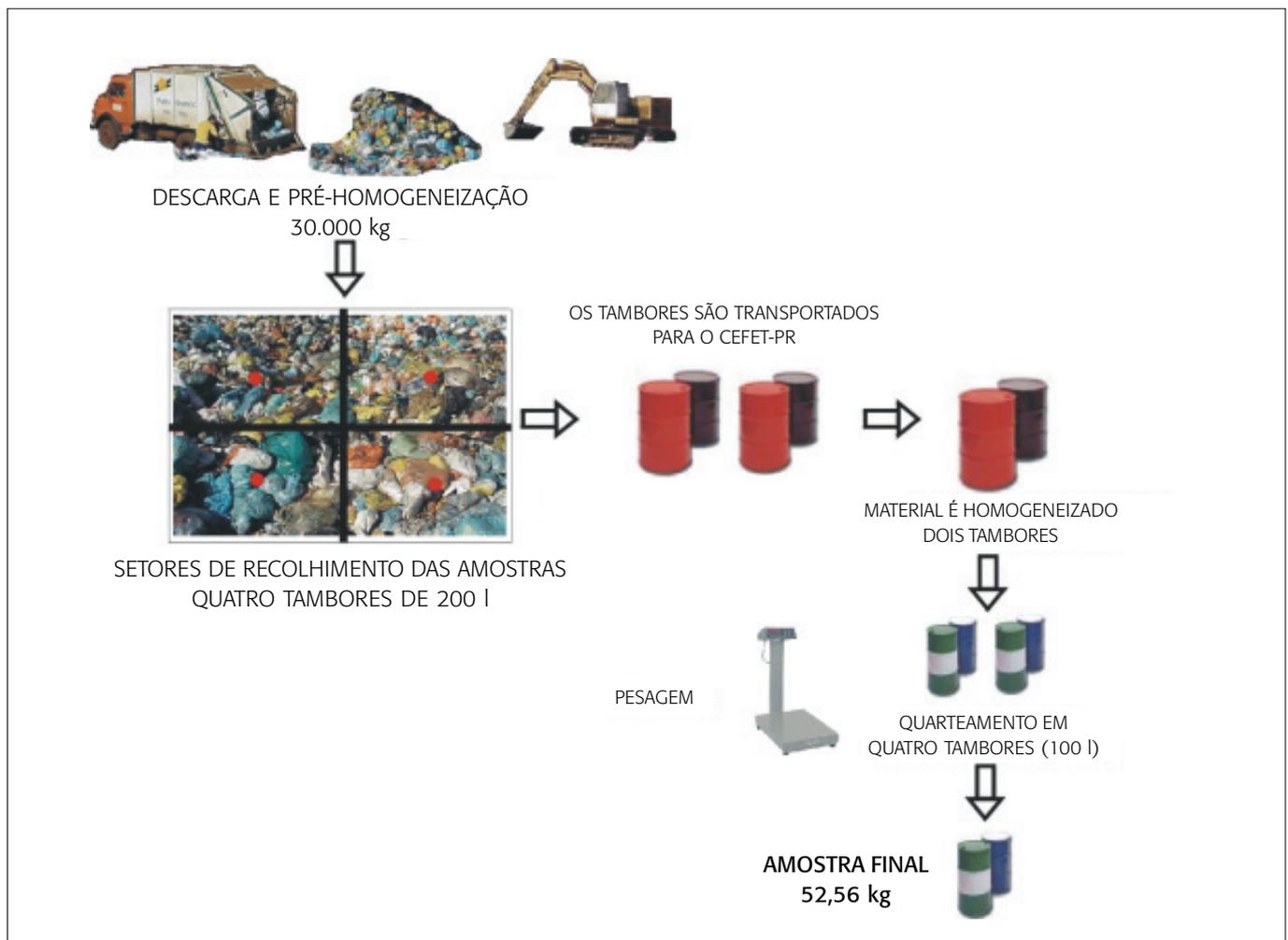


Figura 3 – Etapas do quarteamento realizado para determinação da amostra final
Créditos: Autores

Terceira etapa

As amostras dos dois tambores restantes de 100 (cem) litros resultaram em um peso total de 52,56 kg de resíduos, passando, então, à classificação destes.

Os dois tambores tiveram seus conteúdos esvaziados sobre uma lona estendida no chão, em área plana, em que ocorreu a triagem dos resíduos sólidos, separando-os em diferentes recipientes, conforme Figura 4.

Na separação de cada componente desejado do lixo, foi classificado como "rejeitos" qualquer material encontrado que não pudesse ser comercializado, conforme listagem de componentes pré-selecionados.

Para a amostra de 200 litros obtida, fez-se a segregação dos componentes presentes nas categorias: matéria orgânica, plástico filme, papel/papelão, vidro, alumínio, aço/ferro,

têxteis, embalagens pet, plástico rígido, embalagens longa vida, material farmacêutico e rejeitos/diversos.

Cada material foi pesado separadamente para obtenção de sua fração gravimétrica porcentual, na composição do lixo amostrado. Após a pesagem parcial de cada um dos tambores, todo material foi descartado e transportado de volta para o lixão.

Análise quantitativa (análise gravimétrica)

Antes de qualquer iniciativa, no sentido de equacionar as variáveis envolvidas no estudo do lixo, é primordial que se tenha uma idéia precisa de sua composição, tanto qualitativa quanto quantitativa.

Das características encontradas nos resíduos sólidos estudados, a mais importante é a física, uma vez que sem o seu conhecimento é praticamente

impossível efetuar-se a gestão adequada dos serviços de limpeza urbana.

A determinação da composição física serve para mostrar, entre outras, as potencialidades econômicas dos resíduos sólidos urbanos e avaliar todos os tipos de material reciclável, obtendo, dessa forma, um perfil dos resíduos.

A composição gravimétrica traduz o porcentual de cada componente em relação ao peso total da amostra de lixo analisada, definindo, portanto, a composição do lixo.

O cálculo da gravimetria por meio da massa das amostras foi utilizado para determinar a composição média porcentual de cada componente presente nos resíduos sólidos coletados pelo município de Pato Branco. Ao final do processo, obteve-se o porcentual de cada componente em relação ao peso total dos resíduos estudados, como mostra a Tabela 1.



Figura 4 – Triagem dos resíduos para posterior pesagem
Créditos: Autores

Componentes	Peso (kg)	Porcentual (%)
Matéria Orgânica	26,10	49,65%
Papel / Papelão	8,80	16,74%
Alumínio	0,096	0,18%
Aço	0,90	1,71%
Plástico Filme	4,85	9,23%
Embalagens Pet	0,75	1,43%
Plástico Rígido	1,60	3,04%
Vidro	0,70	1,33%
Têxteis	0,24	0,46%
Embalagens Longa Vida	0,38	0,71%
Diversos	7,30	13,89%
Material Farmacêutico	0,85	1,62%
Total	52,56	100%

Tabela 1 – Porcentual em peso dos resíduos sólidos estudados em Pato Branco, PR (agosto de 2004)
Créditos: Autores

Sabendo-se o volume de lixo coletado e seu peso, é possível encontrar o peso específico da amostra. O peso específico do lixo tem uma íntima ligação com sua composição qualitativa e quantitativa, e varia de acordo com os mesmos parâmetros que interferem nessa composição.

Para Bezerra (2000), o peso específico do lixo, em média, no Brasil, varia de 200 a 500 kg/m³.

Como a amostra estudada tinha um peso de 52,56 kg e um volume de 200 litros, encontrou-se um peso específico de 262,815 kg/m³.

CÁLCULO DA GERAÇÃO PER CAPITA

A geração *per capita* relaciona a quantidade de resíduos urbanos

gerada diariamente e o número de habitantes de determinada região. Segundo Obladen (2004), muitos técnicos consideram de 0,4 a 0,7 kg/hab/dia como a faixa de variação média para o Brasil, podendo, conforme Bezerra (2000), chegar em até 2,5 kg/hab/dia, dependendo de aspectos intrínsecos de uma sociedade, tais como: hábitos e padrão de vida, períodos econômicos, clima e estações do ano.

No estudo, a geração *per capita* de resíduos urbanos de Pato Branco foi encontrada utilizando os dados expostos na Tabela 2. Primeiramente, mediu-se o volume de lixo encaminhado ao aterro, ao longo de um dia inteiro de trabalho, sendo, então, calculado o peso total do lixo aterrado, aplicando o valor do peso específico determinado anteriormente. Considerou-se como

100% o percentual da população atendida pelo serviço de coleta.

Encontrou-se, finalmente, a taxa de geração *per capita*, dividindo-se o peso do lixo pela população atendida.

COMERCIALIZAÇÃO DOS RESÍDUOS REICLÁVEIS

Na cidade de Pato Branco existe um incipiente comércio de material reciclado, desenvolvido por catadores e carrinheiros, atividade com pouca evolução, pois não existe uma política nessa área, por parte da prefeitura, a incentivar a prática da reciclagem, mesmo existindo no estado do Paraná uma política de resíduos sólidos, no Programa Desperdício Zero desde 2003 e vários programas nacionais vinculados ao Ministério das Cidades e a Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA.

Os catadores percorrem as ruas com carrinhos coletando papéis, alumínio, vidro, plástico e aço, com pouca organização e sem orientação por parte dos órgãos responsáveis pelo meio ambiente, que poderiam auxiliá-los definindo rotas a percorrer, incentivando a população para separação do lixo e definindo pontos na cidade para esvaziamento dos carrinhos, ao final de cada rota, permitindo, assim, coletar um maior volume.

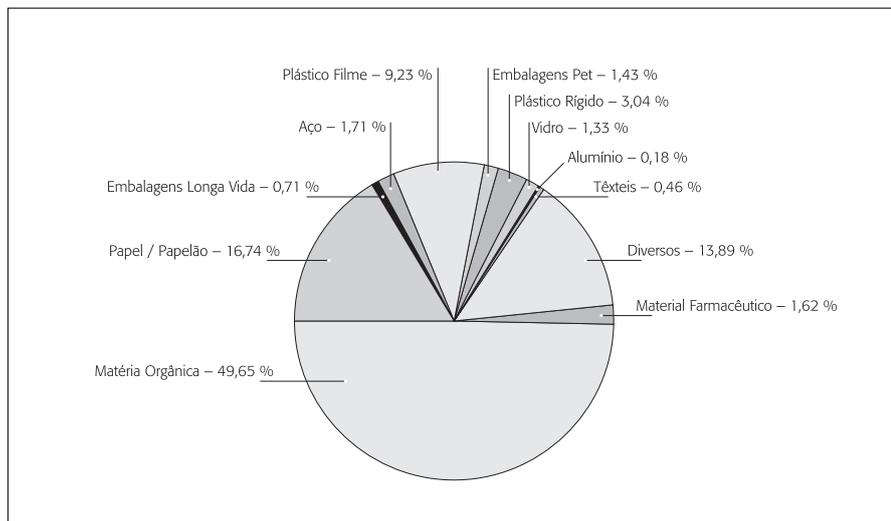


Gráfico 1 – Resumo da composição porcentual dos RSUs de Pato Branco, PR
Créditos: Autores

ano	população (hab)	<i>per capita</i> (kgxhabxdia)	população atendida (%)	pesos		volume	
				kg/dia	peso específico p = 262,815 Kg/m ³	(m ³ /dia)	(m ³ /ano)
2004	62.234	0,482	100	30.000,000		114,149	41.664,289

Tabela 2: Volume de lixo produzido no município de Pato Branco, PR, em 2004
Créditos: Autores



Figura 5 – Estabelecimentos que comercializam material reciclado em Pato Branco, PR
Créditos: Autores



Figura 6 – Chorume em contato direto com o solo no lixão
Créditos: Autores



Figura 7 – Tentativa de contenção do chorume produzido no lixão de Pato Branco, PR, para não alcançar rio próximo
Créditos: Autores

No município existem apenas quatro pequenos estabelecimentos (Figura 5), muitas vezes localizados em áreas impróprias para essa atividade ou trabalhando de forma clandestina, com pouca infra-estrutura, praticando um comércio irregular.

Em visita a esses estabelecimentos e mediante entrevistas de seus responsáveis, foram obtidos os dados da Tabela 3 que mostram os tipos de resíduos que são reciclados e o valor de comercialização.

APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A situação da destinação final dos resíduos urbanos coletados no município de Pato Branco pode ser reproduzida em outros municípios brasileiros, que possuam características semelhantes, ou seja: apresentar um acelerado processo de urbanização, com fluxo migratório acentuado, gerando graves impactos ambientais.

De acordo com os dados levantados, o serviço de limpeza pública coleta 30.000 kg por dia, totalizando 150 toneladas de lixo por semana, tendo como destinação final desses resíduos o lixão localizado na BR 158, próximo ao trevo da Cattani.

Conforme observado, o local em que estão sendo dispostos os resíduos coletados no município de Pato Branco é totalmente inadequado, por falta de planejamento ou de infra-estrutura, causando grandes degradações ao meio ambiente.

A falta de um sistema de impermeabilização e drenagens dos líquidos percolados (chorume) está contaminando o solo (Figura 6), bem como os cursos de água próximos ao lixão (Figura 7).

Além da poluição visual, do solo e das águas, percebidas pela simples visita ao lixão, a geração de gases do material em decomposição está causando mau cheiro nas áreas vizinhas.

A separação do material reciclável dos resíduos reverteria em ganhos financeiros para o município e para a população, uma vez que aumentaria sua arrecadação com a comercialização dos mesmos, podendo gerar valores de aproximadamente R\$ 45.036,60 (quarenta e cinco mil trinta e seis reais e sessenta centavos) mensais, conforme

levantamento realizado (Tabela 4), o qual poderia ser revertido em contratação de pessoal para trabalhar no processo de separação e comercialização dos resíduos reciclados.

Utilizando os dados fornecidos pela prefeitura, chega-se à conclusão: no ano de 2004 foi coletado e lançado no lixão um volume total de 41.664,285 m³ de resíduos sólidos. Entretanto, se fosse feita a separação desses resíduos antes de chegar ao lixão, sendo lançados apenas a matéria orgânica e os rejeitos, o volume total se reduziria para

Componentes	Peso (kg/mês)	Valor de Comercialização (R\$)	Valor Comercializado (R\$)
Papel / Papelão	97.600	0,20	19.520,00
Alumínio	1.950	2,50	4.875,00
Plásticos	30.800	0,25	7.700,00
Vídeos	5.000	0,02	100,00
Aço (Sucata)	47.000	0,15	7.050,00
Total	182.350		39.245,00

Tabela 3 – Materiais comercializados nos estabelecimentos de Pato Branco, PR (agosto de 2004)
Créditos: Autores

Componentes	Peso (kg/mês)	Valor de Comercialização (R\$/kg)	Valor Gerado (R\$)
Papel / Papelão	100.440,00	0,20	20.088,00
Alumínio	1.080,00	2,50	2.700,00
Plásticos	82.200,00	0,25	20.550,00
Vídeos	7.980,00	0,02	159,60
Aço (Sucata)	10.260,00	0,15	1.539,00
Total			45.036,60

Tabela 4 – Tabela demonstrativa do valor gerado, se fosse feita a comercialização dos recicláveis depositados no lixão (agosto de 2004)
Créditos: Autores

17.408,675 m³ ao ano, ou seja, menos de 42% do total sem a separação.

A partir dos resultados obtidos é possível encontrar o volume de resíduos lançados no lixão sem e com reciclagem, conforme Tabela 5, levando em conta que o município de Pato Branco possui uma população de 62.234 habitantes, produzindo 30.000 kg de lixo por dia, chegando a uma produção total *per capita* de 0,4821 kg / hab x dia (considerando que toda a população fosse atendida pela coleta de lixo).

Uma vez não sendo feita a separação entre os resíduos recicláveis e a matéria orgânica dos resíduos sólidos urbanos, o volume de material depositado no lixão aumenta consideravelmente, reduzindo a vida útil do local de disposição.

Dessa forma o poder público municipal, quando da implantação do aterro, adquirindo uma área maior, por conseqüência, terá maiores gastos ou reduzirá a vida útil de um futuro aterro sanitário.

Baseando-se no que foi levantado e supondo que na cidade de Pato Branco fosse construído um aterro sanitário com capacidade para 1.000.000 m³, e considerando o fator de compactação dos resíduos sólidos depositados no aterro igual a 1:3, que, conforme Obladen (2004), pode variar de duas a cinco vezes, dependendo do tipo de equipamento utilizado, teríamos: no ano de 2004 os resíduos lançados, sem reciclagem, ocupariam 1,39% da capacidade do aterro contra 0,58%, se existisse um programa de reciclagem. Nota-se, assim, que com a realização da reciclagem a vida útil do aterro é dobrada. Isso nos mostra que, com menos material sendo lançado, pode-se aumentar a vida útil do aterro ou diminuir suas dimensões, trazendo os inúmeros benefícios já citados.

SEM RECICLAGEM				peso específico = 262,815 kg/m ³			
ano	população (hab.)	<i>per capita</i> (kgxhabxdia)	população atendida (%)	peso		volume	
				kg/dia	kg/ano	(m ³ /dia)	(m ³ /ano)
2004	62.234	0,482	100	30.000,000	10.950.000,000	114,149	41.664,289
COM RECICLAGEM (MATÉRIA ORGÂNICA + REJEITOS)				peso específico = 629,00 kg/m ³			
ano	população (hab.)	<i>per capita</i> (kgxhabxdia)	população atendida (%)	peso		volume	
				kg/dia	kg/ano	(m ³ /dia)	(m ³ /ano)
2004	62.234	0,482	100	30.000,000	10.950.000,000	47,695	17.408,585

Tabela 5 – Volume de resíduos lançados no lixão sem e com reciclagem
Créditos: Autores

Como se pode observar, processos como a reciclagem são fundamentais, nos dias de hoje, uma vez que, além de reduzir o lixo, atuam nos processos produtivos, economizando energia, água, matéria-prima e reduzindo a poluição do ar, da água e do solo.

CONCLUSÕES

A incorreta destinação final de resíduos sólidos apresenta-se tanto nas grandes como nas pequenas cidades, implicando a ocorrência de problemas sociais, sanitários e de poluição do meio.

O município de Pato Branco, inserido nesse contexto, necessita de um amplo estudo de planejamento da disposição dos resíduos sólidos coletados pela municipalidade, que considerem a reciclagem e a reutilização dos resíduos.

Projetos que contemplem sistemas de gestão integrada de resíduos sólidos no município devem ser estimulados, objetivando a redução de custos e a incorporação de esquemas factíveis de operação e manutenção, dando tratamento e disposição final dos resíduos sólidos de forma ambientalmente segura.

O sistema de limpeza urbana da cidade deve ser institucionalizado segundo um modelo de gestão que, tanto quanto possível, seja capaz de promover a sustentabilidade econômica das operações, preservando o meio ambiente e a qualidade de vida da população, contribuindo, dessa forma, para a solução dos aspectos sociais envolvidos com a questão.

É fundamental a participação da sociedade nas questões relacionadas à disposição final dos resíduos sólidos, passando por um processo de educação ambiental e campanhas de esclarecimento, ou seja, todos devem aprender e entender a importância da preservação do meio ambiente para uma saudável vida em sociedade.

Pelos dados apresentados neste trabalho, torna-se visível que a questão do tratamento de lixo, de sua coleta até a reciclagem dos resíduos sólidos e seu aproveitamento, é de extrema importância, encontrando-se, assim, uma maneira de manter o meio ambiente saudável, proporcionando a inclusão social e o resgate da cidadania, possibilitando a geração de trabalho e renda.

A partir deste trabalho poderão ser realizadas novas medições na composição dos resíduos gerados pelo município, nos próximos anos, para se saber se existe uma tendência de diminuição ou aumento do porcentual de matéria orgânica.

Assim, espera-se que esta pesquisa sirva como subsídio aos administradores públicos na implantação de políticas e programas em relação à gestão dos resíduos sólidos urbanos, não só para a área desse estudo de caso, mas também para outros municípios, uma vez que a situação apresentada na cidade de Pato Branco, PR, pode ser verificada em outros municípios.

BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA de Normas Técnicas – ABNT. *NBR n. 10.004, Resíduos sólidos: Classificação*. Rio de Janeiro: ABNT, maio 2004.

_____. *NBR n. 10.007, Amostragem de Resíduos: Procedimento*. Rio de Janeiro: ABNT, set. 1987.

AZEVEDO, N. J. M. *Manual de saneamento de cidades e edificações*. São Paulo: Editora Pini, 1991.

BEZERRA, L. A. H. *Saneamento do meio. Manual de saúde e segurança do trabalho*. Florianópolis: Mestra, 2000.

CUNHA, M. A.; CONSONI, A. J. *Os estudos do meio físico na disposição de resíduos*. Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente. São Paulo: ABGE / IPT, 1995.

INSTITUTO BRASILEIRO de Geografia e Estatística – IBGE. *Pesquisa nacional de saneamento básico 2000*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/27032002pnsb.shtml>>. Acesso em: 15 dez. 2004.

_____. *Censo 2000*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php>>. Acesso em: 8 fev. 2005.

MONTEIRO, J. H. P. et al. *Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos*. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

OBLADEN, N. L. *Curso de aterro sanitário para resíduos sólidos urbanos*. Maringá: Centralcon, 2004.

STECH, P. J. *Resíduos sólidos: Caracterização, resíduos sólidos domésticos: Tratamento e disposição final*. São Paulo: Cetesb, 1990.

A VISÃO DO CERRADO ANTES E APÓS UMA VISITA AO CAMPO: UMA EXPERIÊNCIA SOBRE AVALIAÇÃO DE UMA ATIVIDADE EM UMA TRILHA INTERPRETATIVA

Ângela Terumi Fushita

Mestranda do Programa de Ecologia e Recursos
Naturais / PPGERN/UFSCar.
fushita@iris.ufscar.br

Maria Inês Salgueiro Lima

Professora Doutora do Departamento de Botânica –
UFSCar.
inês@power.ufscar.br

RESUMO

Este estudo investiga os conceitos prévios de estudantes da 6ª série do ensino fundamental a respeito de dois tipos de vegetação, o cerrado e a mata galeria, e compara os mesmos após uma visita ao campo. A partir de questionários, desenhos e entrevistas, antes e depois da atividade, foram feitas comparações quantitativas e qualitativas. Os conceitos que os estudantes tinham sobre cerrado e mata galeria antes da visita eram equivocados ou expressaram elementos os quais não caracterizam estes ambientes. A comparação dos dados antes e depois mostrou que, após a visita ao campo, houve um maior detalhamento dos componentes bióticos do cerrado e um aumento considerável no número de elementos representados.

PALAVRAS-CHAVE

Avaliação, trabalho de campo, cerrado, mata galeria.

ABSTRACT

This paper examines the previous concepts that a group of students of elementary school have about the concept of savanna and riparian forest and compares with the same after a visit in a track. We applied questions, drawings, interviews before and after the visit. We did quality qualitative and quantitative comparisons. We observed that student's ideas about savanna and riparian forest before visit were quibbled or expressed elements that do not characterize the environment. The outputs confront of the visitor concepts before and after the field visit shows more details and a considerable increase of the represented elements.

KEY WORDS

Valuation, field work, savanna, riparian forest.

RESUMEN

El presente proyecto investiga los conceptos previos de los estudiantes del 6º año de la enseñanza fundamental con respecto a dos tipos de vegetación, la sabana y lo bosque de galería, comparando los mismos después de una visita al campo. A partir de cuestionarios, dibujos y entrevistas, antes y después de la actividad se hicieron comparaciones cualitativas y cuantitativas. Los conceptos que los estudiantes tenían al respecto de la sabana y lo bosque de galería antes de la visita eran equivocados o expresaban elementos que no caracterizan estos ambientes. La comparación de los datos antes y después mostró que después de la visita al campo hubo una mayor delineación de los componentes bióticos de la sabana y un aumento considerable del número de elementos representados.

PALABRAS LLAVES

Evaluación, trabajo de campo, sabana, bosque de galería.

INTRODUÇÃO

Os trabalhos realizados em educação ambiental pretendem formar um pensamento crítico, reflexivo, capaz de analisar as complexas relações da realidade natural e social, para atuar no ambiente dentro de uma perspectiva global, mas ao mesmo tempo diferenciada pelas condições locais (SATO, 1997). No Brasil, grande parte dos programas de educação ambiental realiza visitas em parques ecológicos e reservas naturais, porém isso pode levar à idéia de ambiente como alguma coisa naturalizada (GRÜN, 2005), enquanto uma idéia de ambiente como “local onde vivemos” é mais abrangente.

Esses programas podem tornar as pessoas mais sensíveis às questões ambientais e ao entendimento da necessidade de conservar as áreas naturais (TREWHELLA et al, 2005). O desafio atual é formular uma educação ambiental crítica e inovadora, tanto no formal quanto no não-formal, e que se situe em um contexto de educação para a cidadania (JACOBI, 1998). Ela não deve ser pensada como uma nova disciplina específica, muito menos confinada a alguma das disciplinas já existentes; deve resultar de uma reorientação e articulação de diversas disciplinas e experiências educativas as quais facilitem a visão integrada do meio ambiente.

Para tanto, é necessário reflexões sobre os trabalhos desenvolvidos para o aprimoramento dos recursos e ferramentas utilizados em educação ambiental, que não pode ser avaliada de maneira tradicional nem julgada a partir de um único ponto de vista, auxiliando a identificar o significado do aprendizado (DEPRESBITERIS, 2001). A avaliação deve permitir a compreensão e a reflexão, ampliando a produção de conhecimentos sobre os programas de

educação ambiental (TOMAZELLO; FERREIRA, 2001).

Segundo Tomazello e Ferreira op. cit., é difícil avaliar e analisar as repercussões de atividades de educação ambiental devido à abrangência dos temas e dos objetivos, unido-se ao fato que as mudanças de atitudes individuais não podem ser avaliadas diretamente. Já Trewhella et al (2005) relatam que essas atividades são difíceis de medir e avaliar por causa de diferentes circunstâncias em cada grupo. Assim, os resultados e impactos de programas de educação ambiental e suas contribuições devem ser avaliadas em várias formas, incluindo questionários, entrevistas e observações diretas. Nesse sentido, a investigação da percepção ambiental vem sendo uma ferramenta estratégica para monitorar mudanças de atitudes (SANTOS et al, 2000), possibilitando uma melhor compreensão da inter-relação entre o homem e o ambiente, suas expectativas, satisfações e insatisfações, julgamentos e condutas.

O presente estudo visa examinar as idéias que um grupo de alunos da 6ª série do ensino fundamental têm a respeito do conceito de cerrado e de mata galeria, e compará-las com as que passaram a expressar após uma visita monitorada a uma trilha interpretativa utilizada como ferramenta para um programa de educação ambiental.

Neste trabalho partimos da premissa que após experiência de uma visita ao cerrado, os estudantes do ensino fundamental teriam a percepção de um número variado de aspectos deste ambiente. Para testar essa hipótese procurou-se avaliar, a partir de diversos instrumentos, em que medida essa visita mudou sua percepção do ambiente e seus conceitos.

METODOLOGIA

O local de estudo

As visitas monitoradas foram realizadas na Trilha da Natureza da UFSCar, localizada em uma área de reserva no campus São Carlos da Universidade Federal de São Carlos (São Carlos – SP). Nessa trilha percorreu-se aproximadamente 2.000 metros, tendo como ponto de partida um antigo quiosque, construído para receber os grupos de visitantes; em seguida, visitaram-se áreas de cerrado e depois a mata galeria do córrego Fazzari, cuja nascente é represada formando o chamado “Lago Mayaca”.

Participantes

A partir de informações obtidas dos professores da rede estadual de ensino e de livros didáticos utilizados no ensino fundamental, escolheu-se a 6ª série para o desenvolvimento do trabalho, por serem nela estudados os assuntos ligados à botânica e zoologia.

Realizou-se o trabalho com as 6ª séries A e B do período matutino de uma escola estadual do município de São Carlos, ambas com aproximadamente 35 alunos os quais preencheram os seguintes requisitos: alunos que não tinham visitado a Trilha da Natureza da UFSCar nos últimos dois anos haviam freqüentado a escola no mesmo período e os quais tido o mesmo professor para a disciplina de ciências.

Instrumentos de pesquisa

Utilizaram-se dois questionários semi-estruturados, aplicados antes e depois da visita ao campo, um desenho, duas entrevistas e um diário de bordo.

No questionário aplicado antes da visita foram formuladas questões sobre o cerrado e a mata galeria, envolvendo a

definição e importância destes ambientes, além de informações pessoais (como nome, quanto tempo haviam residido na cidade de São Carlos, idade, série). Foi incluída também uma questão solicitando aos participantes que fizessem um desenho do que entendiam por cerrado, caracterizando as idéias que faziam da paisagem mencionada.

O questionário aplicado após a visita possuía o mesmo conteúdo do primeiro. O objetivo principal deste foi resgatar o que o aluno se lembrava do que foi observado na visita e das informações transmitidas.

As entrevistas, antes e após a visita, foram realizadas com auxílio de gravadores, individualmente e dirigidas segundo um roteiro o qual, além de dados pessoais básicos (nome, idade e série), solicitou-se a expressão de conceitos sobre o cerrado, se algum dia já haviam feito uma visita a este ambiente e, finalmente, que identificassem os elementos contidos no desenho.

O diário de bordo foi o instrumento utilizado para a descrição das atividades desenvolvidas, com anotações das impressões e percepções em relação ao comportamento dos alunos durante a visita, de características do ambiente em que se desenvolveu o trabalho, de situações que chamaram a atenção e de informações não-mensuráveis, como, por exemplo, as manifestações durante a atividade. Essas anotações, com os questionários e mapas mentais, foram um importante instrumento para a análise dos dados e discussão dos resultados.

Procedimentos

O trabalho de campo foi dividido em quatro fases:

1ª fase: Foi estabelecido um contato com o coordenador da escola e com o

professor de ciências das turmas trabalhadas, explicando o projeto e solicitando a participação da escola. As datas, horários, meio de transporte e outros aspectos envolvidos no desenvolvimento das atividades com os alunos (na escola e na universidade) foram programadas com o coordenador pedagógico da escola e o professor de ciências.

2ª fase: Com o auxílio de quatro monitores, foram aplicados o questionário e a entrevista na escola antes da visita à trilha. Na ocasião, foi esclarecido aos alunos a importância e necessidade desses instrumentos, informado em que consistia a atividade, e ressaltado que esta não fazia parte da avaliação bimestral do professor. Após o preenchimento do questionário, os alunos acompanharam um dos monitores para a entrevista. Durante a rápida apresentação do grupo e do projeto para as duas classes, foi tomado o cuidado de não citar o cerrado. As instruções sobre o questionário e a entrevista foram similares para as duas turmas.

3ª fase: As visitas à trilha da Natureza da UFSCar (São Carlos – SP) foram realizadas nos dias e horários combinados (entre duas e três semanas depois da atividade na escola). O roteiro das visitas foi o mesmo para os dois grupos de estudantes.

4ª fase: Aplicação do questionário e entrevista após visita à trilha, realizada na sala de aula teórica do Departamento de Botânica da UFSCar (São Carlos – SP) envolveu os mesmos procedimentos da segunda fase.

Desenvolvimento da visita

Durante as visitas os alunos observaram espécies vegetais e animais ou vestígios destes. Os temas trabalhados foram: a caracterização do cerrado; a necessidade de conservação

de ambientes naturais; a presença de animais (que pode ser percebida pelas pegadas, rastros, fezes, buracos); a questão das espécies exóticas existentes no ambiente e as ameaçadas de extinção e os impactos da presença humana. Foram abordadas, ainda, as diferenças entre os cupinzeiros e os formigueiros, as adaptações das plantas ao fogo, o processo de regeneração do cerrado e a importância das espécies vegetais e animais para o equilíbrio da natureza.

Após percorrerem o cerrado, os alunos foram à mata galeria, situada ao longo do córrego Fazzari. Este foi o local utilizado como ponto de partida para a abordagem de alguns assuntos explorados na visita, como a questão do vandalismo, do lixo que os seres humanos espalham por toda parte, da importância da preservação das nascentes, dos corpos d'água e dos ambientes naturais de um modo geral.

Análise de dados

Foram analisados os elementos representados nos desenhos, com os questionários e as entrevistas, fazendo a comparação quantitativa e qualitativa entre o "antes" e o "depois" da visita. A seguir, foram transcritos em uma ficha o conteúdo da entrevista, para cada aluno que participou de todas as fases, facilitando, assim, a identificação e a interpretação das representações do desenho. Essas fichas continham o nome, a série e a definição de cerrado e mata galeria antes e depois da visita.

As respostas foram separadas em duas categorias: componentes antrópicos (como trilha, estrada, construções) e componentes naturais (MAROTI, 1997). Os componentes naturais foram subdivididos em elementos biológicos (fauna, flora e demais grupos de seres vivos) e físicos (água, rio, sol, terra).

RESULTADOS

Concepções expressas antes da visita

Nessa primeira fase, entrevistamos 59 crianças (sendo 33 da 6ª série A e 26 da 6ª série B). Destas, 56% (33 alunos) disseram ter conhecimento do que é cerrado, seja por meio da televisão (sete alunos), nas aulas de ciências ou geografia (nove alunos) ou em alguma visita (quatro alunos), enquanto 44% (26 alunos) relataram nunca ter ouvido falar sobre o cerrado.

Houve grande variação nas respostas, quando se perguntou sobre o conceito de cerrado (Quadro 1). As mais frequentes associavam-no a floresta, "mato" e "mato seco". Algumas respostas chamaram a atenção para o desconhecimento do ambiente em questão, como, por exemplo, "é uma Mata destruída por máquinas", montanha gelada, apartamento, deserto. Treze participantes (22%) disseram não saber ou não lembrar. Pouco menos de 60% dos participantes associaram a palavra "cerrado" a um tipo de vegetação; 33% a elementos físicos (como rio, água, montanha) e a intervenção humana (associação com serraria, trilha); 7,22% a animais.

Em relação à vegetação foram obtidas 36 citações gerais, algumas delas repetidas, que foram divididas em oito grupos (vegetação, lugar repleto de árvores, plantas, mata, mato, mato seco, floresta, mata galeria) e 22 específicas em cinco tipos (flores, árvore com poucas folhas, pinheiro, mato amarelo com folha branca na ponta, árvore seca). Em relação à fauna, seis citações foram gerais (de um único tipo "animal") e uma citação específica (pássaro). Já citações de elementos físicos foram 26 de oito tipos (rios, terra, montanha, morro, deserto, apartamento, natureza, pedras) e os componentes antrópicos

Quadro 1 – Frequência dos componentes (antrópico e natural) do cerrado, citados pelos 26 participantes nos questionários e entrevistas

	Antes								Depois							
	Antrópica		Biológica					Total	Antrópica		Biológica					Total
			Vegetação		Animais						Vegetação		Animais			
			G	E	G	E	V				G	E	G	E	V	
1	1	-	1	-	-	-	-	2	-	-	2	1	1	-	-	4
2	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	3	-	1	-	-	4
3	-	1	2	-	-	-	-	3	-	-	1	2	-	-	-	3
4	1	1	-	1	-	-	-	3	1	-	-	2	-	-	-	3
5	-	-	1	2	-	-	-	3	1	-	1	-	-	-	-	2
6	-	1	1	-	1	-	-	3	-	2	-	-	-	-	-	2
7	-	1	1	-	-	-	-	2	1	1	1	2	-	-	-	5
8	1	2	1	-	-	-	-	4	-	2	1	3	1	-	-	7
9	-	1	-	1	-	-	-	2	-	2	1	1	-	-	-	4
10	-	-	1	1	-	-	-	2	-	1	-	2	-	-	-	3
11	-	3	1	-	1	-	-	5	-	-	1	3	1	-	-	5
12	-	1	-	1	-	-	-	2	-	1	1	2	-	-	-	4
13	1	1	-	1	1	-	-	4	1	1	-	1	1	-	-	4
14	-	2	1	1	1	-	-	5	-	-	-	2	-	-	-	2
15	1	-	-	1	-	-	-	2	-	-	-	2	1	-	-	3
16	-	1	1	2	-	-	-	4	-	1	1	3	1	-	-	6
17	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	1	2	-	-	-	3
18	-	1	-	-	-	-	-	1	-	1	-	1	-	-	-	2
19	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	2	-	-	-	2
20	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	1	-	-	-	1	2
21	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	1	2	-	-	-	3
22	-	-	1	1	-	-	-	2	-	-	-	1	-	-	-	1
23	1	1	1	-	1	-	-	4	1	-	-	2	1	-	-	4
24	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	1	1	-	-	-	2
25	1	-	-	-	-	-	-	1	-	2	1	1	1	-	-	5
26	-	2	-	1	1	-	-	4	-	-	-	3	1	-	-	4
	8	17	14	12	5	0	0	56	5	14	18	38	9	0	1	85

G = geral, E = específico e V = vestígios

tiveram seis citações, divididas em dois tipos (trilha e associação com serraria).

Em relação à mata galeria, 56% dos participantes (33 alunos) responderam não saber ou não ter conhecimento sobre o ambiente. Entre as demais respostas, as mais freqüentes foram "lugar com árvores" e "lugar com animais" (seis alunos ou 10,17% das definições dadas), e 54,24% das crianças disseram não saber a importância desse ambiente. Entre os que tentaram explicá-la, as respostas, em sua maioria, foram vagas. As mais freqüentes foram "manter o rio limpo", "importante para o homem, além da beleza, importância na renovação do ar e proteção do rio e de sua nascente".

Resultados durante e após a intervenção

As visitas foram realizadas nos dias 2 de novembro de 2002 (6ª série A) e 9 de novembro de 2002 (6ª série B), sendo quatro monitores a conduzirem os alunos pela trilha.

Para o preenchimento do questionário e entrevista, participaram 26 estudantes. Destes, dois responderam ao questionário inteiro com "não sei".

Após a visita, acrescentou-se a pergunta se o cerrado existe no município de São Carlos, tendo duas respostas negativas (não sei). Dois alunos não responderam à questão sobre a definição de cerrado por escrito (7,7%), mas o fizeram na entrevista e suas respostas foram computadas com aquelas obtidas na explicação do questionário. Os elementos biológicos apareceram com maior freqüência (79%) e os componentes antrópicos foram pouco citados, sendo os elementos da flora citados em maior número (86%), e destes, 20% são de caráter geral (como vegetação seca), 30% foram árvores, 10% flores e 8% mato.

Três alunos não responderam à questão sobre o conceito de mata galeria. As respostas mais freqüentes foram: "ambientes com muitas árvores" (11,1%), "ambiente mais fresco que o cerrado" (9,52%) e "mata nascendo em volta do rio", "ambiente úmido" e "rios" (6,35%).

Quanto à importância da mata galeria, a "proteção do rio" foi a resposta mais citada (31% dos participantes), seguida de "proteção ao fogo" (19%). Um percentual de 34,62 não respondeu a essa questão.

Comparação dos resultados

Por meio dos desenhos foram verificados alguns detalhes percebidos pelos alunos durante o percurso ou mesmo inclusões sobre seu imaginário (lobo guará, tatu, coruja, animais não vistos durante a visita). As Figuras 1 a 4 constituem uma amostra dos desenhos feitos por participantes antes e depois das visitas.

Foram verificadas mudanças na percepção que tinham dos dois ambientes. A Figura 5 compara a

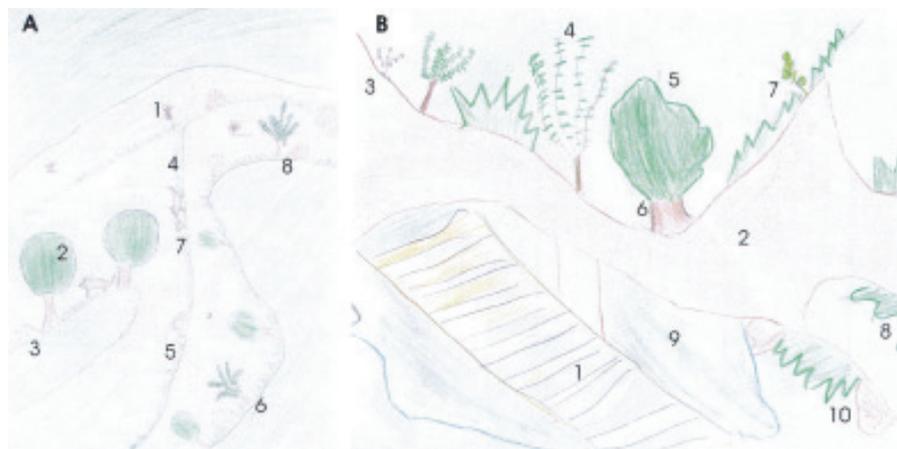


Figura 1
Representação do cerrado por meio de um desenho do aluno C. E. C. F., 13 anos, que já visitou a trilha. A – Antes da visita (1 - abacaxi, 2 - árvore, 3 - cupinzeiro, 4 - lobo guará, 5 - mato, 6 - pinheiro, 7 - fruta do lobo, 8 - coqueiro). B – Depois da visita (1 - mata ciliar, 2 - caminho, 3 - gabiroleira, 4 - árvores, 5 - árvore que solta a casca, 6 - casca da árvore, 7 - fruta do lobo, 8 - mato, 9 - rio e 10 - cupinzeiro)

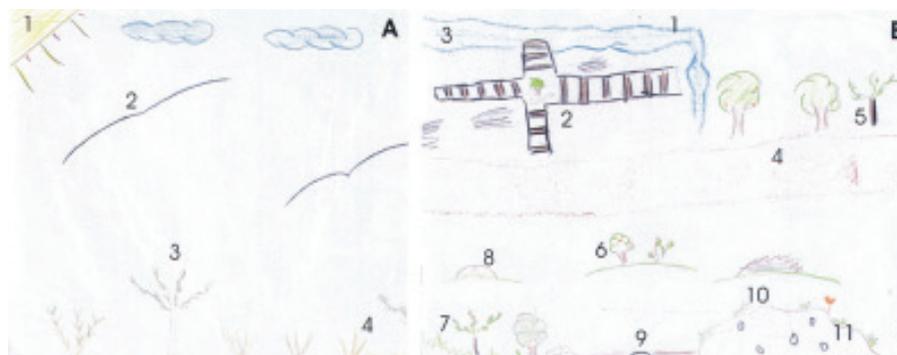


Figura 2
Desenho de G. R. A. S., 12 anos. A – Antes da visita (1 - sol bem forte, 2 - urubu, 3 - árvore e 4 - mato seco). B – Depois da visita (1 - parte molhada, 2 - mata ciliar, 3 - lago, 4 - parte seca, 5 - pau preto, 6 - árvores com frutinhas, 7 - árvores, 8 - cupinzeiro, 9 - buraco do tatu, 10 - mato e 11 - buraco da coruja)



Figura 3 – Desenho do aluno C. R. A., 14 anos. A – Antes da visita (1 - montanha, 2 - céu azul, 3 - árvore, 4 - mata, 5 - areia). B – Depois da visita (1 - árvore, 2 - árvore com folha grossa, 3 - pegada, 4 - flor amarela)

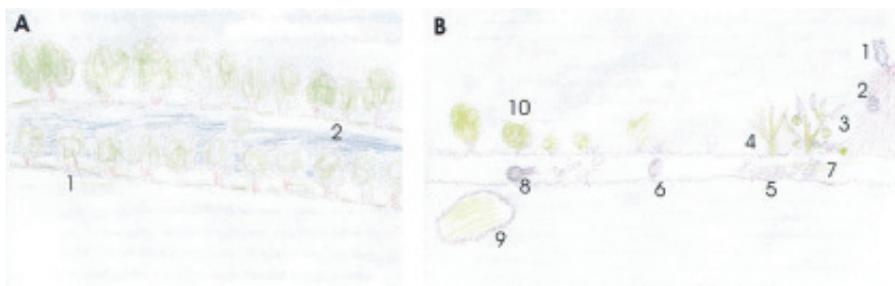


Figura 4 – Desenho do aluno T. H., 12 anos. A – Antes da visita (1 - árvores 2 - rio). B – depois da visita (1 - coruja, 2 - buraco da coruja, 3 - lobeira, 4 - mata, 5 - lobo, 6 - buraco do tatu, 7 - pegada do lobo, 8 - tatu, 9 - Lago Mayaca e 10 - mata em volta)

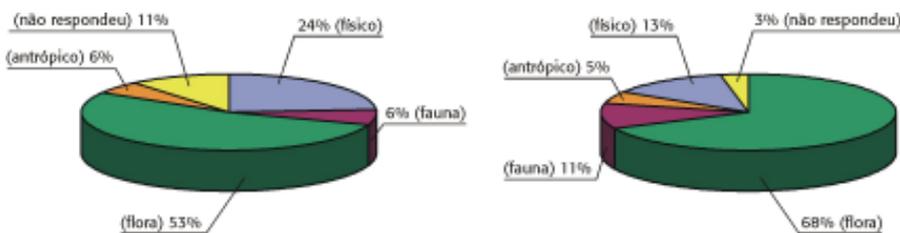
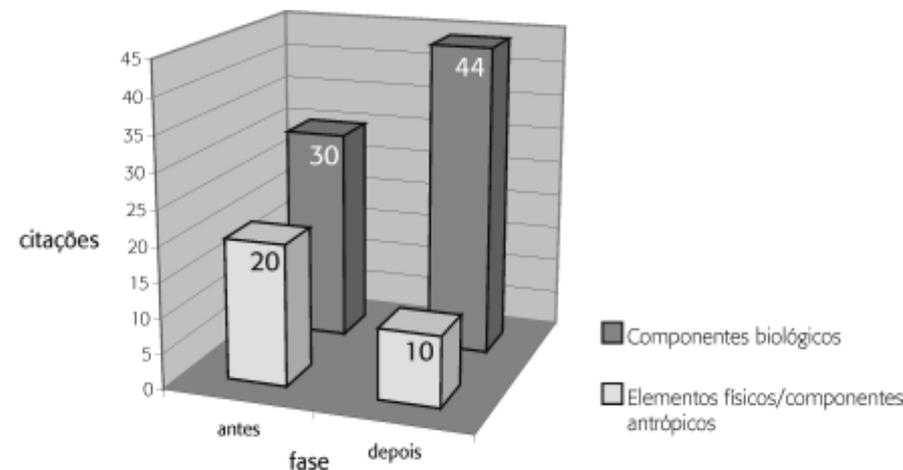


Figura 5 – Freqüência dos componentes naturais (elementos biológicos – fauna e flora, elementos físicos) e componentes antrópicos presentes na definição de cerrado antes (a) e depois da visita (b), considerando-se a análise do questionário e entrevista dos 26 alunos participantes de todas as etapas do trabalho



freqüência dos componentes naturais (divididos em elementos biológicos – fauna e flora, elementos físicos) e componentes antrópicos, antes e depois da visita.

Conceitos que não representam o cerrado, como serras/montanhas/morros, monte de pedras, entre outros que estavam presentes no questionário inicial, não foram citados depois da visita. Em contrapartida, alguns elementos como vestígios de animais e expressões de sentimento (gostoso, bonito) apareceram depois.

De modo geral, depois da visita houve aumento no número de elementos citados pelo aluno para a mata galeria (antes da visita a média era de 2,15 citações/pessoa e depois foi de 3,27 citações/pessoa). Seis alunos mantiveram o mesmo número de citações, e para quatro alunos houve redução, porém eles apresentaram informações mais precisas, como, por exemplo, árvore torta (Quadro 1).

Foi notada durante a análise dos desenhos uma redução de representações dos componentes antrópicos (estrada, trilha) e componentes naturais – ênfase nos elementos físicos (água, morro, montanha) e aumento do número de citações dos componentes naturais – ênfase nos elementos biológicos (Figura 6).

Figura 6 – Gráfico da Freqüência dos Componentes (Antrópico e naturais – Elemento biológico e físico) presentes nas representações simbólicas antes e depois, junto dos alunos de 6ª série do ensino fundamental

Entre os componentes naturais, os alunos enfatizaram os elementos biológicos/vegetação. Os mais freqüentes antes da visita foram árvores (59,26%), mato (14,81%), animais e partes das plantas, como folhas, caules, flores (7,4%). Depois da visita, alguns elementos não foram mencionados (cupinzeiro e mato seco); em contrapartida, outros surgiram (frutas, plantas e vestígios de animais). Árvore (46,51%), animais (4,65%) e mata (2,63%) tiveram um decréscimo, enquanto algumas partes da planta como flor, folha (11,63%) e mato (20,93%) foram mais citadas.

DISCUSSÃO GERAL E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Muitas idéias referidas pelos alunos nas atividades sobre o cerrado e mata galeria antes da visita eram equivocadas ou expressavam elementos que não caracterizavam o ambiente. Houve alguns progressos após a visita, e as concepções dos alunos sobre esses ambientes aproximaram-se mais da realidade.

Poucos alunos tinham o conceito de cerrado claramente formado, como pode ser verificado pelas citações antes da visita, como montanha, serra, apartamento (como referência ao local fechado) e a ausência deles no questionário após a visita. O mesmo foi observado nos desenhos, nos quais a presença de representações simbólicas "morro/montanha/serra" foi bastante pronunciada.

Essa dissociação da realidade pode ser devida à forma como o tema "cerrado" foi abordado em sala de aula, antes da visita. Alguns alunos afirmaram conhecer o cerrado por meio de reportagens na televisão. Apesar disso, eles apresentaram dificuldades em construir o conhecimento a partir de informações fornecidas pelo professor e pelo veículo de comunicação.

Segundo Tabanez (2000), é muito complicado para o aluno abstrair as informações teóricas ou recebidas pelo vídeo para o ambiente. No entanto, as relações entre os seres vivos observadas em um estudo do meio podem estimular o interesse dos alunos e facilitar esse processo.

São muitos os fatores que influem na construção do conhecimento na criança, entre os quais a mídia eletrônica, que desempenha um papel decisivo na formação do universo de conhecimentos dela (BRASIL, 1997). Os jovens reparam sua existência entre a escola e a TV, dedicando uma mínima parte do tempo a viver experiências de contato direto com seu meio circundante (CAÑAL et al, 1986).

O cerrado tem sido um tema constantemente abordado em reportagens na televisão. No entanto, o grupo de alunos analisado pareceu não ter lhes dado atenção.

Embora, algumas vezes, abordem os assuntos de forma superficial ou equivocada, o rádio, a televisão, os textos disponíveis na internet e a imprensa em geral contribuem com uma grande quantidade de informações sobre os ambientes naturais, estando acessíveis para a maioria das crianças e suas famílias. Entretanto, as informações recebidas são efêmeras e logo esquecidas.

Ao mesmo tempo, são propostos e estimulados valores insustentáveis de consumismo, desperdício, violência, egoísmo, desrespeito, preconceito, irresponsabilidade e tantos outros (BRASIL, 1997), principalmente nos intervalos comerciais.

Em relação aos livros didáticos, análise feita por Bizerril (2003) mostra que não se revelaram adequados como fonte inspiradora de práticas educativas sobre o cerrado, pois trazem poucas informações sobre o bioma e não

induzem no estudante atitudes positivas em relação a ele.

Nos livros didáticos a abordagem dos biomas brasileiros varia muito de um material para o outro. Em alguns casos, a palavra "cerrado" simplesmente não é citada e em outros aparece em mapas pouco atualizados que contemplam todos os ecossistemas brasileiros.

Nos casos nos quais o ambiente é apresentado por meio de fotos, sobressaem as paisagens do cerrado, típicas da época seca, mostrando árvores com poucas folhas, sem falar de informações preconceituosas e equivocadas, muitas vezes encontradas. Os autores dos livros, ao abordarem as atividades agropecuárias na região, tendem a destacar a produtividade e os aspectos positivos do crescimento econômico, havendo poucas menções a impactos negativos da agropecuária e das políticas de desenvolvimento nas regiões originalmente ocupadas pelos cerrados (BIZERRIL, 2003).

Os resultados deste trabalho indicam que a mata galeria é igualmente desconhecida, apesar dos esforços por parte da prefeitura municipal e da escola para tornar este ambiente mais familiar. Algumas dessas tentativas foram realizadas por meio de trabalhos sobre o tema e um concurso de redação promovido por uma emissora de televisão local sobre a mata galeria, mobilizando a escola e o município e, mesmo tendo sido restrito aos alunos da 8ª série, tiveram suas atividades amplamente divulgadas.

Casos isolados, como a representação do cupinzeiro, do lobo guará, do abacaxi, da fruta do lobo, no mapa mental antes da visita, podem ser interpretados como algo que realmente teve valor na construção do conceito "cerrado" pelo aluno em questão, visto que este já havia visitado a trilha da natureza algumas vezes (na 4ª e 5ª séries).

Apesar dos esforços da equipe em evitar turmas as quais já haviam visitado o ambiente fossem alvo do trabalho, como estas eram formadas por alunos provenientes de várias escolas, esse fato acabou ocorrendo. No entanto, isso indica que uma única visita pode produzir resultados pouco satisfatórios, mas que diversas visitas ao campo seriam muito importantes para que o ambiente natural fosse se tornando cada vez mais familiar aos estudantes.

A análise conjunta dos dados de questionário, dos desenhos e das entrevistas, mostra que citações como “vegetação seca”, “mato seco” referindo-se ao cerrado antes da visita devem-se, provavelmente, à associação às queimadas que ocorrem freqüentemente no cerrado.

Após a visita, foi verificado que alguns alunos, embora sem ter claro o conceito de mata galeria, associaram o ambiente a sentimentos, mostrando um envolvimento emocional com este tipo de vegetação. Foram bastante freqüentes as respostas descrevendo a mata galeria como “ambiente mais fresco”, “ambiente gostoso”. Essas manifestações, embora pareçam muito superficiais, podem ser relevantes. Segundo Brasil (1997), o que mobiliza tanto as crianças quanto os adultos a respeitar e conservar o meio ambiente é o conhecimento das características, das qualidades da natureza; é perceber o quanto ela é interessante, rica e pródiga, podendo ser, ao mesmo tempo, muito forte e muito frágil.

Dessa forma, é importante que não somente os livros, mas os trabalhos realizados nesse ambiente despertem atitudes éticas e afetivas, fazendo com que os estudantes se sintam como “habitantes do cerrado”, interessando-se em conhecê-lo e conservá-lo (BIZERRIL, 2003).

Os desenhos representando o cerrado, com as manifestações expressas

pelos alunos nos questionários e entrevistas anteriores à visita, mostraram que muitos associavam a vegetação com: seca e queimadas (devido ao aspecto de ambiente árido do cerrado), ao ato de serrar (cortar) e serraria, a montanhas (Figura 3A) e, principalmente, a serras (cadeia de montanhas com muitos picos e quebradas). Esse resultado pode ser corroborado pelo questionário. Depois da visita, verificou-se uma clara mudança na percepção do cerrado como uma vegetação típica de áreas planas (Figuras 3B e 4B), que, apesar de seco em alguns meses do ano, é um ambiente mais ameno em outros, com plantas verdes, flores e frutos (Figura 2B).

Outro aspecto a considerar é o formato de árvores representado nos desenhos. Antes da visita, suas copas, em geral, são arredondadas, com presença de pinheiros e coqueiros. Em contrapartida, após a visita, foi verificado que alguns desenhos mostravam árvores tortuosas, com o formato das copas diferenciado e com folhas grossas (também mencionadas na entrevista), desmistificando a idéia que todas as árvores são arredondadas ou cônicas, situação muito freqüente em desenhos de crianças e de adultos.

Além disso, vale a pena destacar que a comparação entre os primeiros desenhos e dos últimos mostrou um melhor detalhamento dos componentes bióticos do cerrado, e também um aumento considerável no número de elementos representados (como mostram as Figuras 1 a 3) e citações durante as entrevistas.

O ambiente de mata galeria chamou a atenção dos alunos (Figuras 1B e 2B) por ser extremamente agradável, tendo temperatura amena e umidade do ar mais alta que a do cerrado. Essas características foram mencionadas no questionário, depois da visita, por 15 alunos de um total de 26.

Sugestões para o aperfeiçoamento dos instrumentos

A análise dos resultados mostrou alguns pontos que devem ser mais bem trabalhados para uma melhor interpretação do ambiente pelos alunos.

Foi observado que, após a visita ao cerrado, havia alunos que confundiam “cerrado” com “trilha”. Foram apresentados muitos desenhos com uma vegetação margeando uma passagem (trilha, estrada, caminho), tanto que o elemento “trilha” esteve presente nas respostas aos três instrumentos utilizados após a visita (questionário, desenho e entrevista). Nos questionários de cinco crianças a definição de cerrado aponta esse equívoco.

Foi percebido que o visual toma espaço do verbal, e os monitores devem deixar claro que essas trilhas são caminhos os quais foram abertos para facilitar o acesso, e representam uma interferência antrópica.

Um aspecto que deve ser melhor explorado diz respeito à diversidade e importância ecológica dos animais nesse ambiente, pois estes despertam muito interesse nos visitantes. Mesmo não tendo visto durante a visita, alguns alunos citaram o lobo guará, por ser um animal muito divulgado como espécie do cerrado. Já as referências de espécies da flora foram, principalmente, daquelas úteis para o homem (como o abacaxi do cerrado e a gabirola), a sugerir uma visão fortemente antropocêntrica.

A avaliação dos trabalhos de educação ambiental é indispensável para que os dados produzidos por estes possam ter um caráter científico. Assim sendo, é importante serem testadas ferramentas, como as trilhas interpretativas, para verificar sua eficácia na sensibilização de estudantes, ou outras pessoas da comunidade, quanto às questões relativas aos ambientes naturais ou mesmo às áreas urbanizadas.

BIBLIOGRAFIA

BIZERRIL, M. X. A. O cerrado nos livros didáticos de geografia e ciências. *Ciência Hoje*, v. 32, n. 192, p. 56-59, 2003.

BRASIL. *Parâmetros curriculares nacionais: Meio ambiente saúde*. Brasília: 1997.

CAÑAL, P.; GARCIA, J. E.; PORLAN, R. *Ecología y escuela – Teoría y práctica de la educación ambiental*. Editorial Laia. *Cuadernos de Pedagogia*; 1986. 236p.

DEPRESBITERIS, L. Avaliação da aprendizagem na educação ambiental – Uma relação muito delicada. In: SANTOS J. E. dos; SATO, M. (Org.). *A contribuição da educação ambiental à esperança de pandora*. 1. ed. São Carlos: Editora Rima, 2001. p. 531-557.

DIAS, G. F. D. *Educação ambiental: Princípios e práticas*. 6 ed. São Paulo: Gaia, 2000, 551p.

GRÜN, M. Gadamer and the otherness of nature: Elements for an Environmental Education. *Human Studies*, n. 28, p. 157-171, 2005.

JACOBI, P. R.; CASCINO, F., OLIVEIRA, J. F. *Educação, meio ambiente e cidadania: Reflexões e experiências*. São Paulo: Secretaria do Meio

Ambiente. Coordenadoria de Educação Ambiental, 1998, 121p.

MAROTI, P. S. *Percepção e educação ambiental voltadas a uma unidade natural de conservação (Estação Ecológica de Jataí, Luís Antônio, SP)*. 1997. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais da UFSCar, São Carlos, 1997.

SANTOS, J. E. dos; SATO, M.; PIRES, J. S. R.; MAROTI, P. S. Environmental education praxis toward a natural conservation área. *Revista Brasileira de Biologia*, São Carlos, v. 60, n. 3, p. 361-372, 2000.

SATO, M. *Educação para o ambiente amazônico*. 1997. Tese (Doutorado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais da UFSCAR, São Carlos, 1997.

TOMAZELLO, M. G. C.; FERREIRA, T. R. C. Educação ambiental: que critérios adotar para avaliar a adequação pedagógica de seus projetos? *Ciência e Educação*, v. 7, n. 2, p. 199-207, 2001.

TREWHELLA, W. J. et al. Environmental education as a component of multidisciplinary conservation program: Lessons from conservation initiatives for

critically endangered fruit bats in the Western Indian Ocean. *Conservation Biology*, v. 19, n. 1, p. 75-85, 2005.

AGRADECIMENTOS

Aos professores e alunos da 6ª série do ensino fundamental da Escola Estadual Esterina Placo do Município de São Carlos, 2001.

Aos colegas Fabíola Ferreira Oliveira, Lilian Bonjorne de Almeida, Isabel Campos Salles Figueiredo, Karina Dias Espartosa e Otávio Lino Silva que auxiliaram na aplicação dos questionários, nas entrevistas e nas visitas monitoradas.

RESUMO

Esta pesquisa foi desenvolvida pela Universidade Presbiteriana Mackenzie e realizada entre 2003 e 2004, na Vila Independência (João Dourado – BA). Trata-se de um trabalho interdisciplinar entre as áreas de engenharia civil, arquitetura e educação, voltado para a promoção do desenvolvimento sustentável na região. O principal objetivo desta pesquisa consistiu em promover o desenvolvimento sustentável, considerando: a) o uso dos recursos naturais locais, sem comprometer o meio ambiente; b) a transferência de tecnologia para construção de habitação, utilizando o tijolo de solo-cimento e a construção de um protótipo; c) a alfabetização de jovens e adultos e a construção de um Centro de Aprendizagem. A principal motivação desta pesquisa consistiu em abordar as limitações e as potencialidades da experiência de desenvolvimento em uma comunidade do semi-árido da Bahia.

PALAVRAS-CHAVE

Habitação de interesse social, tijolo de solo-cimento.

ABSTRACT

This research was developed at the Presbyterian University Mackenzie during 2003 and 2004, and focused on Vila Independência in João Dourado – BA. Civil Engineering, Architecture and Educational areas led an interdisciplinary work promoting a sustainable development in this region altogether. The main goal of this research was to motivate and improve a sustainable development considering: a) the use of natural regional resources without jeopardizing the territorial support capacity; b) a house building technology transference using soil-cement brick, and the prototype building; c) adult people alphabetization, and the building of a Learning Center prototype. The research experience's *motion engine* was to approach the limitations and potentialities of *semi-árido's* community development experience.

KEY WORDS

Low-cost housing-social, cement brick.

RESUMEN

Esta pesquisa fué desenvuelta por la Universidad Presbiteriana Mackenzie y realizada entre 2003 e 2004, en la Vila Independência (João Dourado – BA). Tratase de um trabajo interdisciplinar entre las áreas de ingeniería civil, arquitetura y educación, dirigido para la promoción del desarrollo sustentable em la región. El principal objetivo de esta pesquisa consiste em promover o desarrollo sustentable, considerando: a) el uso de los recursos naturales locales sin comprometer el médio ambiente, b) la transferencia de la tecnologia para la construcción de habitaciones utilizando el ladrillo de cimiento y la construcción de uno prototipo; c) la alfabetización de jóvenes y adultos, y la construcción de un Centro de Aprendizaje. La principal motivación de esta pesquisa consiste em abordar las limitaciones y la potencialidad de la experiencia del desarrollo em uma comunidade de região semi arida de Bahia.

PALABRAS LLAVES

Habitación de interesse social, ladrillo de solo cimiento.

HABITAÇÃO SOCIAL COM TIJOLO DE SOLO- CIMENTO, COMO ELEMENTO ESTRUTURADOR DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DE JOÃO DOURADO (BA)

Gilda Collet Bruna

Professora Doutora, coordenadora de Pós-Graduação do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Presbiteriana Mackenzie.
e-mail: gilda@mackenzie.com.br

Simone Helena Tanoue Vizioli

Profa. Msc., Universidade Presbiteriana Mackenzie, Escola de Engenharia.
e-mail: simonehtv@mackenzie.com.br

INTRODUÇÃO

Promover o desenvolvimento sustentável significa contribuir, de alguma forma, para que os recursos ambientais não sejam dilapidados ao serem utilizados no presente e, com isso, interferirem negativamente na qualidade de vida das novas gerações (MMA, 2000). Certamente esse conceito abre oportunidades de contribuição de várias áreas do conhecimento, cada qual com suas especificidades. As necessidades humanas, dentre elas a habitação, precisam de uma atuação conjunta – multi e interdisciplinar – para que a sociedade organize ambientes de qualidade.

Segundo Bonduki (1993), a produção da habitação tem peculiaridades que a diferenciam dos demais bens necessários à sobrevivência do trabalhador. Por mais que se tenham, ao longo do século 20, feito esforços no sentido de transformar a produção da casa em um sistema realizado, totalmente, industrializado, visto como uma saída para baratear seu custo, este processo não foi bem-sucedido.

Diante desses fatos, foi desenvolvida esta pesquisa – a construção habitacional com uso de tijolos de solo-cimento. O material utilizado, solo local, enquadra-se nos aspectos de sustentabilidade. Por sua vez, a predisposição para esse tipo de atividade, segundo Salmar (2002), é motivadora do homem do campo, levando-o a entusiasmar-se com a aplicação dessa tecnologia e mesmo a transformar-se em um replicador da experiência, um construtor produtivo em um trabalho em equipe.

A experiência desta pesquisa teve a participação voluntária de cidadãos de João Dourado, da prefeitura de João Dourado, da ONG Missão Servir e de

profissionais vinculados à pesquisa universitária – Universidade Presbiteriana Mackenzie – e financiamento do Mackpesquisa.

Esse esforço comunitário é um processo contínuo, pois as comunidades se transformam e assim também suas necessidades e desejos e, segundo Lord Scarman (apud WATES; KNEVITT, 1987), nesse processo de renovação a *"grande tarefa é criar parceria entre os diferentes setores com diferentes recursos a oferecer: o setor público (...) o setor privado (...), os profissionais e os movimentos voluntários"*, propondo-se a buscar meios para satisfazer essas necessidades e desejos. Por isso mesmo, *"os verdadeiros construtores das cidades do Terceiro Mundo são o próprio povo"*, os quais vêm sendo apoiados em seus movimentos para a construção da casa própria.

CONTEXTO SOCIOECONÔMICO DE JOÃO DOURADO

O município de João Dourado se situa a noroeste da Bahia, pertencendo à região administrativa de Irecê. Possui 16 povoados e, de acordo com o Censo de 2000 (IBGE, 2000), a população de João Dourado é de 18.964 habitantes, com uma densidade demográfica de 18,9 hab./km². A zona urbana conta com uma população de 11.440, enquanto o restante se encontra na zona rural. O município tem como fonte econômica a agricultura, produzindo, principalmente, feijão, milho e mamona.

Segundo o Plano Municipal de Assistência Social, a situação do desemprego é preocupante, gerando um cenário de miséria, fome e muita emigração de chefes de família que partem em busca de melhores oportunidades nos grandes centros.

Os maiores problemas de saúde estão relacionados com as precárias condições de vida e moradia, podendo-se citar a desnutrição, doenças infecto-parasitárias, diarreia, doenças respiratórias, problemas de pele, hepatite e meningite.

Enquanto na sede do município há predominância de domicílios executados com bloco e adobinho, na zona rural e nos povoados da periferia, as residências, em alguns casos, são de taipa e não possuem piso nem reboco. Algumas moradias não têm instalações sanitárias. Essa tipologia de habitação vem contribuindo para o aumento do número de casos com a doença de Chagas, cujo transmissor é o barbeiro, que se aloja nas frestas da construção de taipa.

No início desta pesquisa foram aplicados questionários aos habitantes da Vila Independência, com o objetivo de coletar informações sobre as condições das habitações e a vida cultural do povoado. Das 180 casas existentes, foram selecionadas 12, para um levantamento fotográfico e desenhos esquemáticos das plantas das casas. Essas informações foram importantes para a concepção da planta do protótipo. Na Ilustração 1, nota-se que, na maioria dos casos, o banheiro se localiza na parte externa da casa.

O USO DE TIJOLO DE SOLO-CIMENTO COMO CONTRIBUIÇÃO AO MEIO AMBIENTE

Para a construção de edifícios existem vários componentes de vedação, como o bloco de concreto, de cerâmica ou mesmo o tradicional tijolo de barro. Porém, a cada um desses elementos construtivos agregam-se questões

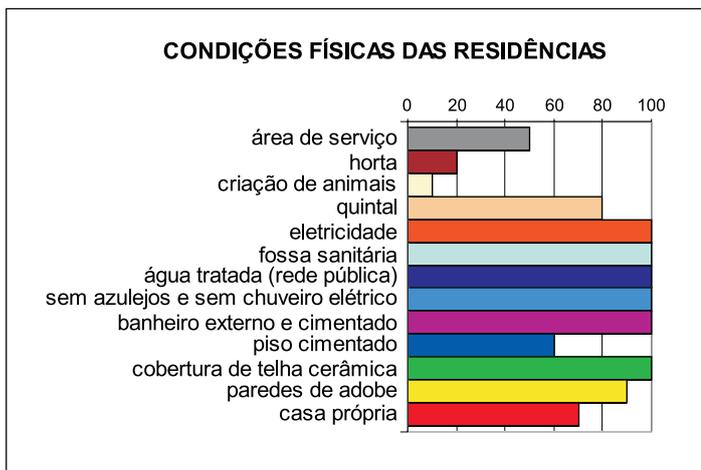


Ilustração 1 – Condições das casas de Vila Independência (Questionário aplicado na Vila Independência – João Dourado – BA/ 2003, pelos membros desta pesquisa)

TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA E CONSTRUÇÃO DE UMA UNIDADE HABITACIONAL

A transferência de tecnologia de construção consistiu em ensinar a produzir o tijolo de solo-cimento e sua utilização na construção civil. Nesse sistema se destacam em importância os projetos de um protótipo de habitação e de um Centro de Aprendizagem. O acompanhamento desse período de aprendizagem de construção foi realizado por profissionais – professores da pesquisa – e por alunos de graduação que, ao participarem, tornaram-se simultaneamente assistentes no processo de capacitação e aprendizes quanto à atividade prática de construção.

A transferência de tecnologia e a qualificação do aprendiz foram realizadas como um projeto piloto, com a participação da população local: um mestre-de-obras e quatro chefes de família – voluntários – com experiência em construção civil. O objetivo da pesquisa foi treinar essa mão-de-obra para atuarem como propagadores do conhecimento da técnica para os demais membros da comunidade.

A Ilustração 2 mostra a produção de tijolos de solo-cimento de dois furos, sendo compactados em máquina

ambientais: no caso do bloco de concreto, além do consumo de cimento, há a necessidade do processo industrial envolvendo a queima do bloco. O mesmo ocorre com o bloco cerâmico e com o tijolo, os quais também necessitam de queima em seu processo de fabricação.

A fabricação de tijolo de solo-cimento minimiza a agressão ao ambiente, pois, além de utilizar solo natural e uma quantidade menor de cimento, não necessita de queima, uma vez que os tijolos são apenas prensados.

Antes de iniciar-se a fabricação propriamente dita do tijolo de solo-cimento, é fundamental o estudo do solo disponível na região. Embora o solo seja abundante em todo o planeta, existem vários tipos de solos, com características específicas encontradas em diversas camadas, profundidade e extensão. É muito importante conhecer as propriedades e classificação dos mesmos. Para tanto, aconselha-se trabalhar com o solo *in natura*.

Tendo em vista as dificuldades e deficiências apontadas no uso das classificações tradicionais, desenvolvidas para solos de clima frio e temperado, quando empregadas em solos de clima tropical, Nogami e Villibor (1981) desenvolveram uma metodologia denominada Miniatura Compactada

Tropical (MCT). A designação MCT é proveniente da utilização de ensaios de dimensões reduzidas (corpos-de-prova com 50 mm de diâmetro), com solos tropicais compactados. Nesta pesquisa foi utilizado o MCT (FORTES et al, 2002) para identificar o solo extraído de João Dourado – BA.

A partir de uma amostra de 2,5 kg de solo com umidade de 9,08%, foi possível calcular o peso do solo seco, totalizando 2,3 kg. Para esta quantidade de solo seco, foi calculado 8% de cimento, correspondendo a 183,3 g. Esta dosagem de cimento foi misturada ao solo. Após a homogeneização da mistura seca, foram acrescentados 62,3 ml de água para se obter uma umidade ótima de 11,8. Para cada tijolo foram utilizados 2,5 Kg de solo, 62,3 ml de água e 183,3 g de cimento.

Amostra	Proctor Test (normal energy)		Força (MPa)
	Densidade máxima (kg/m ³)	Condição ótima Valor (%)	
<i>In Natura</i>	1910	12.4	-
6% Cement	1900	11.5	2.334
8% Cement	1920	11.8	2.777

Tabela 1: Resultados dos testes realizados a partir da amostra de solo de João Dourado



Ilustração 2 – Máquina para fabricação de tijolos de solo-cimento em João Dourado – BA
Crédito: Moscatelli/ 2003



Ilustração 3 – Construção do protótipo de casa em tijolo de solo-cimento
Crédito: Moscatelli/ 2003



Ilustração 4 – Projeto residencial –João Dourado
Crédito: Vizioli/ 2003



Ilustração 5 – Casa de tijolo de solo-cimento em João Dourado – BA
Crédito: Moscatelli/ 2003

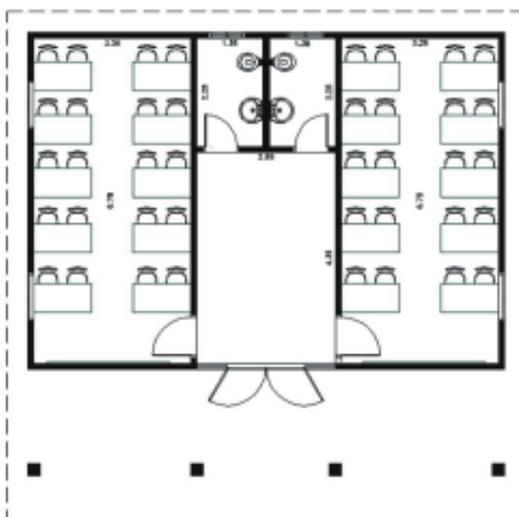


Ilustração 6 – Plantas do Centro de Aprendizagem



Ilustração 7 – Centro de Aprendizagem de João Dourado – BA
Crédito: Bandeira, 2003

desenvolvida pela Empresa Sahara. A mistura solo, cimento e água é colocada na máquina, e com um movimento na alavanca, o tijolo é compactado.

Esta pesquisa almejou, com a construção dos protótipos (Ilustração 3), unir e organizar a comunidade em torno de um objetivo comum – a produção de moradia de baixo custo. Para a implementação da continuidade do projeto pela comunidade – construção de unidades habitacionais no bairro de Vila Independência – é preciso ressaltar a importância da organização da comunidade, isto é, além de todo produto do trabalho ser incorporado pelo trabalhador, é imprescindível, do ponto de vista econômico, a autogestão – entendida aqui como forma de gestão na qual a administração do empreendimento habitacional deve ser realizada democraticamente e de modo transparente por uma entidade formada pelos futuros moradores e o produto por eles apropriado.

O local selecionado para a construção dos protótipos foi um terreno da prefeitura, no Centro Estudantil de Vila Independência, adjacente à vila. Essa escolha buscou reforçar as atividades de ensino preexistentes no local.

Para a construção do protótipo da habitação, com 40,00 m² úteis (70,00 m² de cobertura), foram gastos R\$ 5.800,00 (ano base: 2003). Tendo sido utilizada mão-de-obra voluntária, o custo deste item não foi considerado no preço total do protótipo.

Outro ponto analisado neste projeto foi a planta da casa, procurando-se atender às questões culturais da comunidade, ver Ilustração 4. A partir do projeto original, foi acrescida uma varanda, visto que as atividades diárias eram, geralmente, executadas fora da casa. Essa varanda assumiu, então, o papel de agente intermediário entre a rua pública e o interior privado da residência.

Para a fundação da casa foram adotadas sapatas corridas, uma vez que o terreno era favorável ao emprego desta opção. A fundação foi impermeabilizada, para que a umidade do solo não penetrasse nas paredes de tijolos de solo-cimento, as quais possuem características de absorção específicas. Além dos pilares estruturais, a cada 1,5 m de distância nas paredes foi prevista a concretagem de pilaretes, aproveitando-se os furos dos tijolos. Esses pilaretes atuam, principalmente, como elementos de travamento das peças encaixadas. As vigas, vergas e contravergas foram executadas a partir da concretagem, utilizando-se os tijolos moldados em forma de “calha”. A cobertura seguiu o convencional: madeira e telhas cerâmicas. As instalações hidráulicas e elétricas, que, em um primeiro estudo seriam aparentes, acabaram sendo substituídas por instalações embutidas nas paredes, mais uma vez, por questões culturais da comunidade – o morador associa a instalação aparente a uma casa de menor padrão. Como o tijolo possui dois furos, todas as instalações verticais passaram por eles, tendo o projeto de prever apenas a passagem das instalações horizontais com a colocação de tijolos “calha”.

O projeto se deparou com uma questão regional merecedora de cuidados na execução da habitação: a presença do barbeiro. As casas de taipas existentes em João Dourado enfrentam com dificuldades o combate ao barbeiro, uma vez que suas “paredes” possuem muitos vãos. O encaixe dos tijolos de solo-cimento também apresentava pequenos vãos, que foram rejuntados com uma mistura pastosa feita com o próprio solo-cimento e aplicado com esponja pelas senhoras voluntárias. Após o rejunte, as paredes externas receberam tratamento impermeabilizante.

CENTRO DE APRENDIZAGEM CONSTRUÍDO COM TIJOLOS DE SOLO-CIMENTO

A construção de um local próprio para o curso de alfabetização de jovens e adultos serviu de estímulo aos alunos.

A área coberta do centro totalizou 114,00 m², com duas salas de aula de 22,00 m² cada, para 20 a 25 alunos. O centro se localiza junto do protótipo da unidade habitacional e o material empregado em sua construção teve o mesmo padrão da residência. A cobertura também foi feita com estrutura de madeira e telha cerâmica, pois outro tipo de cobertura mais econômica tornaria-se inviável devido ao isolamento térmico necessário no local (Ilustração 6 e 7).

Além de atender à demanda da alfabetização de jovens e adultos, esse espaço foi projetado também para servir de local para cursos profissionalizantes, permitindo que a população pudesse, com isso, desenvolver alguma atividade produtiva.

A CONSTRUÇÃO DOS PROTÓTIPOS COMO OBJETO DIDÁTICO NA ALFABETIZAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS

O projeto desenvolvido na Vila Independência contou com a participação de professores da Faculdade de Educação Mackenzie, que fizeram um levantamento sobre a escolarização dos moradores do bairro. Foram visitadas 12 residências em um total de 22 pessoas entrevistadas na faixa etária entre 20 a 56 anos, e, dentre estas, 10 possuíam entre 20 a

29 anos. Dos entrevistados, 27% eram homens e 72% mulheres. Constatou-se que 86% não estudam atualmente, mas 82% desse número já passaram pela escola. Os motivos citados por esses moradores para explicar a evasão precoce da escola relacionavam-se com a necessidade de trabalhar, a falta de compreensão e apoio da família, a falta de escola ou mesmo por motivos de doença.

A proposta da pesquisa foi capacitar educadoras do local, para a implementação da alfabetização de jovens e adultos. Uma das maiores dificuldades nesse tipo de atividade centra-se na desistência dos alunos. Diante desse problema, a pesquisa buscou incentivar o ensino por meio do acompanhamento da construção dos protótipos, isto é, temas como “casa”, “tijolo” e “meio ambiente” foram objetos de estudo em sala de aula. As visitas dos alunos ao canteiro de obras foi outro elemento motivador. Foram capacitadas quatro educadoras de João Dourado: dois para cada sala de aula de 25 alunos. No final de 2003, essas duas turmas atingiram o objetivo proposto e as educadoras continuaram o processo, com apoio da Secretaria de Educação do Município.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto em João Dourado, centrado na construção de um protótipo de unidade habitacional e de um Centro de Aprendizagem, contribuiu significativamente para a pesquisa sobre uso do solo-cimento.

O projeto capacitou cinco técnicos em fabricação de tijolos de solo-cimento, quatro educadoras e alfabetizou 35 jovens e adultos, todos membros da comunidade de Vila Independência. Permitiu ainda que três alunos de



Ilustração 8 – Família moradora em casa de taipa, selecionada para a construção da primeira casa em tijolo de solo-cimento
Crédito: Vizioli, 2003



Ilustração 9 – Casa de tijolo de solo-cimento em fase final, feita pelos próprios moradores
Crédito: Clovis, 2004

graduação da engenharia civil desenvolvessem ensaios sobre o tijolo de solo-cimento nos laboratórios da Universidade Mackenzie.

Em 2004, a máquina para prensagem dos tijolos foi cedida pelo Mackenzie para que a comunidade pudesse fabricar seus próprios tijolos, dando continuidade ao processo. O acompanhamento ocorreu até a fabricação da primeira casa na própria Vila Independência: os técnicos locais ensinaram os proprietários da casa de taipa selecionada, onde seria construída a primeira casa de tijolo de solo-cimento,

e a família terminou a obra em maio de 2004 (Ver Ilustrações 8 e 9).

A continuidade do processo desencadeado com a transferência de tecnologia e a criação do Centro de Aprendizagem geraram expectativas junto da população local.

As comunidades se tornam sociedades mais confiantes em si próprias, inovando com novas formas de cooperação, dando origem, assim, a uma nova cultura: orgulham-se de serem cidadãos responsáveis atuando nas decisões de gestão, planos, projetos e obras em suas comunidades.

BIBLIOGRAFIA

BONDUKI, Nabil. *Arquitetura & habitação social em São Paulo 1989-1992*. São Paulo: Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, 1993.

FORTES, R. M.; MERIGHI, J. V.; ZUPPOLINI NETO, A. Método das pastilhas para identificação expedita de solos tropicais. In: 2º CONGRESSO RODOVIÁRIO PORTUGUÊS, Lisboa, Portugal, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA [IBGE]. Disponível em: <URL: <http://www.ibge.gov.br/censo>> Acesso em: 10 out. 2005.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). *Gestão dos recursos naturais*. Subsídios à Elaboração da Agenda 21 Brasileira. Maria do Carmo de Lima Bezerra e Tânia Maria Tonelli Munhoz (coordenação-geral). Brasília: Ministério do Meio Ambiente; Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e

dos Recursos Naturais Renováveis; Consórcio TC/BR/FUNATRA, 2000.

NOGAMI J. S., VILLIBOR, D. F. Uma nova classificação para finalidades rodoviárias. In: Simpósio Brasileiro – Solos Tropicais em Engenharia, COPPE/ABMS, Rio de Janeiro, 1981.

SALMAR, E. Mutirão: Uma dimensão social contemporânea da arquitetura de terra, In: SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO DE CONSTRUÇÃO COM TERRA. 2002. Salvador. *Anais*. Edit. C. Neves; C. Santiago. Salvador, Bahia: Projeto PROTERRA, 2002.

WATES, N.; KNEVITT, C. *Community architecture. How people are creating their own environment*. Londres: Penguin Books, c. 1987. Foreword by the RT Hon. The Lord Scarman OBE.

Obs.: Os créditos das fotos deste artigo pertencem aos membros da equipe, citados pelos sobrenomes.

Membros da equipe: Alex Alves Bandeira (Estrutura); Carlos Roberto Prado (Alfabetização); Gilda Collet Bruna (Líder); Hagar Maala Inácio (Aluno); Henrique Dinis (Estrutura); Ivo Moscatelli (Construção e Orçamento); João Virgílio Merighi (Solos); Luciana Valadares Veras (Instalações Hidráulicas); Magali Aparecida Silvestre (Alfabetização); Marco Lucchesi (Aluno); Maria Augusta Pisani (Projeto de Arquitetura); Maria Elisa Pereira Lopes (Alfabetização); Otávio Henrique Nanni de Almeida (Aluno); Paulo Moura (Fundações); Rafael Nogueira Alves Batista (Aluno); Renato Vizioli (Consultor); Rita Moura Fortes (Solos); Rosângela Miguel (Aluno); Simone Helena Tanoue Vizioli (Projeto de Arquitetura); Yara Oliveira.

A EXPERIÊNCIA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO NA IMPLEMENTAÇÃO DO FUNDO ESPECIAL DO MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Rubens Borges

Administrador de empresas, pós-graduado em análise de sistemas, especialista em educação ambiental. Assessor técnico do Conselho do Fundo Especial do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – Confema.
rubensb@prefeitura.sp.gov.br

Mary Lobas de Castro

Bióloga. Especialista em educação ambiental. Mestre em educação, arte e história da cultura. Assessora técnica do Conselho Municipal do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável.
maryd@prefeitura.sp.gov.br

Laura Lúcia Vieira Ceneviva

Arquiteta, mestre em estruturas ambientais urbanas. Coordenadora do Conselho do Fundo Especial do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – Confema. Coordenadora do Conselho Municipal do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável.
lauraceneviva@prefeitura.sp.gov.br

RESUMO

Este trabalho apresenta a experiência do município de São Paulo na implantação e organização do Fundo Especial do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – FEMA. Sendo São Paulo uma das principais cidades da América do Sul e a maior do país, o município incentiva, com o FEMA, a divisão de responsabilidades e competências entre os setores público e privado, integrando ambos os setores, em nova ação de política pública. Os fundos socioambientais, entre os quais se inclui o FEMA, fortalecem as relações entre as organizações da sociedade civil e as instituições públicas, por meio da participação na gestão dos recursos públicos e nas ações do governo, possibilitando a descentralização das decisões. Em um contexto em que os municípios não possuem experiência na gestão de fundos ambientais, São Paulo desponta como pioneiro em sua implantação, regulamentação e funcionamento, com a escolha de projetos a serem financiados nos termos de edital publicado com essa finalidade, fechando, assim, o primeiro ciclo de consolidação desse instrumento de gestão, que é o fundo ambiental.

PALAVRAS-CHAVE

Fundo municipal de meio ambiente, conselho de meio ambiente, participação social, gestão ambiental.

ABSTRACT

This work presents the experience of the city of São Paulo in the organization and implementation of the Special Fund for the Environment and Sustainable Development – FEMA. São Paulo, as one of South American main cities and the biggest in Brazil, stimulates, with FEMA, the division of responsibilities between the public and private sectors, integrating both the sectors, in new action of public policy. The social-environmental funds, among which FEMA is included, fortify the relations between the civil society organizations and public institutions, through the participation in the management of public resources and in the governmental actions, making possible the decisions decentralization. In a context where the cities are not experienced in management of environmental funds, São Paulo blunts as pioneer in its implantation, regulation and functioning, with the selection of projects to be financed in the terms of proclamation published with this purpose, thus closing the first cycle of consolidation of this instrument of management that is the environmental fund.

KEY WORDS

Municipal environmental fund, environmental council, social participation, environmental management.

RESUMEN

Este trabajo presenta la experiencia de la ciudad de São Paulo en la implantación y la organización del Fondo Especial de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible – FEMA. Siendo São Paulo una de las ciudades principales de la América del Sur y la mayor del país, la ciudad estimula, con el FEMA, la división de responsabilidades y capacidades entre los sectores público y privado, integrando ambos los sectores, en una nueva acción de política pública. Los fondos socio-ambientales, entre los cuales si incluye el FEMA, fortalecen las relaciones entre las organizaciones de la sociedad civil y las instituciones públicas, con la participación en la gestión de los recursos públicos y en las acciones del gobierno, haciendo posible la descentralización de las decisiones. En un contexto en donde las municipalidades no poseen experiencia en la gestión de fondos de medio ambiente, São Paulo despunta como pionero en su implantación, en su reglamentación y funcionamiento, con la selección de los proyectos que se financiarán en los términos del edicto publicado con este propósito, así cerrando el primer ciclo de la consolidación de este instrumento de la gestión que es el fondo de medio ambiente.

PALABRAS LLAVES

Fondo municipal de medio ambiente, consejo de medio/ambiente, participación social, gestión ambiental.

INTRODUÇÃO

O objetivo deste trabalho é mostrar a experiência do município de São Paulo na constituição de seu Fundo Especial de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – FEMA, no sentido de colaborar com outras cidades na formação de seus fundos ambientais, pois, apesar de buscas, não foram encontradas experiências similares, no Brasil, que pudessem subsidiar a consolidação do fundo paulista.

Leis, decretos, recomendações, conferências, congressos e encontros têm demonstrado e exigido articulação da sociedade no sentido de construir ações e práticas educativas voltadas para a sensibilização e organização da coletividade sobre as questões ambientais na defesa da qualidade do meio ambiente.

O contexto no qual boa parte das atuais normas ambientais surgiu no Brasil foi determinado pela nova Constituição Brasileira, promulgada em 1988, a qual permitiu, entre outros, dois grandes avanços nas políticas públicas: aqueles relativos ao meio ambiente e aqueles relativos ao município. O artigo 225, além de estabelecer a responsabilidade ambiental entre as gerações (uma geração não pode se beneficiar em prejuízo das gerações subseqüentes), determina que tanto o poder público quanto a sociedade são responsáveis pela preservação ambiental. Por outro lado, pela primeira vez na história do Brasil, o município foi considerado ente federativo, em situação de igualdade com os Estados e a União, modificando sua situação anterior de subordinação a estes últimos (artigo 1º e 18 da CF). Pouco depois, com a realização da Conferência das Nações Unidas sobre meio ambiente e desenvolvimento, no Rio de Janeiro, em 1992, houve grande contribuição para o

processo de institucionalização dos preceitos do desenvolvimento sustentável, inserindo-os no processo maior de transformação da sociedade brasileira.

Esse amplo processo de transformação deu origem a um conjunto de medidas legais que permitiu a criação de canais de diálogo entre órgãos governamentais e os movimentos ambientalistas, mantidos os preceitos estabelecidos pela Lei Federal n. 6.938, promulgada em 1981, a qual estabeleceu a política nacional do meio ambiente e instituiu o Sistema Nacional de Meio Ambiente – SISNAMA, incluindo o município como membro integrante deste sistema.

A gestão ambiental é função do Estado que, para exercê-la eficientemente, deve levar em conta a parcela de responsabilidade que cabe à sociedade. A União, os estados e os municípios são os principais gestores do meio ambiente, desempenhando, formalmente, o papel de controladores, enquanto na sociedade, esse papel, embora fundamental para a defesa do meio ambiente, é ocasional. A sociedade, por intermédio das organizações econômicas ou pelas associações sem fins lucrativos, modifica seus padrões de produção e de consumo, implicando em maior ou menor predação dos recursos naturais e das condições do ambiente em que vivemos. Os conflitos de interesses são inevitáveis e exigem atuação dos diversos segmentos da sociedade, que atuam como forças de pressão e de cobrança de soluções. A iniciativa de abordar questões ambientais por meio de conselhos com participação da sociedade civil favorecem a explicitação dos conflitos e a construção de consensos, revelando-se alternativa viável para a formulação e implementação de políticas públicas na área de meio ambiente.

Dada a pluralidade dos atores envolvidos na gestão ambiental, foram

criados os fundos financiadores de projetos voltados à preservação do meio ambiente, importantes, principalmente, para os segmentos não-produtivos da sociedade, que atuam sem fins lucrativos. O financiamento dos projetos possibilita a descentralização das decisões e das ações em matéria ambiental, bem como a capacitação profissional em diversos campos do conhecimento, além da mudança cultural no rumo da sustentabilidade.

FUNDO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE — FNMA

O Fundo Nacional de Meio Ambiente foi criado pela Lei Federal n. 7.797/89, com a missão de contribuir, como agente financiador e por meio da participação social, para implementação da política nacional de meio ambiente. Tem financiado inúmeros tipos de projetos, incentivando a produção de conhecimento, a formação de um repertório de experiências e a melhoria das condições ambientais dos diversos biomas do Brasil.

Diante do cenário de escassez de recursos, o Ministério do Meio Ambiente efetuou o mapeamento dos fundos estaduais públicos, como subsídio de criação de uma Rede Brasileira de Fundos Socioambientais, atuando por meio de ações conjuntas e articuladas, na implementação das políticas ambientais nacionais, proporcionando a melhoria da qualidade ambiental, a conservação da biodiversidade, a inserção social, o combate às desigualdades e o desenvolvimento tecnológico (Edital FNMA 04/2005).

Nesse mapeamento, observou-se que todas as unidades da federação apresentam algum tipo de fundo socioambiental constituído legalmente.

Contudo, a maioria dos fundos detectados não têm linhas e mecanismos de ação regulamentados e, portanto, não operam. Dos 50 fundos socioambientais estaduais, 26 são de meio ambiente, três de direitos difusos lesados e 21 de recursos hídricos. Desse total, apenas 15 se encontram em funcionamento (Projeto 914/BRA/2047-PNEA).

FUNDO ESPECIAL DO MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO — FEMA

A cidade de São Paulo é, hoje, a maior e uma das principais cidades do Brasil e da América do Sul, com uma população de 10,4 milhões de habitantes (IBGE, 2001). No entanto, as condições de pobreza e exclusão social no município implicam na exacerbação dos fatores de pressão sobre os recursos ambientais e tendem a manter-se ou mesmo se agravar, particularmente nos distritos periféricos (GEO Cidade de São Paulo, 2004).

Com isso, pode-se observar que iniciativas locais de inclusão social e adoção de políticas de proteção ambiental devem ser imediatamente adotadas.

No momento em que se intensifica a discussão sobre o novo estilo de desenvolvimento, sob o preceito da sustentabilidade, surge a necessidade que ele seja capaz de solucionar não apenas as questões de caráter econômico, mas também os grandes problemas sociais e de utilização dos recursos do meio ambiente.

Compartilhando dessa concepção, o município de São Paulo cria o Fundo Especial do Meio Ambiente e

Desenvolvimento Sustentável – FEMA na Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente por meio da Lei Municipal n. 13.155/01, regulamentado pelo Decreto n. 41.713/02.

Nos termos do artigo 6º da lei que o criou, o FEMA tem por finalidade servir de instrumento financeiro para o desenvolvimento de projetos, planos e programas visando ao uso racional e sustentável de recursos naturais, de manutenção, melhoria e/ou recuperação da qualidade ambiental, de pesquisa e atividades ambientais, bem como o controle, fiscalização e defesa do meio ambiente.

O decreto regulamentador estabelece que seus recursos serão aplicados, direta ou indiretamente, pela Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente ou transferidos mediante convênios, termos de parceria, acordos, ajustes ou outros instrumentos previstos em lei, a serem celebrados com órgãos públicos, organizações da sociedade civil de interesse público e organizações não-governamentais brasileiras e sem fins lucrativos, as quais possuam objetivos idênticos aos do fundo.

O Conselho do Fundo Especial do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – Confema, de caráter consultivo e deliberativo, é presidido pelo secretário Municipal do Verde e do Meio Ambiente, sendo composto por:

- 1 (um) representante da Secretaria Municipal do Planejamento – Sempla;
- 1 (um) representante da Secretaria Municipal das Finanças – SF;
- 1 (um) representante do Conselho Municipal do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – Cades;
- 1 (um) representante de entidades ambientais não-governamentais, cadastradas na Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente;
- 1 (um) representante de outras organizações não-governamentais

cadastradas na Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente.

O FEMA tem suporte técnico administrativo oferecido pela Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente, que instituiu:

- Secretaria Executiva do FEMA;
- Comissão Técnica de Avaliação de Planos, Programas e Projetos;
- Comissão de Acompanhamento Técnico.

Com a finalidade de dar suporte a planos, programas e projetos visando ao uso racional e sustentável dos recursos naturais, o controle, a fiscalização, defesa e recuperação do meio ambiente e ações de educação ambiental, o FEMA passou por um processo de estruturação, em que foi estabelecido o regimento interno do conselho e o próprio regulamento para funcionamento do fundo, aprovado pelas Resoluções n. 01/Confema/02 e 02/Confema/02, em 19/12/2002.

Esse processo consolidou a constituição do Conselho do Fundo Especial do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – Confema, cujas atribuições compreendem:

- Definir normas e procedimentos e condições operacionais do Fundo Especial do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – FEMA;
- Apreçar e aprovar os planos, programas e projetos apresentados, deliberando sobre sua viabilidade técnica e econômica, ouvidos os setores competentes da Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente;
- Encaminhar ao plenário do Conselho Municipal do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – Cades, para conhecimento, os planos, programas e projetos aprovados;
- Dar publicidade, anualmente, pela imprensa oficial do município de São Paulo, ao plano de aplicação de recursos previstos para apoio, no

exercício seguinte, de planos, programas e projetos, bem como da prestação de contas;

- Convidar ou convocar pessoas físicas ou jurídicas consideradas de interesse, para emitir pareceres técnicos, específicos sobre projetos em tramitação;
- Deliberar sobre propostas de captação e utilização de recursos do Fundo Especial do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – FEMA;
- Apreçar, anualmente, o relatório de desempenho de projetos;
- Aprovar seu regimento interno.

A estrutura administrativa do Confema está inserida no sistema municipal do meio ambiente e é vinculada à Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente, tendo sido definida pela legislação, bem como pelas resoluções que estabeleceram seu funcionamento.

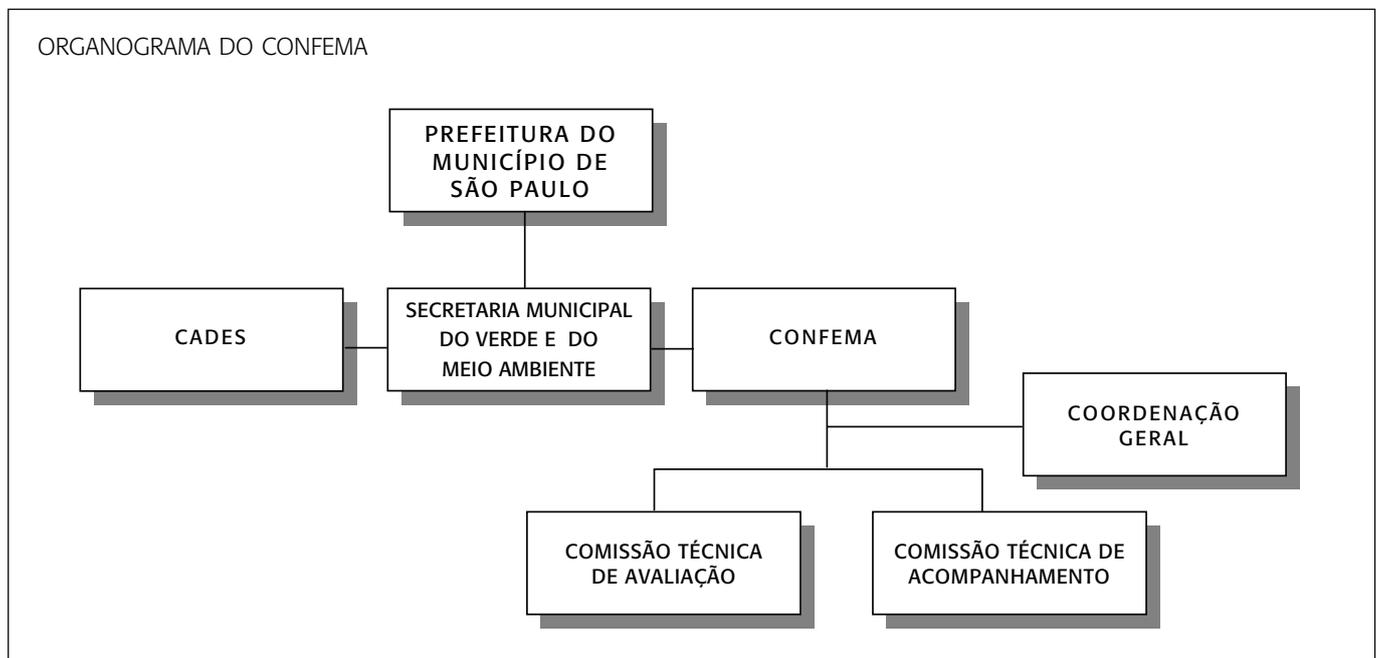
A estruturação administrativa do FEMA, em especial sua arrecadação, são atividades que ainda demandam cuidados, de modo a tornarem-se eficientes operacionalmente e transparentes para o controle.

Constituem as receitas do Fundo Especial do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – FEMA:

- As dotações orçamentárias a ele especificamente destinadas;
- créditos adicionais suplementares;
- produto de multas impostas por infrações à legislação ambiental;
- doações de pessoas físicas ou jurídicas;
- doações de entidades internacionais;
- valores advindos de acordos, contratos, consórcios, termos de cooperação e outras modalidades de ajuste;
- preço público cobrado por análise de projetos ambientais e informações requeridas ao cadastro e banco de dados ambientais gerados pela Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente – SVMA;
- rendimentos obtidos pela aplicação de seu próprio patrimônio;
- compensação financeira para a exploração mineral – CFEM;
- indenizações decorrentes de cobranças judiciais e extrajudiciais,

referentes a áreas verdes e devidas em relação ao parcelamento irregular e clandestino do solo;

- ressarcimentos devidos por força de Termos de Ajustamento de Conduta – TAC e Termos de Compromisso Ambiental – TCA, firmados com a Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente, bem como os valores correspondentes às multas aplicadas em decorrência do descumprimento do estipulado naqueles instrumentos;
- valores recebidos pelo uso, por terceiros, de áreas sob a administração da Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente;
- recursos provenientes das compensações financeiras devidas do município de São Paulo, em razão de restrição sofrida pela instituição de espaços territoriais especialmente protegidos por força de legislação federal ou estadual específica;
- recursos provenientes de repasses ao município de São Paulo, previstos em legislação de proteção e gestão ambiental, de recursos hídricos e de saneamento;



- outros recursos que lhe forem destinados.

No início, os valores depositados no FEMA entravam no Tesouro do Município, isto é, em sua conta da arrecadação geral, confundindo-se com todos os rendimentos da prefeitura. Depois, a situação foi regularizada, os recursos foram depositados em conta específica do FEMA. Do ponto de vista administrativo, há duas questões fundamentais a serem resolvidas para possibilitar maior eficiência do FEMA: o acompanhamento financeiro e a escrituração pública dos recursos. Na prefeitura de São Paulo, essas atividades são realizadas por um corpo significativo de funcionários, bem como por sistemas informatizados que gerenciam os recursos municipais. Em razão da complexidade imensa, com custo de elaboração e implantação muito grandes, qualquer modificação dos sistemas, como é o caso do FEMA, tem enorme dificuldade de ser implementada.

Nas questões mais de conteúdo, temos aquelas que se misturam a normas de direito mais amplas como, por exemplo, o corte de árvore: se a autuação de corte irregular for feita pela subprefeitura, nos termos das posturas municipais, o valor da multa vai para o Tesouro; se a autuação ocorrer pela SVMA, a multa é ambiental e o recurso vai para o FEMA. A solução dessa situação, na qual um mesmo fato gerador pode dar origem a procedimentos distintos, é dependente de uma grande revisão legislativa das normas de direito urbanístico, direito ambiental, patrimônio cultural, vigilância sanitária, recursos hídricos, etc., ou seja, de normas que regem o ambiente urbano.

Como questão operacional premente, é exemplar o fato que a multa não gera um código de barras e, portanto, o infrator precisa pagar a multa em um

local específico e ainda tem de levar o comprovante bancário até a Secretaria de Finanças para fazer o registro de seu pagamento para a escrituração contábil pública.

A aplicação dos recursos do Fundo Especial do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – FEMA, segue as diretrizes, os objetivos e princípios da Política Municipal do Meio Ambiente e do Sistema Nacional do Meio Ambiente – SISNAMA, como também as diretrizes estabelecidas pelo Conselho Municipal do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – Cades, que por resolução estabelece, anualmente, a diretriz de aplicação dos recursos do fundo.

Em 01 de abril de 2005, foi lançado o Edital n. 01/2004, abrindo a possibilidade de apresentação de planos, programas e projetos, voltados ao tema “Água”, conforme resolução do Cades.

Podem apresentar propostas de planos, programas e projetos a serem financiados pelo FEMA, os órgãos públicos, organizações da sociedade civil de interesse público e organizações não-governamentais.

No primeiro edital, em função da falta de experiência do município na aplicação de recursos desse fundo, o valor disponibilizado para financiamento de projetos é de R\$ 240.000,00 (duzentos e quarenta mil reais), sendo previsto um máximo de R\$ 80.000,00 (oitenta mil reais) para cada projeto, o que significa que poderão ser aprovados 3 (três) projetos nesse valor ou mais projetos com valores menores de R\$ 80.000,00 (oitenta mil reais).

Os projetos postulantes aos recursos do FEMA passam por avaliação de uma Comissão de Avaliação Técnica, composta por técnicos da Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente – SVMA, que expede um parecer, opinando sobre a viabilidade de

execução e implantação dos projetos e submete-o ao Confema, que delibera quais os projetos serão financiados.

Durante a implantação dos projetos, eles são acompanhados por uma Comissão de Acompanhamento Técnico, a qual avalia todas as fases de implantação do projeto, cumprimento do cronograma apresentado, verificação dos resultados alcançados e sua compatibilização com o cronograma de execução das metas. Além disso, cabe a essa comissão identificar fatores que poderão acarretar atrasos, omissões ou erros, ou interferir na falta de alcance de determinadas metas.

Ao final de cada fase de implantação do projeto, a Comissão de Acompanhamento Técnico deverá apresentar relatórios técnicos, informando o cumprimento do plano de trabalho e metas atingidas, subsidiando o Confema em suas decisões.

O Confema poderá, a seu critério, efetuar visitas técnicas para aferição do andamento da implantação dos planos, programas e projetos financiados pelo FEMA.

Os projetos apresentados para o primeiro edital foram analisados pela Comissão de Avaliação Técnica e submetidos ao Confema, que acatou, com algumas restrições, o parecer da comissão, redundando na aprovação de três projetos os quais serão os primeiros a serem financiados pelo FEMA. Com isso se inicia uma nova fase de sua consolidação, pois as experiências de desembolso e acompanhamento dos projetos selecionados oferecerão os subsídios para o fortalecimento desse instrumento de gestão ambiental.

Finalizando o relato das experiências de consolidação da implantação do FEMA em São Paulo, destaca-se o apoio que se pretende obter do Fundo Nacional do Meio Ambiente – FNMA, que recentemente lançou o Edital

n. 04/fnma/2005 para a constituição ou fortalecimento dos fundos socioambientais públicos, possibilitando acesso a recursos àqueles municípios que não possuem fundos constituídos, ou mesmo aos que os possuem, porém encontram dificuldades para sua efetiva implantação e funcionamento.

CONCLUSÃO

Os problemas ambientais são muitos, os recursos das cidades são poucos, e as soluções adotadas, muitas vezes, inadequadas.

Pesquisa do IBGE (2002), com 5.560 municípios do país, mostra que 77%, ou seja, 4.254 declararam ter ao menos um problema ambiental. Apenas 18% disseram receber recursos específicos para o meio ambiente, enquanto somente 1,5% criou fundos municipais para garantir um investimento mínimo no setor.

Para garantir um investimento mínimo, as administrações municipais podem contar com o fundo de meio ambiente, objetivando apoiar projetos à luz do conceito de desenvolvimento sustentável no âmbito de seu município.

A Lei Federal n. 9.605 de 1998 diz respeito aos crimes ambientais. Seus dispositivos demonstram a extrema relevância de os municípios constituírem uma estrutura ambiental com objetivo de aparelhar seu órgão ambiental na defesa do meio ambiente. A Lei de Crimes Ambientais, em seu artigo 73, possibilita a criação de fundo municipal de meio ambiente, específico para receber o repasse dos recursos provenientes da cobrança de multas ambientais geradas no próprio município.

Ainda que os esforços do município de São Paulo tenham trazido os resultados aqui apresentados, uma das

barreiras que vem sendo enfrentada é a dificuldade em ampliar as fontes de arrecadação do fundo. Os recursos obtidos pelo ICMS Ecológico, por exemplo, continuam sendo somados à arrecadação geral do município e, portanto, em vez de estarem sendo aplicados em projetos socioambientais, estão sendo partilhados com outros serviços, conforme definido na legislação vigente. Caso esse quadro permaneça, corre-se o risco de, ao se publicar novos editais para financiamento de projetos, os recursos se esvaírem sem uma arrecadação proporcional que mantenha o funcionamento do fundo, inviabilizando, assim, seu objetivo principal. Esse será o próximo desafio.

Conforme levantamento do Ministério do Meio Ambiente, os fundos socioambientais, de maneira geral, encontram dificuldades em suas implantações, necessitando de auxílio dos governos estaduais ou federal para funcionamento. No entanto, se houver maior arrecadação e conhecimento especializado sobre a gestão dos recursos do fundo, esses municípios poderão ter melhores condições de atuar junto de outros atores, seja a sociedade civil, sejam agentes de governo, para o estabelecimento de políticas públicas e melhoria ambiental nas áreas sob suas jurisdições (Projeto n. 914/BRA/2047-PNEA).

BIBLIOGRAFIA

BENJAMIN, A. H.; SÍCOLI, J. C. M.; ANDRADE, F. A. V. de (Org.). *Legislação ambiental: Textos básicos*. São Paulo: IMESP; 1999.

BRASIL. Lei n. 9605, de 12 de fevereiro de 1988. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de conduta e atividades lesivas ao meio ambiente e dá outras providências. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*. Poder Executivo, Brasília, DF, v. 136, n. 31, p. 1-30, 13 fev.1998.

BRASIL. Constituição Federal do Brasil, de 05 de outubro de 1988. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*. Poder Executivo, Brasília, DF, 5 out. 1988, p. 1.

_____. *Resolução Conama n. 237, de 19 de dezembro de 1997*. Brasília: Conselho Nacional de Meio Ambiente, 1998.

CASTRO, M. L.; GEISER, S. R. A.; OGERA, R. C.; SALLES, C. P.; PHILIPPI JR., A. Conselho municipal de meio ambiente na formulação de políticas públicas. In: *Municípios e meio ambiente: Perspectiva para a municipalização da gestão ambiental no Brasil*. São Paulo: ANAMMA, 1999.

INSTITUTO BRASILEIRO de Geografia e Estatística – IBGE. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 3 out. 2005.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Fundo Nacional do Meio Ambiental. [MMA/FNMA]. Edital n. 04/2005 – Apoio à criação e ao fortalecimento dos fundos socioambientais públicos. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, Seção 3, n. 127, 5 jul. 2005.

_____. Programa Nacional de Educação Ambiental. I TRABALHO APRESENTADO AO SEMINÁRIO BRASILEIRO DE FUNDOS SOCIOAMBIENTAIS, abr. 2005, Fortaleza. *Projeto 914/BRA/2047-PNEA*. Fortaleza, abril de 2005.

SÃO PAULO (cidade). Lei n. 13.155/01, de 30 de junho de 2001. Cria na Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente o Fundo Especial do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – FEMA. *Diário Oficial do Município de São Paulo*. São Paulo, 30 jun. 2001.

_____. Decreto n. 41.713/02, de 26 de fevereiro de 2002. Regulamenta a Lei n. 13.155/01. *Diário Oficial do Município de São Paulo*. São Paulo, 26 fev. 2002.

_____. *Resolução Confema n. 01, de 19 de dezembro de 2002*. São Paulo: Dispõe sobre o Regimento Interno do Fundo Especial do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. São Paulo, 2002.

_____. *Resolução Confema n. 2, de 19 de dezembro de 2002*. Dispõe sobre o Regulamento do Fundo Especial do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. São Paulo, 2002.

_____. Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. *GEO cidade de São Paulo: Panorama do meio ambiente urbano*. Brasília: PNUMA, 2004.