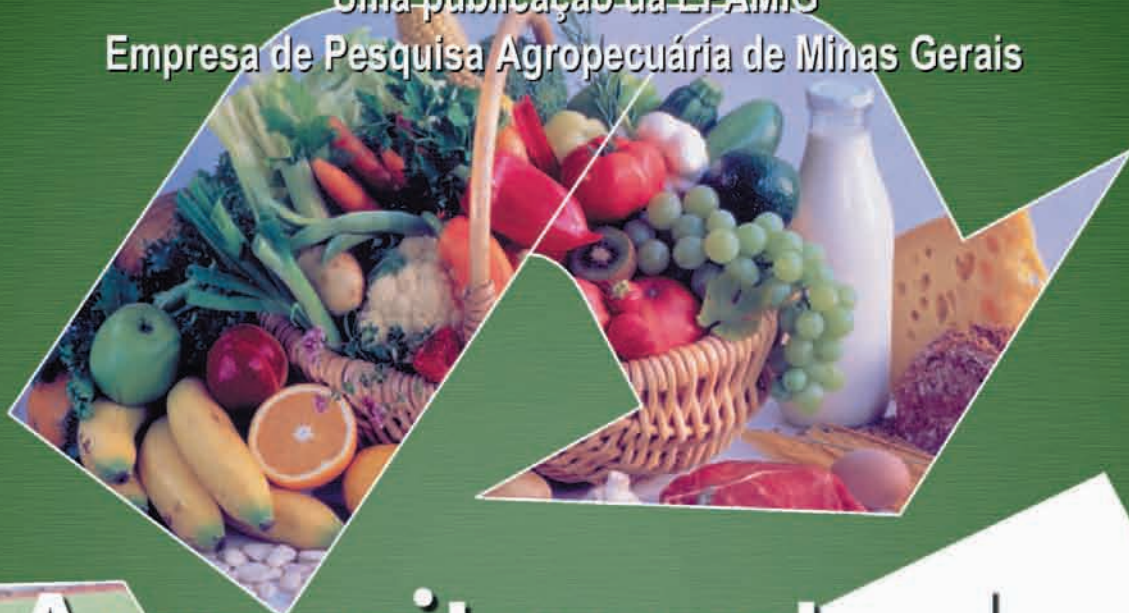


# INFORME AGROPECUÁRIO

v. 26 - n. 224 - 2005

ISSN 0100-3364

Uma publicação da EPAMIG  
Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais



## Aproveitamento de Resíduos na Agropecuária







# A COPASA é eleita a melhor empresa de saneamento do Brasil.



Especialistas de todo o país decidiram: a COPASA é a empresa de saneamento do Ano de 2004. Instituído pela Revista Saneamento Ambiental, a mais importante e antiga publicação do setor, o prêmio é disputado pelas maiores e melhores empresas de saneamento de todo o Brasil. A escolha é feita pelos eleitores da revista, em votação direta, considerando os investimentos, a cobertura no abastecimento de água, coleta e tratamento de esgotos, a redução dos níveis de perda de água, a

modernização dos serviços e a preocupação ambiental.

Esta conquista reflete a excelência do Programa de Investimentos, que está beneficiando mais de 12 milhões de mineiros e gerando 430 mil empregos diretos e indiretos até 2006, com aplicação de 2,7 bilhões de reais.

### **Coisa que os mineiros já sabiam.**

A presença da COPASA é garantia de água de qualidade e serviços bem prestados. O Brasil reconhece, os mineiros confirmam e a COPASA trabalha.



# Informe Agropecuário

Uma publicação da EPAMIG

v.26 n.224 2005

Belo Horizonte-MG



## Apresentação

A preservação dos recursos naturais renováveis é questão primordial para existência do planeta Terra. Contudo, a melhoria da qualidade de vida é uma questão de sobrevivência neste Planeta. Desde os tempos remotos, essa sobrevivência vem sendo marcada pelo extrativismo e pela degradação ambiental.

Diante das previsões de catástrofes e, posteriormente, das mudanças que se confirmaram, sobretudo quanto ao clima na Terra, os seres humanos passaram a se preocupar com o seu futuro e o de seus descendentes. Iniciou-se, então, uma conscientização da necessidade de mudanças, que visam salvar a vida terrestre. Surgiu, então a consciência preservacionista, cujo principal preceito é não poluir e, paralelamente, encontrar alternativas para despoluir os recursos contaminados.

Assim, para a destinação e tratamento dos lixos ou qualquer tipo de resíduo poluidor do ambiente, foram estimuladas técnicas de transformação, de reaproveitamento e de reciclagem. Neste aspecto, esta edição do Informe Agropecuário aborda problemas gerados pela produção de lixo e tecnologias ou alternativas para melhoria da qualidade de vida do homem, através do aproveitamento dos resíduos na agropecuária.

Jeferson Antônio de Souza

## Sumário

<b>Editorial</b> .....	3
<b>Entrevista</b> .....	4
<b>Generalidades sobre efeitos benéficos da matéria orgânica na agricultura</b> <i>Jeferson Antônio de Souza</i> .....	7
<b>Impactos ambientais da deposição de lixo e resíduos na superfície do solo</b> <i>Jeferson Antônio de Souza</i> .....	9
<b>Destinação final de resíduos sólidos</b> <i>Jeferson Antônio de Souza</i> .....	14
<b>Tratamento de resíduos sólidos</b> <i>Jeferson Antônio de Souza</i> .....	21
<b>Destinação das embalagens de agrotóxicos</b> <i>Marcus Rodrigues Teixeira e José Mauro Valente Paes</i> .....	24
<b>Tecnologia para tratamento de resíduos: tecnologia Bioexton - biodegradação acelerada para produção de fertilizante organomineral</b> <i>Jeferson Antônio de Souza e Lázaro Sebastião Roberto</i> .....	29
<b>Tecnologia para tratamento de resíduos: tecnologia Faber</b> <i>Paulo Fortes Neto, Serafim Daniel Ballesteros e Soraya Voigtel</i> .....	38
<b>Tecnologia para tratamento de resíduos: tecnologia IFB - solubilização biológica de rocha fosfática na produção de fertilizante organofosfatado</b> <i>Paulo Sergio de Souza Vilela</i> .....	47
<b>Utilização de resíduos da suinocultura na produção agrícola</b> <i>Maria Aparecida Nogueira Sedyama, Sanzio Mollica Vidigal e Neusa Catarina Pinheiro Garcia</i> .....	52
<b>Fossa séptica: importância, construção e operação</b> <i>Antônio Carlos Coutinho</i> .....	66
<b>Monitoramento da qualidade de água e de sedimento em reservatórios</b> <i>Maria Edith Rolla e Antônio José Machado</i> .....	70

ISSN 0100-3364

Informe Agropecuário	Belo Horizonte	v. 26	n.224	p.1-80	2005
----------------------	----------------	-------	-------	--------	------

© 1977 EPAMIG

ISSN 0100-3364

INPI: 1231/0650500

#### CONSELHO DE

#### DIFUSÃO DE TECNOLOGIA E PUBLICAÇÕES

*Baldonado Arthur Napoleão*

*Luis Carlos Gomes Guerra*

*Manoel Duarte Xavier*

*Carlos Alberto Naves Carneiro*

*Maria Lélia Rodriguez Simão*

*Edson Marques da Silva*

*Sebastião Gonçalves de Oliveira*

*Cristina Barbosa Assis*

*Vânia Lacerda*

#### DEPARTAMENTO DE TRANSFERÊNCIA

#### E DIFUSÃO DE TECNOLOGIA

*Cristina Barbosa Assis*

#### DIVISÃO DE PUBLICAÇÕES

#### EDITOR

*Vânia Lacerda*

#### COORDENAÇÃO TÉCNICA

*Jeferson Antônio de Souza*

#### REVISÃO LINGÜÍSTICA E GRÁFICA

*Marlene A. Ribeiro Gomide e Rosely A. R. Battista Pereira*

#### NORMALIZAÇÃO

*Fátima Rocha Gomes e Maria Lúcia de Melo Silveira*

#### PRODUÇÃO E ARTE

**Diagramação/formatação:** *Rosangela Maria Mota Ennes*  
e *Maria Alice Vieira*

**Capa e design:** *Thiago Fernandes Barbosa*

#### PUBLICIDADE

*Décio Corrêa*

Av. José Cândido da Silveira, 1.647 - Cidade Nova

Caixa Postal, 515 - CEP 31170-000 Belo Horizonte-MG

Telefone: (31) 3488-8468

publicidade@epamig.br

### Informe Agropecuário é uma publicação da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais EPAMIG

É proibida a reprodução total ou parcial, por quaisquer meios, sem autorização escrita do editor. Todos os direitos são reservados à EPAMIG.

Os artigos assinados por pesquisadores não pertencentes ao quadro da EPAMIG são de inteira responsabilidade de seus autores.

Os nomes comerciais apresentados nesta revista são citados apenas para conveniência do leitor, não havendo preferências, por parte da EPAMIG, por este ou aquele produto comercial. A citação de termos técnicos seguiu a nomenclatura proposta pelos autores de cada artigo.

Assinatura anual: **6 exemplares**

#### Aquisição de exemplares

#### Serviço de Assinaturas

Av. José Cândido da Silveira, 1.647 - Cidade Nova

Caixa Postal, 515 - CEP 31170-000 Belo Horizonte - MG

Telefax: (31) 3488-6688

E-mail: publicacao@epamig.br - Site: www.epamig.br

CNPJ (MF) 17.138.140/0001-23 - Insc. Est.: 062.150146.0047

Informe Agropecuário. - v.3, n.25 - (jan. 1977) - . - Belo Horizonte: EPAMIG, 1977 - .  
v.: il.

Cont. de Informe Agropecuário: conjuntura e estatística. - v.1, n.1 - (abr.1975).

ISSN 0100-3364

1. Agropecuária - Periódico. 2. Agricultura - Aspecto Econômico - Periódico. I. EPAMIG.

CDD 630.5

O Informe Agropecuário é indexado na  
AGROBASE, CAB INTERNATIONAL e AGRIS

**Governo do Estado de Minas Gerais**  
**Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento**  
**Sistema Estadual de Pesquisa Agropecuária - EPAMIG, UFLA, UFMG, UFV**



GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS

*Aécio Neves da Cunha*

Governador

SECRETARIA DE ESTADO DE AGRICULTURA,  
PECUÁRIA E ABASTECIMENTO

*Silas Brasileiro*

Secretário



**EPAMIG**

Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais

**Presidência**

*Baldonado Arthur Napoleão*

**Diretoria de Operações Técnicas**

*Manoel Duarte Xavier*

**Diretoria de Administração e Finanças**

*Luiz Carlos Gomes Guerra*

**Gabinete da Presidência**

*Carlos Alberto Naves Carneiro*

**Assessoria de Comunicação**

*Aldo Fernandes da Silva Júnior*

**Assessoria de Planejamento e Coordenação**

*Ronara Dias Adorno*

**Assessoria Jurídica**

*Paulo Otaviano Bernis*

**Assessoria de Informática**

*Luiz Fernando Drummond Alves*

**Auditoria Interna**

*Carlos Roberto Ditadi*

**Departamento de Transferência e Difusão de Tecnologia**

*Cristina Barbosa Assis*

**Departamento de Pesquisa**

*Maria Lélia Rodriguez Simão*

**Departamento de Negócios Tecnológicos**

*Edson Marques da Silva*

**Departamento de Prospecção de Demandas**

*Sebastião Gonçalves de Oliveira*

**Departamento de Recursos Humanos**

*José Eustáquio de Vasconcelos Rocha*

**Departamento de Patrimônio e Administração Geral**

*Marlene do Couto Souza*

**Departamento de Contabilidade e Finanças**

*Celina Maria dos Santos*

**Superintendência Financeira dos Centros Tecnológicos e**

**Fazendas Experimentais**

*José Roberto Enoque*

**Superintendência Administrativa dos Centros Tecnológicos e**

**Fazendas Experimentais**

*Artur Fernandes Gonçalves Filho*

**Instituto de Laticínios Cândido Tostes**

*Gérson Occhi*

**Instituto Técnico de Agropecuária e Cooperativismo**

*Marusia Guimarães Pereira Rodrigues*

**Centro Tecnológico do Sul de Minas**

*Adauro Ferreira Barcelos*

**Centro Tecnológico do Norte de Minas**

*Marco Antonio Viana Leite*

**Centro Tecnológico da Zona da Mata**

*Juliana Cristina Vieccelli de Carvalho*

**Centro Tecnológico do Centro-Oeste**

*Cláudio Egon Facion*

**Centro Tecnológico do Triângulo e Alto Paranaíba**

*Roberto Kazuhiko Zito*

A EPAMIG integra o

Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária,  
coordenado pela EMBRAPA

# Produção de resíduos e sua utilização como fonte alternativa de adubação na agropecuária

O fornecimento de insumos para a agropecuária é, na maioria das vezes, um dos fatores que contribuem para o aumento do custo dos alimentos. Isto porque, grande parte desses insumos é oriunda de reservas naturais, passíveis de esgotamento.

Por outro lado, estudos comprovam o imenso potencial existente nas principais fontes de poluição, que são os resíduos gerados nas mais diversas atividades que envolvem a vida na Terra. A criação de tecnologias de aproveitamento e de alternativas viáveis de esgotamento desses resíduos pode solucionar estas duas questões.

A idéia básica é utilizar os resíduos gerados como matéria-prima para produção de fertilizantes, através de tecnologias de transformação microbiológica. Dessa forma, resolvem-se, de uma só vez, dois problemas: despoluição ambiental e insumos alternativos mais baratos e com alto valor agregado.

Esta edição do Informe Agropecuário visa, de maneira bastante ampla, difundir o conhecimento sobre tecnologias inovadoras, quanto ao aproveitamento de resíduos na agropecuária, sem, contudo, estabelecer qualquer comparação entre elas, ou seja, tem apenas o objetivo de informar e contribuir para o desenvolvimento de alternativas nessa área, as quais promovam a qualidade de vida em toda atividade humana.

*Baldonado Arthur Napoleão*

Presidente da EPAMIG

# Organomineral – respeito à vida e ao meio ambiente



O engenheiro agrônomo Luiz Wagner Moreira da Silva é formado pela Universidade Federal de Goiás (UFG) e tem atuado em diversos projetos agropecuários na região de cerrado, no estado de Goiás.

Entre suas principais atividades estão a elaboração de projetos agrícolas e pecuários, a condução de lavouras em geral, de forragens, de sementes e de culturas irrigadas para agroindústrias. Trabalha, também, na área de defensivos e fertilizantes químicos/organominerais, com destaque para trabalhos com organominerais, no município de Abadia de Goiás, na região central do Brasil.

**IA** - *Como teve início a utilização do fertilizante organomineral na agricultura brasileira?*

**Luiz Wagner** - Os primeiros organominerais foram produzidos há mais de vinte anos, quando algumas empresas do Sul e do Sudeste tinham como base a mistura de esterco aos fertilizantes minerais. Era uma mistura simples, sem muito aparato tecnológico. De certa forma, foi assim que começaram a ser produzidos comercialmente os primeiros organominerais no Brasil. Este processo já era conhecido por produtores rurais em várias regiões do mundo com bons resultados. Eles usavam o esterco seco peneirado, misturado a fertilizantes

minerais tradicionais, ou a cinzas, mas com aplicação restrita a pequenas plantações, sem possibilidade de produzir grandes volumes. A produção em larga escala não era possível naquela época, devido à falta de tecnologia para produção de um fertilizante seguro, sem riscos ao meio ambiente e às lavouras, que pudesse ser usado nos implementos comuns. Além disso, concorriam como empecilho à produção em larga escala, a falta de apoio, de incentivos e de uma retaguarda técnica de suporte aos técnicos e aos produtores. Atualmente, esta retaguarda é indispensável, pela necessidade de os produtores se adequarem à Lei do Consumidor e à

atual Legislação do Ministério de Agricultura sobre o assunto, etc.

O início da utilização do organomineral deu-se de forma ampla, após uma revisão dos conceitos sobre adubação. Percebeu-se a interação de uma agricultura contemporânea com vários outros segmentos. O grande volume de matérias orgânicas produzidas pelas agroindústrias e outros setores poderia ter um destino mais nobre. E a experiência vem comprovando que podemos produzir um organomineral em condições de disputar espaço, em pé de igualdade ou superioridade, com os tradicionais fertilizantes minerais.

**IA** - *Novas tecnologias trouxeram avanços para o processo de utilização de organominerais na agropecuária?*

**Luiz Wagner** - Por exemplo, na biotecnologia Bioexton, gerada após anos de pesquisa, a compostagem acelerada de grande volume de matéria orgânica, oriunda de diversas fontes produtoras, fez com que o processamento industrial de organominerais em larga escala se tornasse viável. Ela também deixou de ser uma simples mistura de matéria orgânica com fertilizantes minerais, pois, devido à adição de eficientes coquetéis biológicos, o poder nutritivo e fertilizante foi expressivamente aumentado, agindo positivamente na relação solo/planta.

nutrientes dos organominerais, o solo, mesmo com boa estrutura física, poderá perder em produtividade, se não for feita uma recomendação adequada. Para cada produtor as recomendações devem ser revistas, diante das diferenças existentes entre as culturas, os solos e os próprios produtores, etc. É importante colocar em prática a experiência de quem já obteve bons resultados com os organominerais.

**IA** - *Por que usar o organomineral, sendo este um fertilizante novo e desconhecido?*

**Luiz Wagner** - Pela necessidade de novos desafios para o aprimoramento de um fertilizante com perfil capaz de acompanhar as mudanças evolutivas da

luidor em fertilizante, com excelentes propriedades agronômicas, se somadas à sua alta eficiência, propiciará uma vida mais longa às jazidas minerais existentes, como as de fósforo, de potássio, entre outras, o que significa um grande avanço em todas as áreas de atuação do ser humano. Os organominerais concorrem muito para uma agricultura moderna, auto-sustentável e consciente.

**IA** - *Como a pesquisa tem contribuído nesta questão?*

**Luiz Wagner** - Temos desenvolvido um trabalho a campo, em nossa região, com lavouras comerciais. Partimos de alguns dados de pesquisa obtidos da EPAMIG, na região do Triângulo Minei-

### **As vantagens que observamos neste novo sistema de cultivo são muitas e abrangem as áreas social, cultural e econômica.**

**IA** - *Em Abadia de Goiás, como tem sido a utilização do fertilizante organomineral na agricultura?*

**Luiz Wagner** - Para aqueles que não conhecem organominerais, temos recomendado, inicialmente, a utilização em áreas menores, onde se possa fazer uma avaliação consciente, conduzindo e avaliando a lavoura lado a lado com os fertilizantes tradicionais. Com referência às fórmulas e/ou dosagens, temos recomendado sempre começar pelo cálculo da reposição de nutrientes. Devido à maior eficiência de fornecimento de

humanidade, para que esta não entre em colapso, e para a produção de alimentos suficientes para todos, respeitando a vida e o meio ambiente. Para começar a trabalhar com os organominerais tivemos que fazer uma avaliação mais profunda do nosso papel de agrônomo. Sentimos, então, a necessidade de efetuar a mudança. Também, porque as vantagens que observamos neste novo sistema de cultivo são muitas e abrangem as áreas social, cultural e econômica. Devemos destacar que a transformação de um resíduo orgânico po-

ro, e com algumas adaptações, extrapolamos para Goiás. Atualmente, estamos trabalhando em ensaios de dosagens para a confecção de um futuro material didático para as recomendações dos produtos da tecnologia em questão. Este trabalho deve ser contínuo e feito em diversas regiões, para um aperfeiçoamento das recomendações.

Os resultados têm sido consistentes em todas as áreas, com produtividades iguais, ou até mesmo superiores às obtidas com fertilizantes tradicionais.

**IA** - *De forma prática, que recomendações os produtores devem seguir na utilização de organominerais?*

**Luiz Wagner** - As recomendações, a princípio, têm como base as mesmas quantidades que seriam fornecidas pelos fertilizantes minerais, de forma a repor os nutrientes retirados com a colheita. Em solos mais fracos, recém-corrigidos, aumentamos a dose entre 20% e 30%. Para o fechamento desses cálculos, usamos um variado número de fórmulas e tabelas de extração. Geralmente, as coberturas complementam o que faltará de nitrogênio e/ou potássio. Quando se trata de áreas irrigadas usam-se os fluidos orgânicos através da fertirrigação. Nas culturas de sequeiro são usados os organominerais específicos para a cobertura e que, de pre-

atenção é a qualidade do produto final, que deve refletir uma ligeira melhoria nos teores nutricionais, coloração e peso hectolítrico. Em algumas áreas mais infestadas com doenças e com certo desequilíbrio nutricional, os organominerais têm proporcionado maior produtividade e até mesmo com doses menores que os fertilizantes minerais. Além dessas particularidades, poderá haver um menor desenvolvimento inicial em algumas culturas e/ou áreas, mas, logo em seguida, com um ganho no desenvolvimento da cultura. Isto devido à disponibilidade controlada dos nutrientes nos organominerais.

**IA** - *E a qualidade no ambiente e nos produtos. O que mudou com a nova tecnologia?*

sentada. Nos próximos anos, poderemos começar a contar com números mais precisos. Em todas as colheitas acompanhadas, verificamos uma tendência de melhoria na qualidade dos produtos cultivados com os organominerais.

**IA** - *Quais as vantagens e desvantagens na utilização de fertilizantes organominerais?*

**Luiz Wagner** - O fator limitante para o maior uso dos organominerais talvez esteja no teor de umidade e granulação. Para qualquer classe de fertilizante estes quesitos têm um grande peso no resultado de um bom plantio. Uma atenção maior deve ser dada aos organominerais, pelo menor peso específico deles, faltando, algumas vezes, uma melhor

**Em algumas áreas mais infestadas com doenças e com certo desequilíbrio nutricional, os organominerais têm proporcionado maior produtividade e até mesmo com doses menores que os fertilizantes minerais.**

ferência, sejam incorporados ao solo. Algumas particularidades dos organominerais têm-se mostrado a campo em algumas áreas. Como exemplo, podemos citar uma turgescência maior da planta em condições de déficit hídrico, quando comparada àquelas adubadas com os fertilizantes minerais. Isto significa que poderá haver no futuro a comprovação de uma “economia” de água, com o uso dos fertilizantes organominerais. Outro fator que merece

**Luiz Wagner** - Uma melhoria ambiental é sentida imediatamente, pela retirada da matéria orgânica outrora poluidora, transformando-a em um fertilizante sem risco ao meio ambiente. Esperamos por uma significativa melhoria na fertilidade dos solos com o uso constante dos fertilizantes organominerais. A quantificação desta melhoria não é muito simples e, por isso, talvez não tenha sido concluída, mas acreditamos estar em vias de ser apre-

adequação das plantadeiras, quando da exigência de maiores dosagens. O fator preço pesa na hora da compra e, atualmente, os organominerais têm um dos menores custos-benefícios do mercado.

Além da questão ambiental, a maior vantagem está na qualidade do produto colhido. Em termos de mercado, há uma preferência natural, devido ao melhor aspecto, coloração, etc. Por isso mesmo a demanda por organominerais tem-se mostrado crescente.



# Generalidades sobre efeitos benéficos da matéria orgânica na agricultura

*Jeferson Antônio de Souza<sup>1</sup>*

Resumo - A matéria orgânica constitui um dos principais componentes do solo e é uma das maiores responsáveis pela capacidade de troca de cátions dos solos altamente intemperizados. É também importante fonte de nutrientes para as plantas e de carbono e energia para os microrganismos. Proporciona melhoria das condições químicas, físicas e biológicas do solo. Seu efeito benéfico depende diretamente de sua composição e do estado em que se encontra em função, sobretudo, da relação carbono/nitrogênio.

Palavras-chave: Cobertura do solo. Fertilidade do solo. Resíduo orgânico. Húmus.

## INTRODUÇÃO

De maneira geral, os efeitos benéficos da matéria orgânica na agricultura tornam-se mais expressivos em solos mais pobres quimicamente e naqueles com textura mais grosseira (textura média ou arenosa). Nestes solos, podem-se destacar, como principais características, a baixa capacidade de troca de cátions (CTC), o baixo teor de fósforo disponível (seja pela baixa fertilidade natural, seja pela alta capacidade de adsorção de fósforo), os insignificantes teores de micronutrientes, o baixo conteúdo de matéria orgânica, o alto nível de alumínio trocável, etc.

Nos solos de baixa fertilidade natural, o fósforo constitui um dos principais nutrientes limitantes da produção agrícola, com níveis que variam de 0,005% a 0,2% de P total. Devido à alta capacidade de adsorção de P, este nutriente é fornecido às plantas, pela adubação, em quantidades de até cinco vezes a exigência da cultura. O aproveitamento do adubo químico pelas plantas é cerca de 30% do total aplicado e, dependendo das condições químicas e físicas do solo, pode não passar de 5%, principalmente o nitrogênio e o potássio que podem

ser lixiviados (o N pode também ser perdido por volatilização). A adição de matéria orgânica nesses solos, além do seu efeito direto na fertilidade, funciona como um agente protetor de perdas de nutrientes, devido à presença de ácidos orgânicos que formam compostos ou quelatos, aumentando a disponibilidade dos nutrientes para as plantas.

Na agricultura convencional, a utilização de adubos químicos promove, com o passar do tempo, uma redução na atividade biológica do solo. Adicionando-se a ele matéria orgânica de qualquer fonte, é possível observar modificações químicas, físicas e biológicas, altamente favoráveis às plantas, obtendo-se produtos de boa qualidade sem degradar o solo.

## EFEITO DA MATÉRIA ORGÂNICA NO SOLO

Os efeitos benéficos da matéria orgânica estão diretamente ligados ao fornecimento de nutrientes (principalmente de micronutrientes), à fonte de carbono e energia para os microrganismos do solo, ao aumento da eficiência de aproveitamento de elementos químicos (nutrientes) forne-

cidos para as plantas através de adubações e, indiretamente, à melhoria das condições físicas dos solos. No entanto, o simples fato de ser matéria orgânica não significa que só há vantagens para o solo. Sabe-se que as plantas absorvem diferentemente os nutrientes, de acordo com suas exigências. Assim, a composição química dos diversos tipos de matéria orgânica difere em função da vegetação que a formou, podendo ser mais rica em amidos e proteínas, como as leguminosas, ou mais rica em celulose e ligninas, como capins e suas raízes (PRIMAVESI, 1980). Para cada uma dessas matérias orgânicas existem microrganismos específicos para sua decomposição, os quais poderão promover diferentes alterações no solo.

A matéria orgânica não decomposta, pela sua composição química, pode ser dividida em: matéria orgânica facilmente decomponível (rica em proteínas), que é decomposta primeiro (forma gás carbônico, água e minerais, inclusive nutrientes), e matéria orgânica de difícil decomposição (rica em lignina, que é decomposta no primeiro estágio por fungos e actinomicetos), ou seja, decomposta mais lentamente.

<sup>1</sup>Eng<sup>a</sup> Agr<sup>a</sup>, D.Sc., Pesq. EPAMIG-CTTP, Caixa Postal 351, CEP 38001-970 Uberaba-MG. Correio eletrônico: [jeferson@epamiguberaba.com.br](mailto:jeferson@epamiguberaba.com.br)

Esta, em meio semi-aeróbio, é atacada por fungos. Já em meio aeróbio e clima quente, é atacada por bactérias, que são eficientes decompositores que deixam, como produto final, CO<sub>2</sub>, água e minerais. Somente a matéria orgânica de difícil decomposição, especialmente ligninas, pode dar origem ao húmus. Segundo Igue (1984), o húmus é um composto amorfo da fração orgânica do solo que se decompõe pela ação de microrganismos (um produto da decomposição parcial e posterior síntese catalizada por microrganismos).

Durante a decomposição da matéria orgânica, são produzidas substâncias intermediárias, com características agregantes e estabilizantes, chamadas ácidos poliurônicos. Estes ácidos também são responsáveis pela melhoria nas condições de agregação do solo pela matéria orgânica.

### IMPORTÂNCIA DA MATÉRIA ORGÂNICA

A matéria orgânica pode ser importante pela influência que ela tem sobre muitas das características do solo. Segundo Fassbender (1980) e Primavesi (1980), entre as propriedades do solo, a matéria orgânica influi sobre:

- a) a cor do solo, tornando-a mais escura;
- b) a formação de agregados através de substâncias que formam bioestrutura estável à ação das chuvas;
- c) a redução da plasticidade e da coesão do solo;
- d) o fornecimento de ácidos orgânicos e álcoois, durante sua decomposição, que servem de fonte de carbono aos microrganismos de vida livre, fixadores de nitrogênio, e possivelmente, portanto, sua fixação;
- e) o fornecimento de possibilidades de vida aos microrganismos, especialmente os fixadores de nitrogênio,

que produzem substâncias de crescimento, como triptofano e ácido indolacético, com efeitos muito positivos sobre o desenvolvimento vegetal;

- f) a alimentação dos organismos ativos da decomposição, que produzem antibióticos para proteger as plantas de enfermidades;
- g) o fornecimento de substâncias como fenóis, uma vez que a matéria orgânica é um heterocondensado de substâncias fenólicas, que contribuem não somente para a respiração e a maior absorção de fósforo, mas também para a sanidade vegetal;
- h) o aumento da capacidade de retenção de água; grande aumento da CTC;
- i) o aumento da capacidade de troca aniônica (CTA), especialmente fosfatos e sulfatos;
- j) a disponibilização de N, P e S, através dos processos de mineralização;
- k) a menor variação do pH, devido a um aumento na capacidade tampão;
- l) a participação em processos pedogenéticos, devido a suas propriedades de peptização, coagulação, formação de quelatos, etc.

Com referência à CTC pode-se, por exemplo, citar<sup>2</sup> que a da caulinita varia de 3 a 15 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; a haloisita de 5 a 50 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; a dos óxidos de ferro amorfo, de 10 a 25 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; a montmorilonita de 80 a 150 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; a ilita e clorita de 10 a 40 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; a vermiculita de 100 a 150 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e a da matéria orgânica pode variar de 100 a 250 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, sendo que a CTC do húmus pode chegar a 400 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. Com relação ao aumento na CTA, a matéria orgânica é extremamente importante quanto a uma melhor utilização do fósforo pelas plantas. A matéria orgânica assume duplo papel na retenção

de fosfatos, formando complexos estáveis com Fe e Al (SANCHEZ; UEHARA, 1980; TISDALE; NELSON, 1966), ou através do bloqueio dos sítios de adsorção pelos produtos de sua degradação (FOX; KAMPRATH, 1970). Segundo Guedes (1982), os componentes orgânicos na superfície do solo podem contrabalancear as superfícies de colóides inorgânicos carregadas positivamente e decrescer a energia de ligação, aumentando a liberação de P.

### REFERÊNCIAS

- FASSBENDER, H.W. **Química de solos:** com ênfase em solos de América Latina. San José, Costa Rica: IICA, 1980. 398p.
- FOX, R.L.; KAMPRATH, E.J. Phosphate sorption isotherms for evaluating the phosphate requirements of soils. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v.34, n.6, p.902-907, Nov./Dec. 1970.
- GUEDES, G. A. de A. **Effects of lime, P and water placement on corn responses and selected chemical properties of a Florida Ultisol.** 1982. 210p. Thesis (Ph.D.) - University of Florida, Gainesville.
- IGUE, K. Dinâmica da matéria orgânica e seus efeitos nas propriedades do solo. In: FUNDAÇÃO CARGILL. **Adução verde no Brasil.** Campinas, 1984. p.232-267.
- PRIMAVESI, A. **O manejo ecológico do solo:** agricultura em regiões tropicais. 2.ed. São Paulo: Nobel, 1980. 541p.
- SANCHEZ, P.A.; UEHARA, G. Management considerations for acid soils with high phosphorus fixation capacity. In: KHASAWNEH, F.E.; SAMPLE, E.C.; KAMPRATH, E.J. (Ed.). **The role of phosphorus in agriculture.** Madison: American Society of Agronomy, 1980. cap.17, p.471-514.
- TISDALE, S.L.; NELSON, W.L. **Soil fertility and fertilizers.** 2.ed. New York: MacMillan, 1966. 694p.

<sup>2</sup>Informação obtida em 2002, através de Euclides Caxambu Alexandrino de Souza, consultor autônomo, atuante na área de nutrição e adubação de plantas. Correio eletrônico: democrata@netsite.com.br

# Impactos ambientais da deposição de lixo e resíduos na superfície do solo

*Jeferson Antônio de Souza<sup>1</sup>*

**Resumo** - A deposição de lixo ou de resíduos diversos na superfície do solo causa inúmeros impactos ao ambiente e coloca em risco a saúde das pessoas, sobretudo daquelas que têm acesso ou contato direto com os lixões. Embora estes sejam um meio de vida para parte da população de grandes centros urbanos, é deprimente conviver com a notícia de que 2.762 famílias, no Rio de Janeiro, disputam com ratos e urubus comida para sobreviver, conforme detectado em uma pesquisa feita pela Pastoral dos Aterros Sanitários e Lixões da Arquidiocese de Niterói, RJ. A eliminação dos lixões e a geração de melhores condições de vida para essas famílias contribuirão, em muito, para a qualidade ambiental, minimizando muitos dos impactos causados. Há uma conscientização, quase que generalizada, da necessidade de tomada de decisões e criação de uma política de redução da poluição ambiental, de melhoria da qualidade de vida dos habitantes, combate à pobreza e de economia dos recursos municipais.

**Palavras-chave:** Risco ambiental. Resíduo orgânico. Resíduo sólido. Poluição. Tempo de decomposição. Reciclagem.

## INTRODUÇÃO

Resíduo, segundo definição do dicionário Aurélio, da Língua Portuguesa, pode ser “aquilo que resta de qualquer substância”. No entanto, resíduo pode ser definido também como todo e qualquer resto ou subproduto da agropecuária, da indústria, do comércio, dos alimentos, etc. Estes resíduos podem ser orgânicos ou inorgânicos. Na maioria das vezes, são depositados na superfície do solo e causam uma série de impactos ao ambiente. Referindo-se ao lixo domiciliar, a solução mais comum é o depósito, a céu aberto, nos chamados lixões, ou no aterro sanitário. Ambos causam mais impactos negativos que positivos ao ambiente. Entretanto, podem-se dar diversas destinações para esses resíduos. Os orgânicos podem ser reaproveitados na produção de fertilizantes, de condicionadores ou corretivos de solo; parte dos resíduos

inorgânicos pode ser reciclada, parte incinerada e parte depositada em aterros (sanitários ou controlados).

Quando se fala em resíduos ou em poluição ambiental, a primeira idéia que nos vem à mente é o lixo doméstico. No entanto, além deste, existem outros tipos de lixo. No meio urbano, ocorrem também poluentes em potencial, que são os esgotos e os lixos hospitalares.

Os resíduos da agropecuária são constituídos de restos ou sobras vegetais (como casca de café e palha de arroz) e/ou animais, como esterco, camas de frango, dejetos de suínos, etc. Os lixos industriais mais conhecidos são constituídos pelos subprodutos da indústria de fertilizantes químicos (como o gesso agrícola, proveniente da fabricação do superfosfato simples). Outros exemplos podem ser citados, como resíduos das serrarias/carpintarias

(serragem), das fábricas de cerveja, de sucos e de processamentos de alimentos, dos frigoríficos, dos abatedouros e dos laticínios. Das usinas de açúcar e álcool, originam-se o bagaço de cana, a torta de filtro, a vinhaça e outros resíduos de menor expressão. Da rede de alimentação, são originados resíduos de feiras e das Centrais de Abastecimento (Ceasas), e quase 100% desse lixo é orgânico, portanto, passível de aproveitamento, como esterco ou fertilizantes.

Contudo, independente do tipo de lixo existente, a agressão ao meio ambiente ainda é uma realidade. Felizmente, já existe uma grande conscientização de que os efeitos da degradação do ambiente têm que ser minorados e a tendência atual é minimizar qualquer tipo de impacto ambiental, visando não só preservar o ecossistema, mas também provocar uma melhoria na qualidade de vida do planeta.

<sup>1</sup>Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, D.Sc., Pesq. EPAMIG-CTTP, Caixa Postal 351, CEP 38001-970 Uberaba-MG. Correio eletrônico: jeferson@epamiguberaba.com.br



No Brasil, são produzidas 240 mil toneladas de lixo a cada 24 horas, que correspondem a, aproximadamente, 90 milhões de toneladas/ano. Só em Belo Horizonte, Minas Gerais, são recolhidas, diariamente, 2,5 mil toneladas de entulho e 1,6 mil toneladas de lixo domiciliar. Atualmente, produz-se o dobro do lixo produzido há 15 anos. Diariamente, cada brasileiro produz, em média, 600 gramas de lixo (nos Estados Unidos, cada americano produz quase 2 kg por dia). Esta quantidade é justificada pelos aumentos populacional e do poder aquisitivo e pelo perfil do consumidor brasileiro, que vem adquirindo novos hábitos de consumo. O tratamento desse lixo continua sendo feito de forma precária.

Na área urbana, além do lixo depositado em aterros e lixões, a céu aberto, concorrem, para poluir o meio ambiente, os dejetos industriais, cujos destinos finais nem sempre são conhecidos, e os esgotos que, quase sempre, não são tratados, sendo despejados diretamente nos rios e cursos d'água.

Por exemplo, na cidade de Uberaba, MG, com aproximadamente 300 mil habitantes, apenas 3% do esgoto recebe tratamento. Pequena parcela do lixo urbano recebe algum tipo de tratamento na cidade, porém, em breve, serão criados aterros para destinação do lixo doméstico, eliminando não só as características do denominado lixão tradicional, onde inúmeros catadores, aves e animais convivem diariamente naquele ambiente inóspito, mas também o chorume, grande poluidor dos cursos d'água e lençol freático<sup>2</sup>.

Em países como França e Alemanha, a iniciativa privada é encarregada do lixo. A solução para todos estes problemas é uma questão de filosofia de procedimento, verdadeiramente empresarial. O lixo não pode ser tratado como lixo, mas sim como matéria-prima, geradora de empregos, de produtos úteis, que movimentam a economia e despolui o meio ambiente. O ideal é que, 100% do lixo ou resíduo gerado em qualquer

atividade tivesse já definido o seu destino. Deseja-se que, em breve, todo o lixo doméstico saia das residências já empacotado e direcionado aos locais próprios de reaproveitamento, não gerando, portanto, qualquer tipo de poluição ao ambiente.

## IMPACTOS AMBIENTAIS

Impacto ambiental é uma alteração física ou funcional em qualquer um dos componentes ambientais. Essa alteração pode ser qualificada e, muitas vezes, quantificada. Pode ser favorável ou desfavorável ao ecossistema ou à sociedade humana (TOMMASI, 1994 apud LOPES et al., 2000).

A Resolução nº 001 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), de 23/01/1986 (CONAMA, 1986), em seu artigo 1º, considera impacto ambiental, como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que direta ou indiretamente afetam:

- a) a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- b) as atividades econômicas;
- c) a biota;
- d) as condições estéticas do meio ambiente;
- e) a qualidade dos recursos ambientais.

Alguns dos impactos ambientais gerados pela deposição de lixo doméstico a céu aberto, nos lixões, estão listados a seguir:

- a) condição subumana de vida das pessoas que vivem próximas aos lixões e sobrevivem dele;
- b) péssima qualidade de vida de muitas famílias, pelo convívio diário com o lixo;
- c) impactos visuais, pela alteração imposta à paisagem;

- d) contaminação do solo, de cursos d'água e do lençol freático com o chorume, que escorre pela enxurrada ou infiltra pelo solo;
- e) contaminação do ar atmosférico da circunvizinhança pelos odores e mau cheiro causados pela liberação de gases, durante o processo de decomposição do lixo orgânico;
- f) proliferação de doenças, enfermidades e pragas, já que o lixo constitui fonte de alimento e de abrigo para insetos-vetores de doenças, animais ferozes ou peçonhentos, roedores e aves lixeiras (o lixo pode provocar doenças como: febre tifóide, leptospirose e infecções de pele);
- g) contaminação do ambiente por metais pesados ou até radioativos em função do tipo de lixo depositado;
- h) acidentes ecológicos gerados pela deposição de lixos e descartes às margens dos rios e cursos d'água;
- i) acidentes aéreos provocados por aves habitantes dos lixões próximos a aeroportos;
- j) tempo de exposição de material variável em função do grau de facilidade e de dificuldade de degradação (por exemplo, plástico: mais de 10 anos; metal e pilhas: de 100 a 500 anos; vidro e borracha – pneu: tempo indeterminado; filtro de cigarro e goma de mascar: 5 anos; fralda descartável comum: 450 anos; fralda descartável biodegradável: 1 ano; nylon: 30 a 40 anos; papelão: 1 a 4 meses; papel: 3 a 6 meses).

Quando jogados no solo ou enterrados no subsolo, esses poluentes atingem e contaminam os lençóis subterrâneos. Tais lixões proliferam por todos os municípios. Só na cidade paulista de Cubatão, a área ocupada por esses lixões é de dois milhões de metros quadrados.

<sup>2</sup>Informação obtida em 2003, através do Secretário do Meio Ambiente de Uberaba, MG, Luís Nogueira.

Os esgotos e o lixo orgânico lançados sem tratamento nos rios acabam com toda a flora e a fauna aquáticas. A matéria orgânica dissolvida alimenta inúmeros microrganismos que, para metabolizá-la, consomem o oxigênio das águas. Cada litro de esgoto consome de 200 a 300 miligramas de oxigênio, o equivalente a 22 litros de água.

Se a carga de esgoto for superior à capacidade de absorção das águas, o oxigênio desaparece, interrompe-se a cadeia alimentar e ocorre a morte da fauna. É este o tipo de poluição responsável pelas horríveis cenas registradas, de tempos em tempos, na represa Billings, em São Paulo, e na Lagoa Rodrigo de Freitas, no Rio de Janeiro, onde os peixes, pouco antes de morrer aos milhares, vêm à tona e, tentam desesperadamente sorver o oxigênio do ar.

Nos oceanos e mares, esse mesmo processo forma as chamadas “marés vermelhas”, que nada mais são do que o acúmulo de microrganismos consumidores de oxigênio. As águas ficam escuras, os peixes morrem e os frutos do mar tornam-se tóxicos para o consumo humano.

O lixo jogado nas margens e dentro de rios, canais, córregos e igarapés pode matar os peixes e outros organismos que vivem na água. Ele também impede a passagem das águas, causando entupimentos e inundações no período de chuvas.

A queima do lixo pode trazer várias consequências ruins: poluição do ar, problemas à saúde, incômodos à vizinhança e também provocar incêndios de difícil controle.

O meio ambiente leva muito tempo para decompor alguns detritos, por isso a reciclagem é tão importante. Eis o tempo de decomposição de alguns deles:

jornais .....	2 a 6 semanas
embalagens de papel .....	1 a 4 meses
cascas de frutas .....	3 meses
guardanapos de papel .....	3 meses
fósforos e pontas de cigarro .....	2 anos
goma de mascar .....	5 anos
sacos e copos plásticos .....	200 a 450 anos
latas de alumínio, tampas de garrafa e pilhas .....	100 a 500 anos

## MEDIDAS MITIGADORAS

A deposição de resíduos e de lixo na superfície do solo constitui um problema de dimensões alarmantes. Enchentes, desmoronamentos de terra e outras catástrofes que ocorrem durante o período chuvoso poderiam ser evitadas, se o lixo tivesse um destino adequado. Algumas medidas já começam a ser tomadas, visando minimizar tais impactos.

Segundo a Radiobrás (PROGRAMA..., 2003) ações educativas desencadeadas desde 1996, pelo Programa de Preservação dos Rios Amazônicos (Pró-Rios), executadas pela organização não-governamental Sociedade de Pesquisa e Preservação da Amazônia (SPPA) e patrocinadas pelo Banco da Amazônia, já conseguiram reduzir em 60% o volume de lixo lançado nas vias fluviais.

De acordo com Barco... (2003), a Aerobarco do Brasil Transportes Marítimos e Turismo (Transtur), para tentar amenizar os riscos provocados pelo lixo na Baía de Guanabara (RJ), planeja-se colocar um Barcogari, para recolher pedaços de troncos, plásticos e outros detritos flutuantes lançados na Baía e que têm provocado pane em aerobarco.

Segundo Imbelloni (2003), assim como no mundo inteiro, no Brasil, a inclusão de trituradores de resíduos alimentares domésticos nos projetos residenciais é crescente, principalmente em novas residências de alto padrão, que já contam com estes eletrodomésticos. Nos grandes centros, como São Paulo, Rio de Janeiro, Brasília e Belo Horizonte esta realidade é melhor, os números variam de 5% a 30%, dependendo da região.

Lopes (2003) destaca que a Câmara aprovou, em segunda votação, o projeto de lei que obriga edifícios comerciais, residenciais, *shoppings* e condomínios a instalarem equipamentos apropriados para coleta seletiva de lixo.

A reciclagem assume papel de grande importância na não-poluição. Recentemente, a Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos (ECT), em Brasília (DF), lançou quatro selos postais especiais enfatizando os temas Reciclagem e Artesanato (EMPRESA..., 2003). Segundo Lucas Godinez, diretor-gerente de embalagens Klabin (VOLUME..., 2003), no Brasil, praticamente 100% do papelão é reciclado. A reciclagem de papel e papelão mobiliza entidades como a Bolsa de Valores de São Paulo (Bovespa), cujo volume mensal chega a 1,5 tonelada. Também, no setor de siderurgia, 25% dos 32 milhões de toneladas de aço que devem ser produzidos no Brasil, neste ano, virão da reciclagem.

Segundo a Associação Brasileira de Alumínio (Abal), a coleta de latas de alumínio movimentada, no Brasil, R\$850 milhões por ano e envolve, da coleta à transformação, cerca de 2 mil empresas. A Abal estima também que, aproximadamente, 150 mil pessoas vivam exclusivamente da coleta de latas de alumínio, em mais de 6 mil pontos de compra de sucata em todo o País (RIPARDO, 2003). Em 2002, a reciclagem de latas de alumínio gerou uma economia de energia de cerca de 1.700 GWh ano<sup>-1</sup>, o que corresponde a 0,5% de toda energia gerada no País e suficiente para atender a uma cidade de um milhão de habitantes, como Campinas, SP. Segundo a Abal, o País reciclou, em 2002, 87% de todas as latas de alumínio consumidas, ou seja, foram reaproveitadas cerca de 9 bilhões de unidades, o que corresponde a 121,1 mil toneladas de latas.

Com a redução da quantidade de lixo depositada nos lixões, outro impacto que também será reduzido é a presença de urubus nas proximidades das cidades. De acordo com Diniz (2003), o número de colisões de aeronaves com pássaros vem aumentando no Brasil e em menos de 10 anos,

os registros saltaram de 235 para 341, o que preocupa o Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (Cenipa) da Força Aérea Brasileira. Segundo o coordenador da comissão que trata desse assunto, capitão Flávio Antônio Coimbra de Mendonça, 76% dessas colisões não causam danos às aeronaves ou outros problemas, mas o perigo de um acidente mais grave existe e os urubus são responsáveis por 40% desses acidentes (DINIZ, 2003; BRASIL..., 2003). Segundo a Folha Online (BRASIL..., 2003), o Brasil registrou nesse ano (até 05/07/2003) 111 colisões entre aves e aviões e, desde 2000, já houve 1.138 casos, porém, há registro de apenas uma morte e outros casos de perda de visão provocados por essas colisões. Nos Estados Unidos, segundo o capitão Flávio Coimbra (DINIZ, 2003), mais de 300 pessoas já morreram em acidentes aéreos provocados por colisões com pássaros. Com relação a isso, houve até um Seminário, em Terezina (PI), para discutir e buscar soluções para uma superpopulação de urubus em decorrência do acúmulo de lixo (LEMOS, 2003).

Por outro lado, a Embrapa Solos, no Rio de Janeiro, em parceria com a Empresa Brasileira de Infra-Estrutura Aeroportuária (Infraero), empresa que administra aéro-

portos no País, conseguiu reduzir a população de urubus nas pistas do Galeão, com um trabalho de recuperação de duas áreas desertificadas em torno do aeroporto (EMBRAPA..., 2003). Nas duas áreas recuperadas, atualmente existe vegetação de Mata Atlântica, o que desestimula o acúmulo de urubus, que estão desaparecendo e sendo substituídos por pássaros canoros típicos de hábitat silvestre, de vôos razantes e bem pequenos. O mesmo tratamento vem sendo dado a outros 19 aeroportos no País.

A coleta seletiva é uma alternativa ecológica correta que desvia, de aterros sanitários ou lixões, resíduos sólidos que poderiam ser reciclados. Portanto, visa facilitar o destino e/ou o tratamento desses resíduos. Assim, a vida útil dos aterros sanitários é prolongada e o meio ambiente menos contaminado; muitos recursos naturais têm sua extração reduzida, pelo uso de matérias-primas recicláveis, além de ter reduzida também a quantidade de um novo lixo, quando se utiliza material reciclado. No Brasil, existe coleta seletiva em cerca de 135 cidades (GONÇALVES, 2003) e, na maioria dos casos, ela é realizada pelos catadores organizados em cooperativas ou associações. Com referência à coleta seletiva, a Resolução CONAMA nº 275, de 25/04/2001 (CONAMA, 2001), estabeleceu

o código de cores para os diferentes tipos de resíduos, na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva: azul: papel/papelão; vermelho: plástico; verde: vidro; amarelo: metal; preto: madeira; laranja: resíduos perigosos; branco: resíduos ambulatoriais e de serviços de saúde; roxo: resíduos radioativos; marrom: resíduos orgânicos e cinza: resíduo geral não reciclável ou misturado, contaminado, não passível de separação. Dentro dessa linha, um projeto de lei aprovado pela Câmara Municipal de Curitiba/PR oficializa o padrão internacional de cores para cada tipo de lixo: sacola verde para vidro; vermelha para plástico; azul para papel; amarela para metal; marrom para lixo orgânico e cinza para lixo não reciclável, com o intuito de facilitar o processo de reciclagem na cidade (MARTINS, 2003). Já, na cidade do Rio de Janeiro, há recomendação para a população utilizar sacos plásticos transparentes, acondicionando o lixo orgânico em sacos plásticos pretos, entre outras cores existentes (PENIDO, 2003).

Na Figura 1, são apresentados os principais problemas ambientais identificados num local de trabalho e as possíveis vias de contaminação dos catadores que frequentam o lixão.

## MUDAS DE OLIVEIRA

**GARANTIA DE PROCEDÊNCIA,  
MUDAS PADRONIZADAS, QUALIDADE  
COMPROVADA E VARIEDADE IDENTIFICADA.**

### **PEDIDOS E INFORMAÇÕES:**

**EPAMIG-FAZENDA EXPERIMENTAL DE MARIA DA FÉ - CEP: 37 517 - 000  
e-mail: epamig@altinformatica.com.br - TELEFAX: (35) 3662 1227**





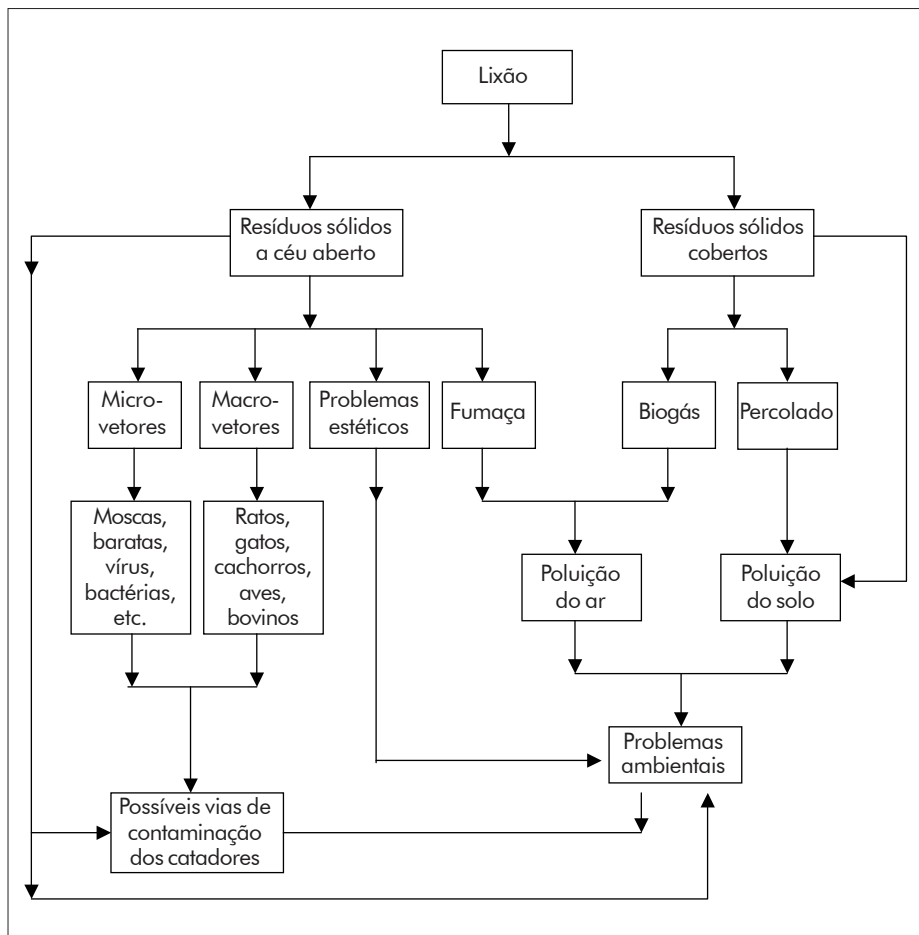


Figura 1 - Principais problemas ambientais identificados no lixão da cidade de Campina Grande, PB, e possíveis vias de contaminação dos catadores

FONTE: Lopes et al. (2000).

## REFERÊNCIAS

BARCO-gari para limpar a sujeira da Baía. **O Dia online**, Rio de Janeiro, 19 ago. 2003. Disponível em: <<http://www.odia.com.br>>. Acesso em: 19 ago. 2003.

BRASIL já registrou 111 colisões entre aves e aviões neste ano. **Folha Online**, São Paulo, 5 jul. 2003. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/folha/cotidiano/ult95u77949.shtml>>. Acesso em: 2003.

CONAMA. Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986. [Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório do Impacto Ambiental – RIMA]. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 17 fev. 1986. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/>>. Acesso em: 2003.

\_\_\_\_\_. Resolução CONAMA nº 275, de 25 de abril de 2001. [Estabelece código de cores para diferentes tipos de resíduos na coleta seletiva]. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 19 jun. 2001. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/>>. Acesso em: 2003.

DINIZ, A. **Cresce o número de colisões de aeronaves com pássaros**. Brasília, 2003. Disponível em: <<http://www.radiobras.gov.br/materia.phtml?materia=129909&editoria=>>>. Acesso em: 2003.

EMBRAPA reduz urubus nas pistas do Galeão. **Jornal do Comércio**, Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: <<http://www.jornaldocomercio.com.br>>. Acesso em: 2003.

EMPRESA BRASILEIRA DE CORREIOS E TELÉGRAFOS. **Reciclagem artesanato**. Brasília,

2003. Disponível em: <<http://www.correios.com.br>>. Acesso em: 2003.

GONÇALVES, P. **Coleta seletiva**. Disponível em: <<http://www.lixo.com.br>>. Acesso em: 2003.

IMBELLONI, R. **Cadê o lixo que estava aqui? O ralo comeu...** Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: <<http://www.resol.com.br/curiosidades>>. Acesso: ago. 2003.

LEMO, A.C. **Seminário fará enfrentamento da superpopulação de urubus em Teresina**. Teresina, 2003. Disponível em: <<http://www.portalaz.com.br>>. Acesso em: 2003.

LOPES, M. Prédios terão equipamentos de coleta. **O Estado de São Paulo**, São Paulo, 15 abr. 2003. Disponível em: <<http://www.estadao.com.br>>. Acesso em: 2003.

LOPES, W.S.; LEITE, V.D.; PRASAD, S. Avaliação dos impactos ambientais causados por lixões: um estudo de caso. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27., 2000, Porto Alegre. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 2000.

MARTINS, F. Projeto de lei padroniza cores do lixo doméstico. **Gazeta do Povo**, Curitiba, 28 ago. 2003. Disponível em: <<http://www.tudoparana.globo.com/gazetadopovo/>>. Acesso em: 2003.

PENIDO, J.H. **Entrevista com Penido sobre coleta seletiva**. Rio de Janeiro, 2003. Entrevista concedida a Virgínia Aguiar (Radio CBN – CBN Rio). Disponível em: <<http://www2.rio.rj.gov.br/comlurb/>>. Acesso em: 2003.

PROGRAMA apoiado pelo Baza reduz em 60% o lixo nos rios amazônicos. Belém, 2003. Disponível em: <<http://www.amazonia.com.br/ecologia>>. Acesso em: 2003.

RIPARDO, S. Lata de alumínio alimenta 150 mil brasileiros e gera R\$ 850 mil por ano. **Folha Online**, São Paulo, 15 abr. 2003. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/folha/dinheiro>>. Acesso em: 2003.

VOLUME de papel reciclado recua 13% na Klabin. **Folha Online**, São Paulo, 20 jul. 2003. Disponível em: <<http://www.folha.uol.com.br/folha/dinheiro/ult91u70542.shtml>>. Acesso em: 2003.

# Destinação final de resíduos sólidos

*Jeferson Antônio de Souza*<sup>1</sup>

Resumo - Um dos maiores desafios que a sociedade moderna defronta é o equacionamento da questão do lixo urbano. Com o crescimento das cidades, o desafio da limpeza urbana não consiste apenas em remover o lixo, mas em dar um destino adequado aos resíduos coletados. A maneira mais prática e usual é o depósito destes resíduos diretamente na superfície do solo, a céu aberto, nos chamados lixões. No entanto, a única forma de dar destino final adequado aos resíduos sólidos é através de aterros, sejam eles sanitários, controlados, com lixo triturado ou com lixo compactado. A reciclagem, compostagem, incineração ou outro tipo de destinação final são, na realidade, processos de tratamento ou beneficiamento do lixo e não prescindem de um aterro para a disposição de seus rejeitos. Em um processo de despoluição ambiental, a destinação dos resíduos é o primeiro passo do planejamento da eliminação do lixo, pois de nada adianta coletar o lixo, se não há o que fazer adequadamente com ele.

Palavras-chave: Poluição. Lixo. Resíduo orgânico. Aterro sanitário. Esgoto. Lodo.

## INTRODUÇÃO

A questão dos resíduos sólidos no Brasil tem sido amplamente discutida. Constitui-se em um dos maiores desafios com que se defronta a sociedade moderna, pois o equacionamento da questão do lixo urbano assume magnitude alarmante. Além do crescimento na geração dos resíduos, devido ao aumento demográfico, observam-se mudanças significativas em suas características, conforme a época do ano e de acordo com a região. A quantidade gerada de lixo, ao que tudo indica, está associada ao grau de desenvolvimento da região e, em geral, segundo Resíduos... (1997), quanto mais evoluída, maior o volume e o peso de resíduos e de dejetos de todo o tipo. Entretanto, fatores como sazonalidade, clima, hábitos e costumes da população, densidade demográfica, leis e regulamentações específicas, entre outros, influenciam a geração de lixo. Portanto, a questão é bem complexa e não consiste apenas na remoção do lixo, mas, principalmente, em dar um destino final adequado aos resíduos coletados.

É comum observar nos arredores de muitas cidades, sobretudo nas de menor porte, a presença de lixões, que são locais em que o lixo coletado é depositado diretamente na superfície do solo, sem quaisquer tratamentos ou cuidados. Estes lixões tornam-se poluidores potenciais do solo, do ar e das águas subterrâneas e superficiais próximas a eles.

Segundo o IBAM (2001), a única forma de dar destino final adequado aos resíduos sólidos é através de aterros, sejam eles sanitários, controlados, com lixo triturado ou com lixo compactado. Todos os demais processos ditos como de destinação final (usinas de reciclagem, de compostagem e de incineração) são, na realidade, processos de tratamento ou beneficiamento do lixo e não prescindem de um aterro para a disposição de seus rejeitos.

## CONSIDERAÇÕES GERAIS

A destinação dos resíduos constitui a etapa final de um processo de despoluição ambiental. No entanto, é o primeiro passo do planejamento da eliminação do lixo ou

dos resíduos da superfície do solo. Aos resíduos sólidos provenientes de atividades humanas, denomina-se lixo.

Resíduos sólidos podem ser definidos como o conjunto dos produtos não aproveitados das atividades humanas (domésticas, agrícolas, comerciais, industriais, de serviços de saúde, etc.), ou aqueles gerados pela natureza, como folhas, galhos, terra, areia que são retirados das ruas e logradouros pela varrição, Carqueija et al. (2003). Existem também resíduos gerados em áreas agrícolas provenientes de unidades de beneficiamento de produtos, como casca de café, palha de arroz, etc., de usinas de produção de açúcar e de álcool, que geram como resíduos a torta de filtro e o bagaço de cana; de granjas ou estábulos, cujos resíduos são esterco (sólidos ou líquidos) e camas.

No setor agrícola, são também gerados resíduos sólidos das atividades agrícolas e da pecuária, como embalagens de adubos e defensivos agrícolas, rações e restos de colheitas. Destes, existe grande preocupação quanto às embalagens de diversos

<sup>1</sup>Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, D.Sc., Pesq. EPAMIG-CTTP, Caixa Postal 351, CEP 38001-970 Uberaba-MG. Correio eletrônico: jeferson@epamiguberaba.com.br

agrotóxicos, em geral altamente tóxicos, já com legislação específica, direcionando um destino final a elas.

Lixo ainda pode ser definido como restos das atividades humanas, considerados pelos geradores como inúteis, indesejáveis ou descartáveis, podendo apresentar-se nos estados sólido, semi-sólido ou semi-líquido. Podem ser de origem residencial, comercial, de indústrias e de hospitais.

Os lixos gerados pela indústria e pelo comércio são de composição variada, porém, os da indústria são considerados os principais responsáveis pela poluição das águas. Já os lixos hospitalares são de alto risco para a saúde humana. As soluções existentes para destinação do lixo doméstico, industrial e comercial englobam lixões (depósitos a céu aberto), aterros controlados, aterros sanitários, reciclagem, compostagem e incineração.

## DISPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS DE ORIGEM DOMICILIAR

No Brasil, o serviço de limpeza urbana foi iniciado oficialmente em 25 de novembro de 1880, em São Sebastião do Rio de Janeiro, capital do Império, através do Decreto nº 3.024, assinado pelo imperador D. Pedro II. O contrato de "Limpeza e Irrigação" da cidade foi executado por Aleixo Gary e depois por Luciano Francisco Gary, de onde se originou o termo gari, denominação dada aos trabalhadores de limpeza urbana (IBAM, 2001).

O problema da disposição final assume magnitude alarmante. Como a gestão de resíduos urbanos é uma atividade municipal, restrita aos limites do município, não são comuns no Brasil soluções conjuntas, mesmo que o destino do resíduo seja o aterro sanitário. Com isso, as administrações municipais preocupam-se em afastar o lixo das zonas urbanas, depositando-o, por vezes, em locais inadequados, como encostas, manguezais, rios, baías e vales. Na maioria das vezes, o lixo é depositado a céu aberto ou em aterros.

Os depósitos de lixo a céu aberto (lixões) constituem um problema de grandes

proporções que atinge pequenas, médias e grandes cidades em todas as regiões do País. Alguns estudos (JARDIM et al., 1995 apud OLIVEIRA; PASQUAL, 1998) comprovaram que a quantidade de lixo está diretamente relacionada com a renda *per capita* da população, portanto, quanto mais desenvolvida for a cidade, maior a quantidade de lixo gerada. De maneira geral, segundo dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) (2000 apud JUCÁ, 2002), observa-se uma nítida tendência de aumento da geração ou da quantidade coletada do lixo domiciliar *per capita*, em proporção direta com o número de habitantes. Nos municípios com população entre 500 mil e 1 milhão de habitantes, a média de lixo coletada é de 1,29 kg por habitante por dia. Nos municípios com população até 200 mil habitantes, a quantidade coletada varia entre 0,45 e 0,70 kg por habitante por dia; acima de 200 mil habitantes, esta quantidade aumenta numa faixa variável entre 0,80 e 1,20 kg por habitante por dia. De qualquer forma, obtém-se, através da PNSB (2000 apud JUCÁ, 2002), a informação de que, na época em que foi realizada, eram coletadas 125.281 toneladas de lixo domiciliar, diariamente, em todos os municípios brasileiros. Esse é um valor impressionante, se considerarmos que a essa enorme quantidade de resíduos deve ser dado um destino final adequado, sem prejuízo à saúde da população e sem danos ao meio ambiente.

Outro fato que chama a atenção é a produção *per capita* de lixo público nas cidades com menos de 500 mil habitantes, cuja média está em torno de 0,43 kg por habitante por dia; em cidades entre 500 mil e 1 milhão de habitantes, é de 0,35 kg. Isto significa, por exemplo, que o serviço de limpeza urbana de uma cidade de 400 mil habitantes terá que retirar diariamente das ruas 172 toneladas de lixo público. Esta coleta de lixo público representa um custo muito maior do que aquele gasto com a coleta de lixo domiciliar regular, que retira o lixo colocado nas portas das residências, em dia e hora preestabelecidos. Esses dados são

um indicativo de que nas grandes cidades é mais difícil sensibilizar as pessoas para que tenham um comportamento mais adequado com relação à limpeza de sua cidade. Já que esta quantidade de lixo público não é, certamente, constituída pelo lixo que, naturalmente, poderia estar nas vias públicas, mas sim pelos resíduos diversos lançados pela própria população em ruas, praças, canais, terrenos baldios, etc. (PNSB, 2000 apud JUCÁ, 2002).

O Brasil produz, anualmente, cerca de 100 milhões de toneladas de lixo, dos quais apenas 1% é reciclado. Nos Estados Unidos, são produzidos 220 milhões de toneladas de lixo por ano e 40% são tratados. Na Europa, a média de reciclagem de resíduos sólidos é superior a 50% em relação ao lixo produzido (DESTINAÇÃO..., 2003). No Brasil, apenas 2% dos mais de 5.500 municípios tratam seus resíduos de forma adequada, com coleta seletiva, depósito em aterros e processos de reciclagem e compostagem de materiais, segundo dados da PNSB (2000 apud JUCÁ, 2002). Cerca de 71% dos municípios, com menos de 20 mil habitantes, depositam os resíduos domiciliares em lixões. De acordo com Jucá (2002), a coleta e o tratamento do lixo urbano são um importante instrumento de desenvolvimento social e econômico. Segundo esse autor, Portugal investiu, nos últimos quatro anos, US\$1 bilhão na gestão integrada de seus resíduos sólidos, enquanto, no mesmo período, o Brasil investiu pouco mais de US\$30 milhões. Além desse baixo investimento, o Brasil ainda não dispõe de uma legislação específica para tratar desta questão de saúde pública (o Congresso Nacional precisa concluir o Programa Nacional de Resíduos Sólidos, projeto que tramita na casa há mais de quatro anos alerta dado pelo professor Arlindo Philippi Júnior (DESTINAÇÃO..., 2003), da Universidade de São Paulo (USP), durante conferência sobre gestão integrada de resíduos sólidos na 55ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC). Philippi Júnior (DESTINAÇÃO..., 2003) comenta, ainda, que o País necessita



de profissionais capacitados para atuarem no gerenciamento do tratamento e disposição final de resíduos e cada tipo de resíduo (domiciliar, industrial, hospitalar, agrícola) exige um tratamento especial.

Além dos lixões, os resíduos urbanos podem também ser armazenados em aterros sanitários ou em aterros controlados, que são as alternativas recomendadas para a disposição adequada do lixo domiciliar. A diferença básica entre esses dois tipos de aterros é que o controlado prescinde de coleta e tratamento do chorume, assim como da drenagem e queima do biogás (IBAM, 2001). Já o aterro sanitário é um método para disposição final dos resíduos sólidos urbanos, sobre o terreno natural, através do seu confinamento em camadas cobertas com material inerte, geralmente solo, segundo normas operacionais específicas, para evitar danos ao meio ambiente, em particular à saúde e à segurança pública.

No Brasil, segundo a PNSB (2000 apud JUCÁ, 2002), coletam-se diariamente cerca de 125.281 mil toneladas de resíduos domiciliares, destes 47,1% são destinados a aterros sanitários. Do restante, 22,3% seguem para aterros ditos controlados e 30,5% vão para lixões. Uma parcela mínima (não contabilizada pela pesquisa) é coletada seletivamente e destinada à reciclagem. Este fato pode ser facilmente entendido ao se

verificar que 63,6% dos municípios brasileiros usam lixões para depositar seus resíduos!

Os chamados aterros controlados são uma modalidade de disposição de resíduos extremamente frágil e, portanto, questionável como forma adequada de tratamento de resíduos. São considerados inadequados, porque facilmente podem-se tornar lixões. Também, devido a sua engenharia, são muito inferiores aos aterros sanitários e causam problemas ambientais, tais como contaminação do ar, do solo e das águas subterrâneas (neste tipo de aterro não são feitos tratamento de chorume, coleta e queima de biogás). Assim, pode-se considerar que 52,8% do total de resíduos gerados no País são gerenciados de forma inadequada.

#### **Seleção de áreas para aterros**

A escolha de locais para a implantação de aterros sanitários não é tarefa simples. A crescente urbanização das cidades, associada a uma ocupação intensiva do solo, restringe a disponibilidade de áreas próximas aos locais de geração do lixo.

Contudo, outros fatores devem ser levados em consideração para escolha de áreas para implantação de aterros, de acordo com o IBAM (2001):

- a) parâmetros técnicos das normas e diretrizes federais, estaduais e municipais, os aspectos legais das três instâncias governamentais, planos diretores dos municípios envolvidos, pólos de desenvolvimento locais e regionais, distâncias de transporte, vias de acesso;
- b) os aspectos político-sociais relacionados com a aceitação do empreendimento pelos políticos, pela mídia e pela comunidade;
- c) os fatores econômico-financeiros não podem ser relegados a um segundo plano, pois os recursos municipais devem ser sempre usados com muito equilíbrio.

#### **Crítérios técnicos**

A seleção de uma área para servir de aterro sanitário para disposição final de resíduos sólidos domiciliares deve atender, no mínimo, aos critérios técnicos impostos pelas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (NBR 10.157) e pela legislação federal, estadual e municipal, quando houver (IBAM, 2001). Todas as condicionantes e as restrições relativas às normas da ABNT, assim como os aspectos técnicos da legislação, atualmente em vigor, estão considerados nos critérios listados no Quadro 1.

## **Sementes com tecnologia EPAMIG**

# *Feijão, Arroz e Café*

*-Sementes certificadas*

*-Sanidade garantida*

*-Maior produtividade*

Informações e aquisição: EPAMIG-Centro Tecnológico da Zona da Mata  
Vila Gianetti, 467 - Campus da UFV - CEP 36571-000 Viçosa - MG  
Tel.(31) 3891 2646 // e-mail: epamig@ufv.br



QUADRO 1 - Condicionantes e restrições da ABNT relativas aos critérios técnicos para seleção de áreas para aterro sanitário ou controlado

Critérios técnicos	
Critérios	Observações
Uso do solo	As áreas têm que se localizar numa região, onde o uso do solo seja rural (agrícola) ou industrial e fora de qualquer Unidade de Conservação Ambiental.
Proximidade a cursos d'água relevantes	As áreas não podem situar-se a menos de 200 metros de corpos d'água relevantes, tais como rios, lagos, lagoas e oceano. Também não poderão estar a menos de 50 metros de qualquer corpo d'água, inclusive valas de drenagem que pertençam ao sistema de drenagem municipal ou estadual.
Proximidade a núcleos residenciais urbanos	As áreas não devem situar-se a menos de mil metros de núcleos residenciais urbanos que abriguem 200 ou mais habitantes.
Proximidade a aeroportos	As áreas não podem situar-se próximas a aeroportos ou aeródromos e devem respeitar a legislação em vigor.
Distância do lençol freático	As distâncias mínimas recomendadas pelas normas federais e estaduais são as seguintes: - para aterros com impermeabilização inferior através de manta plástica sintética, a distância do lençol freático à manta não poderá ser inferior a 1,5 metro; - para aterros com impermeabilização inferior através de camada de argila, a distância do lençol freático à camada impermeabilizante não poderá ser inferior a 2,5 metros e a camada impermeabilizante deverá ter um coeficiente de permeabilidade menor que $10^{-6}$ cm s <sup>-1</sup> .
Vida útil mínima	É desejável que as novas áreas de aterro sanitário tenham, no mínimo, cinco anos de vida útil.
Permeabilidade do solo natural	É desejável que o solo do terreno selecionado tenha uma certa impermeabilidade natural, com vistas a reduzir as possibilidades de contaminação do aquífero. As áreas selecionadas devem ter características argilosas e jamais deverão ser arenosas.
Extensão da bacia de drenagem	A bacia de drenagem das águas pluviais deve ser pequena, para evitar o ingresso de grandes volumes de água de chuva na área do aterro.
Facilidade de acesso a veículos pesados	O acesso ao terreno deve ter pavimentação de boa qualidade, sem rampas íngremes e sem curvas acentuadas, a fim de minimizar o desgaste dos veículos coletores e permitir seu livre acesso ao local de vazamento, mesmo na época de chuvas muito intensas.
Disponibilidade de material de cobertura	O terreno deve possuir ou situar-se próximo a jazidas de material de cobertura, preferencialmente para assegurar a permanente cobertura do lixo a baixo custo.

FONTE: IBAM (2001).

### Critérios econômico-financeiros

QUADRO 2 - Condicionantes e restrições da ABNT, relativas aos critérios econômico-financeiros para seleção de áreas para aterro sanitário ou controlado

Critérios econômico-financeiros	
Critérios	Observações
Distância do centro geométrico de coleta	É desejável que o percurso dos veículos de coleta até o aterro, através das ruas e estradas existentes, seja o menor possível, visando reduzir o desgaste do veículo e o custo de transporte do lixo.
Custo de aquisição do terreno	Se o terreno não for de propriedade da prefeitura, deverá estar, preferencialmente, em área rural, uma vez que o custo de aquisição será menor do que o de terrenos situados em áreas industriais.
Custo de investimento em construção e infra-estrutura	É importante que a área escolhida disponha de infra-estrutura completa, para reduzir os gastos de investimento com abastecimento de água, coleta e tratamento de esgotos, drenagem de águas pluviais, distribuição de energia elétrica e telefonia.
Custo com a manutenção do sistema de drenagem	A área escolhida deve ter um relevo suave, a fim de minimizar a erosão do solo e reduzir os gastos com limpeza e manutenção dos componentes do sistema de drenagem.

FONTE: IBAM (2001).

## Critérios político-sociais

QUADRO 3 - Condicionantes e restrições da ABNT, relativas aos critérios político-sociais para seleção de áreas para aterro sanitário ou controlado

Critérios político-sociais	
Critérios	Observações
Distância de núcleos urbanos de baixa renda	Aterros são locais que atraem pessoas desempregadas, de baixa renda ou sem outra qualificação profissional, que buscam a catação do lixo como forma de sobrevivência e que passam a viver desse tipo de trabalho em condições insalubres. Isto gera para a prefeitura, uma série de responsabilidades sociais e políticas. Por isso, caso a nova área localize-se próxima a núcleos urbanos de baixa renda, deverão ser criados mecanismos alternativos de geração de emprego e/ou renda que minimizem as pressões sobre a administração do aterro em busca da oportunidade de catação. Entre tais mecanismos poderão estar iniciativas de incentivo à formação de cooperativas de catadores, que podem trabalhar em instalações de reciclagem dentro do próprio aterro ou mesmo nas ruas da cidade, de forma organizada, fiscalizada e incentivada pela prefeitura.
Acesso à área através de vias com baixa densidade de ocupação	O tráfego de veículos que transportam lixo é um transtorno para os moradores das ruas por onde estes veículos passam, sendo desejável que o acesso à área do aterro passe por locais de baixa densidade demográfica.
Inexistência de problemas com a comunidade local	É desejável que, nas proximidades da área selecionada, não tenha ocorrido nenhum tipo de problema da prefeitura com a comunidade local, com as organizações não-governamentais (ONGs), nem com a mídia, pois esta indisposição com o poder público poderá gerar reações negativas à instalação do aterro.

FONTE: IBAM (2001).

## Licenciamento da área

Após a escolha da área para instalação do aterro, o próximo passo será o seu licenciamento. Para isso, tão logo seja assinado o contrato para execução dos serviços deve-se dar início aos trâmites, para o licenciamento da área do aterro, os quais compreendem as seguintes etapas:

- a) pedido de licença prévia;
- b) acompanhamento da elaboração da instrução técnica;
- c) elaboração do Estudo de Impacto Ambiental/Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA);
- d) acompanhamento da análise e aprovação do EIA;
- e) audiência pública;
- f) obtenção da licença prévia;
- g) elaboração do projeto executivo;
- h) entrada de pedido de licença de instalação;
- i) acompanhamento da concessão da licença de instalação;

- j) implantação do aterro sanitário ou controlado;
- k) pedido de licença de operação;
- l) cronograma do licenciamento.

## Projeto executivo

O projeto executivo do aterro deve ser desenvolvido tendo como objetivo maximizar a vida útil da área disponível, assegurando, no mínimo, um período de atividade de cinco anos. O prazo estimado para elaboração do projeto executivo é de, aproximadamente, 90 dias, devendo atender integralmente às normas da ABNT e da legislação ambiental em vigor.

O projeto executivo, depois de aprovado, deve ser apresentado à comunidade. Para isso, deve-se usar linguagem simples e direta, utilizando, se for preciso, recursos audiovisuais, para esclarecer à população sobre o que é um aterro sanitário, quais as medidas de proteção e de controle de poluição que serão tomadas e quais os benefícios que serão alcançados com a destinação adequada do lixo. Com esta medida, procuram-se evitar problemas futuros com

a população, nas fases de implantação e operação do aterro.

## Implantação do aterro

As obras de implantação do aterro (cercamento, limpeza e raspagem do terreno, entre outras) só devem acontecer após o projeto estar aprovado e com a licença de instalação.

Os serviços devem ser executados observando-se as especificações técnicas e demais condições contidas no projeto executivo, bem como as orientações das normas técnicas da ABNT, do Ministério do Trabalho, do órgão de controle ambiental e da legislação ambiental em vigor, assim como as normas e padrões estabelecidos pelas concessionárias de serviços públicos (água, energia elétrica, telefonia, combate a incêndios e outros).

**DISPOSIÇÃO FINAL DE OUTROS RESÍDUOS**

Nas diversas atividades dos núcleos urbanos, industriais e rurais são gerados inúmeros tipos de resíduos sólidos com



características diferentes do lixo domiciliar. No setor urbano deu-se ênfase apenas ao lixo domiciliar, uma vez que os resíduos provenientes de indústrias, dos serviços de saúde, os radioativos e outros especiais necessitam de medidas específicas para armazenamento ou destinação.

Fora dos limites urbanos, existem também os resíduos gerados em áreas agrícolas provenientes de unidades de beneficiamento de produtos, como casca de café, palha de arroz, etc.; de usinas, como as de produção de açúcar e álcool, que geram como resíduos a torta de filtro e o bagaço de cana; de granjas ou estábulos, cujos resíduos são esterco (sólidos ou líquidos) e camas; e dos frigoríficos e das fábricas de produção de adubos. Muitos destes resíduos são aproveitados na agropecuária como adubos ou condicionadores de solo *in natura* ou após algum tipo de tratamento específico. Outros, porém, são depositados na superfície do terreno ou lançados nos cursos d'água, após tratamento ou não.

Felizmente, muitas tecnologias para tratamento destes resíduos têm sido desenvolvidas nos últimos anos, as quais possibilitam reutilizar estes agentes poluidores como adubos alternativos e mais baratos, que, além de contribuir para a não poluição do ambiente, proporcionam a obtenção de produtos agrícolas de melhor qualidade, pois, na maioria dos casos são adubos orgânicos.

No setor agrícola, são também gerados resíduos sólidos das atividades agropecuárias, como embalagens de adubos e defensivos agrícolas. Destes, grande preocupação existe em torno das embalagens de agrotóxicos diversos, em geral altamente tóxicos, já com legislação específica, que direciona a um destino final estas embalagens.

## DISPOSIÇÃO FINAL DE ESGOTOS

Esgotos são dejetos provenientes das diversas modalidades do uso e da origem

das águas, tais como as de uso doméstico, comercial, de utilidade pública, de áreas agrícolas, de superfície, de infiltração, pluviais, etc. (SANEAMENTO..., 2002). Esgotos sanitários são essencialmente domésticos, com características bem definidas, como, por exemplo, odor característico (principalmente devido à formação de gás sulfídrico proveniente da decomposição do lodo contido nos dejetos). Já os esgotos industriais são extremamente diversificados, porém, com características próprias em função do processo industrial empregado.

A grande maioria dos municípios mineiros não trata seus esgotos antes de lançá-los aos corpos hídricos, o que tem provocado deterioração dos mananciais de superfície. Parte da explicação para a não instalação de tratamentos reside no fato de os métodos tradicionais possuírem elevados custos de instalação e manutenção. No Brasil, tornou-se comum nas grandes cidades, a partir do final da década passada, a instalação de Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) de grande capacidade de depuração, na qual são utilizados sistemas de filtros biológicos e/ou tanques de aeração. No entanto, nestes tipos de usinas de tratamento, obtém-se como subproduto um lodo bastante reativo e que poderia ser utilizado para fazer compostagem. Por outro lado, este uso precisa ser visto com muita ressalva, em função da possível contaminação patogênica e de metais que tais lodos possam conter. Isso faz com que, associado a estes tipos de ETE haja necessidade de um aterro sanitário para disposição desses lodos, o que onera consideravelmente o processo. Uma alternativa de baixo custo e de boa eficiência para o tratamento de esgotos domésticos, sobretudo para pequenas comunidades ou bairros de cidades maiores, seria a disposição destes esgotos diretamente no solo. Com relação a esse tipo de tratamento, Souza et al. (2001) verificaram que a disposição no solo apresentou grande eficiência no processo de

depuração de esgotos urbanos. Os resultados apontaram um ganho ambiental substancial, quando foram analisados os parâmetros demanda biológica de oxigênio (DBO) e coliformes fecais. Estes parâmetros são, respectivamente, os principais indicadores do consumo de oxigênio dissolvido nos corpos hídricos, onde os esgotos são dispostos *in natura*, o que provoca a morte desses corpos, e pela transmissão de doenças que se associam às fezes, as quais passam de um indivíduo doente para um sadio tendo como veículo a água.

Segundo Portugal (1994), as formas de tratamentos de esgotos são diversas: por digestor de fluxo ascendente; por lodo ativado; por lagoa de estabilização e por fossa séptica. A fossa séptica é a forma mais comum de tratamento de esgotos e, como nos outros tipos de tratamentos há necessidade de limpezas periódicas do lodo depositado.

Uma alternativa que vem sendo estudada na Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp) é o uso de produtos biotecnológicos no tratamento de esgotos, de acordo com Pimentel (2003?). No entanto, por envolver questões éticas e de grande risco para a humanidade e para o meio ambiente, a utilização desses produtos ainda gera polêmica em todo o mundo. No Brasil, a importação de organismos geneticamente modificados (OGM) encontra-se em plena discussão científica pelas autoridades em biossegurança (GUERRA et al., 1998).

## REFERÊNCIAS

- CARQUEIJA, F.; SANTOS, S.A.; ALVES, V.C. **O lixo e seus efeitos sobre os solos**. Disponível em: <<http://lixo.com.br>>. Acesso: jun. 2003.
- DESTINAÇÃO de resíduos precisa de legislação específica, afirmam pesquisadores. **Época**, São Paulo, n.269, jul. 2003. Disponível em: <<http://revistaepoca.globo.com>>. Acesso em: ago. 2003.

GUERRA, M.P.; NODARI, R.O.; ZANCAN, G. A soja transgênica e a cidadania. **Jornal da Ciência**, São Paulo, n.396, 1998. Disponível em: <[www.sbpnet.org.br](http://www.sbpnet.org.br)>. Acesso em: ago. 2003.

IBAM. **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro, 2001. Disponível em: <<http://www.resol.com.br/cartilha4/gestao/gestao.asp>>. Acesso em: ago. 2003.

JUCÁ, J. F. T. Destinação final dos resíduos sólidos no Brasil: situação atual e perspectivas. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 10., 2002, Braga, Portugal. 2002. Disponível em: <<http://www.resol.com.br>>. Acesso em: jun. 2003.

OLIVEIRA, S. de; PASQUAL, A. Gestão dos resíduos sólidos urbanos na microrregião Serra de Botucatu: caracterização física dos resíduos sólidos domésticos de Botucatu/SP. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v.13, n.2, p.51-61, 1998.

PIMENTEL, J.S. **Uso de produtos biotecnológicos no tratamento de esgotos**: tema para discussão. São Paulo, [2003?]. Disponível em: <[http://www.ambiental\\_lab.com.br/contribuicoes/biotec.PDF](http://www.ambiental_lab.com.br/contribuicoes/biotec.PDF)>. Acesso em: ago. 2003.

PORTUGAL, G. **Tratamentos de esgotos sanitários**. Volta Redonda, 1994. Disponível em: <<http://www.gpca.com.br/gil/art79.htm>>. Acesso em: ago. 2003.

RESÍDUOS sólidos urbanos. **Informe Infra-Estrutura**, Rio de Janeiro, n.12, jul. 1997. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br/conhecimento/infra/g7412.pdf>>. Acesso em: 2003.

SANEAMENTO DE GOIÁS. **O que é esgoto**. Goiânia, 2002. Disponível em: <<http://www.saneago.com.br/wwwsan/quali/oqueesgoto.htm>>. Acesso em: ago. 2003.

SOUZA, J.A. BOGNIOTTI, L.D.; CALIJURI, M.L. **Retenção e degradação de esgotos por disposição nos solos**: relatório final. Uberaba: EPAMIG, 2001. 50p.

**Veja no próximo**

**INFORME AGROPECUÁRIO**

**PRAGAS EM CULTIVOS PROTEGIDOS E O CONTROLE BIOLÓGICO**

**- Pulgões**

**- Mosca-branca**

**- Cochonilhas**

**- Tripes**

**- Mosca-minadora**

**Leia e Assine o INFORME AGROPECUÁRIO**  
**(31) 3488-6688**  
**publicacao@epamig.br**



# Tratamento de resíduos sólidos

*Jeferson Antônio de Souza<sup>1</sup>*

Resumo - Tratamento de resíduos sólidos define-se como uma série de procedimentos destinados a reduzir a quantidade ou o potencial poluidor desses resíduos, seja impedindo descarte de lixo em ambiente ou local inadequado, seja transformando-o em material inerte ou biologicamente estável. São operações realizadas com o objetivo de transformar a parcela do lixo domiciliar e outros, que não podem ser reciclados, em um subproduto de ampla utilização, que visa à produção de adubos e condicionadores de solo. Faz-se o tratamento da porção orgânica do lixo, que muitas vezes poderia ser utilizada na alimentação e é descartada nas residências, feiras, supermercados e até no processo de beneficiamento e acabamento final de produtos agrícolas. Estas operações contribuem para uma menor produção de lixo, além de possibilitar um uso alternativo de materiais que apenas iriam aumentar a poluição ambiental.

Palavras-chave: Poluição. Lixo. Resíduo orgânico. Aterro. Reciclagem. Compostagem. Incineração.

## INTRODUÇÃO

Os diversos materiais que compõem o lixo apresentam características bastante diferenciadas. De acordo com Jardim et al. (1995 apud OLIVEIRA; PASQUAL, 1998), aquelas dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) são influenciadas por vários fatores como: número de habitantes, poder aquisitivo, nível educacional, hábitos e costumes da população, condições climáticas e sazonais. As mudanças na política econômica de um país também são causas que influenciam na composição dos resíduos sólidos de uma comunidade. O Quadro 1 mostra a composição física média dos resíduos sólidos urbanos no Brasil. Segundo Grimberg (2002), é preciso diferenciar lixo de resíduos sólidos. Restos de alimentos, embalagens descartáveis, objetos inseríveis, quando misturados, tornam-se lixo e seu destino passa a ser, na melhor das hipóteses, o aterro. Porém, quando separados em materiais secos e materiais úmidos, têm-se resíduos reaproveitáveis ou

QUADRO 1 - Composição física média dos resíduos sólidos urbanos (RSU) no Brasil

Componentes (média)	Peso (%)
Matéria orgânica	60,0
Papel/Papelão	25,0
Metal	4,0
Plástico	3,0
Vidro	3,0
Outros	5,0

FONTE: Jardim et al. (1995 apud OLIVEIRA; PASQUAL, 1998).

recicláveis. O que não tem mais como ser aproveitado na cadeia do reuso ou reciclagem, denomina-se rejeito. Portanto, ainda de acordo com Grimberg (2002), não cabe mais a denominação de lixo para aquilo que sobra no processo de produção ou de consumo.

Conforme Jardim et al. (1995 apud

OLIVEIRA; PASQUAL, 1998), no Brasil, são produzidas diariamente 241.614 toneladas de RSU, em que cerca de 90 mil toneladas são de Resíduos Sólidos Domésticos (RSD) - algo em torno de 26 milhões de toneladas por ano - dispostos, na maioria das vezes, a céu aberto. A disposição final e o tratamento dos RSU no País, conforme o IBGE (ANUÁRIO..., 1991), eram: 76% a céu aberto (lixão); 13% em aterro controlado (lixão controlado); 10% aterro sanitário; 0,9% usina de compostagem; 0,1% usina de incineração. Deste total produzido, de acordo com Ferreira (1994 apud OLIVEIRA; PASQUAL, 1998), a taxa média de geração dos RSD em áreas urbanas é de, aproximadamente, 0,5 kg por pessoa por dia em países subdesenvolvidos. Na cidade de São Paulo, a média é de 1 kg por pessoa por dia. Em países desenvolvidos pode chegar a 2 kg por pessoa por dia. Nos Estados Unidos, o total gerado é cerca de 1,8 kg por pessoa por dia, segundo Hinrichs (1991 apud OLIVEIRA; PASQUAL, 1998).

<sup>1</sup>Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, D.Sc., Pesq. EPAMIG-CTTP, Caixa Postal 351, CEP 38001-970 Uberaba-MG. Correio eletrônico: jeferson@epamiguberaba.com.br



O lixo, segundo Lima (1991 apud BENINCASA; LUCAS JÚNIOR, 2000), é definido como todo resíduo que resulte das atividades do homem na sociedade, podendo ser classificado, de acordo com sua origem e produção, em residencial, industrial, hospitalar, especial e outros. Entretanto, qualquer que seja sua origem, o lixo pode ser separado em uma fração orgânica e uma inorgânica e ambas podem ser recicladas. Com relação ao melhor aproveitamento dos resíduos, devido, principalmente, à sua excessiva geração, um aspecto importante é quanto ao desperdício ou à má utilização. Conforme Grimberg (2002), os resíduos orgânicos representam 69% do total descartado hoje no País. Anualmente, 14 milhões de toneladas de alimentos, segundo o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), viram lixo, devido a procedimentos inadequados em toda a cadeia produtiva. Cerca de 30% das hortaliças ao longo das fases de produção, industrialização, armazenagem, transporte e distribuição são simplesmente perdidos. Perdem-se outras tantas toneladas de hortifrutigranjeiros com o descuido do consumidor no manuseio nos supermercados, também nas cozinhas domiciliares e comerciais, em função dos preconceitos da cultura alimentar que despreza, por exemplo, talos, verduras, cascas de frutas e de ovos, sementes, etc. Apenas com essas sobras, poderiam ser alimentadas 19 milhões de pessoas (COMIDA..., 2002).

Com isso, segundo Grimberg (2002), constata-se um duplo desperdício, uma vez que, por um lado, deixam-se de reutilizar ou reciclar materiais como vidro, papel, papelão, metais, alguns plásticos, que podem dinamizar um mercado gerador de trabalho e renda. E, por outro, gastam-se significativas cifras para enterrar resíduos. Estes recursos podem, por sua vez, ser redirecionados para finalidades mais relevantes como educação, meio ambiente, saúde, cultura.

## **TRATAMENTO DOS RESÍDUOS DE ORIGEM DOMICILIAR**

Define-se tratamento como uma série de procedimentos destinados a reduzir

a quantidade ou o potencial poluidor dos resíduos sólidos, seja impedindo descarte de lixo em ambiente ou local inadequado, seja transformando-o em material inerte ou biologicamente estável (IBAM, 2001).

Independente do processo de tratamento, o sucesso da operação está intimamente ligado à coleta desses resíduos. Existem, no entanto, dois tipos de coleta, a saber: a seletiva e a diferenciada. Com referência à coleta seletiva foi publicada a Resolução CONAMA nº 275 (CONAMA, 2001), que estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva. Esta coleta deve ser feita, quando o objetivo é tratar dos diversos tipos de resíduos, ou seja, quando parte da coleta é submetida à reciclagem, parte à compostagem, parte à incineração e, o restante, depositado em aterros. Nos casos em que não serão feitas a incineração nem a reciclagem, faz-se uma coleta diferenciada. Neste caso específico, a separação apenas é feita entre material orgânico e inorgânico. O material orgânico deverá ser direcionado para usinas de compostagem ou de produção de adubos orgânicos ou organominerais, enquanto que os materiais inorgânicos serão depositados em lixões ou em aterros. Em ambos os casos, deve-se preocupar com a coleta de resíduos perigosos como pilhas, baterias de celulares e lâmpadas fluorescentes. Após implantação de um programa eficiente de coleta, os resíduos poderão ser submetidos ao tratamento.

De maneira geral, os processos de tratamento ou beneficiamento de resíduos podem ser resumidos em três categorias: reciclagem, compostagem e incineração. Estes processos não prescindem de um aterro para a disposição de seus rejeitos.

### **Reciclagem**

Denomina-se reciclagem a separação de materiais do lixo domiciliar, tais como papéis, plásticos, vidros e metais, com a finalidade de trazê-los de volta à indústria, para

serem beneficiados. Esses materiais são novamente transformados em produtos comercializáveis no mercado de consumo.

Para se proceder à reciclagem de resíduos, a coleta seletiva deve ser extremamente cuidadosa, pois, sem esta etapa, todo o material reciclável fica sujo e contaminado, tornando seu beneficiamento mais complicado e mais caro. Além disso, a separação tem que ser feita nos depósitos, através de processos manuais ou eletromecânicos, o que exige a presença de catadores.

A reciclagem propicia vantagens, como: preservação de recursos naturais, economia de energia, economia de transporte (para levar o lixo para os aterros), geração de empregos e renda, conscientização da população para as questões ambientais, etc.

### **Compostagem**

É o processo natural de decomposição biológica de materiais orgânicos de origem animal ou vegetal, pela ação de microrganismos. Consiste num processo biológico de decomposição controlada da fração orgânica biodegradável contida nos resíduos, de modo que resulte em um produto estável, similar ao húmus. Este produto final, o composto, preparado com restos animais e/ou vegetais, domiciliares, separados ou combinados, pode ser considerado um material condicionador de solos.

Húmus é a matéria orgânica homogênea, totalmente bioestabilizada, de cor escura e rica em partículas coloidais que, quando aplicada ao solo, melhora suas características físicas para uso agrícola.

Bioestabilização caracteriza-se pela redução da temperatura da massa orgânica que, após ter atingido temperaturas de até 65°C, estabiliza-se na temperatura ambiente. Essa fase dura cerca de 45 dias em sistemas de compostagem acelerada e 60 dias nos sistemas de compostagem natural. A segunda fase, a da maturação, dura cerca de 30 dias. É a fase em que ocorre a humificação e a mineralização da matéria orgânica.

A compostagem, como processo biológico, é afetada por qualquer fator que possa influenciar a sua atividade microbiológica (PEREIRA NETO, 1992), como: taxa de oxigenação (aeração); temperatura; teor de umidade; concentração de nutrientes (relação C/N, principalmente); tamanho da partícula; potencial hidrogeniônico (pH).

Além de condicionar o solo, o composto orgânico tem outros benefícios (PEREIRA NETO, 1992), tais como: melhoria das características físicas estruturais do solo com conseqüente aumento da capacidade de retenção de água e ar do solo, devido à ação agregadora em solos com baixo teor de argila; aumento no teor de nutrientes do solo, que contribui para a estabilidade do pH e melhora o aproveitamento dos fertilizantes minerais; ativação substancial da vida microbiana e estabelecimento de colônias de minhocas, besouros e outros animais que revolvem e adubam o solo; favorece a presença de micronutrientes e de certas substâncias antibióticas; além de auxiliar o desenvolvimento do sistema radicular, a recuperação de áreas degradadas, ser utilizado em parques e jardins e como proteção de encostas, na produção de ração animal, etc. Sua aplicação permite, pela sua ação sinérgica, aumentar o rendimento (eficiência) da adubação mineral de 30% a 70% (LINDENBERG, 1990).

O lixo domiciliar contém, naturalmente, microrganismos específicos para a decomposição da fração orgânica, o que exige um controle da umidade e da aeração, visando aumentar a eficiência do processo. Porém, microrganismos patogênicos, como salmonelas e estreptococos, estão presentes no lixo. No entanto, esses microrganismos são eliminados durante o processo de compostagem, pois não sobrevivem a temperaturas superiores a 55°C por mais de 24 horas. Segundo Hay (1996), após 15 dias de exposição a temperaturas de 55°C e acima desta, há de 98% a 99% de probabilidade de inativação de coliformes totais e *Salmonella* sp., respectivamente.

Outra questão que poderia influenciar a qualidade do composto de lixo domici-

liar seria a presença de metais pesados. Azevedo (2000), estudando um composto orgânico produzido na Usina de Reciclagem/Compostagem de Irajá, Rio de Janeiro, denominado Fertilurb, constatou que este estava em conformidade com níveis de tolerância da Environmental Protection Agency (EPA) (NORA, 1993), para a França (FRANÇA, 1981) e Council of the European Communities (CCE) (EUROPEAN..., 1993). Com relação à legislação de compostos orgânicos, a Alemanha é a que possui os padrões mais rigorosos para este tipo de fertilizante orgânico. Quanto à legislação em vigor no País, devem-se incluir, o mais rápido possível, limites de tolerância para os metais pesados, neste tipo de fertilizante.

### Incineração

A incineração do lixo é também um tratamento eficaz para reduzir o seu volume, tornando o resíduo absolutamente inerte em pouco tempo, se realizada de forma adequada. Mas sua instalação e funcionamento são em geral dispendiosos, principalmente em razão da necessidade de filtros e implementos tecnológicos sofisticados para diminuir ou eliminar a poluição do ar provocada por gases produzidos durante a queima do lixo.

A incineração é um processo de queima, na presença de excesso de oxigênio, no qual os materiais à base de carbono são decompostos, desprendendo calor e gerando um resíduo de cinzas. Normalmente, o excesso de oxigênio empregado na incineração é de 10% a 25% acima das necessidades de queima dos resíduos.

### REFERÊNCIAS

- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL. Rio de Janeiro: IBGE, v.51, 1991.
- AZEVEDO, J. de. **Estudo ambiental/econômico do composto orgânico do sistema de beneficiamento de resíduos urbanos da usina de Irajá, município do Rio de Janeiro**. 2000. 120p. Tese (Mestrado em Geociências) – Universidade Federal Fluminense, Niterói.
- BENINCASA, M.; LUCAS JÚNIOR, J. de.

Caracterização do lixo de Ceasa como substrato para biodigestão anaeróbica. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v.15, n.1, p.27-35, 2000.

COMIDA é o que não falta. **Super Interessante**, São Paulo, p.47-51, mar. 2002.

CONAMA. Resolução nº 275, de 25 de abril de 2001. [Estabelece código de cores para diferentes tipos de resíduos na coleta seletiva]. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 19 jun. 2001. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/conama/>>. Acesso em: ago. 2003.

EUROPEAN COMMUNITIES (AMENDMENT). **Act 1993 (c.32)**. 1993. Chapter c.32. Disponível em: <[http://www.hmsso.gov.uk/acts1993/Ukpga\\_19930032\\_en\\_1.htm](http://www.hmsso.gov.uk/acts1993/Ukpga_19930032_en_1.htm)>. Acesso em: 2003.

FRANÇA. **Decreto NF.V44051**. Paris, 1981.

GRIMBERG, E. **A política nacional de resíduos sólidos: a responsabilidade das empresas e a inclusão social**. São Paulo, 2002. Disponível em: <<http://www.polis.org.br/publicacoes/artigo/polnacressolbeth.html>>. Acesso em: ago. 2003.

HAY, J.C. Destrução de patógenos e compostagem de biossólidos. **BioCycle**, June 1996. Tradução livre do Engº Agrº Cícero Bley Júnior, 1998. Disponível em <<http://www.ecoltec.com.br/publ2.htm>>. Acesso em: 2003.

IBAM. **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro, 2001. Disponível em: <<http://www.resol.com.br/cartilha4/gestao/gestao.asp>>. Acesso em: ago. 2003.

LINDENBERG, R.C. Compostagem. In: **RESÍDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS: TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL**, 1., 1999, São Paulo. **Curso...** São Paulo: CETESB, 1990. p.13-72.

NORA, G. EPA releases final sludge management rule. **BioCycle**, p.59-63, Jan. 1993.

OLIVEIRA, S. de; PASQUAL, A. Gestão dos resíduos sólidos urbanos na microrregião Serra de Botucatu: caracterização física dos resíduos sólidos domésticos de Botucatu/SP. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v.13, n.2, p.51-61, 1998.

PEREIRA NETO, J.T. Conceitos modernos de compostagem. In: **TÉCNICAS DE TRATAMENTO DE LIXO DOMICILIAR URBANO**, 1., 1991, Belo Horizonte. **Curso...** Belo Horizonte: ABES, 1992. p.77-92.

# Destinação das embalagens de agrotóxicos

Marcus Rodrigues Teixeira<sup>1</sup>  
José Mauro Valente Paes<sup>2</sup>

Resumo - A produção de alimentos para uma população em constante crescimento, desafio básico da agricultura, passa necessariamente pelo compromisso com a utilização de procedimentos e tecnologias capazes de assegurar também o respeito pela saúde humana e pelo meio ambiente. Conscientes da importância desse compromisso, os agentes envolvidos no agronegócio brasileiro sabem que para cumpri-lo é fundamental seguir princípios rigorosos de atualização técnica e aperfeiçoamento dos sistemas de proteção ambiental. Também, é essencial que o desafio seja aceito por meio da união de forças dos diversos segmentos da sociedade, já que a questão ambiental não pode ser compromisso isolado. Nesse sentido, o segmento de defesa vegetal tem sido um dos mais atuantes na missão de criar programas de educação e orientação para o uso adequado e responsável de produtos defensivos agrícolas no Brasil. Com a crescente importância dos movimentos sociais inspirados no paradigma ambientalista, tem ocorrido maior preocupação com a melhoria da qualidade ambiental. Um grande marco na redução do impacto ambiental causado por defensivos agrícolas foi a institucionalização da Lei 9.974, que regulariza a destinação final de embalagens, evitando, assim, certos procedimentos que agridam o meio ambiente, reduzindo o risco de contaminação de toda a fauna e flora.

Palavras-chave: Poluição. Resíduo tóxico. Defensivo agrícola. Educação ambiental.

## INTRODUÇÃO

Inicialmente prevista para entrar em vigor em 31 de maio de 2001, a Lei Federal nº 9.974, que dispõe sobre a pesquisa, experimentação, produção, embalagem, rotulagem, transporte, armazenamento, utilização, importação, exportação, destino final dos resíduos e embalagens, registro, classificação, controle, inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins entrou em vigor um ano depois, no dia 31 de maio de 2002 (BRASIL, 2000).

A partir desta data, a responsabilidade quanto ao destino das embalagens de agrotóxicos passa a ser do setor privado (produtor, revenda e indústria). O setor público atuará apenas na fiscalização do cumprimento da lei. Assim, os usuários de

agrotóxicos deverão entregar as embalagens usadas, em postos de recebimento ou devolvê-las ao revendedor, que deverá repassá-las ao fabricante. As vendas que não tiverem cumprido as determinações da lei correm o risco de suspensão das suas atividades comerciais.

A lei também obriga os fabricantes a colocarem nas bulas e rótulos dos agrotóxicos as informações sobre os procedimentos de lavagem, armazenamento, transporte, devolução e destino final das embalagens.

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) são produzidas no Brasil cerca de 130 milhões de embalagens, correspondentes a 25 mil toneladas de agrotóxicos por ano. O des-

carte aleatório dessas embalagens causa danos ao meio ambiente e à sua reutilização, mesmo com diversas lavagens, pode causar danos à saúde humana, além de contaminar os rios e o solo, alerta o MAPA.

O principal motivo para se dar a destinação final correta às embalagens vazias dos agrotóxicos é diminuir o risco de danos à saúde das pessoas e à contaminação do meio ambiente.

A falta de observação das leis e decretos que regem o assunto pode levar os infratores a responderem pelos crimes ambientais da Lei 9.974/2000 (BRASIL, 2000) e Lei 9.605/1998 (BRASIL, 1998), além do pagamento de multas. A destinação final das embalagens vazias de agrotóxicos é um procedimento complexo que requer a

<sup>1</sup>Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, Pesq. Fundação Triângulo de Pesquisa e Desenvolvimento, R. Afonso Rato, 1301 - Mercês, CEP 38060-040 Uberaba-MG. Correio eletrônico: catuberaba@fundacaotriangulo.com.br

<sup>2</sup>Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, M.Sc., Pesq. EPAMIG-CTTP, Caixa Postal 351, CEP 38001-970 Uberaba-MG. Correio eletrônico: jpaes@epamiguberaba.com.br





# [ 14.825 TONELADAS ] DE EMBALAGENS DEVOLVIDAS\*

Esse é o tamanho da responsabilidade do setor agrícola com a natureza. O agricultor ao fazer a tríplex lavagem e devolver as embalagens vazias. O comerciante ao disponibilizar o local para recebimento das embalagens. O poder público ao licenciar e fiscalizar todo o processo. E a indústria ao transportar as embalagens de todo o Brasil para a reciclagem. Assim funcionam os elos do Sistema de Destinação Final de Embalagens Vazias de Agrotóxicos. Responsabilidade com o meio ambiente. Responsabilidade com o Brasil.

participação efetiva de todos os agentes envolvidos na fabricação, comercialização, utilização, licenciamento, fiscalização e monitoramento das atividades relacionadas com o manuseio, transporte, armazenamento e processamento dessas embalagens.

Os usuários/agricultores deverão seguir o procedimento da Figura 1, para devolução de embalagens e vasilhames de agrotóxicos e nunca queimar, enterrar, abandonar no solo, jogar na água ou deixar nas beiras de rios ou estradas. Esse cuidado evitará a contaminação das águas de lagos e rios e também de animais e de pessoas.

## RESPONSABILIDADES

A nova legislação federal disciplina responsabilidades aos usuários, revendedores e fabricantes.

### Responsabilidades dos usuários

- preparar as embalagens vazias para devolvê-las nas unidades de recebimento:

- embalagens rígidas laváveis: efetuar a tríplice lavagem ou lavagem sob pressão;
  - embalagens rígidas não-laváveis: mantê-las intactas, adequadamente tampadas e sem vazamento;
  - embalagens flexíveis contaminadas: acondicioná-las em sacos plásticos padronizados;
- armazenar as embalagens vazias na propriedade, em local apropriado, até a sua devolução;
  - transportar e devolver as embalagens vazias, com suas respectivas tampas e rótulos, para a unidade de recebimento indicada na nota fiscal, pelo canal de distribuição, no prazo de até um ano, contado da data de sua compra. Se, após esse prazo, ainda restar produto na embalagem, é facultada sua devolução em até 6 meses após o término do prazo de validade;
  - manter em seu poder, para fins de fiscalização, os comprovantes de entrega das embalagens, a receita

agronômica e a nota fiscal de compra do produto.

### Responsabilidades dos canais de distribuição (revendas)

- disponibilizar e gerenciar unidades de recebimento para a devolução de embalagens vazias pelos usuários/agricultores<sup>3</sup>;
- no ato da venda do produto, informar aos usuários/agricultores sobre os procedimentos de lavagem, acondicionamento, armazenamento, transporte e devolução das embalagens vazias;
- informar o endereço da sua unidade de recebimento de embalagens vazias para o usuário, fazendo constar esta informação no corpo da Nota Fiscal de venda do produto;
- fazer constar dos receiptuários que emitirem, as informações sobre destino final das embalagens;
- implementar, em colaboração com o Poder Público e empresas registran-

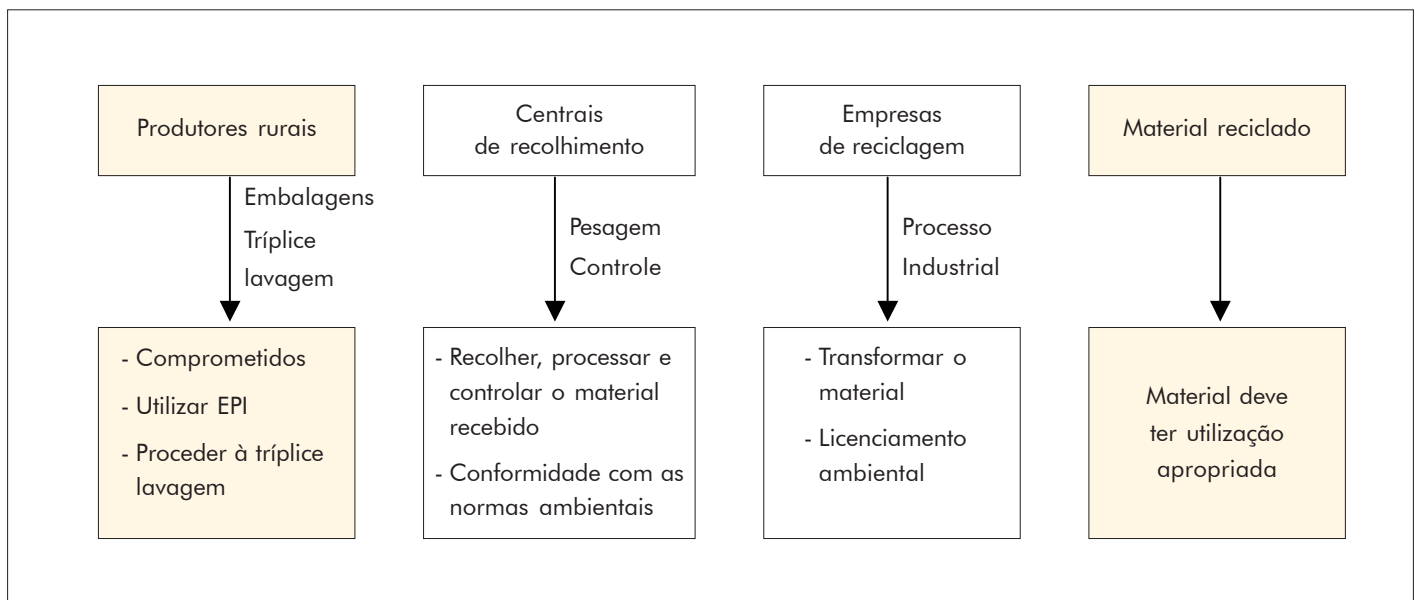


Figura 1 - Processo da destinação final de embalagens

NOTA: EPI - Equipamento de proteção individual.

<sup>3</sup>Sugestão: os revendedores podem formar parcerias entre si ou com outras entidades, para a implantação e gerenciamento de unidades de recebimento, com o intuito de otimizar custos e facilitar para os agricultores, tendo só um endereço para a região.

tes, programas educativos e mecanismos de controle e estímulo à lavagem (tríplice ou sob pressão) e à devolução das embalagens vazias por parte dos usuários.

### Responsabilidades dos fabricantes

- alterar os modelos de rótulos e bulas para que constem informações sobre os procedimentos de lavagem, armazenamento, transporte, devolução e destinação final das embalagens vazias;
- providenciar o recolhimento e dar a destinação final ambientalmente adequada às embalagens vazias devolvidas às unidades de recebimento em, no máximo, um ano, a contar da data de devolução pelos usuários/agricultores;
- implementar, em colaboração com o Poder Público, programas educativos e mecanismos de controle e estímulo à lavagem tríplice, ou sob pressão, e à devolução das embalagens vazias por parte dos usuários/agricultores.

O Quadro 1 mostra a eficiência da tríplice lavagem na remoção dos ingredientes ativos presentes em diferentes produtos. Com estes procedimentos, usuários/agricultores estarão economizando produtos e sendo conscientizados da importância da utilização racional deles.

A Lei Federal nº 9.974 (BRASIL, 2000), que entrou em vigor no dia 31 de maio de 2002, já está proporcionando efeito benéfico. Conforme ilustra o Gráfico 1, os usuários/agricultores estão-se conscientizando da devolução das embalagens. O volume devolvido em relação ao volume consumido no ano de 2002 ainda é pequeno. Este baixo volume de devolução inicial deve-se ao fato de o produtor ter o prazo legal de 12 meses, após a compra do produto, para a devolução das embalagens. Se neste prazo o produtor não tiver consumido to-

QUADRO 1 - Efetivo da tríplice lavagem na remoção do ingrediente ativo de embalagens de produtos fitossanitários

Produto comercial	Ingrediente ativo (IA)	Tipo	Volume (L)	Remoção do IA (%)
Nuvacron 400	monocrotofós	PEAD	1	99,99998
Endosulfan 350 CE Defesa	endosulfan	lata	20	99,99520
Supracit 400 CE	medidation	PEAD	1	99,99985
Trifluralina Nortox	trifluralina	lata	5	99,99533
Dimetoato CE	dimetoato	vidro	1	99,98563
Azordin 400	monocrotofós	PEAD	1	99,99825
Perfekthion	dimetoato	vidro	1	99,99999
Ortho Hamodop 600	metamidofós	vidro	1	99,99999
Tritac	trifluralina	plástico	5	99,99956

NOTA: PEAD - Polietileno de alta densidade.

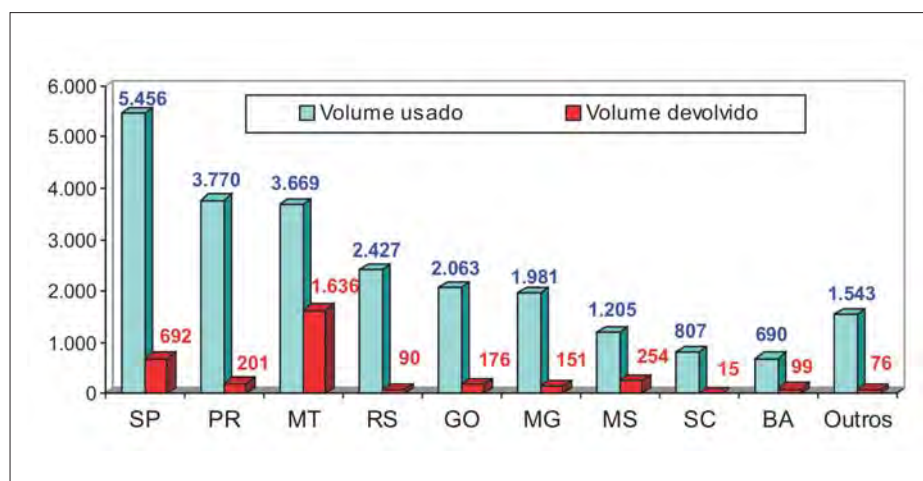


Gráfico 1 - Comparativo por Estado que mostra o volume consumido e o volume devolvido de embalagens, em 2002

NOTA: Volume anual total 27.776 kg (15% dos volumes não chegam ao campo). Volume consumido 23.610 kg.

do o produto, ele poderá efetuar a entrega parcial, obtendo-se, assim, a prorrogação de seis meses. Quando o produto não for utilizado integralmente, o prazo de devolução é até o do vencimento dele.

O volume de vasilhames e embalagens devolvidos pelos usuários/agricultores para as Centrais de Recebimento de Embala-

gens aumentou significativamente a partir de janeiro de 2003. Um exemplo é a Central de Recebimento de Embalagens de Uberaba (Fig. 2 e 3), que se encontra em plena capacidade de operação, processando em média 30 mil embalagens/mês. Isto demonstra que os usuários/agricultores estão conscientes do cumprimento da lei.





Figura 2 - Vista interna do galpão da Central de Recebimento de Embalagens de Uberaba

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso inadequado de defensivos agrícolas pode gerar problemas econômicos, toxicológicos e ambientais. Dentre os vários fatores que concorrem para estes problemas, destacam-se a tecnologia de aplicação deficiente e a falta de precisão na detecção e avaliação dos problemas e, conseqüentemente, um uso indiscriminado de agrotóxicos, gerando assim um grande número de embalagens a ser descartado.

Na maioria dos países desenvolvidos, há uma grande preocupação com a racionalização e minimização do uso de defensivos. Esta preocupação está presente em todos os segmentos da sociedade, envolvendo legisladores, pesquisadores, produtores e usuários em geral.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Bra-**



Figura 3 - Vista geral do galpão da Central de Recebimento de Embalagens de Uberaba

sil, Brasília, DF, 1998. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: ago. 2003.

\_\_\_\_\_. Lei nº 9.974, de 6 de junho de 2000. Altera a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda

comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 7 jun. 2000. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: ago. 2003.

# Tecnologia para tratamento de resíduos: tecnologia Bioexton - biodegradação acelerada para produção de fertilizante organomineral

*Jeferson Antônio de Souza<sup>1</sup>  
Lázaro Sebastião Roberto<sup>2</sup>*

Resumo - A biodegradação acelerada constitui um processo de tratamento de resíduos orgânicos e minerais, que em 72 horas proporciona o uso de resíduos poluidores como materiais passíveis de utilização direta na agropecuária. Muitos destes resíduos, em condições naturais, levam de seis a nove meses para serem mineralizados e, conseqüentemente, usados como fertilizantes ou condicionadores de solos. Estes produtos fertilizantes gerados, além de menor custo, possuem alto valor agregado. Apresentam vantagens como a redução do volume de lixo; prolonga a vida útil dos aterros sanitários e, conseqüentemente, reduz o potencial poluidor do lençol freático, por lixiviação, e da atmosfera, por emissão de gases; gera empregos no processo produtivo de fertilizantes; elimina os catadores nos lixões, que poderão ter emprego direto na produção dos fertilizantes.

Palavras-chave: Poluição. Lixo. Adubação. Resíduos orgânicos.

## INTRODUÇÃO

O crescimento demográfico obriga à expansão das áreas para exploração agropecuária, o que, muitas vezes, contribui para um crescimento da degradação do solo e dos recursos naturais renováveis.

Ao buscar o aumento da produtividade, o agricultor ou pecuarista utiliza cada vez mais insumos químicos, muitas vezes de forma desordenada, o que compromete a qualidade do solo e do ambiente, reduzindo cada vez mais seu lucro. Entretanto, diante do quadro catastrófico de poluição ambiental, o mundo volta-se para medidas menos poluidoras e, atualmente, já é preocupação mundial a preservação do ambiente e o consumo de alimentos sem contaminação. Daí, o grande interesse da população por produtos de origem orgânica. Essa tendência,

inclusive, mudou o direcionamento da pesquisa, que, atualmente, busca tecnologias para o aproveitamento de resíduos como fontes alternativas para nutrição das plantas, além de constituir medidas mitigadoras dos impactos causados pela deposição de resíduos na superfície do solo.

## RESÍDUOS E SUA RELAÇÃO COM O HOMEM

O homem, graças ao seu processo de desenvolvimento, há muito utiliza a natureza como depósito de lixo, onde tudo o que é considerado sem valor é jogado fora, descartado, muitas vezes sem, ao menos, tentar dar um outro destino a esses denominados resíduos. Aliado a esse desperdício de matéria-prima potencial, todo o recurso natural que o homem necessita,

imprescindível à manutenção dos seus processos de fabricação, é extraído de forma irresponsável, sem considerar sequer que estas reservas são passíveis de extinção e que poderão ser criados, em nome do progresso e da ciência, grandes problemas ambientais e de equilíbrio do planeta.

Por mais eficiente que seja, a natureza não consegue absorver ou assimilar a quantidade exorbitante de resíduos depositados diariamente na superfície do solo, nos mangues, nos rios e em outros locais pouco ou nada adequados. Como resultado, o que se colhe é a poluição do lençol freático e de mananciais, quebrando o ciclo natural da vida e causando danos irreversíveis para toda a humanidade. Nos últimos anos, têm ocorrido, com certa frequência, enchentes avassaladoras provocadas

<sup>1</sup>Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, D.Sc., Pesq. EPAMIG-CTTP, Caixa Postal 351, CEP 38001-970 Uberaba-MG. Correio eletrônico: jeferson@epamiguberaba.com.br

<sup>2</sup>Inventor da tecnologia Bioexton, Pesq. Bioexton, Av. Cel. Cacildo Arantes, 377 - Parque Hyléia, CEP 38055-020 Uberaba-MG. Correio eletrônico: bioexton@terra.com.br

pela deposição de lixo nas margens de rios e cursos d'água, prova concreta de desequilíbrio ambiental. Há, portanto, que compatibilizar desenvolvimento e controle ambiental, que visem reduzir sua degradação e aumentar ou manter os recursos naturais renováveis.

Nesse aspecto, a biotecnologia é um marco determinante na melhoria da qualidade de vida e, por isso, não pode ficar alheia aos problemas ambientais. Dessa forma, lançando-se mão desses conhecimentos, foi desenvolvida uma tecnologia inovadora para tratamento de resíduos pelo processo de biodegradação acelerada.

### MINERAIS NO SOLO E SUA RELAÇÃO COM MICRORGANISMOS

Mineral pode ser definido como um elemento químico ou uma substância inorgânica de composição química definida, encontrada, naturalmente, na crosta terrestre (GARCIA JÚNIOR, 1997). Porém, os minerais podem ou não estar na forma disponível para nutrir as plantas. Antes de estarem disponíveis ou não, são, na maioria das vezes, parte integrante dos minérios<sup>3</sup> ou de minerais não decompostos na rocha de origem. Os microrganismos exercem inter-relação com as plantas e animais no meio em que vivem, nos mais diversos ambientes (normais ou extremos). De acordo com Garcia Júnior (1997), a característica interessante dos microrganismos, em geral, é o papel que eles têm exercido, desde o aparecimento da vida no planeta, em inúmeros processos geológicos fundamentais. Segundo este autor, em linhas gerais, a atividade metabólica desenvolvida pelos microrganismos exerce comprovada influência no intemperismo das rochas, na formação e transformação de sedimentos do solo, na gênese e degradação de minerais e de combustíveis fósseis, etc.

As rochas e os minerais estão sendo constantemente intemperizados, devido à ação de agentes químicos, físicos e biológicos, sobretudo pela ação de microrganismos. Estes, entretanto, praticamente não tiveram participação na formação de rochas ígneas ou magmáticas, devido à sua natureza. Contudo, é inegável sua participação ativa na formação e decomposição dos outros tipos de rochas e nos minerais. De forma geral, os microrganismos participam ativamente como catalisadores biológicos das transformações geoquímicas, pela deposição e solubilização de minerais.

Os ciclos biogeoquímicos descrevem as conversões desses materiais, decorrentes da atividade bioquímica na biosfera e englobam todas as transformações físico-químicas, tais como dissolução, precipitação, volatilização e fixação, essencialmente através de reações de oxidação-redução. São exemplos de ciclo biogeoquímicos, a formação e decomposição de carbonatos, silicatos e sulfetos; as transformações microbianas do nitrogênio, fósforo, ferro, enxofre, manganês, arsênio, mercúrio, cobre, urânio, etc. (GARCIA JÚNIOR, 1997).

Houve grande destaque da participação de microrganismos em processos geoquímicos, quando foram observadas bactérias (*Gallionella ferruginea*), como agentes responsáveis por depósitos de ocre de ferro em pântanos, feita por Ehrenberg (1838 apud GARCIA JÚNIOR, 1997) e, também pelas evidências que se obtiveram sobre a oxidação do H<sub>2</sub>S e deposição de enxofre elementar na bactéria filamentosa *Beggiatoa* sp. e sobre a oxidação de FeCO<sub>3</sub> a óxido férrico pela espécie *Leptothrix ochracea*. Assim, formulou-se o modo quimiolitotrófico de vida, ou seja, os microrganismos obtêm energia para fixação do CO<sub>2</sub> atmosférico, através de reações de oxidação de compostos estritamente inorgânicos. Promovendo esta oxidação, os microrganismos

colocam à disposição, no solo, os elementos minerais, os quais passam a compor o complexo nutricional para o reino vegetal.

Outro destaque importante foi a descoberta do processo bacteriano de redução do sulfato a enxofre elementar, pelo cientista Beijerinck, no final do século 19. Tratava-se de bactérias do gênero *Thiobacillus*, isoladas mais tarde pelo cientista Nathansohn, em 1902. Além deste gênero, existem outros exemplos clássicos de bactérias oxidantes de formas reduzidas de enxofre, como os gêneros *Beggiatoa*, *Sulfolobus* e *Sulfobacillus*. No gênero *Thiobacillus*, as espécies mais importantes são *T. thiooxidans*, que, de acordo com Garcia Júnior (1991), oxida o S<sup>0</sup> e o pH do meio atinge cerca de 0,5, *T. denitrificans*, *T. novellus* e *T. ferrooxidans*. Esta última merece destaque especial, pois, além de oxidar as formas reduzidas de enxofre, oxida ainda o íon ferroso (Fe<sup>2+</sup>) e sulfetos metálicos em geral (ROSSI, 1990 apud GARCIA JÚNIOR, 1997).

Isso deixa evidente a participação dos microrganismos na liberação de elementos minerais nutrientes para as plantas. No entanto, inúmeros fatores de solo condicionam a sua disponibilidade, necessitando, mais uma vez, da ação dos microrganismos e suas inter-relações com plantas e animais para novamente iniciar o processo de disponibilização de nutrientes.

O fornecimento de N para leguminosas, a disponibilidade de fósforo, enxofre e micronutrientes e a estabilidade de potássio, cálcio e magnésio no solo são extremamente dependentes da ação de microrganismos. A maioria dos nutrientes contidos na matéria orgânica está associada a compostos orgânicos não diretamente assimiláveis pelas plantas. Para que estes nutrientes sejam absorvidos pelas raízes, é necessário que ocorra sua mineralização, realizada pelos microrganismos.

<sup>3</sup>Um ou mais minerais associados, que, sob certas condições, podem ser processados, objetivando a recuperação de um ou mais elementos ou substâncias – metálicas ou não – de interesse econômico.



Colocados no solo, os nutrientes podem passar por processos de indisponibilidade para as plantas, seja devido a reações no solo, seja devido a perdas. O N pode ser perdido por volatilização ou lixiviação; o potássio, cálcio, magnésio e enxofre, por lixiviação; o fósforo, por adsorção, etc. Estes nutrientes são absorvidos predominantemente quando estão na forma mineral, ou seja, quando se encontram na forma orgânica, não são absorvidos diretamente pelas plantas. É necessário que microrganismos os transformem, passando da forma orgânica para a mineral.

O nitrogênio mineral pode ser facilmente lavado pelas águas de chuva, se não passar para formas orgânicas. Quando se encontra na forma mineral, o N está disponível para as plantas e também para as perdas. Há, entretanto, maneiras de controlar esta disponibilidade de N, evitando-se perdas: através de adições de matéria orgânica, que formam, então, fertilizantes organominerais. Nestes, o N é encontrado na forma orgânica e, portanto, com disponibilidade controlada, o que faz com que o N seja paulatinamente liberado, reduzindo as perdas.

Com o fósforo solúvel, as reações de adsorção pelos óxidos, hidróxidos e oxihidróxidos de ferro e de alumínio fazem com que, apenas cerca de 25% do P aplicado seja absorvido pelas plantas, portanto, aplicam-se quatro a cinco vezes mais fósforo que a planta necessita. Uma maneira de reduzir ou até evitar a adsorção de P é misturá-lo com matéria orgânica. Assim, as partículas orgânicas envolvem o P, protegendo-o da fixação no solo. Tisdale e Nelson (1966) explicam que a proteção ocorre, devido à formação de complexos fosfomúnicos, facilmente assimiláveis pelas plantas; a troca aniônica do fosfato pelo íon humato (por exemplo, fosfato de cálcio passa a humato de cálcio, que libera o íon fosfato para as plantas) e, ao revestimento das partículas de sesquióxidos pelo húmus, formando uma cobertura protetora a qual reduz a capacidade do solo em adsorver fosfato.

Com relação ao potássio solúvel ou trocável, sua perda está diretamente relacionada com a capacidade de troca de cátions (CTC) do solo. É sabido que a CTC dos solos brasileiros varia de 3 a 15  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$  de solo, sendo, portanto, muito baixa. Há, então, grande possibilidade de perdas de K, quando aplicado de fontes minerais, sobretudo em solos de textura grosseira. A turfa, por exemplo, apresenta CTC, que varia de 80 a 120  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ , enquanto que a matéria orgânica pode variar de 100 a 250  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ , e a do húmus pode chegar a 400  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ . O simples fato de adicionar turfa ou outra fonte de matéria orgânica à fonte de potássio, contribui para uma considerável redução nas perdas desse nutriente.

Comportamento favorável à disponibilidade dos demais nutrientes ocorre também, quando se adiciona matéria orgânica às fontes minerais.

Diante dos fatores limitantes à nutrição das plantas, sobretudo quanto à disponibilidade e ao fornecimento de nutrientes, aliados à crescente poluição ambiental em decorrência, principalmente, da deposição de resíduos na superfície do solo, o pesquisador Lázaro Sebastião Roberto desenvolveu uma tecnologia inovadora. Além de resolver um problema ambiental, que é a deposição de resíduos diretamente no solo, essa tecnologia obtém, como subproduto, fertilizantes orgânicos ou organominerais de custo mais baixo e com alto valor agregado. Depois de vários anos de estudos envolvendo biotecnologia, biometalurgia e bio-hidrometalurgia (ou lixiviação bacteriana), chegou-se ao "Processo de preparação de agentes biocatalisantes", responsável pela biodegradação acelerada de resíduos, isto é, processo para produção de fertilizantes orgânicos e organominerais a partir de uma ampla série de resíduos orgânicos. Com isso, em 72 horas, resíduos são transformados em fertilizantes, totalmente isentos de odor desagradável, de patógenos e de outros agentes capazes de causar malefícios à saúde humana, além da agregação de valores.

## FUNDAMENTOS DA TECNOLOGIA BIOEXTON

A disponibilização de elementos químicos nutrientes para os vegetais, a partir da rocha de origem, só é possível devido a agentes de intemperismo, ou seja, tem relação direta com os fatores de formação do solo, os quais, segundo Jenny (1941 apud MONIZ, 1975), constituem: material de origem, relevo, clima, organismos e tempo. Depois do solo formado, inúmeros fatores contribuem para perdas ou disponibilidade dos nutrientes e, neste aspecto, o regime ou dinâmica da matéria orgânica assume papel de grande importância. Isto porque, segundo Resende et al. (1995), plantas superiores e resíduos animais constituem a principal fonte de nutrientes e energia para os microrganismos do solo. Após a deposição e incorporação desses resíduos ao solo, os microrganismos iniciam o processo de decomposição desses materiais, utilizando-os como fonte de nutrientes e energia. Portanto, o teor de C no material a ser decomposto e sua relação com o teor de N, o que é expresso em termos de relação C/N, são os responsáveis pelo tempo necessário para que se processe a decomposição do resíduo.

Com base na eficiência dos microrganismos decompositores de resíduos, a Tecnologia Bioexton consiste na transformação de resíduos diversos em matéria orgânica mineralizada, pelo processo de biodegradação acelerada. Atualmente, foram determinados biocatalisadores específicos para mais de 100 tipos de resíduos.

### Procedimentos básicos da tecnologia

A partir do tratamento de diversos resíduos, podem-se produzir dois tipos de fertilizantes: um fertilizante orgânico denominado organofétil e um fertilizante organomineral. Este pode ser obtido em uma ou duas fases, ou seja, pode-se tratar o resíduo e ter como produto final um fertilizante organomineral, ou primeiro obter o organofétil e, posteriormente, o organomineral, a partir do organofétil já produzido.

### Fase 1: produção do organofétil

O processo inicia-se pela caracterização química, física e biológica do resíduo, para conhecimento da composição do material orgânico como fonte de matéria-prima e determinação da composição do biocatalisador<sup>4</sup> (este é feito em função do tipo de resíduo que se tem). Procedimento semelhante é feito para material inorgânico.

O passo seguinte é o desenvolvimento de biocatalisadores específicos para decomposição dos resíduos, em função das suas características químicas e biológicas, principalmente da relação C/N e da compatibilidade de microrganismos naturais no processo. O biocatalisador reduz a relação carbono/nitrogênio, multiplica microrganismos naturais em sistema aeróbio e promove a solubilização e disponibilização de nutrientes, pela formação de quelatos com ácidos orgânicos. O biocatalisador é, então, composto por três grupos de microrganismos:

- a) nitrificadores: promovem a adição de N atmosférico à mistura, através da fixação biológica e digestores/redutores de celulose e solubilizadores, microrganismos que quebram a molécula de celulose e microrganismos que promovem a disponibilização ou solubilização de minerais existentes na matéria-prima;
- b) esterilizadores: promovem a descontaminação dos resíduos, eliminando patógenos existentes (a temperatura gerada durante o processo também é responsável por eliminar parte dos patógenos);
- c) microrganismos desodorizadores: utilizados basicamente em matéria-prima com mau cheiro, como lixo e lodo de esgoto, por exemplo.

O biocatalisador obtido para esta fase do processo é denominado AMB1, que é

composto de microrganismos digestores e solubilizadores, que vão agir no material não decomposto para a produção de fertilizante organomineral. Além de AMB1, é desenvolvido o biocatalisador AMB2, com microrganismos solubilizantes e peletizantes, pertencentes a outro grupo de microrganismos, que atuam no material já mineralizado. Para os resíduos inorgânicos, tais como pó de rocha ou resíduos industriais, a partir da análise físico-química do resíduo, inicia-se o desenvolvimento do biocatalisador com características diferenciadas, contendo microrganismos específicos em meio de cultura para extração do coeficiente ou cofator determinante, para assim realizar o processo de biolixiviação e solubilização dos inorgânicos.

Após adição do biocatalisador, os processos de esterilização, solubilização, nitrificação e desodorização iniciam-se imediatamente e estendem-se por um período de 72 horas, pelo menos. Após este período, o processo como um todo não está concluído, no entanto, parâmetros como CTC, relação C/N, teores de NPK, sanidade, conteúdo de matéria orgânica e mineralização dos resíduos já permitem seu uso direto na adubação, sem causar dano às culturas, conforme verificado por Souza (1998, 1999abc, 2000ab); Souza et al. (2002,2003); Fernandes (2001), e em mais de 50 experimentos com os produtos (SOUZA, 2002).

A seguir, os resíduos são triturados e colocados em misturador com o material contendo minerais de baixo teor, como fosfato de rocha, gesso agrícola, calcário calcítico, na proporção de 70% de material orgânico e 30% de material mineral, visando fornecer P, Ca e S para a mistura. Adiciona-se a esta mistura o biocatalisador específico, na proporção de 20 litros por tonelada, para promover a biodegradação acelerada. O biocatalisador deve ser adicionado homogeneamente em todo o resíduo. Para facilitar a sua distribuição, ao mesmo tempo

em que o misturador gira, o biocatalisador é pulverizado, garantindo a homogeneização da mistura. Este processo tem duração de cerca de 5 minutos.

Após misturado, o produto obtido é transferido para baias de repouso, onde deverá permanecer por 72 horas sem qualquer revolvimento ou umedecimento. Neste processo, não ocorre a geração de chorume ou qualquer outro subproduto poluidor ou que cause algum problema ambiental, além de dispensar baias de compostagem. Nesta etapa, a temperatura no interior da pilha de mistura chega a 90° Celsius. O produto obtido é denominado organofétil e apresenta relação C/N inferior a 20:1, CTC maior que 60 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, conteúdo de matéria orgânica maior que 40 dag dm<sup>-3</sup>, e composição química variável em função da matéria-prima, com pequena contribuição dos materiais com baixo teor mineral. Este produto é recomendado como condicionador ou corretivo de solo e constitui-se num precursor do fertilizante organomineral.

Para se ter garantia dos teores nutricionais do produto, bem como o conhecimento destes teores, devem-se coletar amostras e enviá-las a laboratório confiável, para caracterização química, principalmente. Após conhecer suas características químicas, o organofétil poderá ser comercializado, armazenado temporariamente ou utilizado para a produção do fertilizante organomineral.

### Fase 2: produção do organomineral

Colocam-se no misturador o organofétil, as fontes de nutrientes de acordo com a necessidade da cultura e a disponibilidade do solo e o biocatalisador (AMB2), na proporção de 20 litros por tonelada, procedendo-se à mistura por 5 minutos.

Para o balanceamento mineral utilizam-se, como fontes de nitrogênio, uréia ou sulfato de amônio; como fontes de fósforo,

<sup>4</sup>Conjunto de microrganismos com cofatores específicos e substratos básicos, com sínteses de aminoácidos ativados que promovem a quebra da molécula de celulose, além da solubilização de minerais.

superfosfato simples, triplo ou termofosfatos; e, como fontes de potássio, cloreto ou sulfato de potássio. As proporções da mistura, para obtenção do fertilizante organomineral, são definidas após determinação dos teores de NPK do produto básico (organofétil), e complementados visando atender, no mínimo, à legislação do Ministério da Agricultura (BRASIL, 1983). Havendo necessidade de adicionar outros macro ou micronutrientes, as fontes deverão ser colocadas no misturador antes de a mistura receber o biocatalisador. Isto porque, este, que é um ativador biológico solubilizante e peletizante, irá promover a interação da matéria orgânica com os minerais, formando compostos com os ácidos orgânicos.

Após, procede-se à granulação e à secagem do produto final, podendo este estar na forma granulada, farelada ou pó.

Finalmente, o produto é ajustado quanto ao teor de umidade e classificado em peneiras, quanto à granulometria, de acordo com as normas do Ministério da Agricultura (BRASIL, 1983), ensacado e comercializado.

## UTILIZAÇÃO DOS FERTILIZANTES EM EXPERIMENTOS DE CAMPO

### Potencialidade e riscos

O fertilizante produzido com esta tecnologia além de ser uma alternativa viável, em termos de custo, para uso na adubação das culturas, apresenta grande potencial nutricional, uma vez que sua formulação

deve ser estabelecida em função dos teores dos nutrientes no solo e das exigências das culturas. Por se encontrarem ligados a radicais orgânicos, os nutrientes mais comumente perdidos, como N, P e K são mais bem aproveitados pelas plantas, possibilitando até, como no caso específico do P, uma redução nas quantidades fornecidas pela adubação sem prejuízo de produtividade. Testes de campo com diversas culturas demonstraram que essa redução é amplamente viável, tendo como reflexo direto, uma diminuição no custo de produção. De maneira geral, esta adubação alternativa proporcionou uma economia de cerca de 30% do gasto com adubos químicos, nos experimentos de campo. Entretanto, a potencialidade desta alternativa não se resume apenas nos aspectos econômicos. Sua principal vantagem é a construção da fertilidade do solo, pois, de ano para ano, o que se observa é uma melhor estruturação do solo, aumento da matéria orgânica e da vida no solo (presença de minhocas e outros organismos), etc. Com isso, após uso contínuo destes fertilizantes, a necessidade de adubação das culturas diminuiu, contribuindo novamente para uma redução de custo com adubações.

Há também que mencionar a qualidade dos produtos obtidos, os quais apresentam coloração mais forte e mais intensa. José Ferraz do Valle Filho<sup>5</sup>, maior produtor de cenoura do Brasil, na atualidade, usuário e produtor de fertilizante organomineral Bioexton, comprova esta melhor qualidade dos produtos, pois a cenoura produzida

com esta fonte alternativa de adubação é mais uniforme em termos de tamanho e cor, estando próximas ao padrão de comercialização exigido. Este produtor comenta, ainda, que, na colheita, as perdas são cerca de 30% menores nas áreas com fertilizante organomineral que naquelas com adubação química convencional. Este fato foi verificado no local. Na comercialização, consegue-se melhor preço, não por ser a cenoura produzida com características orgânicas, mas, principalmente, por ser um produto mais apresentável e mais padronizado.

Quanto aos riscos, o produto obtido não apresenta qualquer possibilidade de contaminação por patógenos ou pela presença de metais pesados. Os maiores contaminantes da matéria-prima são as pilhas, lâmpadas fluorescentes, baterias diversas, etc., o que, atualmente, já não é mais tanto problema, devido à coleta seletiva. Esta, não existindo, também não há risco de contaminação, pois esses materiais, quando presentes, são retirados antes da trituração.

No Brasil, poucos são os parâmetros para qualificar um produto quanto ao risco de contaminação por metais pesados. No entanto, são utilizados os dados constantes nos Quadros 1 a 4, que apresentam níveis máximos permitidos em alguns países no mundo, para verificação do organomineral Bioexton. De acordo com esses parâmetros, os teores de metais tóxicos como indesejáveis estão aquém do máximo permitido nos países de referência. Portanto, trata-se de um produto que não oferece contaminação.

QUADRO 1 - Classificação de qualidade de composto e limites para conteúdos de metais pesados em ppm

Classe de composto	Cádmio	Cromo	Níquel	Chumbo	Cobre	Zinco
Qualidade muito alta	Abaixo de 1,0	Abaixo de 70	Abaixo de 30	Abaixo de 100	Abaixo de 100	Abaixo de 200
Qualidade alta	1,0 a 2,5	70 a 150	30 a 60	100 a 150	100 a 200	200 a 400
Presença de contaminantes	2,6 a 4,0	150 a 200	61 a 100	151 a 500	201 a 400	401 a 1.000
Qualidade baixa	Acima de 4,0	Acima de 200	Acima de 100	Acima de 500	Acima de 400	Acima de 1.000

FONTE: Genevini et al. (1997 apud KIEHL, 1998).

<sup>5</sup>Informação obtida em janeiro de 2003.



QUADRO 2 - Níveis de metais pesados adotados pela Companhia Municipal de Limpeza Urbana (CONLURB) - Prefeitura do Rio de Janeiro - Gerência de Pesquisas Aplicadas, Divisão de Análises Físico-Químicas

Elemento	Níveis toleráveis de acordo com:	
	Comunidade Comum Européia	<sup>(1)</sup> U.S.EPA (PART 503)
Níquel ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	300 a 400	420
Chumbo ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	1.000 a 1.750	300
Zinco ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	2.500 a 4.000	2.800
Cobre ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	1.000 a 1.750	1.500
Cádmio ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	20 a 40	39
Cromo ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	N.I.	1.200

NOTA: U.S. EPA - United States Environmental Protection Agency; NI - Não informado.

(1) Legislação norte-americana - a "503": um país que merece destaque tanto pelo rigor, como pela maneira que conduziu a elaboração das normas para a disposição final do lodo de esgoto (LE), são os EUA. Conhecida como "503", a legislação norte-americana, intitulada "Padrões para o uso e disposição do lodo de esgoto", foi publicada pela Environmental Protection Agency (EPA), em fevereiro de 1993, depois de mais de 15 anos de pesquisa e discussões (FOESS; SIEGER, 1993). Os impactos econômicos desta legislação foram estimados pela EPA (apud KUCHENRITHER, 1989), em US\$ 157 milhões.

São apresentados, nas Figuras 1 e 2, os resultados de análise laboratorial do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas e do Centro de Energia Nuclear na Agricultura, da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ), da Universidade de São Paulo (USP), realizada em amostras de fertilizante de lixo urbano, coletadas na Usina de Santa Juliana (MG), logo após sua produção.

### Experimentação

Por cinco anos consecutivos, foram conduzidos experimentos de pesquisa, inicialmente em casa de vegetação e, posteriormente, em campos experimentais da EPAMIG e em áreas de produtores rurais, com fertilizantes produzidos a partir de resíduos orgânicos, com tecnologia desenvolvida pela Bioexton Ltda., uma empresa, até então, incubada pela Incubadora

QUADRO 3 - Teores máximos de metais pesados admitidos no lodo a ser utilizado na agricultura, segundo a legislação de diversos países ( $\text{mg kg}^{-1}$  de matéria seca)

Metal pesado	Símbolo	Dinamarca (A)	Suécia (B)	Alemanha (C)	Suíça (B)	Holanda (D)	Escócia (D)	França (E)	Itália (F)	Países Baixos (G)	Bélgica (H)	EUA (I)
Arsênio	As	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	75
Cádmio	Cd	0,8	15	10	30	10	20	20	20	1,25	12	85
Cromo	Cr	100	1.000	900	1.000	500	2.000	1.000	-	75	500	3.000
Cobre	Cu	1.000	3.000	800	1.000	600	1.500	1.000	1.000	75	750	4.300
Chumbo	Pb	120	300	900	1.000	500	1.500	800	750	100	600	840
Mercúrio	Hg	0,8	8	8	10	-	-	10	10	0,75	10	57
Molibdênio	Mo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	75
Níquel	Ni	30	500	200	200	100	25	200	300	30	100	420
Selênio	Se	-	-	-	-	-	-	100	-	-	-	100
Zinco	Zn	4.000	10.000	2.500	3.000	2.000	2.500	3.000	2.500	300	2.500	7.500
Prata	Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cobalto	Co	-	50	-	100	-	-	-	-	-	-	-
Manganês	Mn	-	-	-	500	-	-	-	-	-	-	-

FONTE: (A) Grüttner (1997); (B) Fernandes et al. (1993); (C) Bergs e Lindner (1997); (D) Silva (1995); (E) Nardin e Charbrier (1997); (F) Spinosa e Ragazzi (1997); (G) Dirkzwager et al. (1997); (H) Ockier e Muynck (1997); Estados Unidos (1995).

NOTA: - Valor não determinado.

de Empresas (Unitecne), da Universidade de Uberaba.

A realização dos experimentos fez parte do convênio de parceria tecnológica entre a Universidade de Uberaba e a EPAMIG,

através do Centro Tecnológico do Triângulo e Alto Paranaíba (CTTP), sediado em Uberaba (MG), inicialmente, e, mais tarde, com a Embrapa Hortaliças em Brasília/DF.

Os fertilizantes testados, como fon-

te alternativa de adubação, tiveram como matéria-prima, resíduos orgânicos diversos que constituem contaminantes e poluentes ambientais, se forem deixados expostos e depositados na superfície do solo *in natura*. A tecnologia da Bioexton, para transformação de resíduos em fertilizantes, que utiliza o processo de biodegradação acelerada de resíduos orgânicos, foi utilizada na Usina de Triagem e Produção de Fertilizantes Orgânicos e Organominerais, instalada no município de Santa Juliana (MG).

A realização das pesquisas deu-se, inicialmente, pela necessidade de conhecer o comportamento de um produto fertilizante produzido a partir de resíduos, principalmente orgânicos, nas condições e em culturas da região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba. Isso só foi possível através do convênio EPAMIG/Universidade de Uberaba (Uniuibe).

QUADRO 4 - Limites de concentração de metais pesados no lodo de esgoto (LE), adotados pela Environmental Protection Agency (EPA), para aplicação no solo

Metal	Concentrações máximas (mg kg <sup>-1</sup> )	Limite de carga cumulativa (kg ha <sup>-1</sup> )	Limites de concentrações (mg kg <sup>-1</sup> )	Razão de carga anual (kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )
Arsênio	75	41	41	2
Cádmio	85	39	39	1,9
Cobre	4.300	1.500	1.500	75
Chumbo	840	300	300	15
Mercúrio	57	17	17	0,85
Molibdênio	75	-	-	-
Níquel	420	420	420	21
Selênio	100	100	100	5
Zinco	7.500	2.800	2.800	140

FONTE: Estados Unidos (1995).

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ"  
DEPARTAMENTO DE SOLOS E NUTRIÇÃO DE PLANTAS

ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA Nº 211878 (383)

Proprietário: NOVAÇON ENGENHARIA DE CONCESSÕES S/C LTDA.  
Endereço: ...  
Município: SANTA JULIANA, MG  
Identificação da amostra: 01  
No. de laboratório: R- 335  
Data de emissão: 16/07/2001

**RESULTADOS DE ANÁLISES DE MATERIAL ORGÂNICO**

DETERMINAÇÕES	UNIDADE NATURAL	BASE SECA (110oC)
pH em CaCl2 0,01M	7,8	-
Densidade	0,51 g/cm <sup>3</sup>	-
Umidade perdida a 60-65oC	25,95 %	-
Umidade perdida entre 65 e 110oC	3,45 %	-
Umidade total	29,40 %	00,00 %
Inertes	0,0	-
Matéria orgânica total (combustão)	26,65 %	37,75 %
Matéria orgânica compostável	14,61 %	20,69 %
Matéria org. resistente à compostagem	12,04 %	17,05 %
Carbono total (orgânico e mineral)	14,81 %	20,98 %
Carbono orgânico	8,12 %	11,50 %
Resíduo mineral total	43,95 %	62,25 %
Resíduo mineral insolúvel	11,49 %	16,27 %
Resíduo mineral solúvel	32,46 %	45,98 %
Nitrogênio total	0,51 %	0,72 %
Fósforo (P205) total	3,74 %	5,30 %
Potássio (K2O) total	1,24 %	1,78 %
Cálcio (Ca) total	9,54 %	13,51 %
Magnésio (Mg) total	0,29 %	0,41 %
Enxofre (S) total	3,17 %	4,49 %
Relação C/N (C total e N total)	29/1	29/1
Relação C/N (C orgânico e N total)	16/1	15/1
Cobre (Cu) total	35 mg/kg	50 mg/kg
Manganês (Mn) total	348 mg/kg	490 mg/kg
Zinco (Zn) total	157 mg/kg	222 mg/kg
Ferro (Fe) total	10969 mg/kg	15537 mg/kg
Boro (B) total	11 mg/kg	16 mg/kg
Sódio (Na) total	2186 mg/kg	3096 mg/kg

Prof. Dr. Jorge de Castro Kleh  
Coordenador

Figura 1 - Laudo analítico: caracterização físico-química de fertilizante obtido de lixo

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
CAMPUS "LUIZ DE QUEIROZ"  
Centro de Energia Nuclear na Agricultura

R-022/01  
Solicitante: Novaçon Eng<sup>de</sup> concessões S/C Ltda  
Descrição da amostra: Composto orgânico proveniente de compostagem de matéria orgânica de lixo doméstico.

Código da amostra	Mo	Pb	Co	Cr	Cd	Ni	V
1	2,37	7,70	3,12	38,0	<0,70	20,0	48,4

Código da amostra	B	Cu	Zn	Mn	Ba	Sr
1	<7,80	37,4	197	439	272	150

Código da amostra	P	Ca	Mg	Fe	Al
1	1,98	12,40	0,47	1,33	0,96

Código da amostra	Na	K	S	Ti
1	0,24	1,13	3,67	0,28

Obs.: Os resultados correspondem aos teores totais na amostra sendo média de 3 repetições.

Dr. Maria Fernanda G. Giné Rosias  
Resp. Adm. do Lab. de Química Analítica  
"Henrique Bergamin Filho"

Figura 2 - Laudo analítico: caracterização química para metais pesados

O primeiro produto testado foi um organomineral produzido a partir do lixo de Uberaba. Os testes aconteceram em condições de casa de vegetação, utilizando-se as culturas de milho e soja (SOUZA, 1998). Daí, os estudos foram realizados no campo, com organofétil obtido a partir de uma mistura de cama de frango e serragem de pinus, utilizando-se como matéria com baixo teor mineral o fosfato de Araxá e gesso agrícola, nas proporções de 35%, 15%, 25% e 25%, respectivamente. Este fertilizante foi enriquecido com potássio, elevando-se, assim, o nível deste nutriente no produto. Sua composição química final ficou constituída de 1,25% de N; 3,63% de  $P_2O_5$ ; 6,07% de  $K_2O$ ; 8,00% de Ca e 12,00% de S.

A partir daí, passou-se a formular o fertilizante organomineral para café, pastagem, soja, milho, algodão, arroz e feijão, tendo sido conduzidos mais de 60 experimentos no campo, testando doses, modo e época de aplicação. Alguns desses resultados foram apresentados em Reuniões Técnicas e Congressos.

## REFERÊNCIAS

- BERGS, C.G.; LINDNER, K.H. Sewage sludge use in the Federal Republic of Germany. **European Water Pollution Control**, v.7, n.2, p.47-52, Mar. 1997.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. **Inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes e biofertilizantes, destinados à agricultura**. Brasília, 1983. 86p.
- DIRKZWAGER, A.H.; ENGERS, L.E.D. van; BERG, J.J. van den. Production, treatment and disposal of sewage sludge in The Netherlands. **European Water Pollution Control**, v.7, n.2, p.29-41, Mar. 1997.
- ESTADOS UNIDOS. Environmental Protection Agency. **Standards for the use or disposal of sewage sludge**: 40 CFR Parts 403 and 503. Washington, 1995. 25p.
- FERNANDES, A.L.T. **Fertirrigação na cultura do melão em ambiente protegido utilizando fertilizantes organominerais e químicos**. 2001. 108p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- FERNANDES, F.; PIERRO, A.C.; YAMAMOTO, R. Y. Produção de fertilizantes orgânico por compostagem do lodo gerado por estações de tratamento de esgotos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.28, n.5, p.567-574, maio 1993.
- FOESS, G.W.; SIEGER, R.B. Pathogen/Vector attraction reduction requirements of the sludge rules. **Water Engineering & Management**, Des Plaines, v.140, n.6, p.25-26, June 1993.
- GARCIA JÚNIOR, O. Isolation and purification of *Thiobacillus ferrooxidans* and *Thiobacillus thiooxidans* from some coal and uranium mines of Brazil. **Revista de Microbiologia**, São Paulo, v.20, p.1-6, 1991.
- \_\_\_\_\_. Microorganismos e metais. In: MELO, I.S. de; AZEVEDO, J.L. de (Ed.). **Microbiologia ambiental**. Jaguariúna: EMBRAPA-CNPMA, 1997. 440p. (EMBRAPA-CNPMA. Documentos, 11).
- GRÜTTNER, H. Denmark. In: MATTHEWS, P. (Ed.). **A global atlas of wastewater sludge and biosolids use and disposal**. London: IAWQ, 1997. p.43-46.
- KIEHL, E.J. **Manual de compostagem**: maturação e qualidade do composto. Piracicaba, 1998. 171p.
- KUCHENRITHER, D. Sludge: a case of regulation without representation. **Water Engineering & Management**, Des Plaines, v.136, n.12, p.21-24, Dec. 1989.
- MONIZ, A.C. (Coord.). **Elementos de pedologia**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1975. 460p.
- NARDIN, G.; CHABRIER, J.P. France: eastern France – Franche Comte region, city of Besançon. In: MATTHEWS, P. (Ed.). **A global atlas of wastewater sludge and biosolids use and disposal**. London: IAWQ, 1997. p.65-69.
- OCKIER, P.; MUYNCK, G. de Belgium: Flanders. In: MATTHEWS, P. (Ed.). **A global atlas of wastewater sludge and biosolids use and disposal**. London: IAWQ, 1997. p.25-27.
- RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S.B. de; CORRÊA, G.F. **Pedologia**: base para distinção de ambientes. Viçosa, MG: NEPUT, 1995. 304p.
- SILVA, F.C. **Uso agrônomo de lodo de esgoto**: efeitos em fertilidade do solo e qualidade da cana-de-açúcar. 1995. 159p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- SOUZA, J. A. de. Alternativas de adubação da cultura do milho com biofertilizante organomineral em substituição à adubação química. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 3., 2000, Santa Maria. **Resumos...** Santa Maria: UFSM/SBCS/SBM, 2000a.
- \_\_\_\_\_. **Avaliação agrônoma de biofertilizantes organominerais**. Uberaba: EPAMIG, 2002. Relatório Final de Pesquisa: convênio EPAMIG/Universidade de Uberaba (UNIUBE).
- \_\_\_\_\_. Avaliação de doses e épocas de aplicação de biofertilizante organomineral na cultura da soja, cultivar MG/BR-48 (Garimpo RCH). In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 21., 1999, Dourados. **Resumos...** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste/Londrina: Embrapa Soja, 1999a. p.209. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 7; Embrapa Soja. Documentos, 134).
- \_\_\_\_\_. Efeito da aplicação de um biofertilizante organomineral, no solo e via foliar, na produtividade da soja. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 21., 1999, Dourados. **Resumos...** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste/Londrina: Embrapa Soja, 1999b. p.205-206. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 7; Embrapa Soja. Documentos, 134).



SOUZA, J.A. Efeito das perdas de camadas de solo na produtividade da soja em um Latossolo Vermelho-Escuro sob cerrado. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 20., 1998, Londrina. **Ata e Resumos...** Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1998. p.373-374. (EMBRAPA-CNPSo. Documentos, 121).

\_\_\_\_\_. Eficiência do biofertilizante organomineral em substituição à adubação da soja. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 3., 2000, Santa Maria. **Resumos...** Santa Maria: UFSM/SBCS/SBM. 2000b.

\_\_\_\_\_. Produtividade da soja MG/BR-48 (Garrimpo RCH) adubada com biofertilizante organomineral. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 21., Dourados. **Resumos...** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste/Londrina: Embrapa Soja, 1999c. p.210. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 7; Embrapa Soja. Documentos, 134).

\_\_\_\_\_; FERNANDES, L. de O.; ARRUDA, M. L. da R.; FARIA, R.S. de; SILVA, F. de F.; PORTUGAL, G.A.D. Utilização de adubação orgânica alternativa em pastagem de capim elefante em sistema de pastejo rotacionado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE RAÇAS ZEBUÍNAS, 5., 2002, Uberaba. **Resumos...** Uberaba: ABCZ, 2002. 365p.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. SILVA, F. de F.; GOMES, R. Avaliação da produtividade do milho para produção de silagem adubado com biofertilizante organomineral. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ZOOTECNIA, 5.; CONGRESSO NACIONAL DE ZOOTECNIA, 13., 2003, Uberaba. **Resumos...** Uberaba: ABCZ/ABZ/FAZU, 2003.

SPINOSA, L.; RAGAZZI, M. Italy. In: MATTHEWS, P. (Ed.). **A global atlas of wastewater sludge and biosolids use and disposal.** London: IAWQ, 1997. p.89-93.

TISDALE, S.L.; NELSON, W.L. **Soil fertility and fertilizers.** 2.ed. New York: MacMillan, 1966. 694p.

# BIOEXTON

## Solução para resíduos orgânicos e minerais

### Equilíbrio ambiental com dignidade social



## BIOEXTON

Av. Cacildo Arantes, 377 - Parque Hyléa  
Uberaba-MG Cep:38055-020 Telefax: (34) 3313-7984  
e-mail: [bioexton@terra.com.br](mailto:bioexton@terra.com.br)  
[www.bioexton.com.br](http://www.bioexton.com.br)

Empresa graduada e apoiada pelo processo de incubação de empresas da Uniube - Unitecne



# Tecnologia para tratamento de resíduos: tecnologia Faber

*Paulo Fortes Neto<sup>1</sup>  
Serafim Daniel Ballesteros<sup>2</sup>  
Soraya Voigtel<sup>3</sup>*

Resumo - Composto de lixo urbano produzido no município de Santo André (SP), através do processo de compostagem natural em leiras estáticas, por um período de quatro meses, com valores dentro ou bem próximos dos estabelecidos pelo Ministério da Agricultura, como parâmetros de controle para avaliar sua qualidade agronômica. Parâmetros químicos de relação C/N e pH utilizados para avaliar o estágio de estabilização ou maturação do composto demonstraram que este estava bioestabilizado e em condições para ser utilizado como adubo orgânico, como fonte de matéria orgânica para o solo e nutrientes para as plantas. Apresenta-se o Faber-Ambra®, método em que as leiras de decomposição (estáticas) mostram aeração passiva, ou seja, ocorre por convecção do ar, devido ao gradiente de temperatura formado durante a decomposição biológica e a temperatura ambiente.

Palavras-chave: Lixo. Resíduo orgânico. Compostagem. Tratamento orgânico.

## INTRODUÇÃO

Os fatores limitantes dos métodos de disposição final dos resíduos sólidos, tipo aterro sanitário nos padrões brasileiros, são, basicamente, a indisponibilidade de grandes áreas próximas aos centros urbanos, o elevado volume de material para cobertura diária e os impactos causados ao meio ambiente pela decomposição da fração orgânica.

Para minimizar a influência desses fatores, o sistema Faber-Ambra® oferece as seguintes alternativas:

- a) disponibilidade de grandes áreas para aterros próximos aos centros

urbanos: o sistema Faber-Ambra reduz em 70% a necessidade de área de aterro, porém, durante a aplicação do método, exige-se uma área para o tratamento dos resíduos. Esta área não compromete a segurança e o conforto da população local. Sua localização pode ser estrategicamente determinada, visando à redução significativa dos custos de transporte para o aterro;

- b) disponibilidade de material para cobertura diária: considera-se que a execução de um aterro sanitário, nos parâmetros tradicionais brasileiros, exige material para cobertu-

ra diária e pode, além de onerar a operação, significar um acréscimo de 20% do volume a ser aterrado. Através da aplicação do sistema Faber-Ambra, elimina-se a necessidade desse material, pois os resíduos aterrados estarão estabilizados química e biologicamente e dispostos de forma uniforme, apresentando uma alta densidade de compactação. Tal alternativa deverá ser discutida e liberada pelo órgão ambiental competente.

Com o sistema Faber-Ambra, busca-se proporcionar os seguintes benefícios para a área:

<sup>1</sup>Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, Dr., Universidade de Taubaté (UNITAU), R. Quatro de Março, 432 – Centro, CEP 12020-270 Taubaté-SP. Correio eletrônico: fortesneto@uol.com.br

<sup>2</sup>Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, Dr., Universidade de Taubaté (UNITAU), R. Quatro de Março, 432 – Centro, CEP 12020-270 Taubaté-SP. Correio eletrônico: sbalest@ig.com.br

<sup>3</sup>Bióloga, Especialista em resíduos sólidos, Faber Serviço Ltda, R. Duque de Caxias, 188, sala 13, 2<sup>a</sup> andar – Centro, CEP 11600-000 São Sebastião-SP. Correio eletrônico: faberbrasil@uol.com.br



- melhores padrões ambientais em comparação aos sistemas tradicionais;
- redução nos custos de manutenção do aterro;
- aumento expressivo na vida útil da área designada para disposição final;
- simplificação do tratamento e redução das drenagens necessárias ao aterro sanitário;
- redução nos custos referentes ao serviço de coleta, quando se tem uma implantação descentralizada.

## FUNDAMENTOS TÉCNICOS DO SISTEMA

Faber-Ambra é um sistema que envolve, em uma primeira etapa do processo, o tratamento mecânico, visando a homogeneização, umedecimento, rompimento das sacolas e ruptura parcial dos resíduos domiciliares; em uma segunda etapa, o emprego do tratamento biológico, que compreende a decomposição estática e aeróbia da matéria orgânica, visando a sua estabilização bioquímica; e uma etapa final, que compreende a disposição final do material residual tratado.

### Tratamento mecânico

Após a descarga do material, os resíduos são submetidos a uma triagem visual e manual e excluídos materiais volumosos ou estranhos aos processos mecânico e biológico, como por exemplo: baterias de carros, pneus, grandes peças de metais, entre outros.

Os resíduos são transportados por pá-carregadeira ou retroescavadeira para o abastecimento de um tambor de homogeneização. Esse equipamento, parte fundamental do tratamento mecânico, é provido de dispositivos para elevar o grau de umidade da massa e abertura de sacolas, provocando também a ruptura em alguns tipos de materiais.

Durante o umedecimento da massa, poderá ser utilizada água pluvial ou potável, líquido de percolação, chorume ou lodo de estação de tratamento de esgoto.

Como resultado do tratamento mecânico, tem-se um resíduo homogêneo com alto potencial de degradação aeróbia.

Após este tratamento os resíduos são transportados para a área de decomposição biológica denominada pátio de tratamento.

O tratamento mecânico apresenta-se como uma primeira alternativa para o direcionamento das emissões líquidas emitidas durante o momento de triagem, tratamento biológico e disposição final.

### Tratamento biológico

O material proveniente do tratamento mecânico é transportado e disposto em leiras para a sua decomposição de forma estática e aeróbia, no pátio de tratamento.

O prazo de estabilização do material poderá variar, conforme as condições climáticas locais, aerobicidade do processo, umidade e diversificação nas características gravimétricas dos resíduos.

Pode-se utilizar como parâmetro, para caracterizar o prazo de estabilização, o aterro em Meisenheim, na Alemanha, operado pela empresa Faber, em que o prazo tem sido de nove meses, sem revolvimento do material. O mesmo período foi identificado no Rio de Janeiro, durante a implantação de um projeto piloto de pesquisa, subsidiado pelo Ministério Alemão de Educação e Pesquisa, e em um projeto comercial, no município de São Sebastião (SP), através de cooperação firmada com a Agência Alemã de Cooperação Técnica (GTZ).

# Tecnologias para o café



**Broca-do-Café**



**Bicho-Mineiro do Cafeeiro**



**Doenças do Cafeeiro**



**Mudas de Cafeeiro**



**Nutrição Mineral, Fertilidade do Solo**



**Manejo de Plantas Daninhas no Cafeeiro**



**Nutrição Mineral, Fertilidade do Solo**  
2ª Edição



**Interação entre as Doenças e o Estado Nutricional do Cafeeiro**

Pedidos: Telefax: (31) 3488 6688



# *XXII Congresso Nacional*

*Maior evento de difusão de tecnologia*

*EPAMIG - Instituto de Laticínios*

## *Inserção do Brasil no Mercado Internacional de Lácteos*

*18 a 21/07/2005  
Juiz de Fora-MG*



**EPAMIG**



# *Concursal de Laticínios*

*tecnologias sobre leite e derivados do País!*

*Laticínios Cândido Tostes*

## **Eventos Paralelos:**

*XXXII Expolac - Exposição de Produtos Lácteos*

*XXXIII Expomaq - Exposição de Máquinas,  
Equipamentos, Embalagens e Insumos*

*XXXII Concurso Nacional de Produtos Lácteos*

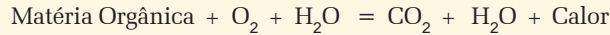
*Informações: (32) 3224-3116*

*[www.epamig.br](http://www.epamig.br)*

Instituto de Laticínios Cândido Tostes

### Fundamento da decomposição do tratamento biológico aeróbio:

#### Microrganismos



#### Aeração

O tratamento biológico é um processo de decomposição aeróbio, em que a decomposição das frações orgânicas ocorre na presença de oxigênio disponível no interior das leiras.

Durante o processo, a temperatura da massa permanece elevada, em torno de 70°C, atingindo o estado termofílico. Esta temperatura deve decrescer após o período de estabilização (nove meses), a aproximadamente 40°C.

O controle permanente da aeração deverá assegurar a eficiência do tratamento biológico, que ocorrerá a partir de análises freqüentes de gases e de temperatura, durante todo o processo biológico. As análises serão efetuadas na leira de resíduos através de tubos de monitoramento.

A técnica de aeração oferecida pelo sistema resume-se a uma aeração passiva com tubos em PVC perfurados, que funciona de forma semelhante ao sistema de uma chaminé, sem a utilização de nenhum tipo de compressor. Baseia-se no gradiente formado pela diferença de temperatura interna, dentro das leiras, considerando que esta gira em torno de 70°C e a externa, em temperatura ambiente. Essa variação de temperatura origina uma certa pressão de origem térmica na leira, fazendo com que esses tubos realizem um trabalho de captação do ar frio e de exaustão do ar quente.

#### Estruturas de madeira

Colocam-se ainda sob as leiras estruturas de madeira, que funcionam como um recurso complementar para prover eficientemente a massa de oxigênio. Também prestam-se para a proteção dos tubos contra a compressão originada pela massa de resíduos, o que gera condição de percolação dos líquidos.

#### Biofiltro

Após a montagem das leiras faz-se necessário o recobrimento com camadas de material estabilizado, ou ainda, como opção, poderá ser utilizado composto ou serragem. Esse material de cobertura, denominado biofiltro, visa garantir a degradação das substâncias voláteis emitidas pelo processo de decomposição, assegurar um movimento homogêneo do ar no interior das leiras e gerar um grau de umedecimento ideal, devido a sua condição permeável. Em adicional, o biofiltro também possui um efeito de isolamento, diminuindo a perda de calor no inverno e a evaporação no verão. Em suplementar, o biofiltro apresenta ainda uma vantagem relevante: inibe a presença de pássaros.

#### Umedecimento

Para garantir o suprimento de água para os microrganismos, que são os responsáveis pelo processo de degradação da matéria orgânica, as leiras deverão ser umedecidas com mangueira, através de aspersores ou manualmente.

A freqüência do umedecimento será determinada, conforme a condição pluviométrica da região, oferecendo assim uma segunda alternativa para a reintegração do chorume proveniente das áreas de triagem, dos lixiviados da decomposição biológica ou do aterro de materiais tratados. Em dias chuvosos, dispensa-se a atividade de umedecimento.

#### Impermeabilização

A impermeabilização do pátio de tratamento biológico justifica-se pela redução decrescente do teor contaminante dos resíduos, durante todo o período de estabilização.

Como alternativas têm-se:

- regularizar o terreno com substância mineral de baixa permeabilidade;
- pavimentar o terreno com asfalto, cimento ou concreto.

### Coleta, canalização e tratamento do líquido lixiviado das leiras

O pátio de tratamento será executado para oferecer uma declividade maior que 1%, facilitando, portanto, a percolação dos líquidos, através da leira de resíduos e sua futura captação.

Os líquidos captados serão armazenados em tanques, para que possam ser reintegrados durante o processo de tratamento mecânico ou durante o umedecimento das leiras no tratamento biológico. Os líquidos em excesso deverão ser encaminhados para tratamento apropriado.

### Coleta e tratamento de gás

Considerando que os gases eliminados durante a decomposição aerada são basicamente CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> e O<sub>2</sub>, não será necessário qualquer tipo de coleta exclusiva de gases durante o tratamento biológico.

### Monitoramento

Para a avaliação da eficácia do processo biológico fazem-se necessárias medições de temperatura na superfície e no interior das leiras e, ainda, medições dos gases provenientes da decomposição. Também deverão ser avaliados a matéria sólida e os líquidos emitidos durante o tratamento, visando garantir a qualidade do produto e, conseqüentemente, preservar o meio ambiente.

### PARÂMETROS CIENTÍFICOS DO ATERRO FABER-AMBRA

#### Emissões gasosas

A quantidade de gases produzida por resíduos domésticos considerados frescos ou sem tratamento encontra-se entre 150 e 180 L kg<sup>-1</sup> de material seco (Quadro 1). Con-



forme especificações européias, poderão ser considerados materiais inertes os resíduos que produzirem menos de 20 L kg<sup>-1</sup> de material seco.

Após a aplicação do sistema Faber-Ambra, devido ao reduzido potencial de formação de gás dos resíduos tratados biologicamente, não será necessária a instalação de um sistema ativo de coleta e tratamento de gás.

Sugere-se apenas uma integração com as drenagens de líquidos, a qual será suficiente para a captação da fração reduzida de metano.

A redução total nas emissões de gases que pode ser alcançada pelos tratamentos mecânico e biológico é de 90%. Este resultado é superior aos obtidos pelos sistemas tradicionais de drenos e queimadores, que possuem uma eficiência de somente 40% a 60% em relação ao total de gás produzido.

### Emissões líquidas

A garantia do sucesso dos tratamentos mecânico e biológico relaciona-se com as emissões provenientes do aterro após a sua compactação. O nível de contaminação orgânica do chorume é definido por dois parâmetros: demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO).

Como apresentado no Quadro 2, através da estabilização da matéria orgânica, reduz-se expressivamente o teor contaminante dos líquidos emitidos pelo aterro, simplificando, portanto, o sistema de tratamento a ser aplicado.

### Densidade

A combinação entre os tratamentos mecânico e biológico provoca um aumento expressivo na densidade do material, após sua disposição e compactação no aterro, que varia de 0,5 t m<sup>-3</sup> no momento da descarga para 1,46 t m<sup>-3</sup>, após a sua compactação no aterro com equipamento apropriado (Quadro 3).

QUADRO 1 - Produção de biogás

Quantidade (L kg <sup>-1</sup> de material seco)		
<sup>(A)</sup> Nove meses no tratamento biológico		Resíduo sem tratamento
Rio de Janeiro - RJ	São Sebastião - SP	Aterro tradicional
4	12	150 - 180

FONTE: (A) Informações obtidas através do professor Dr. Kai Munnich, do Departamento de Águas da Universidade de Braunschweig na Alemanha (2000-2003).

QUADRO 2 - Composição química do chorume leira/aterro

Parâmetros	Tratamento biológico				Aterro Faber-Ambra São Sebastião (3 meses)	<sup>(A)</sup> Reator Faber-Ambra Rio de Janeiro	<sup>(C)</sup> Aterros tradicionais típicos
	<sup>(A)</sup> Leira com 2 meses	<sup>(A)</sup> Leira com 5 meses	<sup>(A)</sup> Leira com 9 meses	<sup>(B)</sup> Leira com 9 meses			
pH	7,16	8,0	9,4	8,3	7,2	7,2	6
DQO (mg L <sup>-1</sup> )	28.116	4.749	2.398	1.763	955	714	18.000
DBO (mg L <sup>-1</sup> )	13.200	675	549	92	39	274	10.000
NH <sub>4</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	745	20,2	0	124	(1)	2,4	56 - 482

FONTE: (A) MAHLER (2002), (B) CETESB (1999), (C) IPT (2000).

(1) Não foi avaliado.

QUADRO 3 - Densidade dos resíduos

Densidade dos resíduos com Faber-Ambra	Densidade
Descarregado	<sup>(A)</sup> Entre 0,3 e 0,5 t m <sup>-3</sup>
Após tratamento	<sup>(B)</sup> Entre 0,4 e 0,8 t m <sup>-3</sup>
Após disposição final em aterro compactado	<sup>(1)</sup> Entre 1,0 e 1,46 t m <sup>-3</sup>

FONTE: (A) Informação obtida através de Christiane Dias Pereira, Diretora Técnica da Faber Serviço Ltda, em São Sebastião (1999-2004), (B) GTZ (2003).

(1) Este valor está diretamente relacionado com o equipamento de compactação.

### Volume

A redução da massa e do volume obtida através desse sistema, bem como a maior densidade de compactação dos resíduos,

oferece um aproveitamento prolongado da área destinada ao aterro, o que permite reduzir a necessidade de área de aterro em, aproximadamente, 70%.

Redução em massa proveniente do tratamento:	15% – 20 %
Redução de volume total:	50% – 70 %

## Recalques

Durante a execução do aterro, a combinação de um equipamento compactador (30 t) e do tratamento incrementa a estabilidade de seu corpo, reduzindo significativamente os recalques. Conseqüentemente, os custos de manutenção das drenagens do aterro e os riscos de acidentes durante a operação também são reduzidos.

Aterros tradicionais: 30% – 40 %

Aterro Faber-Ambra: < 10 %

## Alternativas para otimização da aplicação do tratamento

- implantação de uma unidade para triagem de recicláveis anterior ao tratamento mecânico;
- implantação de uma etapa de peneiramento e secagem para resgate de material com potencial de condicionador de solos – composto, posterior ao tratamento biológico.

## Vantagens oferecidas pelo sistema Faber-Ambra

- duplica-se a vida útil do aterro;
- as emissões de gases e o teor orgânico do chorume em 90%;
- dispensa-se o material para a cobertura diária do aterro;
- simplificam-se as drenagens e o tratamento de gases e líquidos;
- incrementa-se a estabilidade do aterro, reduzindo os custos de manutenção posterior do aterro.

## PROJETOS FABER-AMBRA

### Rio de Janeiro-RJ

O método Faber-Ambra foi implantado em um projeto piloto de dois anos em parceria com a Companhia Municipal de Limpeza Urbana (Comlurb), Universidade

Federal do Rio de Janeiro/Coordenação dos Programas de Pós-graduação de Engenharia (UFRJ/COPPE) e Universidade Alemã de Braunschweig, para a verificação da funcionalidade da tecnologia, quando submetida às condições adversas brasileiras (climáticas e gravimétricas dos resíduos). O projeto teve o subsídio do Ministério Alemão de Pesquisa e Educação (BMBF) e os resultados científicos apontaram um excelente desenvolvimento da decomposição biológica, incentivando a implantação da tecnologia em caráter comercial em outros municípios brasileiros e em outros países em desenvolvimento.

### São Sebastião-SP

A sensibilização para as questões ambientais e seu histórico de pioneirismo conduziu a Prefeitura de São Sebastião e a Empresa Faber Serviço, no ano de 2000, a implantarem em caráter comercial o sistema Faber-Ambra, visando à redução do volume e da contaminação dos resíduos domésticos. A operação em São Sebastião contou com a cooperação técnica, durante um período de um ano, da GTZ, órgão do Ministério Federal Alemão da Cooperação Econômica e Desenvolvimento (BMZ), para o monitoramento da tecnologia.

### Santo André-SP

A tecnologia foi empregada como técnica de compostagem, a título piloto em resíduos exclusivamente orgânicos, visando contribuir para a minimização dos impactos sobre o meio ambiente, através da redução da sua massa, beneficiando os resíduos orgânicos, a fim de empregá-los na recuperação de solos como forma de composto (fertilizante orgânico).

### Blumenau-SC

O município firmou em janeiro de 2002 um Termo de Ajustamento de Conduta com o Ministério Público e a Fundação do Meio Ambiente do Estado de Santa Cata-

rina (FATMA), onde se definiu a implantação do tratamento, visando minimizar os impactos ambientais na área de disposição final. Em agosto de 2002, foi concedida a Licença Ambiental de Instalação ao tratamento e em outubro de 2003, a Licença de Operação.

### Tailândia e México

Esses projetos contam com a cooperação da GTZ para o monitoramento da tecnologia.

### Guadalupe

A tecnologia foi contratada durante um período de 15 anos, tendo sido iniciada em janeiro de 2003.

## PRODUTO FINAL DO TRATAMENTO<sup>4</sup>

Segundo Fortes Neto (2002), o composto de lixo produzido através do processo de compostagem natural em leiras estáticas pelo sistema Faber-Ambra, por um período de quatro meses, pela Empresa Faber Serviço Ltda., no município de Santo André, SP, apresentou teores médios totais de matéria orgânica, nitrogênio, cálcio, potássio, carbono e micronutrientes, constituindo, assim, em uma fonte alternativa de matéria orgânica para o solo e de nutrientes para as plantas.

O composto analisado, de maneira geral, apresentou uma composição química que variou dentro dos valores observados nos estudos de caracterização de compostos no Brasil.

Os teores de metais pesados estão de acordo com os valores estipulados pelas legislações da Alemanha, Austrália e Suíça, e com limites estipulados pelas normas CETESB 4.230 (CETESB, 1999) e PN 1: 603.06-008 (NBR 10.004) (ABNT, 1987).

Dessa forma, o composto não oferece risco para o meio ambiente nem para a saúde pública.

<sup>4</sup>Resultados do projeto piloto de compostagem aplicada aos resíduos de feira e poda, do município de Santo André, utilizando processo Faber-Ambra.

Na composição química utilizada para avaliar a qualidade agrônômica do composto de Santo André, apresentada no Quadro 4, observa-se que os teores de fósforo e magnésio estão abaixo dos limites e os valores de cálcio, potássio, matéria orgânica, nitrogênio, pH, umidade e relação C/N estão dentro ou bem próximos dos valores estabelecidos pelo Ministério da Agricultura como parâmetros de controle para avaliar a qualidade agrônômica de um composto.

Os parâmetros químicos de relação C/N e pH são utilizados para avaliar o estágio de estabilização ou maturação do composto. Segundo Kiehl (1998), pode-se considerar um composto bioestabilizado e, portanto, já em condições para ser utilizado como adubo orgânico, quando sua relação C/N estiver no intervalo entre 12/1 e 18/1, e humificado, quando essa relação é inferior a 12/1. Já o valor de pH do composto humificado deve ser neutro ou levemente alcalino. Neste caso, ambos os parâmetros químicos do composto urbano do município de Santo André apresentaram valores que indicaram que o composto estava bioestabilizado e entrando em fase de humificação. Esses resultados demonstraram que o composto urbano de Santo André, resultante da compostagem dos resíduos de feira e poda pelo processo Faber-Ambra, tem qualidade agrônômica para ser utilizado como fonte de matéria orgânica para o solo e nutrientes para as plantas.

O Quadro 5 apresenta os teores totais de matéria orgânica e de macronutrientes presentes nas amostras de composto de lixo urbano de Santo André e de mais seis capitais brasileiras. As diferenças observadas nas médias entre os compostos estão relacionadas, principalmente, com a origem do lixo e com os processos de compostagem utilizados nas usinas.

Em relação às características nutricionais, observa-se que o teor de matéria orgânica apresentou um valor acima das médias determinadas nas seis cidades brasileiras e os teores de carbono orgânico, nitrogênio,

QUADRO 4 - Qualidade Agrônômica do composto urbano de Santo André-SP

Variáveis	<sup>(1)</sup> Média	Limites
Carbono orgânico (g kg <sup>-1</sup> )	145,20	–
Matéria orgânica (g kg <sup>-1</sup> )	343,90	360 a 400
Cálcio (g kg <sup>-1</sup> )	15,30	15 a 30
Enxofre (g kg <sup>-1</sup> )	1,35	2 a 5
Fósforo (g kg <sup>-1</sup> )	2,26	5 a 15
Magnésio (g kg <sup>-1</sup> )	3,61	6 a 12
Nitrogênio (g kg <sup>-1</sup> )	8,6	9 a 10
Potássio (g kg <sup>-1</sup> )	5,00	5 a 15
pH	7,7	6 a 8
Umidade (%)	36,85	40 a 44
C/N	16,00	18 a 21

(1) Valores expresso em base seca.

QUADRO 5 - Teores totais<sup>(1)</sup> de matéria orgânica (MO) e macronutrientes em composto de lixo urbano de Santo André e de alguns municípios brasileiros

Local	MO	C	N	P	K	Ca	Mg	C/N
Santo André	343,9	145,2	8,6	2,26	5,0	15,3	3,64	16
Belo Horizonte	473,63	184,10	12,3	3,03	10,87	27,07	3,77	19
Brasília	179,4	275,37	13,03	1,83	4,57	18,3	2,27	21
Rio de Janeiro	225,32	131,00	14,47	4,17	10,07	36,07	4,7	9
Florianópolis	160,3	93	13,43	2,17	9,67	20,10	3,43	7
São Paulo	331,10	192,5	12,13	2,17	10,57	27,63	3,5	15
Manaus	210,59	122,43	7,73	2,40	3,33	20,53	2,2	16
Média	263,39	166,39	12,18	2,62	8,16	24,95	3,31	14,5

(1) Valores expressos em base seca.

fósforo e potássio estão abaixo dos valores médios, porém situados dentro da faixa de variação desses elementos, determinados nas demais amostras de composto. Já em relação ao nitrogênio, o teor assemelha-se ao determinado na amostra do composto de Manaus, e o cálcio foi o elemento que apresentou o menor teor, quando comparado com os teores determinados nas demais cidades analisadas (Quadro 5).

Tendo como base os valores de metais pesados, considerados como limitantes para composto urbano pelas legislações adotadas na Austrália, Alemanha e Suíça,

constata-se, no Quadro 6, que os teores de metais pesados, determinados no composto de Santo André, não ultrapassam os valores determinados como limitantes para a sua utilização em solos na Suíça, Alemanha e Austrália. Os teores de metais pesados também estão de acordo com os valores estabelecidos pela norma da CETESB 4.230 (CETESB, 1999), que regulamenta o uso agrícola de lodo de esgoto no estado de São Paulo e também atende aos limites estipulados PN 1: 603. 06-008, para a caracterização e classificação de resíduos (Quadro 6).



QUADRO 6 - Teores<sup>(1)</sup> de metais pesados no composto de resíduo de feira e poda de Santo André-SP

Variáveis	Média (mg kg <sup>-1</sup> )	Limites (mg kg <sup>-1</sup> )
Alumínio	12.877,96	–
Arsênio	3,07	<sup>(A)</sup> 75
Bário	72,85	<sup>(B)</sup> 20.000
Boro	48,66	–
Cobre	42,31	<sup>(C)</sup> 1000; <sup>(D)</sup> 150; <sup>(E)</sup> 100 e <sup>(A)</sup> 4.300
Cromo	54,64	<sup>(C)</sup> 300 e <sup>(E)</sup> 100
Estanho	236,79	–
Ferro	18.700	–
Manganês	397	–
Mercúrio	0,23	<sup>(C)</sup> 4; <sup>(D)</sup> 3; <sup>(E)</sup> 1 e <sup>(A)</sup> 57
Níquel	29,87	<sup>(C)</sup> 200; <sup>(E)</sup> 50 e <sup>(A)</sup> 420
Prata	0,91	<sup>(B)</sup> 1.000
Selênio	0,36	<sup>(A)</sup> 100 e <sup>(A)</sup> 100
Zinco	260,30	<sup>(C)</sup> 1.500; <sup>(D)</sup> 500; <sup>(E)</sup> 400 e <sup>(A)</sup> 7.500

FONTE: Norma para uso agrícola de lodo de esgoto: (A) CETESB (1999). Norma para caracterização de resíduos PN 1: 603.06-800: (B) ABNT (1987). Legislação sobre composto de lixo urbano: (C) Austrália, (D) Suíça e (E) Alemanha.

(1) Valores expressos em base seca.

## REFERÊNCIAS

ABNT. **PN1: 603.06-800 (NBR 10004)**: resíduos sólidos – classificação. Rio de Janeiro, 1987.

CETESB. **Aplicação de biossólidos de sistemas de tratamento biológico em áreas agrícolas**: critérios para projeto e operação – manual técnico, norma P 4230, agosto 1999. São Paulo, 1999. 32p.

FORTES NETO, P. **Qualidade agrônômica, ambiental e sanitária do composto urbano de Santo André**. Taubaté, 2002. 10p.

GTZ. **Projeto setorial-promoção do tratamento mecânico-biológico de resíduos**. Eschborn, Alemanha: Digitaldruck Darmstadt GmbH, 2003. 84p.

IPT. **Manual de gerenciamento integrado**. 2.ed. São Paulo: Páginas e Letras, 2000. 370p.

KIEHL, E.J. **Manual de compostagem**: maturação e qualidade do composto. Piracicaba, 1998. 171p.

MAHLER, C. (Coord.). **Relatório de Acompanhamento Científico do Projeto Piloto de Tratamento Mecânico Biológico de Resíduos Sólidos Urbano**. Rio de Janeiro: UFRJ – COPPE, 2002. 192p. Contrato nº PP-7727.

## Universidade Federal de Viçosa

### PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO DO AGRONEGÓCIO Especialização Lato Sensu

Maio - Belo Horizonte

O curso **Gestão do Agronegócio** oferecido pela **UFV – Universidade Federal de Viçosa** busca desenvolver uma visão pluralista do agronegócio no país e no mundo, procurando aproveitar a experiência internacional de seus professores. O curso será realizado no **Espaço UFV** localizado em Belo Horizonte.

Mais Informações:

[www.espacoufv.ufv.br](http://www.espacoufv.ufv.br)

(31) 3221.6608 ou 3227.5233

Espaço  
UFV  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA



Universidade Federal  
de Viçosa

# Tecnologia para tratamento de resíduos: tecnologia IFB - solubilização biológica de rocha fosfática na produção de fertilizante organofosfatado

*Paulo Sergio de Souza Vilela<sup>1</sup>*

Resumo - O aproveitamento da matéria orgânica como adubo na agropecuária, através da ação dos microrganismos, apresenta, como principal limitação, a baixa concentração de NPK. Esta baixa poderia ser solucionada adicionando-se adubos químicos, para balanceamento do fertilizante produzido. No entanto, esta medida encareceria o produto, proporcionando-lhe restrições de mercado. Como alternativa, foram utilizados recursos da biotecnologia para aumentar as concentrações de fosfato sem, contudo, inviabilizá-lo economicamente. O sistema desenvolvido pelo Instituto de Fosfatos Biológicos utiliza um conjunto de fungos e bactérias com grande capacidade de solubilizar fosfatos de rocha e disponibilizar nitrogênio para as culturas adubadas com o fertilizante obtido com esta tecnologia. Portanto, dessa forma, foi possível levar até o agricultor um processo natural de fertilização das culturas com um produto potencializado e adaptado às condições exigidas pelo sistema de cultivo.

Palavras-chave: Adubo fosfatado. Fósforo. Fosfato. Rocha fosfatada.

## INTRODUÇÃO

Com o objetivo de aproveitar os notórios benefícios da matéria orgânica e dos microrganismos na agricultura, buscou-se a produção de fertilizantes organominerais a partir da compostagem de resíduos sólidos orgânicos urbanos ou rurais. No entanto, este aproveitamento esbarra numa difícil transposição, resultante das baixas concentrações de nutrientes essenciais, especialmente fósforo e nitrogênio. Assim, embora os vários tipos de composto resultantes sejam de inegável utilidade no condicionamento dos solos, pelo teor de húmus que apresentam, eles sofrem restrições de mercado, não sendo competitivos com as formulações “sintéticas” apresentadas pelas indústrias tradicionais de fertilizantes (MURGEL, 1991).

As tentativas de solução do problema implicam na adição de superfosfato, além de uma fonte de nitrogênio, o que encarece sobremaneira o produto tornando-o economicamente pouco competitivo. Como alternativa, os recursos da biotecnologia, visando à disponibilização do fósforo insolúvel adicionado na forma de fosfato natural, são viáveis economicamente. Diante deste quadro o Instituto de Fosfatos Biológicos (IFB) desenvolveu, através de seus colaboradores, o sistema de solubilização de fosfato natural por meio de inoculação microbiológica.

A partir de 1933, é conhecido o fato de que, na presença de matéria orgânica, os fosfatos insolúveis do solo tendem a tornar-se disponíveis, por atividade microbiana saprofítica possibilitada pela exis-

tência de alimento orgânico, ou seja, havendo excesso de nutriente orgânico, os microrganismos decompositores recorrem a estratégias particulares para liberação dos fatores que se tornam limitantes. Em outras palavras, o carbono orgânico presente no alimento fornece a energia necessária às funções que disponibilizam o fósforo, permitindo o prosseguimento do ciclo nutricional que, de outra forma, seria desastrosamente interrompido. Com base na composição média da célula bacteriana, sabe-se que uma bactéria necessita de nutrientes básicos na proporção aproximada de C:N:P da ordem de 25:4:1, sendo indispensáveis esses elementos no meio, em proporções bem definidas, para que possam processar a matéria orgânica através da atividade decompositora (MURGEL, 1991).

<sup>1</sup>Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, Gerente Geral Instituto de Fosfatos Biológicos (IFB), CEP 14020-530 Ribeirão Preto-SP. Correio eletrônico: bioativotec@uol.com.br

Estudos anteriores e resultados obtidos nos últimos 12 anos comprovam, de forma irrefutável, que os caminhos trilhados pela IFB, para obtenção de fósforo solubilizado através de microrganismo, estavam corretos. Segundo Tibau (1978), pesquisadores russos conseguiram isolar do solo mais de trinta espécies e variedades de bactérias capazes de solubilizar rapidamente o fosfato tricálcico, na presença de uma fonte de matéria orgânica qualquer e peptona. No processo, foram isoladas as bactérias *Bacillus cereus*, var. *albolactes*; *B. mycoides*, cepas 1, 2, 18c e 1419, e *B. magatherium* var. *fosfaticum*.

Atualmente, o sistema IFB é dotado de um conjunto de fungos e bactérias com grande capacidade de solubilizar fosfato de rocha, como objetivo principal e em um segundo momento fixar e disponibilizar nitrogênio para as culturas fertilizadas com BioAtivo.

## FÓSFORO E SUA RELAÇÃO COM O SOLO

O fósforo geralmente é encontrado nos solos na forma de fosfato tricálcico ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ), dentre outras macromoléculas, praticamente insolúvel e, portanto, não disponível para as plantas. Além disso, pode ocorrer na forma de compostos orgânicos fosforados e, finalmente, na forma de mineral solúvel. Entretanto, nesta última forma, ele é muito instável, dificilmente permanecendo em condições de ser assimilado. Essa tendência à indisponibilidade é devida a processos de fixação, que ocorrem de diferentes maneiras: formação de compostos com o cálcio (passagem, por exemplo, da forma de *fosfato* monocálcico, ou superfosfato, que é a mais solúvel de todas, para as formas de fosfato bicálcico, pouco solúvel, ou tricálcico que, como visto, é a menos solúvel de todas; precipitação pelo ferro, pelo alumínio ou pelo manganês, formando compostos insolúveis: adsorção pelas argilas ou pelos hidróxidos de alumínio ou ferro; formação de compostos orgânicos que, embora não

possam ser diretamente assimilados pelos vegetais, apresentam a possibilidade de ser lentamente mineralizados e, assim, suprir as necessidades dos vegetais (JORGE, 1969).

A estrutura eletrônica do fósforo determina comportamentos muito peculiares para as suas combinações. Os compostos que mais interessam a linha de fertilizantes são os ortofosfatos. Estes podem ser definidos como compostos de fósforo que formam ânions nos quais cada átomo de fósforo está rodeado de quatro átomos de oxigênio, ocupando os vértices de um tetraedro. Tais compostos permitem que oxigênios sejam compartilhados entre tetraedros, de modo que possam formar cadeias, anéis, e mesmo “gaiolas”. A sua mais simples configuração,  $\text{PO}_4$ , como unidade monomérica, é denominada ortofosfato e encontra-se, praticamente, livre no ácido fosfórico. Cadeias do tipo P-O-P são chamadas polifosfatos e anéis metafosfatos. As estruturas mais complexas, verdadeiras “gaiolas”, são fosfatos condensados denominados ultrafosfatos. A estrutura tetraédrica tem especial afinidade por cátions metálicos, formando estruturas de maior ou menor condensação, o que origina os fosfatos insolúveis ou pouco solúveis, respectivamente (lábil e não lábil).

O conteúdo em P do solo oscila entre 500 e 2.500 kg ha<sup>-1</sup>, dos quais cerca de 15% a 70% encontram-se fortemente adsorvidos ou em formas inorgânicas insolúveis, sendo o restante P, de natureza orgânica, sobretudo provido dos microrganismos do solo e da mesofauna. Os microrganismos podem mineralizar P orgânico. O ortofosfato ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  e  $\text{HPO}_4^-$ ), libertado pela mineralização, é rapidamente adsorvido pelas partículas do solo (fixação do fosfato). O fosfato é rapidamente imobilizado pelos microrganismos do solo, por adsorção e por precipitação dos fosfatos insolúveis de Ca, Fe ou Al. Há, no entanto, alguns fosfatos que podem facilmente ser desadsorvidos, além dos que se encontram em solução constituindo o fósforo lábil,

ao contrário do insolúvel que constitui o fósforo não lábil. Esta interconversão das diversas formas do fósforo é muito condicionada pelo pH do solo e o seu conteúdo de argila, sesquióxidos, etc. (DIAS CORREIA, 1980).

Schaffer (apud PRIMAVESI, 1964), diz que:

a disponibilidade de P segue em paralelo com a atividade biológica do solo. Quanto mais ativa a microvida aeróbia e heterótrofa, tanto maior a disponibilidade dos fosfatos, e acrescenta: nos laboratórios, usa-se sempre mais o bioteste para a avaliação do fósforo disponível, sendo usados especialmente a *Azotobacter chroococcum*, *Aspergillus niger*, *Trichoderma*, *Cunninghamella* e *Aspergillus oryzae*.

Então concluímos que a adição de formas fosfóricas mais estáveis ao solo, o que propõe o BioAtivo Fertilizante, potencializaria seu aproveitamento pelas culturas adubadas, fator de suma importância, devido às escassas fontes deste mineral. Esse fósforo, mais estável e melhor aproveitável, seria obtido através de sua adição em sistema, onde haveria a presença de matéria orgânica como quelante natural às moléculas de fósforo susceptíveis à ação dos cátions do solo e à atividade dos microrganismos do processo IFB no solo, que se mantêm ativos e atuantes no mesmo tornado fósforo não lábil, para formas de fácil assimilação pelas plantas.

## SOLUBILIZAÇÃO DOS FOSFATOS POR MEIO DE MICRORGANISMOS ESPECÍFICOS – PROCESSO IFB PARA OBTENÇÃO DO BIOATIVO FERTILIZANTE

A passagem dos vegetais do ambiente aquático para o terrestre, em eras geológicas passadas, exigiu adaptações que lhes permitiram extrair do solo os elementos minerais indispensáveis à sua formação e me-



# A EVOLUÇÃO DO FERTILIZANTE

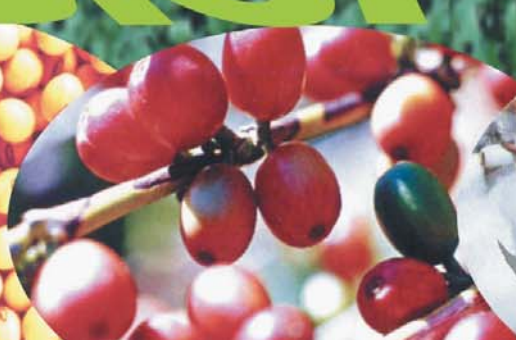


Objetivando um melhor resultado de custo/benefício a IFB adotou um sistema comercial de franquias. O BIOATIVO é produzido na própria região de consumo, beneficiando a agropecuária local e proporcionando maior sustentabilidade ao meio ambiente.

Estamos expandindo nossa rede de franqueados.



IFB - Instituto de Fosfatos Biológicos Ltda  
Av. Gameleira 3620, qd E, Parque Santa Maria  
Goiania-Go, CEP 74 740-460 Fone: (62) 273 7000  
E-mail - ifb@ifb.agr.br  
www.ifb.agr.br



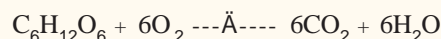
tabolismo. Uma vez que esses nutrientes no solo – ao contrário da água – encontram-se sobretudo em formas insolúveis e as adaptações necessárias ocorreram sobretudo através da associação das plantas com microrganismos capazes de solubilizá-los ou de fixá-los a partir do ar. Foi o que aconteceu, através das conhecidas simbioses entre as raízes e fungos, *micorrizas*, ou entre raízes e bactérias, no caso bem conhecido dos *rizóbios*, ou bactérias fixadoras de nitrogênio, formadoras dos nódulos das leguminosas e outras plantas. Entretanto, à medida que os solos foram sendo enriquecidos em diferentes formas de carbono orgânico, por força da própria atividade autótrofa dos invasores vegetais, tornou-se possível uma atividade heterótrofa, de caráter decompositor ou saprófito, permitindo o fechamento dos ciclos geobioquímicos e, ao mesmo tempo, a existência de microrganismos solubilizadores de vida independente. Dessa forma, teriam surgido, necessariamente, organismos saprófitos capazes de completar a sua dieta nutricional com minerais solubilizados do próprio solo terrestre ou do ar atmosférico. Entretanto, é conveniente recordar, que essa atividade indispensável visa suprir os nutrientes dos próprios microrganismos saprófitos, não constituindo uma ação liberal, por parte desses microrganismos, o suprimento das necessidades dos vegetais (e animais) terrestres em geral, atitude que não existe na natureza, sendo incompatível com o caráter eminentemente oportunista da seleção natural (MURGEL, 1991).

Essa consideração, embora aparentemente ingênua, tem sua razão de ser, devido aos dois sistemas principais de ação solubilizadora dos microrganismos, sendo estes componentes explorados em associação com o sistema IFB de solubilização de fósforo.

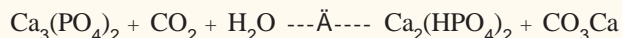
Os dois mecanismos básicos de ação exercida pelos microrganismos sobre o meio, que contribuem para a solubilização do fósforo, são:

- a) através de uma atividade secretora específica, que libera substâncias que provocariam a transformação específica dos compostos fosforados presentes em formas de assimilação fácil e imediata. Essa atividade, porém, seria limitada pela capacidade de os microrganismos absorverem fósforo, isto é, ela tenderia a diminuir ou a cessar, no momento em que esses seres estivessem satisfeitos, ou saturados desse elemento essencial. Isso acontecendo, a solubilização de fósforo estaria condicionada pelas necessidades microbianas, não esperando que a sua contribuição para o solo fosse ilimitada, ou proporcional meramente à quantidade de fósforo insolúvel existente no meio. Não obstante, é bem conhecido o fato de que organismos vegetais absorvem mais fósforo do que o necessário para sua utilização metabólica imediata e acumula-o em suas sementes e tecidos meristemáticos, principalmente na forma de *fitina* (MEYER, 1958; MAXIMOV, 1948). São também conhecidas as propriedades dos microrganismos em solubilizarem mais fósforo do que necessitam para suas atividades metabólicas, acumulando-o no interior da célula em forma de grânulos;
- b) outro mecanismo, este inespecífico, seria resultante meramente da presença de gás carbônico em excesso e catalisador biológico no meio. Em toda atividade decompositora há uma produção de CO<sub>2</sub>, que contribui para o enriquecimento do solo nesse composto.

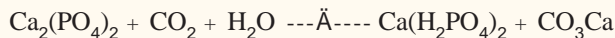
Nessas condições, as seguintes reações são possíveis:



Isto é, a glicose resultante do metabolismo dos seres decompositores combina com o oxigênio, na respiração aeróbia e forma o gás carbônico e a água. Esse gás carbônico combina com o fosfato tricálcico, insolúvel e forma o fosfato dicálcico, através da reação:



Finalmente, o fosfato dicálcico, na presença de excesso de CO<sub>2</sub>, reage com este, formando o fosfato monocálcico, solúvel, através da reação:



Essas reações não se dão em condições normais de laboratório, a não ser sob temperatura e pressão muito elevadas. Na presença dos microrganismos elas se realizam com facilidade, fazendo uso, provavelmente, da energia que obtém com a metabolização da matéria orgânica. Nesse caso, a solubilização dos fosfatos dá-se independentemente da demanda específica de fósforo dos microrganismos envolvidos e passa a ser proporcional às quantidades de rocha fosfática existentes, bem como da disponibilidade de matéria orgânica a ser degradada, como fonte de carbono e de energia.



Desta forma, os pesquisadores responsáveis pelo processo IFB (Samuel Murgel Branco e Paulo Henrique Murgel) de solubilização de fósforo tornaram possível levar até o agricultor um processo natural de fertilização de suas culturas comerciais, porém potencializado e adaptado às condições exigidas pelo atual sistema de cultivo.

O BioAtivo Fertilizante é o que o mercado tem de mais moderno em nutrição vegetal, por se tratar de um complexo sistema biológico, equilibrado e racional na produção de fertilizantes fosforados.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O BioAtivo Fertilizante é o resultado da busca incessante de uma pesquisa de

mais de 14 anos, para trazer à agricultura o que a natureza faz com propriedade e que lhe é peculiar, ou seja, nutrir seus sistemas vegetais de forma sustentável e equilibrada através da atividade microbiológica presente no solo.

Temos à disposição o resultado de um trabalho criterioso, moderno e adequado ao agroecossistema tropical, sem perder, em nenhum momento, a competitividade em produtividade e economicidade, que os insumos agrícolas de sucesso exigem.

## REFERÊNCIAS

DIAS CORREIA, A.A. **Bioquímica nos solos, nas pastagens e forragens**. Oeiras: Fundação Calouste Gulbenkian, 1980.

JORGE, J.A. **Solo manejo e adubação**. São Paulo: Melhoramentos, 1969. 225p.

MAXIMOV, N.A. **Fisiologia vegetal**. Buenos Aires: ACME Agency, 1948. 433p.

MEYER, B.S.; ANDERSON, D.B. **Plant physiology**. Toronto: D. Van Nostrand, 1958.

MURGUEL, E. **Efeitos ambientais e tratamento dos efluentes líquidos e gasosos de uma indústria de fertilizantes fosforados**. 1991. Tese (Mestrado) – Universidade de São Paulo.

PRIMAVESI, A. **A moderna agricultura intensiva**. Porto Alegre: Pallotti, 1964. v.1.

TIBAU, A.O. **Matéria orgânica e fertilidade do solo**. São Paulo: Nobel, 1978. 172p.

**CURSOS DE AGRICULTURA BIOLÓGICO-dinâmica**

**Seja Professor Universitário, Agricultor ou Consultor em Agricultura Orgânica e Biodinâmica**

Curso oferecido pelo Instituto Elo em Botucatu - SP e Certificado pela Universidade de Uberaba

Organizado em Etapas e Módulos: adapta-se às suas condições de trabalho e agenda!

- **FUNDAMENTOS DA AGRICULTURA BIODINÂMICA**  
270 HORAS/AULA - 4 módulos de 6 dias com os seguintes temas centrais:  
M1: A Terra / M2: A Planta  
M3: O Animal / M4: O Ser Humano
- **CONSULTORIA E PROJETOS**  
98 HORAS/AULA - 1 módulo de 6 dias
- **METODOLOGIA DO ENSINO E DA PESQUISA**  
90 HORAS/AULA - 1 módulo de 6 dias

**inscrições:**  
Instituto ELO - Botucatu - SP  
Fone: (14) 3815 1739 cursos@elo.org.br  
[www.elo.org.br](http://www.elo.org.br)

**PÓS-GRADUAÇÃO Reconhecida pelo MEC**

- **extensão universitária** (interessados em geral)
- **aperfeiçoamento** (pós graduação)
- **especialização** (pós-graduação lato sensu)

realização:




participação:









# Utilização de resíduos da suinocultura na produção agrícola

Maria Aparecida Nogueira Sediya<sup>1</sup>

Sanzio Mollica Vidigal<sup>2</sup>

Neusa Catarina Pinheiro Garcia<sup>3</sup>

**Resumo** - Considerando a preocupação da sociedade com a poluição ambiental proveniente das atividades suinícolas, em relação ao grande volume de dejetos produzidos em pequenas áreas, discutem-se as principais alternativas de uso desses dejetos para fins agrícolas. São enfatizados aspectos relacionados com a produção quantitativa de dejetos de suínos, sua composição química e tratamento. Quanto à utilização dos dejetos de suíno, são destacadas as formas de aplicação, líquida, sólida estabilizadas e em compostagem (adubos orgânicos). São apresentados resultados de pesquisas realizadas com a utilização dos dejetos de suínos em forrageiras e pastagens, milho e hortaliças.

**Palavras-chave:** Resíduo orgânico. Dejeito. Esterqueira. Compostagem. Adubo.

## INTRODUÇÃO

A suinocultura é uma atividade concentradora de resíduos orgânicos, ricos em nitrogênio e outros nutrientes, e de alto potencial poluidor, que se não utilizados adequadamente, provocam poluição ambiental de grande magnitude.

Diversas alternativas têm sido propostas para utilização desses resíduos na agropecuária, sendo o uso como fertilizante, no solo, um dos mais promissores, desde que aplicado com critério. É comum observar, em algumas regiões produtoras de suínos, o uso de dejetos na adubação de forrageiras, cana-de-açúcar, café, culturas anuais como o milho, o feijão e outras. Esta prática requer orientação e acompanhamento técnicos, para evitar adição de quantidades superiores à capacidade de retenção do solo e de extração de nutrientes pelas plantas. Isto evita problemas de acúmulo de nutrientes e riscos de salinização no solo, além

da lixiviação ou percolação e erosão de diversos elementos químicos para os cursos d'água e águas subterrâneas.

Este artigo tem como objetivo informar sobre as principais alternativas de uso dos dejetos de suínos na agricultura, nas formas líquida e sólida estabilizada ou *in natura* e na forma de composto orgânico, visando substituir total ou parcialmente a adubação mineral convencional, reduzir os gastos com adubos comerciais, manter a sustentabilidade da produção agrícola e minimizar os problemas ambientais.

## PRODUÇÃO QUANTITATIVA DE DEJETOS DE SUÍNOS

A quantidade total de dejetos líquidos de suínos produzidos em uma granja varia de acordo com a idade e o peso corporal dos animais. De modo geral, pode-se considerar que um animal produz cerca de 4,9% a 8,5% de seu peso vivo/dia em fezes

e urina, para a faixa de 15 a 100 kg (EPAGRI, 1995). A urina é um dos componentes que influencia na produção dos dejetos líquidos e depende diretamente da ingestão de água pelo animal. Em geral, cada litro de água ingerido por animal resulta em 0,6 litro de urina. Animais na fase de crescimento e terminação não são os maiores produtores de dejetos, porém, como são em maior número dentro da granja, é nesta fase do ciclo de produção que ocorre a maior quantidade de dejetos (Quadro 1). Oliveira e Parizotto (1994) consideraram que cada animal, na fase de crescimento e terminação, produz cerca de 7 a 9 litros de dejeito/dia (fezes, urina, restos de ração e água de higienização). Para um plantel de 100 animais a produção diária seria de 0,7 a 0,9 m<sup>3</sup>, cuja estimativa é importante no cálculo de dimensionamento de esterqueiras.

Tendo em vista o volume de dejetos produzidos, torna-se necessário o desen-

<sup>1</sup>Eng<sup>a</sup> Agr<sup>a</sup>, D.Sc., Pesq. EPAMIG-CTZM, Caixa Postal 216, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: marians@epamig.ufv.br

<sup>2</sup>Eng<sup>a</sup> Agr<sup>a</sup>, D.Sc., Pesq. EPAMIG-DPPE, Caixa Postal 515, CEP 31170-000 Belo Horizonte-MG. Correio eletrônico: sanzio@epamig.br

<sup>3</sup>Eng<sup>a</sup> Florestal, M.Sc., Pesq. EPAMIG-CTZM, Caixa Postal 216, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: neusa-pinheiro@bol.com.br

volvimento de tecnologias para sua utilização, minimizando o impacto ambiental provocado pelo seu descarte. Dessa forma, Loures (1998 apud SILVA; MAGALHÃES, 2001) apresenta alternativas de uso dos dejetos de suínos, tais como:

- a) alimentação animal;
- b) produção de silagem;
- c) adubação de culturas (fertilirrigação com e sem tratamento e na produção de compostos orgânicos);
- d) produção de energia (biogás).

## COMPOSIÇÃO DOS DEJETOS DE SUÍNOS

A composição química dos dejetos de suínos é muito variável, principalmente em função da idade dos animais, dos sistemas de manejo e de armazenamento utilizados. De modo geral, a maioria dos dejetos líquidos analisados contém menos de 3% de matéria seca. Considerando esta variação na composição química, é necessário análise dos dejetos antes de sua utilização como fertilizante. Garcia et al. (2003) analisaram diferentes amostras de dejetos líquido e sólido de suínos, utilizados em adubação contínua de diferentes culturas na Zona da Mata de Minas Gerais, sendo que a maioria dessas é proveniente de criadores que adotam a separação mecânica. A composição média encontrada está no Quadro 2.

A fertilização do solo com dejetos de suínos é tão eficiente quanto a fertilização mineral, podendo até ser melhor (KONZEN et al., 1995), devido ao fornecimento de nutrientes às culturas, que varia com a composição química desses dejetos.

Partindo-se dos resultados da análise química de amostras de dejetos coletadas nas granjas suínolas da Região da Zona da Mata Mineira (GARCIA et al., 2003), foi feita a equivalência em adubos minerais, revelando que a aplicação de 10 t de dejetos sólidos, provenientes de separação mecânica, com 22% de matéria seca, equivale à aplicação de 246 kg de sulfato de amônio, 367 kg de superfosfato sim-

QUADRO 1- Produção média diária de dejetos nas diferentes fases de produção de suínos

Fases de produção de suínos	Esterco (kg dia <sup>-1</sup> )	Esterco + urina (kg dia <sup>-1</sup> )	Dejetos líquidos (L dia <sup>-1</sup> )	Produção mensal (m <sup>3</sup> animal <sup>-1</sup> )
Crescimento e terminação	2,30	4,90	7,00	0,25
Porcas	3,60	11,00	16,00	0,48
Porca em lactação	6,40	18,00	27,00	0,81
Macho	3,00	6,00	9,00	0,28
Leitões em creche	0,35	0,95	1,40	0,05
Média	2,35	5,80	8,60	0,27

FONTE: Dados básicos: Oliveira e Parizotto (1994).

QUADRO 2 - Valores médios das características dos dejetos de suínos, líquido e sólido, na Zona da Mata de Minas Gerais - Viçosa, EPAMIG, 2003

Características	Dejeto líquido		Dejeto sólido	
	Unidades	Valores	Unidades	Valores
pH	-	7,09	-	-
Matéria seca	kg m <sup>-3</sup>	18,02	kg t <sup>-1</sup>	220,00
Nitrogênio total	kg m <sup>-3</sup>	2,64	kg t <sup>-1</sup>	22,30
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	kg m <sup>-3</sup>	1,09	kg t <sup>-1</sup>	30,00
Potássio (K <sub>2</sub> O)	kg m <sup>-3</sup>	1,55	kg t <sup>-1</sup>	16,00
Cálcio	kg m <sup>-3</sup>	0,50	kg t <sup>-1</sup>	19,50
Magnésio	kg m <sup>-3</sup>	0,20	kg t <sup>-1</sup>	5,20
Enxofre	kg m <sup>-3</sup>	0,16	kg t <sup>-1</sup>	3,90
Sódio	kg m <sup>-3</sup>	0,53	kg t <sup>-1</sup>	8,10
Ferro	g m <sup>-3</sup>	28,95	g t <sup>-1</sup>	3811
Manganês	g m <sup>-3</sup>	4,41	g t <sup>-1</sup>	279
Zinco	g m <sup>-3</sup>	30,73	g t <sup>-1</sup>	157
Cobre	g m <sup>-3</sup>	15,48	g t <sup>-1</sup>	90

FONTE: Dados básicos: Garcia et al. (2003).

ples e 60 kg de cloreto de potássio. Já a aplicação de 10 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de dejeto líquido, proveniente de separação mecânica, com, aproximadamente, 1,8% de matéria seca, equivale à aplicação de 115 kg de sulfato de amônio, 56 kg de superfosfato simples e 16 kg de cloreto de potássio, e a aplicação de 10 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de dejeto líquido, sem a separação das fases sólida e líquida, com cerca de 4% de matéria seca, equivale a 195 kg de sulfato de amônio, 89 kg de superfosfa-

to simples e 86 kg de cloreto de potássio. Quando se utiliza dejeto líquido sem a separação das fases sólida e líquida, tem-se maior quantidade de nutrientes, principalmente o potássio, isto em relação ao dejeto líquido proveniente da separação mecânica (Quadro 3). Estes valores são superiores, em nitrogênio e potássio, aos encontrados por Oliveira e Parizotto (1994) em dejetos de suínos com 4% de matéria seca, em Palotina, PR.

QUADRO 3 - Quantidade de adubos minerais equivalentes à aplicação de dejetos de suínos, sólidos (10 t) e líquidos (10 m<sup>3</sup>), provenientes de separação mecânica e de dejetos líquidos de suíno (10 m<sup>3</sup>) sem separação - Viçosa, EPAMIG, 2003

Dejetos de suínos (composição)	Adubos minerais		
	Sulfato de amônio	Superfosfato simples	Cloreto de potássio
( <sup>1</sup> )Dejeto sólido N : 22,3 kg t <sup>-1</sup> de matéria seca P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> : 30,0 kg t <sup>-1</sup> de matéria seca K <sub>2</sub> O : 15,7 kg t <sup>-1</sup> de matéria seca	246 kg	367 kg	60 kg
( <sup>1</sup> )Dejeto líquido N : 2,3 kg m <sup>-3</sup> P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> : 1,0 kg m <sup>-3</sup> K <sub>2</sub> O : 0,9 kg m <sup>-3</sup>	115 kg	56 kg	16 kg
( <sup>2</sup> )Dejeto líquido N : 3,9 kg m <sup>-3</sup> P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> : 1,6 kg m <sup>-3</sup> K <sub>2</sub> O : 5,0 kg m <sup>-3</sup>	195 kg	89 kg	86 kg

FONTE: Dados básicos: Garcia et al. (2003).

(1) Provenientes de separação mecânica. (2) Sem separação.

## TRATAMENTO DE DEJETOS DE SUÍNOS

No tratamento dos dejetos de suínos, podem-se considerar duas etapas: o tratamento físico e o tratamento biológico, sendo que os dejetos, preferencialmente estabilizados, na forma simples ou composta com resíduos vegetais, podem ser utilizados como fertilizantes para as culturas.

### Tratamento físico

Este tipo de tratamento consiste da separação das fases (sólida e líquida) dos dejetos, podendo ser feita pelo processo de decantação, peneiramento, centrifugação e separação química (OLIVEIRA, 1993).

No processo de decantação, um volume de dejetos é armazenado em reservatório (tanque) por tempo determinado, para que a fração sólida em suspensão decante, ocorrendo, assim, a separação das fases líquida e sólida. A fase líquida contém nutrientes prontamente disponíveis para as plantas, enquanto na fase sólida os nutrientes estão, em especial, na forma orgânica, não prontamente disponíveis às plantas.

Os tanques de decantação podem ser de fundo inclinado e de fundo plano e o seu dimensionamento deve ser feito com acompanhamento técnico, uma vez que o cálculo da área do tanque leva em consideração a vazão do efluente e a velocidade de sedimentação das partículas.

O peneiramento também promove a separação das fases, obtendo-se duas bem distintas, uma líquida e outra sólida, porém com eficiência menor de remoção dos sólidos em relação aos decantadores. Diferentes tipos de peneiras, vibratórias e rotativas, podem ser encontrados no mercado.

A centrifugação é um processo que usa a força gravitacional para a separação das fases, com capacidade de selecionar grande parte da matéria em suspensão. Pode ser do tipo horizontal, cilindro rotativo ou cônico com diferentes velocidades.

Outro processo de tratamento dos dejetos que pode ser utilizado é a separação química, através da adição de produtos químicos como o sulfato de alumínio, sais de ferro e hidróxido de cálcio ou óxido de cálcio. Este método não é apropriado para

a remoção de compostos orgânicos solúveis e sim compostos inorgânicos solúveis, semelhantes aos fosfatos que são removidos através de precipitados insolúveis (LOEHR, 1974).

De acordo com Oliveira (1993), os dejetos sólidos podem ser desidratados para a redução do teor de umidade e do odor e facilitar o seu manuseio. Isto pode ser feito através da secagem natural em terreiro cimentado ou em esterqueiras, com adição de materiais absorventes, ou seja, materiais com grande capacidade de absorção de água, como os utilizados em cama de animais (maravalhas e serragem de madeira, sabugos de milho picado, etc.).

### Tratamento biológico

No tratamento biológico, a decomposição da matéria orgânica pelos microrganismos (bactérias, fungos, algas, etc.) pode ocorrer tanto na presença de oxigênio (aeróbio), quanto na sua ausência (anaeróbio). Os processos mais acessíveis são as lagoas de estabilização, esterqueira e compostagem.

#### Lagoas de estabilização

Este sistema de tratamento de dejetos líquidos de suínos é considerado mais econômico e, normalmente, possui duas fases, uma anaeróbia e outra aeróbia.

Os dejetos líquidos a serem tratados no sistema de lagoas de estabilização podem ser do tipo bruto (dejetos não processados em decantadores e/ou peneiras) ou líquido, resultante da separação de fases. Neste caso as lagoas são de menor tamanho (volume).

O sistema constitui-se de um conjunto de lagoas em série, as quais podem ser classificadas como: lagoas anaeróbias; lagoas facultativas; lagoas aeróbias com aeração natural e lagoas aeradas com aeração mecânica (SILVA, 1977 apud OLIVEIRA, 1993).

O sistema de lagoas de estabilização tem duas fases: na primeira, têm-se as lagoas anaeróbias, onde não há oxigênio livre na massa líquida e a destruição e a estabilização da matéria orgânica ocorrem com a



utilização do oxigênio combinado das moléculas da matéria orgânica pelos organismos vivos existentes nas lagoas (SILVA, 1977 apud OLIVEIRA, 1993). Estas lagoas desempenham a função de sedimentadoras, pois reduzem a carga orgânica dos dejetos para posterior tratamento aeróbio. São lagoas que requerem menor área superficial com profundidades adequadas para promover as condições de anaerobiose. Neste sistema, a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) é reduzida na faixa de 50% a 80%.

Na segunda fase, têm-se as lagoas facultativas, que possuem na região superficial uma fase aeróbia (presença de oxigênio), ocorrendo fotossíntese pelas algas e suprimento de oxigênio da superfície; na região central uma fase facultativa e, no fundo, junto à camada de sedimentos, uma fase de anaerobiose, onde é removida uma quantidade adicional de carbono com a estabilização da matéria orgânica. Nesta fase, também pode-se ter lagoas aeróbias e aeradas mecanicamente. Para a confecção das lagoas aeróbias (aeração natural) são exigidas pouca profundidade e grandes extensões de áreas, que as tornam limitantes. Já as lagoas aeradas (aeração mecânica) são aquelas onde a oxigenação é induzida por agitação mecânica diretamente na superfície.

O produto final, após o tratamento em lagoas de estabilização, se utilizadas apenas as anaeróbias, contém o dejetos líquido estabilizado, que pode ser utilizado como fertilizante para diversas culturas, como verificado por Konzen et al. (1995), para a cultura do milho. Caso tenha sido utilizado um sistema composto de lagoas anaeróbias, facultativas e aeróbias (aeração mecânica ou natural), tem-se o lodo (matéria orgânica) no fundo das lagoas e a água na superfície (com baixo teor de matéria orgânica). O lodo poderá ser utilizado como fertilizante ou como matéria-prima para a compostagem. A água residuária poderá ser utilizada na fertirrigação e aquela, com reduzida carga orgânica – DBO –, em níveis permitidos pela legislação ambiental ( $60 \text{ mg L}^{-1}$ ), poderá ser descartada nos cur-

sos d'água sem causar danos à vida aquática (LINDNER, 1994).

### Esterqueira

São locais de depósito de dejetos líquidos, sem separação, para conservação e recuperação dos nutrientes neles contidos. Se feita pela escavação do solo, necessita de revestimento para evitar a infiltração do chorume no perfil do solo. Normalmente, para facilitar o manejo, são necessários dois compartimentos, pois enquanto um recebe os dejetos o outro está em processo de degradação biológica. Após um período de quatro a seis meses de fermentação o material está pronto para a utilização na agricultura, com a vantagem de os nutrientes estarem mais disponíveis às plantas.

Além da esterqueira, tem-se a bioesterqueira que possui uma câmara de fermentação anaeróbia e um depósito para o material estabilizado. O tempo de permanência dos dejetos na câmara de fermentação é de no mínimo 45 dias, podendo depois ser armazenados, por período de quatro a seis meses, na câmara de depósito (DIAS, 1994; FERNANDES; OLIVEIRA, 1995).

O processo de armazenamento dos dejetos estabilizados, tanto na esterqueira quanto na bioesterqueira, é importante, tendo em vista sua produção diária e a necessidade de planejamento das adubações: dose, frequência, época de aplicação e parcelamento, para as diferentes culturas na propriedade. Nos cálculos das doses, é indispensável considerar as características químicas dos dejetos estabilizados e do solo, bem como a necessidade nutricional da cultura a ser explorada.

### Compostagem

Este sistema de tratamento dos dejetos de suínos é um processo de decomposição aeróbia, em que a ação e a interação de microrganismos, em condições favoráveis de temperatura, umidade, aeração, pH, tipo de resíduos orgânicos e nutrientes disponíveis, permitirão a produção de adubo orgânico de qualidade. Com diferentes microrganismos atuando no processo, ocorre a

liberação de gás carbônico, água e amônia, havendo desprendimento de calor ( $60^\circ\text{C} - 80^\circ\text{C}$ ) e eliminação de microrganismos patogênicos, sementes e tubérculos de plantas daninhas. Com a fermentação da matéria orgânica, a temperatura é estabilizada, o volume é reduzido e, ao final, a matéria orgânica apresenta características de húmus.

Os resíduos orgânicos resultantes da produção agrícola, tais como: bagaço de cana-de-açúcar, palha de café, casca de arroz, palha e sabugo de milho, sobras de capineiras, etc., associados aos dejetos de suínos, líquido ou sólido, produzirão adubos orgânicos de qualidade, pois os dejetos são excelentes meios de fermentação por serem ricos em nitrogênio, sendo importantes para equilibrar a relação carbono/nitrogênio (C/N), no processo da compostagem.

Para iniciar o processo de compostagem, é importante o balanceamento da relação C/N dos materiais para valores entre 30 e 40:1. Como regra prática, utilizam-se duas a quatro partes de resíduos vegetais, material rico em carbono, para uma parte de dejetos de suíno, rico em nitrogênio. Entretanto, é necessário avaliar a composição química, principalmente, os teores de carbono, de nitrogênio e de matéria seca dos dejetos (SCHERER et al., 1995) e resíduos vegetais (materiais palhosos), pois essa composição irá refletir na qualidade dos adubos orgânicos. Também deve-se dar preferência a dejetos, recém-produzidos nas granjas, que são mais ricos em nutrientes, principalmente nitrogênio, o que acelera a decomposição (SEDIYAMA et al., 1995).

O teor de nitrogênio total dos resíduos de culturas agrícolas (bagaço de cana-de-açúcar, palha e casca de café, palha e sabugo de milho, casca de arroz, restos de capineira) é baixo, situando-se na faixa de 0,5% a 1,5%, enquanto que nos dejetos de suínos, líquido e sólido, esses teores variam de 0,1% a 4% (KIEHL, 1985; OLIVEIRA; PARIZOTTO, 1994; SEDIYAMA et al., 1997; GARCIA et al., 2003).

Diferentes compostos podem ser produzidos com resíduos vegetais intercalados com dejetos de suínos (líquido, semi-sólido e sólido), lodo de lagoas de decantação e estabilização de dejetos e efluentes de biodigestor e cama de suínos (mistura constituída por fezes e urina dos animais e maravalha, palha ou restos de culturas). O processo de compostagem deve ser monitorado, para produção de adubos de melhor valor fertilizante, em menor espaço de tempo.

Com a finalidade de minimizar as perdas de nitrogênio durante a compostagem, alguns autores recomendam o uso de fosfato de cálcio, ou sulfato de cálcio (TIBAU, 1983; KIEHL, 1985; PROCHNOW et al., 1995). Poincelot (1975) e Hoitnik e Poole (1980) (apud KIEHL, 1985) observaram que o fosfato de cálcio proporciona aumento na velocidade de decomposição do material orgânico e maior conservação do nitrogênio, pela obtenção do fosfato de amônio que é mais estável.

Sediyama et al. (1995, 2000) estudaram sete compostos produzidos com dejetos de suínos na forma líquida e resíduos vegetais: bagaço de cana-de-açúcar, capim-napier picado e palha de café. A quantidade de dejetos de suíno e de resíduo vegetal, utilizados nas pilhas de compostagem, foi calculada com base na composição química dessas matérias-primas (Quadro 4), para obter relação C/N inicial próxima de 30:1.

Estes materiais foram utilizados de forma combinada, com dois ou mais componentes, dando origem a sete tratamentos:

- bagaço de cana-de-açúcar + dejetos (B + D);
- capim-napier + dejetos (C + D);
- palha de café + dejetos (P + D);
- bagaço de cana-de-açúcar + dejetos + gesso (B + D + G);
- bagaço de cana-de-açúcar + dejetos + superfosfato triplo (B + D + ST);

f) bagaço de cana-de-açúcar + dejetos + palha de café (B + D + P);

g) capim-napier + dejetos + palha de café (C + D + P).

O gesso e o superfosfato simples foram utilizados com o objetivo de reduzir as perdas de nitrogênio na forma de amônia e melhorar o valor fertilizante do composto.

As Figuras 1, 2 e 3 ilustram etapas da confecção das pilhas de compostagem com dejetos de suíno líquido e resíduos orgânicos da produção agrícola.



Figura 1 - Distribuição de dejetos líquidos de suínos sobre a camada de bagaço de cana-de-açúcar na confecção da pilha de compostagem

QUADRO 4 - Concentrações de nutrientes, na matéria seca, das matérias-primas utilizadas na produção de compostos orgânicos - Viçosa, EPAMIG, 1997

Matéria-prima	C/N (dag kg <sup>-1</sup> )	<sup>(1)</sup> C (dag kg <sup>-1</sup> )	<sup>(2)</sup> N (dag kg <sup>-1</sup> )	<sup>(3)</sup> P (dag kg <sup>-1</sup> )	<sup>(3)</sup> K (dag kg <sup>-1</sup> )	<sup>(3)</sup> Ca (dag kg <sup>-1</sup> )	<sup>(3)</sup> Mg (dag kg <sup>-1</sup> )	<sup>(3)</sup> S (dag kg <sup>-1</sup> )	<sup>(3)</sup> Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	<sup>(3)</sup> Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	<sup>(3)</sup> Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	<sup>(3)</sup> Cu (mg kg <sup>-1</sup> )
Bagaço de cana	64	48,95	0,76	0,05	0,15	1,03	0,35	0,04	0,12	52	49	10
Capim-napier	29	43,93	1,47	0,17	1,29	0,98	0,31	0,13	0,07	42	171	20
Palha de café	36	52,95	1,47	0,17	3,66	0,81	0,12	0,14	0,16	30	125	25
Dejetos de suíno	10	21,31	2,10	2,11	0,48	6,52	0,63	0,55	0,37	303	484	958
Gesso	-	-	-	-	-	20,73	-	15,5	-	-	-	-
Fosfato (ST)	-	-	-	20,10	-	14,30	-	-	-	-	-	-

FONTE: Sediyama et al. (2000).

(1) Método combustão. (2) Método Kjeldahl. (3) Extração nítrico-perclórica.





Figura 2 - Distribuição de dejetos líquidos de suínos sobre palha de café na confecção da pilha de compostagem



Figura 3 - Distribuição de bagaço de cana-de-açúcar na confecção da pilha de compostagem



A maturação dos compostos orgânicos ocorreu entre 90 e 120 dias após a formação das pilhas de compostagem, quando a relação C/N atingiu valor próximo de 12:1 (Fig. 4). A concentração de macro e micronutrientes, o pH e a relação C/N dos adubos orgânicos produzidos são apresentados no Quadro 5.

Os adubos orgânicos produzidos com palha de café apresentaram maiores valores de K e pH, sendo que a combinação de palha de café com bagaço de cana-de-açúcar e dejetos de suíno é alternativa viável para a Zona da Mata Mineira, devido à facilidade de obtenção dessas matérias-primas. Sedyama et al. (2000)



Figura 4 - Compostos orgânicos na fase final de maturação

QUADRO 5 - Concentrações de nutrientes na matéria seca, pH e relação C/N dos adubos orgânicos produzidos com diferentes materiais orgânicos – Viçosa, EPAMIG, 1997

Nutrientes	<sup>(1)</sup> Combinações das matérias-primas						
	1	2	3	4	5	6	7
<sup>(2)</sup> Nitrogênio total (g kg <sup>-1</sup> )	25,8 a	24,3 a	28,0 a	25,5 a	22,4 a	29,2 a	28,9 a
<sup>(3)</sup> Fósforo total (g kg <sup>-1</sup> )	15,5 ab	13,6 ab	11,2 b	17,7 ab	27,5 a	15,7 ab	14,9 ab
<sup>(3)</sup> Potássio total (g kg <sup>-1</sup> )	7,1 c	17,6 b	27,7 a	6,4 c	7,5 c	28,9 a	25,5 a
<sup>(3)</sup> Cálcio total (g kg <sup>-1</sup> )	14,3 a	14,6 a	11,6 a	17,2 a	17,2 a	16,0 a	14,7 a
<sup>(3)</sup> Magnésio total (g kg <sup>-1</sup> )	2,5 b	3,8 a	3,0 ab	2,4 b	2,4 b	3,3 ab	3,9 a
<sup>(3)</sup> Alumínio total (g kg <sup>-1</sup> )	21,8 a	19,0 a	20,3 a	24,9 a	21,5 a	17,9 a	21,0 a
<sup>(3)</sup> Ferro (g kg <sup>-1</sup> )	20,0 a	16,6 a	18,6 a	23,1 a	20,4 a	16,7 a	17,3 a
<sup>(3)</sup> Sódio (mg kg <sup>-1</sup> )	432 a	146 b	259 ab	299 ab	359 a	342 ab	257 ab
<sup>(3)</sup> Manganês (mg kg <sup>-1</sup> )	435 a	490 a	453 a	453 a	391 a	515 a	456 a
<sup>(3)</sup> Molibdênio (mg kg <sup>-1</sup> )	0,46 a	1,09 a	0,88 a	0,48 a	1,04 a	0,88 a	0,98 a
<sup>(3)</sup> Silício (mg kg <sup>-1</sup> )	1.375 a	1.420 a	1.226 a	1.194 a	1.900 a	1.217 a	1.444 a
<sup>(3)</sup> Zinco (mg kg <sup>-1</sup> )	162 ab	148 ab	74 b	154 ab	178 a	141 ab	120 ab
<sup>(3)</sup> Cobre (mg kg <sup>-1</sup> )	306 a	162 a	127 a	213 a	273 a	217 a	159 a
<sup>(3)</sup> Boro (mg kg <sup>-1</sup> )	2,49 b	15,47 ab	30,22 a	8,76 ab	11,31 ab	27,03 a	10,32 ab
<sup>(4)</sup> pH	6,3 c	7,7 b	8,7 a	6,2 c	5,9 c	8,0 b	8,0 b
Relação C/N	12	13	11	12	14	11	10

FONTE: Sedyama et al. (2000).

NOTA: Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

(1) Combinações das matérias-primas: 1 - Bagaço de cana-de-açúcar + dejetos líquidos de suínos; 2 - Capim-napier + dejetos líquidos de suínos; 3 - Palha de café + dejetos líquidos de suínos; 4 - Bagaço de cana-de-açúcar + dejetos líquidos de suínos + gesso (1 kg m<sup>-3</sup>); 5 - Bagaço de cana-de-açúcar + dejetos líquidos de suínos + superfosfato triplo (1 kg m<sup>-3</sup>); 6 - Bagaço de cana-de-açúcar + dejetos líquidos de suínos + palha de café; 7 - Capim-napier + dejetos líquidos de suínos + palha de café. (2) Método Kjeldahl. (3) Extração nítrico-perclórica. (4) Determinação em água, na relação 1:2,5.

observaram que a adição de gesso e superfosfato triplo, na dosagem utilizada, não melhorou o valor fertilizante dos adubos, nos respectivos tratamentos, e as concentrações de Cu, Fe e Zn dos adubos não ultrapassaram os limites de segurança para utilização no solo. A utilização de dejetos de suínos na compostagem com resíduos vegetais proporcionou a produção de adubos de alto valor fertilizante que, quando aplicados no solo em doses adequadas, é excelente opção para a disposição desses resíduos no ambiente.

A composição dos adubos orgânicos é variada, em função das características das matérias-primas utilizadas, do grau de decomposição dos resíduos e dos processos utilizados para conduzir a decomposição. Assim, para cada 10 toneladas de adubos orgânicos (matéria seca), produzidos com dejetos líquidos de suínos e resíduos vegetais, Sedyama et al. (1997) encontraram 160 kg de N, 135 kg de  $P_2O_5$ ; 180 kg de  $K_2O$ ; 28 kg de S, 234 kg de Ca, 26 kg de Mg e 12 kg de Na, considerando a média dos sete adubos, em quantidades totais de nutrientes. Assim, o emprego de dejetos de suínos na produção de compostos orgânicos é uma técnica promissora, principalmente, em propriedades que diversificam a produção agrícola, sendo conveniente a mistura de, pelo menos, dois materiais palhosos ao dejetos para melhor qualidade do adubo orgânico produzido.

## UTILIZAÇÃO DE DEJETOS DE SUÍNOS NA AGRICULTURA

### Dejetos líquidos e sólidos

#### Potencialidades e riscos

A adição de dejetos de suínos ao solo, nas formas líquida e sólida, com ou sem tratamento, tende a ser prática relativamente comum na agricultura, sendo também uma das alternativas mais aceitas pela comunidade para dar destino a esses resíduos. A utilização destes na fertilização de forrageiras, cana-de-açúcar, culturas anuais,

café, fruteiras, hortaliças e outras é promissora, pois apresentam elevados teores de macro e micronutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas, embora de forma desbalanceada.

A utilização de dejetos de suínos na forma fresca ou *in natura* é mais vantajosa em relação aos fermentados em lagoas, principalmente pela riqueza em nitrogênio. Entretanto, esta forma de utilização exige cuidados no manuseio, sendo indispensável a utilização de botas e luvas de borracha e máscara pelo operador, pois diferentes microrganismos patogênicos presentes nos dejetos *in natura* podem contaminar o homem. De acordo com Loehr (1977), a expectativa de sobrevivência de organismos patogênicos no solo é de curtos períodos. Matos et al. (1997) encontraram baixos índices de coliformes fecais em amostras de solo coletadas após 15 dias de aplicação de diferentes doses de dejetos de suínos no solo. Ressalta-se que, neste ensaio, as dosagens estudadas foram aplicadas de uma única vez. Por outro lado, com aplicações de dejetos freqüentes e a longo tempo, Garcia et al. (2003), analisando diferentes amostras de solos coletadas sob canaviais, capineiras de capim-camerom e cafezais, verificaram elevada contaminação do solo por coliformes fecais e *Echerichia coli* até sete dias após a última aplicação do dejetos e baixa contaminação aos 30 dias após a aplicação. Já, aos 90 dias após a aplicação dos dejetos, estes autores não constataram contaminação do solo por estes patógenos. Tal fato se deve, provavelmente, à forte competição e ao antagonismo de outros microrganismos e das condições ambientais do solo por serem, reconhecidamente, inadequadas para a sobrevivência dos coliformes fecais (LOEHR, 1977; DENG; CLIVER, 1992).

Tendo em vista a complexidade das interações do agente poluidor com o ambiente, recomenda-se que, para a definição das doses de aplicação de dejetos, sejam respeitadas as peculiares capacidades de suporte de cada solo e do ambiente, resguardando-

se a integridade dos recursos naturais da região (MATOS; SEDIYAMA, 1995). Assim, para se calcular a quantidade de dejetos a ser aplicada no solo é necessário seguir alguns princípios básicos como: quantidade de nutrientes existente no dejetos e no solo, conhecer as exigências das plantas a serem cultivadas, entre outros. A quantidade de dejetos é definida com base no teor do nutriente que está em nível mais alto e, se necessário, completam-se os nutrientes em deficiência com adubação mineral.

O uso de grandes quantidades de dejetos de suínos, por longos períodos, pode provocar acúmulo de P, K, Na, Cu e Zn e desbalanço de nutrientes no solo. Também pode ocorrer selamento ou encrostamento superficial, quando o solo é continuamente supersaturado com dejetos líquidos (LOEHR, 1977; CLATON; SLACK, 1987). Porém, Matos et al. (1997), avaliando efeitos de aplicação de dejetos líquidos de suínos no solo, sob doses menores que 800 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio total, não observaram alterações significativas nas suas características químicas e microbiológicas, tendo em vista uma única aplicação. Assim, os problemas de poluição ocasionados pelos dejetos de suínos podem ser diminuídos desde que utilizados com critério, na fertilização dos solos, podendo, assim, reduzir os custos de produção.

#### Capineiras e pastagens

O uso de dejetos de suínos em capineiras e pastagens é bem-aceito em propriedades que exploram a suinocultura de forma integrada com a bovinocultura. A pecuária brasileira é caracterizada por explorações extensivas, onde os nutrientes do solo vêm sendo extraídos sem o mínimo de reposição. Com a perda natural da fertilidade do solo, devido ao manejo extrativista, altas pressões de pastejo e falta de reposição dos nutrientes, as pastagens estão sendo degradadas e suas coberturas vegetais substituídas por espécies mais tolerantes às condições de solos ácidos e pobres em nutrientes

essenciais, mas de baixo rendimento e valor nutritivo.

A exploração econômica de pastagens estabelecidas em solos de baixa fertilidade, através de sistemas tradicionais de manejo é dificultada, pois esses solos são caracterizados pelo seu alto poder de fixação de fósforo, alta saturação de alumínio, baixa capacidade de troca catiônica e carência generalizada de nutrientes. Assim, o uso de dejetos de suíno nestas áreas seria justificável pelos efeitos adicionais da matéria orgânica ao solo, que, segundo Kiehl (1985) e Guimarães (1986), pode alterar as características físicas do solo, pelas modificações em sua estrutura, redução da plasticidade e coesão, aumento na capacidade de retenção de água e manutenção de temperaturas mais uniformes. Os efeitos químicos da matéria orgânica são caracterizados pelo aumento da capacidade de troca catiônica, aumento do poder tampão, formação de compostos orgânicos como os quelatos e como fonte de nutrientes, além do efeito biológico responsável pela intensificação da atividade microbiana e enzimática dos solos.

Trabalhos realizados por Matos et al. (1997) destacam que, se a aplicação de dejetos de suíno no solo for feita da maneira adequada, em culturas de elevada capacidade de extração de nutrientes como as forrageiras, evita-se a poluição de mananciais de água e, ao mesmo tempo, melhora a fertilidade do solo. Se usadas sob sistema de cortes, as forrageiras são grandes extratoras de nutrientes do solo (MALAVOLTA, 1986), sendo apropriadas para um sistema intensivo de aplicação de dejetos de suíno. Segundo Vicente-Chandler et al. (1964), as forrageiras tropicais são capazes de responder a níveis de até 1.800 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de nitrogênio. Porém, aplicações excessivas podem causar selamento superficial e dispersão de partículas do solo (CLANTON; SLACK, 1987); contaminação de águas superficiais e subterrâneas (FAO, 1992; AYERS; WESTCOT, 1991) e salinização do solo, em regiões de clima mais seco. Segundo Costa

(1994), pode ocorrer também acúmulo de metais pesados e de nitrato no solo, ou nas partes comestíveis de algumas culturas, cultivadas nestas áreas. Burns et al. (1985, 1987), trabalhando com gramíneas forrageiras temperadas e subtropicais, concluíram que a aplicação de dejetos de suíno em doses equivalentes a 600 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de nitrogênio não produziram alterações na composição da forragem que pudessem limitar o seu uso para ruminantes. Acima dessas doses, o acúmulo de nitrato atingiu níveis que poderiam ser tóxicos aos animais. De acordo com Pratt (1979), a riqueza do dejetos de suíno em K poderia aumentar a relação K/Ca + Mg da forragem, aumentando os riscos de tetania nos animais que a consumirem. A manifestação desses efeitos depende de muitos fatores locais como: tipo de solo, composição do dejetos, espécie de forrageira, condições climáticas e práticas de manejo. Azevedo (1991) observou maior produção de matéria seca de capim-gordura com a aplicação de 5,1 t ha<sup>-1</sup> de matéria seca de dejetos de suíno, proveniente de animais em fase de crescimento, equivalente à aplicação de 194 kg ha<sup>-1</sup> de N. Este autor destacou a elevação substancial no conteúdo mineral da forragem produzida com a aplicação de dejetos de suíno.

Em áreas de capineiras de capim-camerounês, adubadas continuamente e por mais de cinco anos, com dejetos de suínos, sólido e líquido, provenientes ou não de separação mecânica, Garcia et al. (2003) estudaram as características do solo e o estado nutricional do capim. Observaram que as plantas adubadas com dejetos encontravam-se bem mais nutridas em relação às não adubadas com dejetos. Estes autores verificaram que os teores foliares de NPK do capim-camerounês, adubado com dejetos de suíno, foram superiores aos valores dos níveis críticos para a cultura. Porém, em algumas áreas, observaram um acamamento do capim, possivelmente devido ao desbalanço de nitrogênio e potássio. Pelos resultados da análise do solo,

observou-se acúmulo de nutrientes, principalmente, fósforo, cobre e zinco, no solo adubado com dejetos de suíno. Notou-se uma certa lixiviação de fósforo para as camadas mais profundas do solo. Isto pode ser devido ao fato de as forrageiras do grupo Elefante extraírem pouco fósforo em relação ao nitrogênio e potássio (MALAVOLTA, 1987; POTAFOS, 1996). Segundo Silva e Magalhães (2001), onde ocorre aplicação freqüente de esterco no solo, a concentração de fósforo pode ultrapassar o nível máximo necessário ao desenvolvimento das plantas. A capacidade de adsorção de fósforo pelas partículas do solo torna-se saturada e o fósforo passa a ser lixiviado.

Quanto às características físicas do solo, Garcia et al. (2003) verificaram que, de modo geral, a estrutura do solo não foi influenciada pelas aplicações freqüentes e sucessivas dos dejetos de suínos. Entretanto, houve uma elevação da condutividade elétrica no extrato de saturação dos solos das áreas adubadas com dejetos, porém com valores muito inferiores a 4 dS m<sup>-1</sup>, que tem sido usado como limite mínimo para classificação de solos como salino (HOLANDA et al., 2001).

### Milho

Os dejetos de suínos apresentam grande potencial como fertilizante, pois possuem alta concentração de nutrientes, proporcionando melhores respostas para culturas anuais, especialmente para o milho. Scherer et al. (1986 apud EPAGRI, 1995) utilizaram o dejetos líquido de suíno, como fonte exclusiva de N, na dose de 40 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, e obtiveram aumento médio de 22 sacos de milho por hectare, em relação a não aplicação de nitrogênio. Esta dose proporcionou uma produção equivalente à aplicação de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de uréia.

A produtividade máxima do milho (8.766 kg ha<sup>-1</sup>) foi observada com a aplicação de 149 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de dejetos de suínos, sendo que as doses de 150 e 200 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> proporcionaram o fornecimento de NPK em quantida-



des superiores às recomendadas para a adubação mineral. Também observou-se efeito benéfico dos dejetos de suínos nos demais fatores de produção analisados, que indicaram viabilidade não só para produção de grãos, como também para silagem, em fertirrigação no sulco (CHATEAUBRIAND, 1988).

De acordo com Konzen et al. (1995), doses anuais de dejetos líquidos de suínos, de 45 a 90 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, foram mais econômicas e suficientes para a produção de 5.100 a 6.400 kg ha<sup>-1</sup> de milho em Latossolo Vermelho-Amarelo, em áreas de cerrado. Também para produtividade entre 5.400 e 7.000 kg ha<sup>-1</sup> a utilização de 45 a 135 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de dejetos líquidos de suínos dispensa a adubação mineral de plantio e/ou em cobertura. Doses de 4,5 a 6,0 litros de dejetos, aplicadas no sulco de plantio do milho, como fonte exclusiva de N, apresentaram a melhor relação benefício/custo para uma produtividade de 5.000 kg ha<sup>-1</sup>. Estes autores recomendam, nas condições estudadas, aplicação de 4,5 a 6 L m<sup>-1</sup> de dejetos líquido de suínos no sulco de plantio de milho, nos primeiros três anos. A partir do quarto ano, usar apenas 1,5 L m<sup>-1</sup>, como manutenção.

#### Hortaliças

As hortaliças também pertencem ao grupo de culturas que respondem bem à adubação orgânica, tanto na produtividade, quanto na qualidade do produto colhido. Os efeitos benéficos da adição de resíduos orgânicos ao solo fazem-se presentes desde o início do crescimento das culturas.

As hortaliças não folhosas podem ser adubadas com dejetos líquidos de suíno, na forma estabilizada ou *in natura*, desde que incorporado ao solo, sendo que, na forma *in natura*, é necessário aplicar com antecedência mínima de 30 dias do plantio.

Loures (1997) avaliou a técnica de produção de tomate em sacos plásticos, utilizando dejetos sólidos de suínos no substrato comercial em diferentes proporções, sob estufa plástica. As maiores produções

total, comercial e de frutos extras foram obtidas nas proporções de 26,4%; 26,5% e 33,5% (v/v) de dejetos de suínos: substrato comercial, respectivamente. A produtividade comercial alcançada foi de 165 t/ha, correspondendo a 98,7 g/m<sup>2</sup> dia<sup>-1</sup> de permanência da cultura na estufa. A proporção de esterco:substrato superior a 50% (v/v) reduziu o conteúdo de todos os nutrientes analisados no pecíolo e folíolo das folhas avaliadas. Este autor considerou alternativa viável a produção de tomates em sacos plásticos com o uso de dejetos de suínos.

Em experimentos conduzidos na Fazenda Experimental de Felixlândia (FEFX), da EPAMIG, com abóbora híbrida, cv. Tetsukabuto, utilizando dejetos líquidos de suínos incorporado ao solo das covas de plantio, Sediya et al. (1997) observaram incremento na produção de frutos em função do aumento nas doses. Houve aumento de 125% da produção comercial, no tratamento com 66 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de dejetos em relação à testemunha (sem adubo), com a produção de 28,68 t ha<sup>-1</sup> de frutos comerciais (Quadro 6). Nas doses maiores houve tendência em reduzir a produção, provavelmente devido a desbalanço de nutrientes no solo.

Na Fazenda Experimental do Vale do Piranga (FEVP), da EPAMIG, em Orató-

rios, MG, Freitas (1997) estudou a utilização de diferentes doses de dejetos de suínos na produção de batata-doce, cv. Paulista. A resposta às doses foi pouco expressiva em relação à testemunha, provavelmente, em consequência da alta fertilidade do solo e baixo teor de matéria orgânica do dejetos líquido utilizado (Quadro 6).

Experimentos realizados por Sediya et al. (1997) com cenoura, cv. Brasília, na FEFX da EPAMIG, e com a cv. Nantes, na Fazenda Experimental de Pitangui (FEPI), da EPAMIG, utilizando doses crescentes de dejetos líquidos de suínos, mostraram aumento na produção de raízes com aplicações até a dose de 88 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> e, tendência de reduzir a produção na maior dosagem utilizada (110 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>). Na FEPI da EPAMIG, a produção obtida foi de 54,17 t ha<sup>-1</sup>, 16% maior que a testemunha, e na FEFX da EPAMIG, a produção foi de 37,32 t ha<sup>-1</sup>, 55% maior que a testemunha. A maior produção obtida na FEPI da EPAMIG deve-se, provavelmente, à maior fertilidade do solo e também à melhor resposta da cv. Nantes, uma vez que o dejetos utilizado continha menor teor de nutrientes. Verificou-se, após o cultivo da cenoura, que os teores de Na, Cu e Zn do solo, onde foram aplicadas doses crescentes de dejetos, não diferiram da testemunha, que não recebeu dejetos, pro-

QUADRO 6 - Produtividade de abóbora híbrida, batata-doce e cenoura cultivadas com dejetos líquidos de suínos - Viçosa, EPAMIG, 1995

Cultura/Tratamento	Quantidade aplicada (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Produtividade (t ha <sup>-1</sup> )	Diferença (%)
Abóbora híbrida			
Sem adubo	–	12,75	100
Dejetos líquidos	66	28,68	225
Batata-doce			
Sem adubo	–	34,84	100
Dejetos líquidos	60	39,94	115
Cenoura			
Sem adubo	–	46,62	100
Dejetos líquidos	88	54,17	116

FONTE: Dados básicos: Sediya et al. (1997).

vavelmente, devido à absorção de nutrientes pela cultura e à forte retenção na fração sólida, tornando os elementos indisponíveis no solo.

Paula (1997) também observou efeitos positivos da aplicação de dejetos líquidos de suínos incorporado ao solo dos canteiros, na produção de cenoura, cv. Brasília, na FEVP, da EPAMIG. As maiores produções de raiz (47,6 t ha<sup>-1</sup>) e de parte aérea (31,69 t ha<sup>-1</sup>) foram alcançadas nas doses estimadas de 72,71 e 64,08 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Esse aumento na produção, até certo ponto simultâneo com a elevação das doses de dejetos, provavelmente, deve-se ao acréscimo de nutrientes ao solo, fornecido pelo dejetos de suínos. A incorporação desse dejetos ao solo mostrou-se promissora por permitir economia de adubos comerciais e contribuir para a melhoria das condições químicas, físicas e microbiológicas do solo, elevando a produtividade das culturas. Porém, aplicações excessivas podem acarretar decréscimos na produção, devido ao acúmulo de nutrientes e desequilíbrios nutricionais.

### Adubos orgânicos

Para a utilização de dejetos de suínos em hortaliças, em especial, as folhosas, torna-se necessária a compostagem destes resíduos com vista à estabilização do material orgânico, redução dos riscos de disseminação de patógenos e de plantas daninhas, bem como o aumento da disponibilidade de nutrientes para as culturas.

Em trabalhos desenvolvidos na FEVP, da EPAMIG, foram avaliados sete tipos de compostos orgânicos obtidos pela combinação de materiais palhosos (bagaço de cana-de-açúcar, palha de café e capim-napier) e dejetos líquidos de suínos, nas culturas de alface (dois cultivos sucessivos) e cenoura, em solo Podzólico Vermelho-Amarelo. Foram aplicados 180 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de compostos orgânicos e 90 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de dejetos líquidos de suínos, 35 dias antes do transplante das mudas. Houve aumento significativo na produção de alface, cv. Carolina, com

aplicação de compostos orgânicos em relação à testemunha (Quadro 7). A melhor resposta foi observada no tratamento com aplicação de 90 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de dejetos líquidos de suínos, com produções de 54,4 e 50,5 t ha<sup>-1</sup> no primeiro e segundo cultivos, respectivamente, seguido do tratamento com aplicação de 180 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de composto orgânico produzido com capim-napier, dejetos de suínos e palha de café (VIDIGAL et al., 1997; SEDIYAMA et al., 1998).

Em relação à cenoura, cv. Brasília, o composto produzido com palha de café e dejetos líquidos de suínos proporcionou maior produção de raízes total e comercial. Em geral, as adubações orgânicas utilizadas, seja com composto, seja apenas com dejetos líquidos de suínos, foram suficientes para o alcance de produções comerciais superiores a 40 t ha<sup>-1</sup>, produtividade esta superior à média alcançada

em Minas Gerais, que é 32 t ha<sup>-1</sup> (MINAS GERAIS, 1995).

Em experimento conduzido com abóbora híbrida, cv. Tetsukabuto, na FEFX, da EPAMIG, utilizou-se o adubo orgânico, produzido com bagaço de cana-de-açúcar e dejetos líquidos de suínos, aplicado nas covas de plantio. Observou-se aumento na produção de frutos em função das doses, sendo a maior produção (20,42 t ha<sup>-1</sup>) obtida com dose de 72 t ha<sup>-1</sup> de adubo orgânico, com incremento na produção de frutos comerciais de 93%, em relação à testemunha (SEDIYAMA et al., 1997).

Nas FEVP e FEFX da EPAMIG, foram conduzidos ensaios com batata-doce, cv. Brazlândia Rosada, utilizando-se diferentes doses de adubos orgânicos, produzidos com bagaço de cana-de-açúcar e dejetos de suínos (FREITAS, 1997; SEDIYAMA et al.,

QUADRO 7 - Produção comercial de alface (1<sup>o</sup> e 2<sup>o</sup> cultivos) e cenoura cultivadas com compostos orgânicos e dejetos de suínos - Viçosa, EPAMIG, 1997

Tratamentos	Alface		Cenoura
	Produção (1 <sup>o</sup> ) (t ha <sup>-1</sup> )	Produção (2 <sup>o</sup> ) (t ha <sup>-1</sup> )	Produção (t ha <sup>-1</sup> )
BC + DL	41,7 bcd	38,0 bcd	41,0 b
BC + DL + G	37,5 bcd	31,6 cd	43,5 ab
BC + DL + ST	35,8 cde	33,4 bcd	49,5 ab
BC + DL + PC	43,5 bc	40,6 abc	47,0 ab
PC + DL	42,1 bcd	40,3 bc	57,0 a
CN + DL + PC	45,2 b	42,5 ab	48,9 ab
CN + DL	34,0 de	39,9 bcd	42,4 ab
Dejetos líquidos	54,4 a	50,5 a	46,5 ab
Adubação mineral	40,8 bcd	36,2 bcd	38,2 b
Testemunha	28,2 e	27,9 d	36,1 b
CV (%)	8,47	11,02	13,54

FONTE: Vidigal et al. (1997) e Sedyama et al. (1998).

NOTA: BC + DL – Bagaço de cana-de-açúcar + dejetos líquidos de suínos; BC + DL + G – Bagaço de cana-de-açúcar + dejetos líquidos de suínos + gesso agrícola; BC + DL + ST – Bagaço de cana-de-açúcar + dejetos líquidos de suínos + superfosfato triplo; BC + DL + PC – Bagaço de cana-de-açúcar + dejetos líquidos de suínos + palha de café; PC + DL – Palha de café + dejetos líquidos de suínos; CN + DL + PC – Capim-napier + dejetos líquidos de suínos + palha de café; CN + DL – Capim-napier + dejetos líquidos de suínos; CV – Coeficiente de variação.

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

1997). Na FEVP, da EPAMIG, a maior produção foi obtida com a maior dose aplicada, ou seja, 28,13 t ha<sup>-1</sup> de raízes comerciais, na dose de 90 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de adubo orgânico. Na FEFX, da EPAMIG, a maior produção de raízes comerciais (20, 65 t ha<sup>-1</sup>) foi obtida na dose de 99 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de adubo orgânico. A diferença de produção entre os dois locais pode ser atribuída à menor fertilidade do solo da FEFX, da EPAMIG, diferenças entre o poder fertilizante dos adubos orgânicos utilizados, bem como ao comportamento da cultivar às condições climáticas de cada região. Pelos resultados obtidos, em relação à testemunha, pode-se inferir sobre o efeito direto do adubo orgânico no solo, seja pelo fornecimento de nutrientes essenciais ao crescimento e desenvolvimento das plantas, seja pela melhoria das propriedades físicas e químicas do solo.

A incorporação de matéria orgânica nos solos, aumenta a capacidade de troca catiônica e proporciona a melhoria na estrutura, caracterizada pela diminuição da densidade aparente, aumento da porosidade e da taxa de infiltração de água. Além disso, promove o aumento da capacidade de armazenamento de água e diminui os riscos de encrostamento superficial (KIEHL, 1985; GREBUS et al., 1994; MAYNARD, 1994).

De modo geral, para a produção de hortaliças (abóbora, alface, batata-doce e cenoura), considerando-se apenas o primeiro ano de cultivo, os melhores resultados foram obtidos com a utilização de 60 a 90 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de dejetos líquidos de suínos estabilizados ou adubos orgânicos, provenientes da compostagem de resíduos vegetais e dejetos de suínos, incorporados ao solo duas semanas antes do plantio.

O aproveitamento dos dejetos de suínos como adubo orgânico, seja nas formas líquida ou sólida fermentadas, seja na forma de compostos orgânicos, reduz substancialmente os problemas ecológicos, além de proporcionar vantagens socioeconômicas.

## REFERÊNCIAS

AYRES, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1991. 218p. (FAO. Irrigação e Drenagem, 29).

AZEVEDO, M.L.A. **Utilização de esterco de suínos in natura em pastagem de capim-gordura (*Melinis minutiflora* Beauv.)**. 1991. 74f. Tese (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

BURNS, J.C.; WESTERMAN, P.W.; KING, L.D.; CUMMINGS, G.A.; OVERCASHM, R.; GOOD, L. Swine lagoon effluent applied to "Coastal" bermudagrass: 1 - forage yield, quality and elemental removal. **Journal of Environmental**, Madison, v.14, p.9-14, 1985.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_; OVERCASHM, R.; CUMMINGS, G.A. Swine manure and lagoon effluent applied to a temperate forage mixture: 1 - persistence, yield, quality and elemental removal. **Journal of Environmental**, Madison, v.16, p.99-105, 1987.

CHATEAUBRIAND, A.D. **Efeitos de dejetos de suínos aplicados em irrigação em sulco na cultura do milho (*Zea mays* L.)**. 1988. 61f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1988.

CLATON, C.J.; SLACK, D.C. Hydraulic properties of soils as affected by surface application of wastewater. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, v.30, n.3, p.683-687, 1987.

COSTA, C.A. **Crescimento e teores de sódio e metais pesados da alface e da cenoura adubadas com composto orgânico de lixo urbano**. 1994. 89f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1994.

DENG, M.Y.; CLIVER, D.O. Inactivation of poliovirus types 1 in mixed human and swine wastes and by bacteria from swine manure. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v.58, n.6, p.2016-2021, 1992.

DIAS, L. F. X. Armazenagem de dejetos. In: DIA DE CAMPO SOBRE MANEJO E UTILIZAÇÃO DE DEJETOS SUÍNOS, 1994, Concórdia. Concór-

dia: EMBRAPA-CNPSA, 1994. 47p. (EMBRAPA-CNPSA. Documentos, 32).

EPAGRI. **Aspectos práticos do manejo de dejetos suínos**. Florianópolis, 1995. 106p.

FAO. **Wastewater treatment and use in agriculture**. Rome, 1992. 125p. (FAO. Irrigation and Drainage, 47).

FERNANDES, C.O.M.; OLIVEIRA, P.A.V. de. Armazenagem de dejetos suínos. In: EPAGRI. **Aspectos práticos do manejo de dejetos suínos**. Florianópolis, 1995. p.35-66.

FREITAS, S. P. **Efeitos de resíduos da suinocultura sobre a produção de batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.), incidência de plantas daninhas e atividade de herbicidas**. 1997. 124f. Dissertação (Doutorado em Fitoecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1997.

GARCIA, N.C.P.; SALGADO, L.T.; LIMA, P.C.; MATOS, A.T.; PINTO, C.L.O.; SEDIYAMA, M.A.N.; RUIZ, H.A.; MOURA, W.M.; LOURES, J.L.; RUSSO, J.R. **Análise dos efeitos da fertilização contínua com dejetos de suíno sobre as características químicas e físicas do solo e do estado nutricional de diferentes culturas**. Viçosa: EPAMIG, 2003. 70p. Relatório Técnico Final.

GREBUS, M.E.; WATSON, M.E.; HOITINK, H.A.J. Biological, chemical and physical properties of composted yard trimmings as indicators of maturity and plant disease suppression. **Compost Science & Utilization**, v.2, n.1, p.57-71, 1994.

GUIMARÃES, P.T.G. **Resposta do cafeeiro (*Coffea arabica* L. cv. Catuaí) à adubação mineral e orgânica em solos de baixa fertilidade do Sul de Minas Gerais**. 1986. 140f. (Tese Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

HOLANDA, F.S.R.; MARCIANO, C.R.; PEDROTTI, A.; AGUIAR, J.F. de; SANTOS, V.P. dos. Recuperação de áreas com problemas de salinização. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.22, n.210, p.57-61, maio/jun. 2001.



- KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1985. 492p.
- KONZEN, E. A.; PEREIRA FILHO, I.A.; BAIÁ FILHO, A.F. de C.; PEREIRA, F. A. Utilização do esterco líquido de suínos na adubação do milho. In: SEMINÁRIO MINEIRO SOBRE MANEJO E UTILIZAÇÃO DE DEJETOS DE SUÍNOS, 1., 1995, Ponte Nova. **Anais...** Viçosa, MG: EPAMIG, 1995. p.88-110.
- LINDNER, E.A. Legislação ambiental vigente. In: DIA DE CAMPO SOBRE MANEJO E UTILIZAÇÃO DE DEJETOS SUÍNOS, 1994, Concórdia. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1994. 47p. (EMBRAPA-CNPSA. Documentos, 32).
- LOEHR, R. C. **Agricultural waste management: problems, processes, and approaches**. New York: Academic Press, 1974. 576p.
- \_\_\_\_\_. **Pollution control for agriculture**. New York: Academic Press, 1977. 383p.
- LOURES, J.L. **Produção de tomate pela técnica em saco plástico contendo esterco de suínos no substrato**. 1997. 58p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1997.
- MALAVOLTA, E. **Manual de calagem e adubação das principais culturas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1987. 496p.
- \_\_\_\_\_; LIEM, T.H.; PRIMAVESI, A.C.P.A. Exigências nutricionais das plantas forrageiras. In: SIMPÓSIO SOBRE CALAGEM E ADUBAÇÃO DE PASTAGENS, 1., 1985, Nova Odessa. [**Anais...**] Piracicaba: POTAFOS, 1986. p.31-76.
- MATOS, A.T. de; SEDIYAMA, M.A.N. Riscos potenciais ao ambiente pela aplicação de dejetos líquido de suínos ou compostos orgânicos no solo. In: SEMINÁRIO MINEIRO SOBRE MANEJO E UTILIZAÇÃO DE DEJETOS DE SUÍNOS, 1., 1995, Ponte Nova. **Anais...** Viçosa, MG: EPAMIG, 1995. p.45-54.
- \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_; FREITAS, S. de P.; VIDIGAL, S.M.; GARCIA, N.C.P. Características químicas e microbiológicas do solo influenciadas pela aplicação de dejetos líquido de suínos. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v.44, n.254, p.399-410, jul./ago. 1997.
- MAYNARD, A.A. Sustained vegetable production for three years using composted animal manures. **Compost Science & Utilization**, v.2, n.1, p.88-96, 1994.
- MINAS GERAIS. Secretaria de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Cenário futuro para a cadeia produtiva de olerícola em Minas Gerais. In: \_\_\_\_\_. **Cenário futuro do negócio agrícola de Minas Gerais**. Belo Horizonte, 1995. v.12, 103p.
- NUTRI-FATOS: informação agrônômica sobre nutrientes para as culturas. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.73, mar. 1996. Encarte: Arquivo do Agrônomo, n.10, p.1-24.
- OLIVEIRA, E. de; PARIZOTTO, M.L.V. **Características e uso fertilizante do esterco de suíno**. Londrina: IAPAR, 1994. 24p. (IAPAR. Circular, 83).
- OLIVEIRA, P.A.V. (Coord.). **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos**. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1993. 188p. (EMBRAPA-CNPSA. Documentos, 27).
- PAULA, L.B. **Utilização de dejetos de suínos na produção e nutrição mineral da cenoura (*Daucus carota* L.)**. 1997. 81p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1997.
- PRATT, P.F. Management restriction in soil application of manure. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.48, n.1, p.134-43, 1979.
- PROCHNOW, L.I.; KIEHL, J.C.; PISMEL, F.S.; CORRENTE, J.E. Controlling ammonia losses during manure composting with the addition of phosphogypsum and simple superphosphate. **Scientia Agricola**, Piracicaba: v.52, n.2, p.346-349, maio/ago.1995.
- SCHERER, E.E.; BALDISSERA, I.T.; DIAS, L.F.X. Método rápido para determinação da qualidade de fertilizante do esterco líquido de suínos a campo. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.8, n.2, p.40-43, jun. 1995.
- SEDIYAMA, M.A.N.; CHAGAS, J.M.; FONTES, P.C.R.; SEDIYAMA, T.; FERREIRA, F.A.; PEREIRA, P.R.G.; CASALI, V.W.D.; MASCARENHAS, M.H. T.; LOURES, E.G.; SALGADO, L.T.; GARCIA, N.C.P.; RIBEIRO, M.F.; VIDIGAL, S.M.; MATOS, A.T.; LIMA, P.C. **Utilização de resíduos poluentes de suínos na agricultura**. Viçosa: EPAMIG, 1997. 90p. Relatório Técnico Final.
- \_\_\_\_\_; GARCIA, N. C. P.; VIDIGAL, S. M.; MATOS, A.T. de. Nutrientes em compostos orgânicos de resíduos vegetais e dejetos de suínos. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.57, n.1, p.185-189, jan./mar. 2000.
- \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_; RIBEIRO, M. de F. Utilização de dejetos líquido de suínos na produção de compostos orgânicos. In: SEMINÁRIO MINEIRO SOBRE MANEJO E UTILIZAÇÃO DE DEJETOS DE SUÍNOS, 1., 1995, Ponte Nova. **Anais...** Viçosa, MG: EPAMIG, 1995. p.24-34.
- \_\_\_\_\_; VIDIGAL, S. M.; PEREIRA, P. R. G.; GARCIA, N.C.P.; LIMA, P.C. de. Produção e composição mineral de cenoura adubada com resíduos orgânicos. **Bragantia**, Campinas, v.57, n.2, p.379-386, 1998.
- SILVA, E.T. da; MAGALHÃES, C. de S. Controle de poluição de atividades pecuárias. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.22, n.210, p.62-76, maio/jun. 2001.
- TIBAU, A.O. **Matéria orgânica e fertilidade do solo**. 2. ed. São Paulo: Nobel, 1983. 220p.
- VICENTE-CHANDLER, J.; CARO-COSTAS, R.; EARSON, R.W.; ABRUNA, F.; FIGARELLA, J.; SILVA, S. **The intensive management of tropical forages in Puerto Rico**. Puerto Rico: University of Puerto Rico, 1964. (University of Puerto Rico. Agric. Exp. Sta. Bull., 187).
- VIDIGAL, S.M.; SEDIYAMA, M.A.N.; GARCIA, N.C.P.; MATOS, A.T. de. Produção de alfaca cultivada com diferentes compostos orgânicos e dejetos suínos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.15, n.1, p.35-39, maio 1997.





## DESTINO DAS EMBALAGENS VAZIAS DE AGROTÓXICOS

O uso contínuo e em grande escala de agrotóxicos, o crescimento do número de produtos utilizados contribuem para o aumento de resíduos sólidos na agropecuária, principalmente pela geração de embalagens vazias que, não tendo um destino adequado, podem provocar danos à saúde das pessoas e contaminar o meio ambiente.

O IMA, responsável pela fiscalização do comércio e do uso de agrotóxicos, tem dado grande importância a esse assunto. Desde 2002, deflagrou um processo de conscientização junto a comerciantes e usuários para provocar mudanças comportamentais desses segmentos.

Deve-se dar o destino adequado a essas embalagens, pois representam perigo de contaminação. Além de serem poluidoras como resíduos sólidos, ainda podem estar contaminadas pelos resíduos tóxicos deixados pelos produtos que estavam no seu interior.

Essas embalagens devem ser devolvidas pelos usuários e recolhidas pelos fabricantes. Esse processo tem responsabilidades definidas em lei, envolvendo quatro segmentos:

**USUÁRIO:** Preparar as embalagens vazias e devolvê-las ao local onde foram adquiridas ou em unidades de recebimento (postos ou centrais), indicadas na nota fiscal de compra.

**REVENDEDOR:** Disponibilizar e gerenciar unidades de recebimento, orientar o usuário sobre os procedimentos de lavagem, acondicionamento, armazenamento, transporte e devolução das embalagens vazias, bem como informar o endereço da unidade de recebimento, implementar, em colaboração com o Poder Público, programas educativos e mecanismos de controle e estímulo à devolução das embalagens vazias por parte dos usuários.

**FABRICANTE:** Providenciar o recolhimento e dar destinação segura às embalagens vazias, implementar, em colaboração com o Poder Público, programas educativos e mecanismos de controle e estímulo à devolução das embalagens vazias por parte dos usuários.

**PODER PÚBLICO:** Fiscalizar a devolução, recebimento, recolhimento e destino das embalagens vazias de agrotóxicos junto aos usuários, comerciantes e fabricantes, implementar programas educativos e mecanismos de controle e estímulo à devolução das embalagens vazias por parte dos usuários.

Para maior informação técnica, procure um escritório do IMA



# Fossa séptica: importância, construção e operação

Antônio Carlos Coutinho<sup>1</sup>

Resumo - Diante da atual realidade, em que a ambiência vem sendo cada vez mais degradada, ações são propostas, diariamente, para tentar reverter essa situação. A construção de fossas sépticas no meio rural torna-se bastante oportuna, porque é lá que os “olhos d’água brotam” e todo o processo tem início. Conscientizar a população rural dos problemas de saúde advindos da ingestão de água contaminada e como evitar que os esgotos residenciais caiam diretamente nos mananciais contaminando-os, são ações indispensáveis para que esse problema que vem-se agravando dia-a-dia seja resolvido. Ao divulgar, ensinar e aportar recursos financeiros, para que práticas destinadas a evitar a contaminação dos cursos d’água sejam adotadas, os órgãos públicos estarão contribuindo para tornar esse nosso Planeta realmente “azul”.

Palavras-chave: Resíduos orgânicos. Saneamento rural. Esgoto sanitário. Esgoto rural.

## INTRODUÇÃO

Se não cuidarmos dos nossos mananciais agora, futuramente, qual será a perspectiva de vida do homem no Planeta Terra?

Esta é uma preocupação que se deve ter, em áreas com acúmulo de pessoas que buscam lazer, como acontece em grande extensão das margens do Baixo Rio Grande. Nestas áreas existem aglomerados de ranchos, áreas de *camping*, clubes e residências. Será apresentada uma alternativa, que, dentre outras, pode constituir-se numa opção a mais, para que os esgotos gerados não sejam jogados em fossas secas ou lançados diretamente nos mananciais, o que pode poluir a água, o solo e, conseqüentemente, ser foco de doenças.

O tifo, a disenteria e várias outras doenças são transmitidas por micróbios existentes nas águas servidas sem tratamento e nas de esgotos, as quais, pela falta de precauções, contaminam as de uso doméstico, pondo em perigo a vida daqueles que a utilizam para alimentação ou outros fins.

Todo produtor rural, além de ser responsável pela produção de alimentos é também responsável pela produção de água, que se torna cada vez mais requerida em termos de quantidade e qualidade, para atender a inúmeras atividades, sejam elas rurais, sejam elas urbanas. Responsabilidade semelhante com a preservação deve ter o simples usuário de fim de semana, ou de feriados, evitando poluir o ambiente. Assim, a construção de fossas sépticas é um passo importante na manutenção da saúde do ambiente. A sustentabilidade da agricultura passa pela preservação e pelo uso racional da água, bem precioso sem o qual não existiria vida.

Portanto, é responsabilidade de todos, colaborar para que a água nunca seja contaminada e venha a faltar, tanto no campo, quanto na cidade.

## FOSSA SÉPTICA

Uma das alternativas para tratamento de esgoto nas residências rurais é a

construção de fossa séptica. Ela se destina, em princípio, a separar e a transformar a matéria sólida contida nas águas de esgotos e descarregar, no terreno, onde se completa o tratamento, os líquidos e gases resultantes das transformações operadas.

As águas servidas sofrem nas fossas sépticas a ação de bactérias anaeróbias, organismos microscópicos que só podem atuar em meios onde não circule o ar. Sob a ação dessas bactérias, parte da matéria orgânica sólida converte-se em gases, ou em substâncias solúveis, que, dissolvidos no líquido contido na fossa, são esgotados através de uma linha de tubos e lançados no terreno.

Durante o processo, depositam-se no fundo da fossa, as partículas minerais sólidas (lodo). Forma-se também, com o tempo, na superfície do líquido, uma crosta constituída de substâncias insolúveis mais leves, que contribui para evitar a circulação do ar, o que facilita a ação das bactérias.

<sup>1</sup>Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, Gerente de utilização de energia CEMIG - Fazenda Energética de Uberaba, Uberaba-MG. Correio eletrônico: [acco@cemig.com.br](mailto:acco@cemig.com.br)



Quando as fossas são bem constituídas e localizadas e a tubulação do efluente é bem assentada, é dispensável a retirada do depósito de lodo, senão depois de vários anos de funcionamento.

**LOCALIZAÇÃO E TUBULAÇÃO**

As fossas devem ser localizadas, tanto quanto possível, perto da casa e ao lado

do banheiro, para evitar curvas nas canalizações. É aconselhável que elas sejam localizadas a uma distância mínima de 15 m de qualquer manancial, possivelmente utilizável para fins domésticos.

O comprimento necessário da linha de tubos dependerá, em cada caso, da natureza do terreno e da quantidade de líquido a

ser tratada diariamente. Sendo a terra solta e porosa e baixo o nível do lençol de água subterrâneo, bastarão, em regra, 9 m de tubulação por pessoa.

As dimensões internas básicas para a construção de uma fossa séptica com capacidade de 2.160 litros são mostradas na Figura 1.

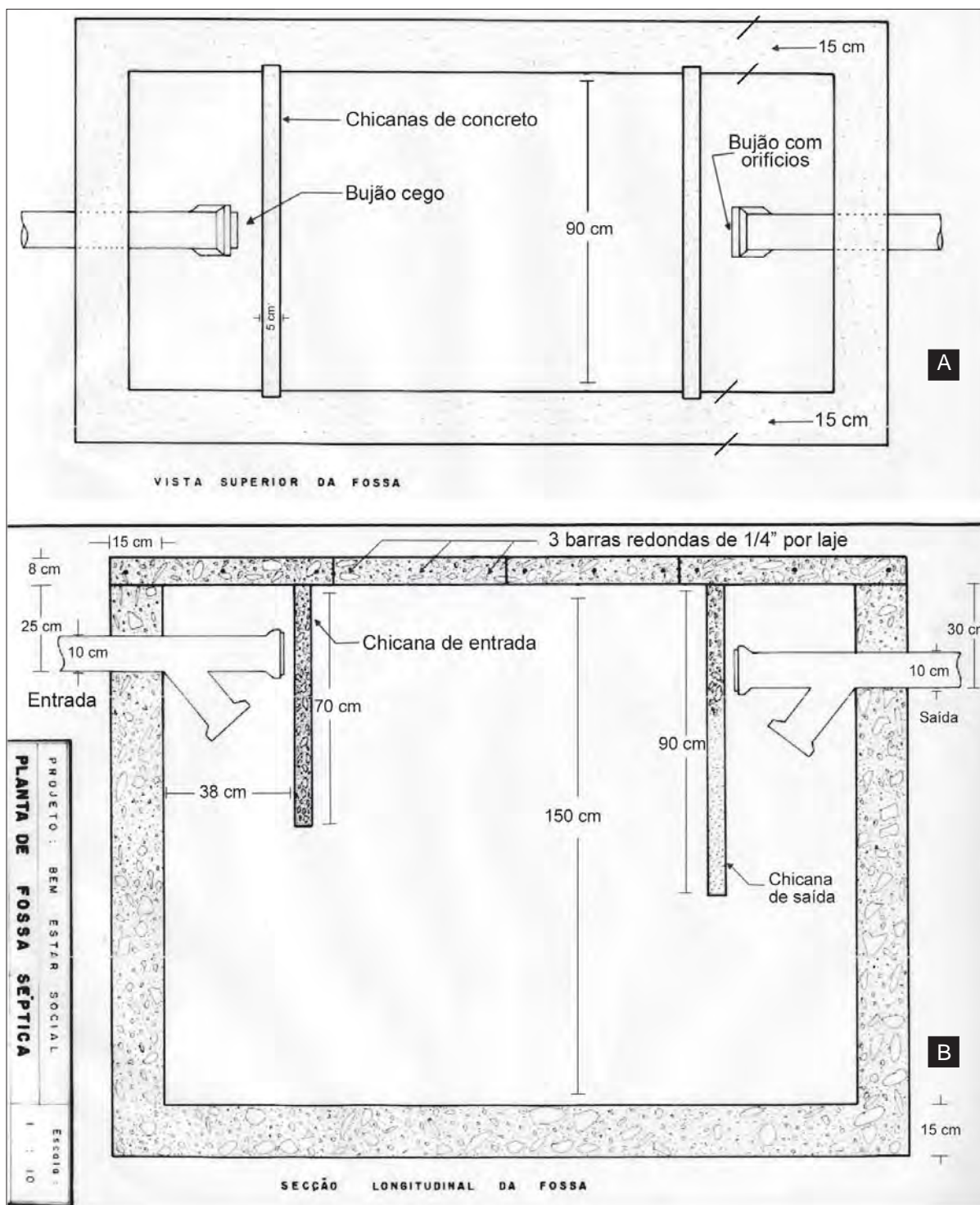


Figura 1 - Dimensões básicas de uma fossa séptica  
 NOTA: A - Planta baixa; B - Corte longitudinal de uma fossa séptica com capacidade de 2.160 litros.

## COMO CONSTRUIR UMA FOSSA SÉPTICA

A parte superior da fossa deve ficar ao nível do terreno natural ou pouco abaixo, para que o tubo de saída seja enterrado cerca de 40 cm.

### Escavação

Quando o terreno for bastante firme, as próprias paredes da escavação poderão servir de fôrmas externas. Caso contrário, a escavação deve ser feita com 1 cm a mais para cada lado, de maneira que permita a fácil colocação e retirada das fôrmas.

### Preparo das fôrmas

Usar tábuas de 11/2" (3,8 cm).

Para evitar excessiva aderência do concreto é aconselhável pintar, com uma demão de óleo, a superfície das fôrmas, podendo ser utilizado para esse fim óleo de lubrificação de automóvel, já usado (óleo queimado).

### Traço do concreto

O traço, em volume, dos materiais (cimento, areia seca e brita) empregados no concreto será de 1:2:3.

A areia utilizada deve ser, tanto quanto possível, limpa e áspera ao tato; a brita limpa, resistente e de dimensões não superiores a 2,5 cm.

### Colocação do concreto

A espessura do fundo ou base das fossas é de 15 cm; a das paredes laterais, conforme indica a Figura 1.

O concreto deve ser colocado nas fôrmas 45 min, no máximo, depois de misturado, em camadas regulares de 15 a 25 cm de espessura. Ele deve ser bem socado, principalmente nos ângulos e cantos das fôrmas.

Moldam-se, em primeiro lugar, a base e, em seguida, as paredes laterais. Para a laje de cobertura deve ser usado o mesmo concreto empregado para as paredes e para o fundo.

As fôrmas poderão ser retiradas no dia seguinte ao da colocação do concreto, que deverá ser mantido úmido por alguns dias.

### Laje de cobertura e chicanas

A laje de cobertura, que é moldada à parte, deve assentar perfeitamente sobre as paredes laterais da fossa. Para facilitar a remoção, convém dividi-la em várias pequenas lajes, com largura de cerca de 60 cm, espessura de 8,0 cm e comprimento correspondente à largura da fossa.

Para reforço de cada laje, serão colocadas, na sua maior dimensão e nas proximidades de sua face inferior, três barras de ferro redondas de 1/4" de diâmetro.

### Ligação da fossa à canalização da casa

O esgoto que liga os aparelhos sanitários domésticos à fossa é feito com tubos de concreto ou de barro vidrado, do tipo ponta e bolsa. As juntas devem ser bem cimentadas com argamassa no traço 1:2, para evitar vazamento.

Para tubos de 10 cm de diâmetro, é conveniente dar um caimento de 2 cm por metro, para o lado da fossa, podendo esse

caimento ser reduzido a 1 cm por metro, quando os tubos forem de 15 cm.

### Assentamento do esgoto da fossa

Para escoamento do efluente da fossa, usam-se tubos de concreto ou de barro de 10 cm de diâmetro, assentados a uma profundidade mínima superior a 50 cm, e que varie, em regra, entre 30 e 40 cm (Fig. 2). À exceção dos quatro ou cinco primeiros tubos a partir da fossa, que serão colocados unidos e com as juntas tomadas com argamassa de cimento e areia para evitar vazamento, os demais serão colocados com intervalo de 0,5 cm entre pontas. Estas juntas ficarão abertas para que o terreno absorva o efluente.

Este modo de assentamento dos tubos permite que as águas que saírem da fossa sejam absorvidas por uma camada superficial do terreno, de 50 a 60 cm de espessura, na qual são muitas as bactérias aeróbias, que agem sobre as águas de esgotos, completando o seu tratamento.

O assentamento dos tubos do esgoto deve ser colocado com encaixamento uniforme de 40 cm por metro, aproximadamente (Fig. 3).

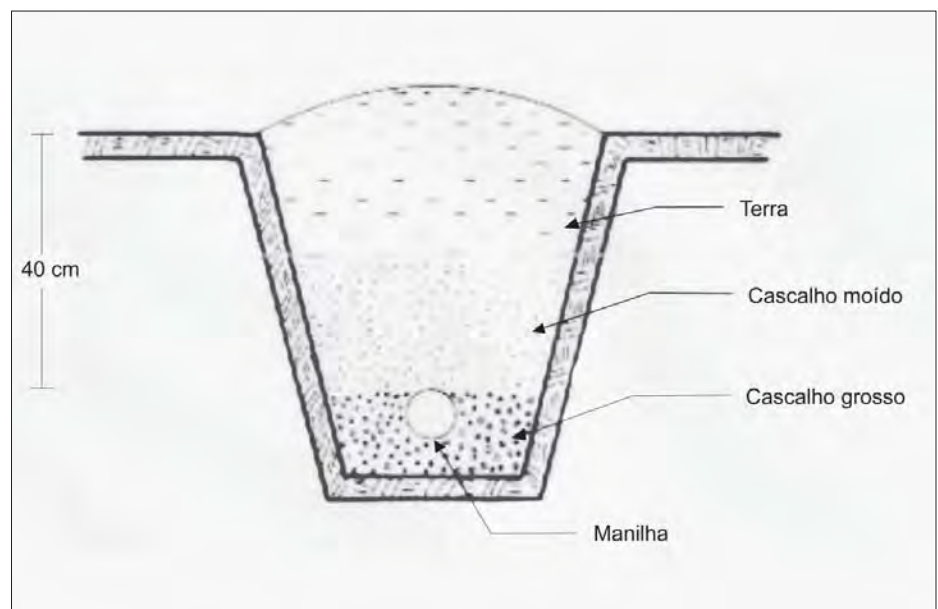


Figura 2 - Corte transversal mostrando as diversas camadas de materiais a serem colocados sobre a manilha

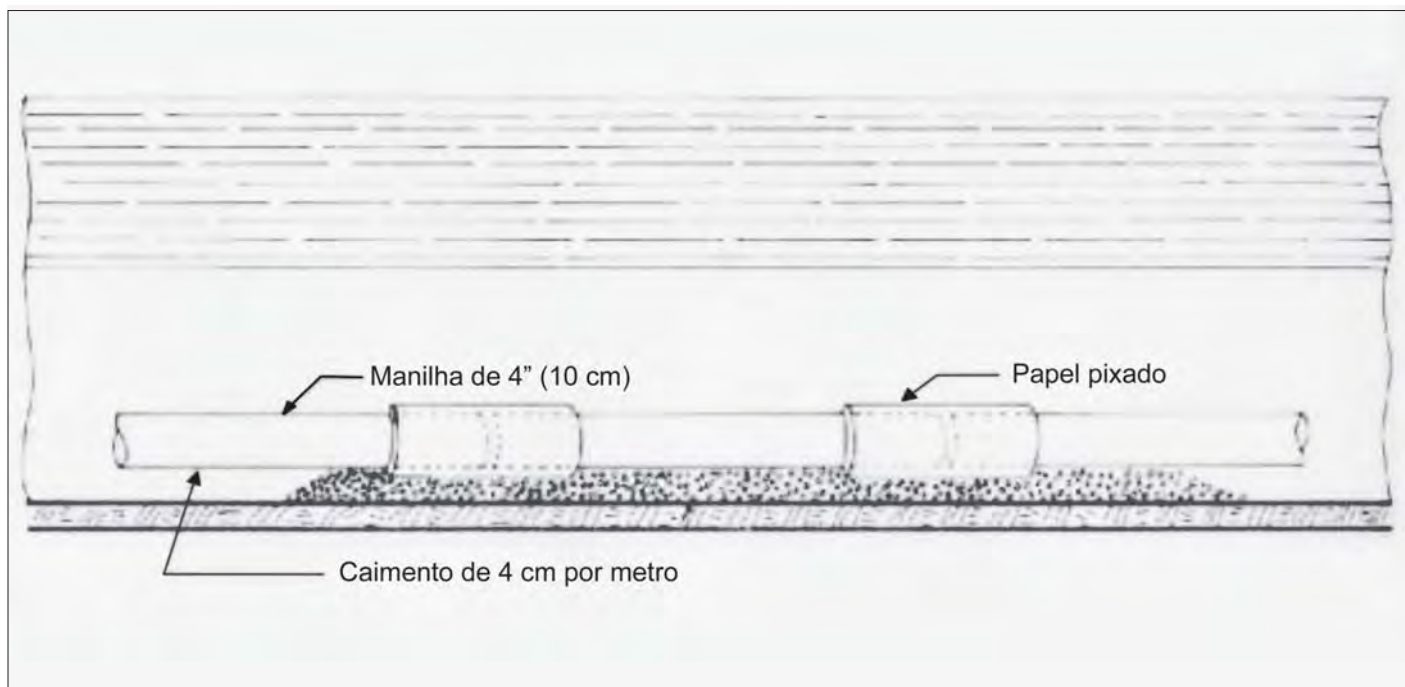


Figura 3 - Corte longitudinal mostrando o assentamento de manilhas para escoamento de efluentes da fossa

### Ligação da fossa às linhas de esgoto

Empregam-se, em regra, tubos em forma de Y, T ou L para a entrada e saída da fossa, com a finalidade de reduzir a velocidade de escoamento do líquido e diminuir o turbilhonamento dentro do tanque.

### Orçamento

O Quadro 1 apresenta o orçamento para implantação de uma fossa séptica.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

A fossa séptica é uma alternativa viável. Ela evita que o esgoto das residências rurais, áreas de *camping* e ranchos continue a contaminar e a poluir os rios e seus afluentes, cujas águas são utilizadas para abastecimento urbano, agricultura, pecuária, agroindústria, lazer, etc.

### BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

BOLETIM DE INFORMAÇÕES DA ABCP. São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland, n.28, 1993.

QUADRO 1 - Custos para a construção de uma fossa séptica

Especificação	Unidade	Quantidade	Custo (R\$)	
			Unitário	Total
Escavação da fossa	d/H	03	15,00	45,00
Escavação de valeta	d/H	07	15,00	105,00
Cimento	sc	20	18,50	370,00
Areia	m <sup>3</sup>	1,50	33,33	50,00
Brita	m <sup>3</sup>	1,60	46,25	74,00
Ferro ¼"	kg	5	8,80	44,00
Manilha em Y 4"	nº	2	40,00	80,00
Manilha comum 4"	nº	110	20,00	2.200,00
Pedreiro	d/H	06	30,00	180,00
Servente	d/H	13	15,00	195,00
Total				3.343,00

FONTE: Cemig - Fazenda Energética de Uberaba

NOTA: d/H - dia/homem.



# Monitoramento da qualidade de água e de sedimento em reservatórios

Maria Edith Rolla<sup>1</sup>  
Antônio José Machado<sup>2</sup>

Resumo - Discorre sobre monitoramento de água e sedimento realizado pela Companhia Energética de Minas Gerais (Cemig), nos últimos 10 anos, em seus reservatórios. Tem como objetivo acompanhar a qualidade da água dos rios, onde a empresa possui reservatórios, para se saber o comprometimento desses e também os seus níveis de assoreamento. A metodologia usada para coleta e análise é a descrita no manual da empresa e que segue os parâmetros definidos na Resolução Conama nº 020/86, quanto aos níveis máximos permitidos. São discutidos o monitoramento de seis bacias (Grande, Paranaíba, Pardo, São Francisco, Doce, Paraíba do Sul e Jequitinhonha), 24 sub-bacias diferentes, perfazendo um total de 31 reservatórios e 145 estações de coleta de água, e nove estações de coleta de sedimento. Para apresentação dos resultados foi utilizado o Índice de Qualidade de Água (IQA), para facilitar o entendimento entre leigos, dividido por bacia hidrográfica.

Palavras-chave: Tratamento de água. Coleta de água. Bacia hidrográfica.

## INTRODUÇÃO

A necessidade de fazer o acompanhamento da qualidade de água e da produção de sedimento cresce a cada dia no Brasil, por causa do seu uso intenso pela indústria, mineração e agricultura, associado com a expansão da população humana e ação antrópica do homem nas bacias hidrográficas. O desenvolvimento tecnológico, em muitos pontos benéfico para o homem, trouxe, em contrapartida, problemas para os ecossistemas aquáticos, tornando a água, em muitos casos, imprópria para outros usos como a recreação e a pesca. Diante disso, torna-se importante o acompanhamento da qualidade da água e da produção de sedimento, para que se tenha uma real dimensão do seu comprometimento. Na década de 70, iniciou-se na Companhia

Energética de Minas Gerais (Cemig) o monitoramento de sedimento e, em 1991, o de Qualidade da Água de Reservatórios da empresa. Desde então, vêm sendo desenvolvidas metodologias que foram evoluindo, acompanhando os problemas e as muitas variações inseridas nos diversos ecossistemas pelas atividades observadas nas suas bacias de drenagem ao longo destes anos. Convém lembrar que a Cemig possui reservatórios em praticamente todas as bacias hidrográficas do estado de Minas Gerais, que, por sua vez, possui uma grande e variada rede de importância econômica para o Brasil. A Cemig faz monitoramento de seis bacias (Grande, Paranaíba, Pardo, São Francisco, Doce, Paraíba do Sul e Jequitinhonha) e 24 sub-bacias diferentes, perfazendo um total de 31 reservatórios em

operação com 145 estações de coleta de água e 9 estações de coleta de sedimento.

A quantidade de dados produzidos pelas análises das 145 estações de coleta de água é muito grande e, para que eles possam ser consultados a qualquer tempo, foi criado um banco de dados digital instalado em rede. Ele é um *software* que permite o armazenamento de dados físicos, químicos e hidrobiológicos das estações de monitoramento da Cemig. A partir dos dados armazenados é possível calcular diversos índices de qualidade da água. O sistema foi desenvolvido para rodar em ambientes *desktop* e o banco de dados de sedimento foi desenvolvido em linguagem *Access*. Através da geração de arquivos texto de exportação/importação é possível o intercâmbio de dados entre os sistemas instalados.

<sup>1</sup>Bióloga, Gerência de Programas e Ações Ambientais CEMIG, Av. Barbacena, 1.200 - Santo Agostinho, CEP 30123-970 Belo Horizonte-MG. Correio eletrônico: medith@cemig.com.br

<sup>2</sup>Eng<sup>o</sup> Hidrólogo, Gerência de Planejamento Hidroenergético CEMIG, Av. Barbacena, 1.200 - Santo Agostinho, CEP 30123-970 Belo Horizonte-MG. Correio eletrônico: c051823@cemig.com.br

A Cemig, seguindo a filosofia de normatização de dados, pretendeu que o sistema fosse feito da forma mais adequada e uniforme possível, para que os dados obtidos pudessem ser utilizados pela própria empresa em todas as suas unidades e por seus parceiros, podendo-se fazer uma avaliação espacial e temporal da qualidade da água nos reservatórios da empresa. Para isto, foi editado, também, um Manual de Procedimentos de Coleta e Metodologia de Análise de Água (ROLLA et al., 2001), cujo principal objetivo foi padronizar os métodos a serem utilizados nas campanhas de campo e laboratórios. Dá-se uma atenção especial para a coleta, porque os resultados obtidos serão duvidosos e comprometerão as interpretações e projeções, caso ela não seja feita de forma correta. O guia tenta, também, minimizar as diferenças existentes entre os coletores, para que os resultados obtidos possam ser colocados no banco de dados e, posteriormente, comparados e avaliados para se traçarem estratégias de manejo de reservatórios, visando sua melhor utilização, operação e mesmo a conservação de seus equipamentos. Outro objetivo é o de chamar a atenção para a segurança e a saúde dos coletores durante o trabalho.

## PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Na definição dos parâmetros, quantidade de estações e periodicidade do monitoramento de um reservatório, levaram-se em consideração as diferenças regionais, geográficas, sociais e econômicas, pois as ações decorrentes do uso do solo, na bacia de drenagem dos reservatórios, vão determinar as condições em que o ecossistema a ser monitorado se encontra e as tensões exercidas sobre ele. Determinados reservatórios vão requerer um planejamento mais elaborado, devido a sua localização próxima a grandes centros industriais e urbanos e/ou devido a sua dimensão e importância para a geração de energia.

As coletas são programadas, preferencialmente, para a parte da manhã, que é o

horário em que a temperatura do ar é mais baixa, mais agradável ao trabalho e traz menos distorções para os resultados a serem obtidos.

Outras considerações de cunho prático são observadas, como o transporte das amostras, com um mínimo de variações, para o local onde elas serão analisadas e os horários e os meios de transportes disponíveis.

### Coleta de água classificada em dois tipos

#### Contínuas ou permanentes

Normalmente, feitas pela manhã e executadas após uma caracterização prévia do reservatório a ser monitorado, decidindo-se a periodicidade e o tamanho da rede de amostragem, de acordo com a necessidade da região e a importância estratégica da usina.

#### Emergenciais

Realizadas em qualquer dia ou hora, visam atender problemas causados por algum acidente ambiental, que pode trazer problemas para a vida aquática. O roteiro, para esse tipo de serviço, é montado com base nas informações das equipes de campo da região afetada e informações da população ribeirinha.

### Parâmetros considerados indispensáveis para uma coleta de rotina em ambientes lênticos (lagos, reservatórios, etc.)

- a) para as coletas que devem ser feitas a 20 cm da superfície: estreptococos fecais – NMP 100 mL<sup>-1</sup>; coliformes fecais – NMP 100 mL<sup>-1</sup>; fitoplâncton para cianófitas – org mL<sup>-1</sup>; óleos e graxas – mg L<sup>-1</sup>; temperatura da água – °C (perfil); temperatura do ar – °C; transparência do disco de Secchi – m;
- b) coletas feitas na metade da zona fótica: condutividade elétrica – μS cm<sup>-1</sup>;

sólidos totais – mg L<sup>-1</sup>; sólidos totais dissolvidos – mg L<sup>-1</sup>; pH; turbidez – NTU; alcalinidade bicarbonato – mg L<sup>-1</sup>; cálcio – mg L<sup>-1</sup>; ferro total – mg L<sup>-1</sup>; nitrogênio nítrico – μg L<sup>-1</sup>; cor – mg L<sup>-1</sup>; nitrogênio amoniacal – μg L<sup>-1</sup>; fosfato total – μg L<sup>-1</sup>; oxigênio dissolvido – mg L<sup>-1</sup>; DBO – mg L<sup>-1</sup>; fitoplâncton – org mL<sup>-1</sup>; zooplâncton – org mL<sup>-1</sup>; clorofila<sup>a</sup> – μg L<sup>-1</sup> (GOLTERMAN, 1978);

- c) coletas de profundidade, mais ou menos 1 m do fundo: condutividade elétrica – μS cm<sup>-1</sup>; cor – mg L<sup>-1</sup>; sólidos totais – mg L<sup>-1</sup>; sólidos totais dissolvidos – mg L<sup>-1</sup>; pH; turbidez – NTU; alcalinidade bicarbonato – mg L<sup>-1</sup>; cálcio – mg L<sup>-1</sup>; ferro total – mg L<sup>-1</sup>; nitrogênio nítrico – μg L<sup>-1</sup>; nitrogênio amoniacal – μg L<sup>-1</sup>; fosfato total – μg L<sup>-1</sup>; oxigênio dissolvido – mg L<sup>-1</sup>; DBO – mg L<sup>-1</sup>.

### Parâmetros considerados indispensáveis para uma coleta de rotina em ambientes lóticos (rios, riachos e nascentes)

As coletas seguiram as mesmas regras definidas para ambientes lênticos. Considerou-se que em rios, córregos, etc., não existiria estratificação da água, logo as coletas foram feitas a uma determinada profundidade. Elas foram realizadas com balde, a aproximadamente 20 cm de profundidade e as estações de coleta escolhidas de acordo com a facilidade de acesso para os técnicos. Os parâmetros físico-químicos foram praticamente os mesmos da metade da zona fótica de ambientes lênticos, exceto, por alguns poucos parâmetros. O parâmetro hidrobiológico escolhido no monitoramento da Cemig para ambientes lóticos foi o zoobênton considerado o melhor bioindicador para águas doces. As coletas são feitas a 20 cm da superfície: temperatura do ar – °C; temperatura da água – °C; condutividade elétrica – μS cm<sup>-1</sup>;

cor – mg L<sup>-1</sup>; sólidos totais – mg L<sup>-1</sup>; sólidos totais dissolvidos – mg L<sup>-1</sup>; pH; turbidez – NTU; alcalinidade bicarbonato – mg L<sup>-1</sup>; cálcio – mg L<sup>-1</sup>; ferro total – mg L<sup>-1</sup>; nitrogênio nítrico – µg L<sup>-1</sup>; nitrogênio amoniacal – µg L<sup>-1</sup>; fosfato total – µg L<sup>-1</sup>; oxigênio dissolvido – mg L<sup>-1</sup>; DBO – mg L<sup>-1</sup>; coliforme fecal – NMP mL<sup>-1</sup>; estreptococo fecal – NMP mL<sup>-1</sup>; zoobênton – ind L<sup>-1</sup>.

### Coleta de sedimento

As coletas são efetuadas utilizando-se dois métodos de medição:

- a) método de incremento de descargas iguais (Fig. 1): consiste em coletar amostras em cinco pontos diferentes numa seção transversal de um rio. Esses pontos são posicionados nos centróides dos incrementos de descargas iguais, que correspondem a 10%, 30%, 50%, 70% e 90%

da descarga líquida total daquela seção transversal do rio (CEMIG, 1990);

- b) método de incremento de larguras iguais (Fig. 2 e 3): consiste em coletar amostras em dez pontos diferentes numa seção transversal. Para determinar esses pontos, divide-se a largura do rio na seção desejada em dez partes iguais para fazer a coleta das amostras.

A frequência de coleta de sedimento consiste em dez coletas de amostras anuais feitas pela equipe de hidrometria, uma coleta diária nos meses chuvosos (outubro a março) e uma coleta semanal nos meses secos (abril a setembro) feitas pelo observador da estação de medição.

As coletas foram feitas para atender aos objetivos do trabalho e de acordo com a importância do reservatório a ser estu-

do. Assim, muitos foram amostrados apenas uma vez ou anualmente, outros semestralmente, e alguns trimestralmente, dependendo das exigências legais e/ou de seu comprometimento. Algumas estações foram abandonadas, porque não se mostraram importantes dentro do processo, e outras por terem resultados considerados muito bons dentro da legislação. Algumas estações foram acrescentadas, à medida que as informações de cada reservatório eram conhecidas e os locais considerados de importância dentro do processo.

Todos os resultados de qualidade de água obtidos no monitoramento foram comparados com a legislação estadual DN COPAM 010/1986 (COPAM, 1987), estando, em sua maioria, dentro dos padrões. Alguns, como era esperado, tiveram resultados muito ruins.

Para os parâmetros físico-químicos, foi



Figura 1 - Coleta pelo método de incremento de descargas iguais





Figura 2 - Coleta pelo método de incremento de larguras iguais



Figura 3 - Amostras coletadas pelo método de incremento de larguras iguais

utilizado o Índice de Qualidade de Água (IQA). Este índice é determinado pelo produto ponderado das qualidades de água correspondente aos parâmetros: oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, coliformes fecais, temperatura da água, pH, nitrato, fosfato total, sólidos totais e turbidez. A qualidade das águas é indicada numa escala de 0 a 100, segundo a gra-

duação abaixo: excelente  $90 < IQA < 100$ ; bom  $70 < IQA < 90$ ; médio  $50 < IQA < 70$ ; ruim  $25 < IQA < 50$ ; muito ruim  $0 < IQA < 25$ . O cálculo do IQA foi desenvolvido pela *National Sanitation Foundation - USA*, através de pesquisa de opinião feita a 142 profissionais de distintas especialidades.

Para entender melhor as relações fósforo/nitrogênio, utilizou-se a taxa N/P, que

fornece uma indicação sobre qual componente é o elemento limitante na produção primária de ambientes aquáticos. Kreenkel e Novotny (1980), sugerem que o fósforo é o possível nutriente limitante, quando essa relação é maior que 15, enquanto que, para valores menores, o nitrogênio torna-se limitante.

Para a balneabilidade, os dados estão sendo comparados com a Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000 (CONAMA, 2001), que entrou em vigor em janeiro de 2001 e que considera além da presença de coliformes fecais, os estreptococos fecais e as algas cianofíceas. É utilizada a relação CF/EF, que fornece uma indicação de origem da contaminação, se proveniente de despejos humanos ou animais (METCALF & EDDY INC., 1984). Assim, quando os despejos são de origem animal, a relação é menor que 1, enquanto que, para despejos humanos, é maior que 4. Entre esses dois valores a poluição é considerada mista, ou seja, animal e humana. Tomando-se as devidas restrições, podem-se considerar esses bons índices, para decodificação das informações.

## RESULTADOS

Os Gráficos de 1 a 5 apresentam o resultado do IQA para as estações de coleta do epilímnio. O Gráfico 1 apresenta as estações localizadas na Bacia do Rio Grande, perfazendo um total de sete reservatórios e 28 estações. A maioria delas foi considerada de boa (19) e média (7) qualidade, sendo uma excelente e uma ruim.

O Gráfico 2 apresenta o estudo em outros sete reservatórios da Bacia do Paranaíba, onde foram amostradas 32 estações. Destas, 20 foram consideradas de boa qualidade, 11 de média qualidade e uma de excelente qualidade. As estações localizadas na Bacia do Rio São Francisco são apresentadas no Gráfico 3. Por ela pode-se observar que nos cinco reservatórios estudados com amostras feitas em 21 estações, os resultados foram 15 estações com água de boa qualidade, cinco de média e uma ruim.

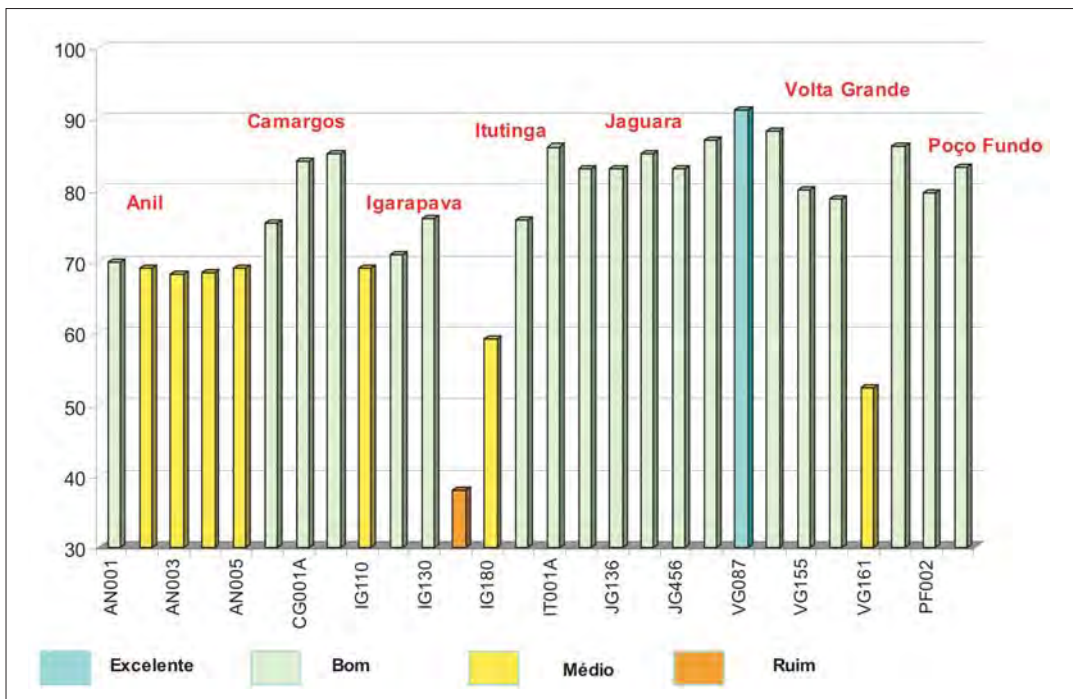


Gráfico 1 - Índice de Qualidade de Água (IQA) das estações de coleta dos reservatórios da Cemig na Bacia Rio Grande - 2002

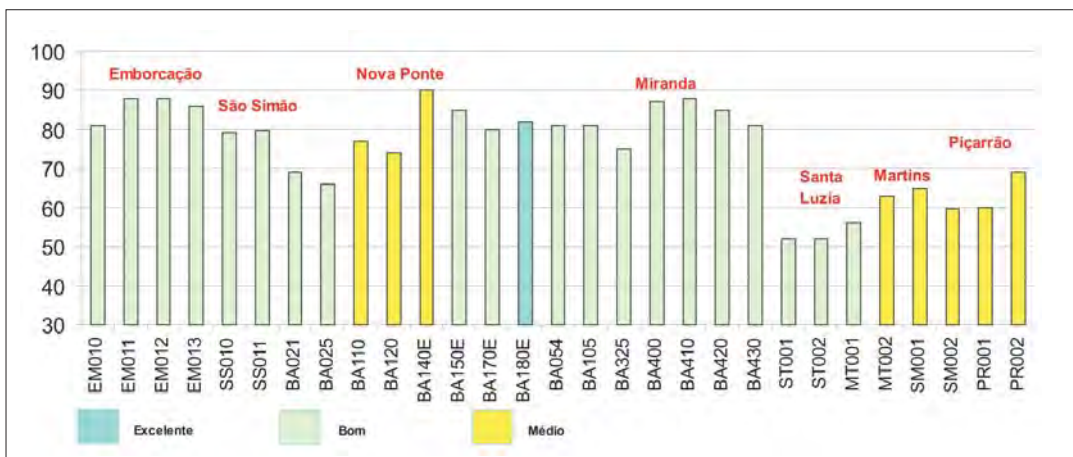


Gráfico 2 - Índice de Qualidade de Água (IQA) das estações de coleta dos reservatórios da Cemig na Bacia do Rio Paranaíba - 2002

A Bacia do Rio Doce (Gráfico 4) apresentou sete estações com boa qualidade de água, sete média e uma ruim.

O reservatório de Salinas, localizado na Bacia do Rio Jequitinhonha (Gráfico 5), apresentou os resultados semelhantes aos outros, com uma estação considerada de média qualidade e as outras de boa qualidade. Esses resultados apresentaram um cenário da situação das águas desses reservatórios como sendo, em sua maioria,

de boa qualidade. A bacia que se mostrou mais comprometida foi a do Rio Doce, onde 50% das estações mostraram-se com qualidade média, todas em reservatórios de Pequenas Centrais Hidrelétricas, próximas a centros urbanos. Esses resultados refletiram a intensa e antiga ocupação humana da região. Outras bacias apresentaram resultados condizentes com a ocupação humana de cada uma delas, mostrando resultados comprometedores apenas em

estações próximas aos centros urbanos. Isso pode ser observado claramente nas Bacias dos Rios Paranaíba, Grande e São Francisco.

Atentando-se para alguns resultados, pode ser observado o valor obtido para a taxa N/P, apresentados nos Gráficos de 6 a 10. Das 94 estações estudadas, 53 apresentaram como fator limitante para a produção primária, o nitrogênio, significando valores de fósforo comprometedores. Na maioria das regiões, o processo de eutrofização progressiva dos reservatórios e rios é extremamente grave e preocupante, implicando no aumento de células de algas cianofíceas. Essas algas comprometem a qualidade das águas para todos os usos, principalmente para abastecimento, pecuária, piscicultura e recreação, tornando esses reservatórios impróprios para esses fins. As bacias que refletiram esse quadro de forma mais acentuada, foram as do Rio Grande e do Rio Paranaíba (CEMIG, 2001).

Como é comum em águas represadas, o índice de coliformes fecais foi muito baixo na maioria das estações. As situações mais críticas

em relação a esse indicador foram registradas nas estações situadas em reservatórios de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH), a maioria delas perto de centros urbanos. Dessa forma, o índice CF/EC (Gráficos 11 a 14) apontou para contaminação animal e/ou mista na maioria das situações. Outro aspecto importante para o uso das águas é a presença de óleos e graxas que têm sido observados na maioria das estações de todas as bacias.





Criada em 1978 para coordenar as ações do Programa de Cooperação Nipo-Brasileiro para o Desenvolvimento dos Cerrados-PRODECER, o Grupo CAMPO cresceu, expandiu suas atividades e, hoje, trabalha em todos os quadrantes do país a grande vocação brasileira: a AGRICULTURA.



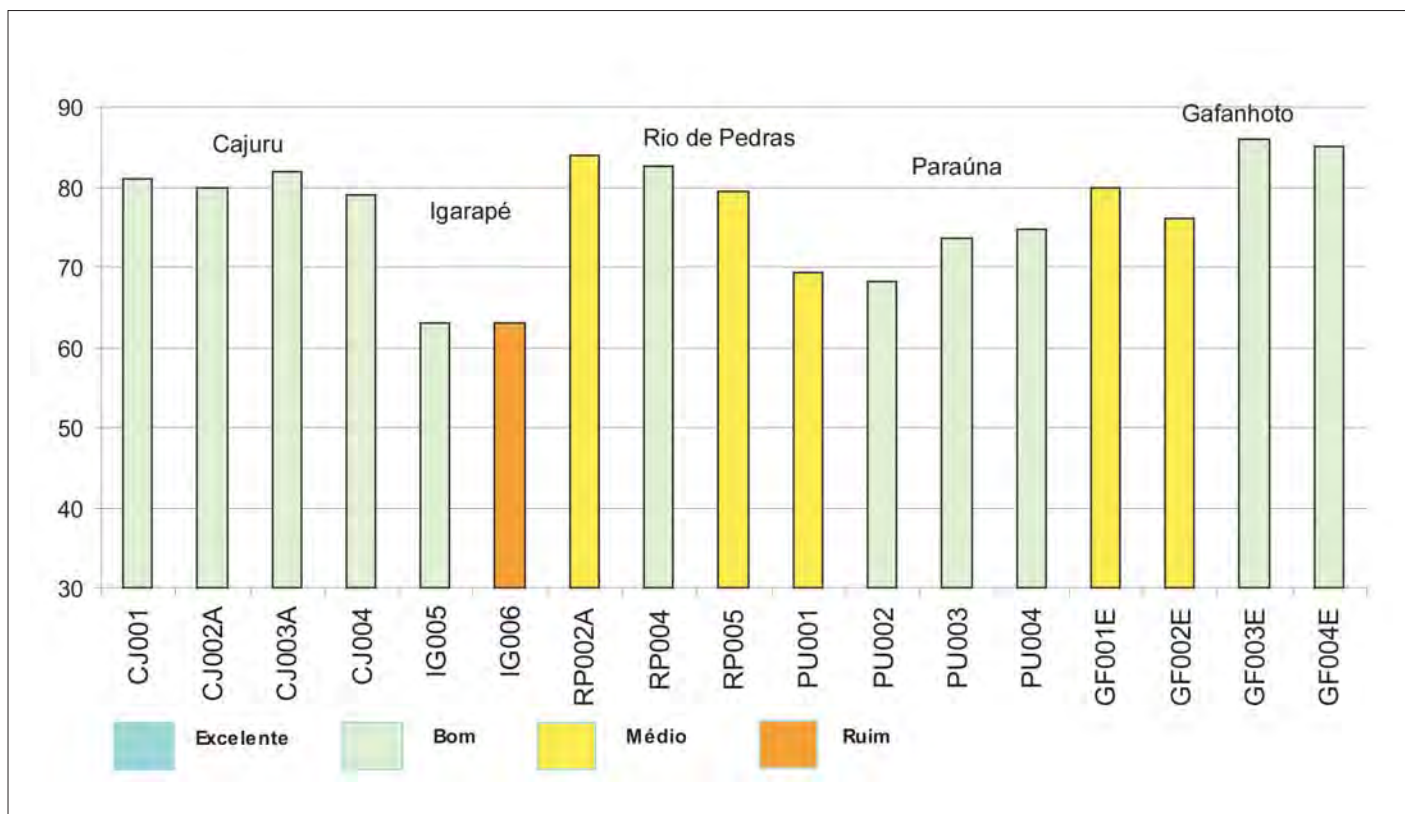


Gráfico 3 - Índice de Qualidade de Água (IQA) das estações de coleta dos reservatórios da Cemig na Bacia do Rio São Francisco - 2002

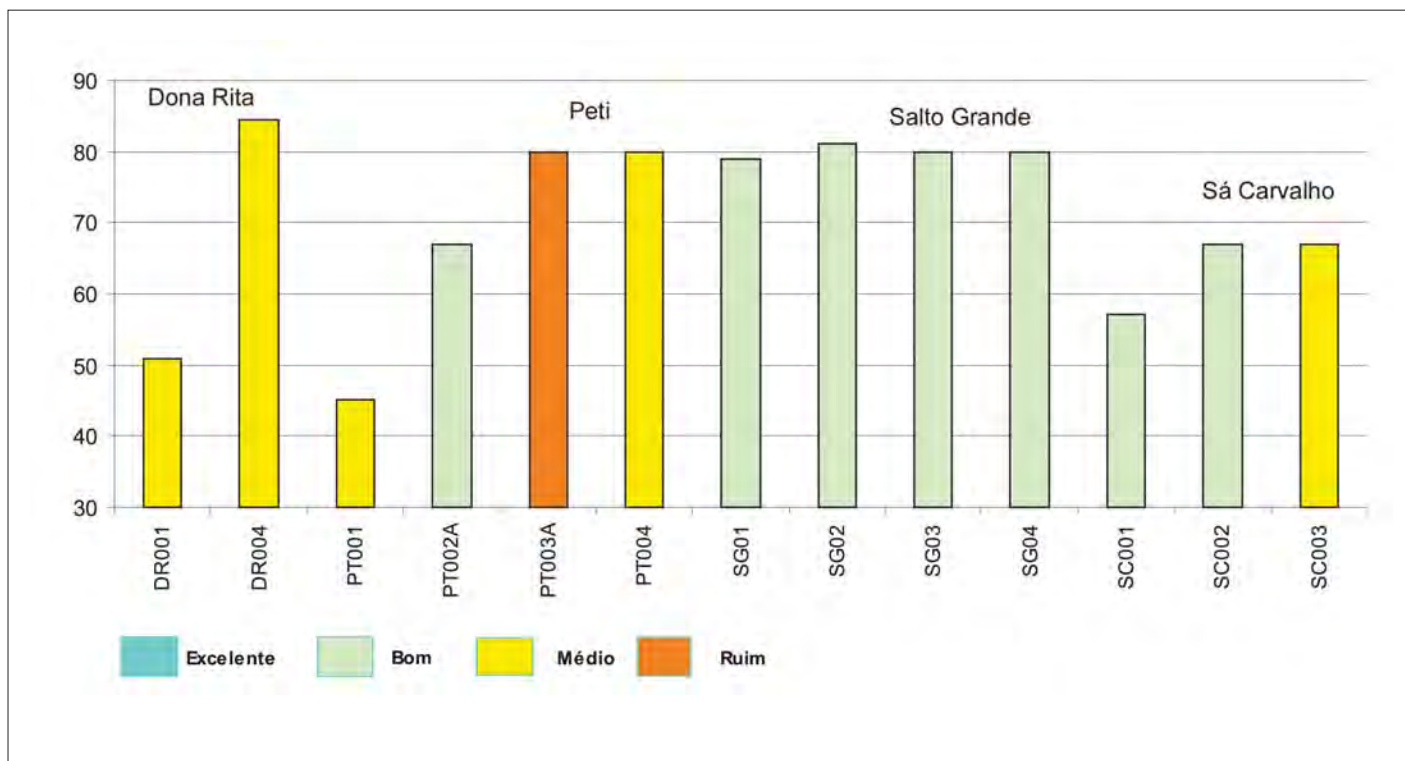


Gráfico 4 - Índice de Qualidade de Água (IQA) das estações de coleta dos reservatórios da Cemig na Bacia do Rio Doce - 2002

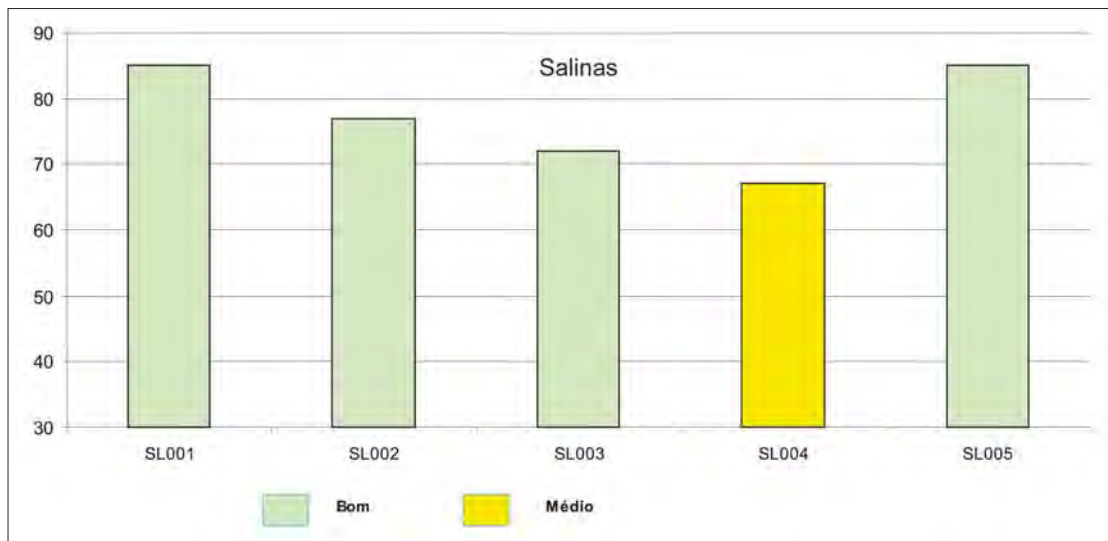


Gráfico 5 - Índice de Qualidade de Água (IQA) das estações de coleta dos reservatórios da Cemig na Bacia do Rio Jequitinhonha - 2002

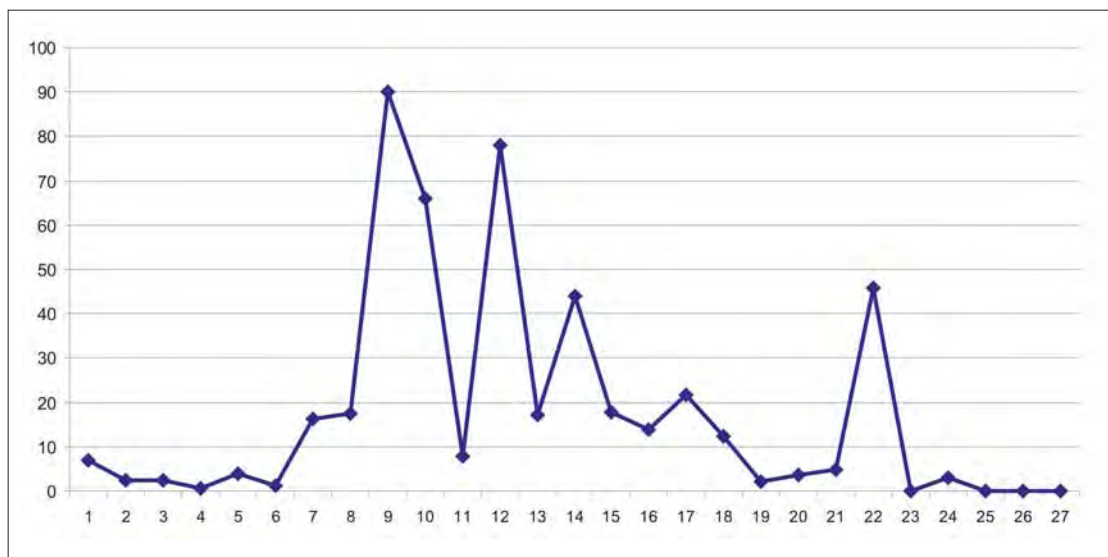


Gráfico 6 - Taxa N/P das estações dos reservatórios da Cemig na Bacia do Rio Grande - 2002

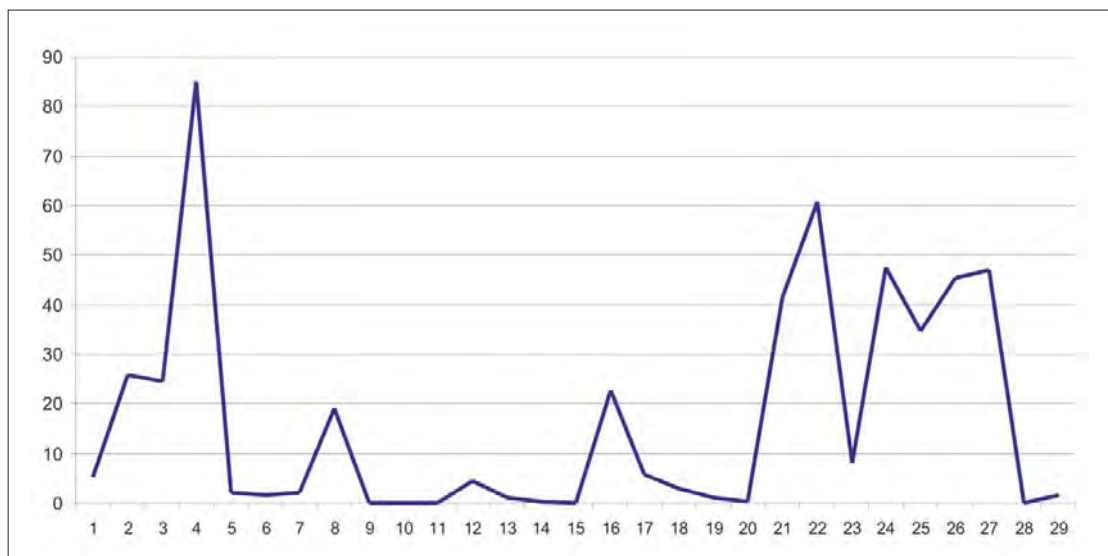


Gráfico 7 - Taxa N/P das estações dos reservatórios da Cemig na Bacia do Rio Paranaíba - 2002

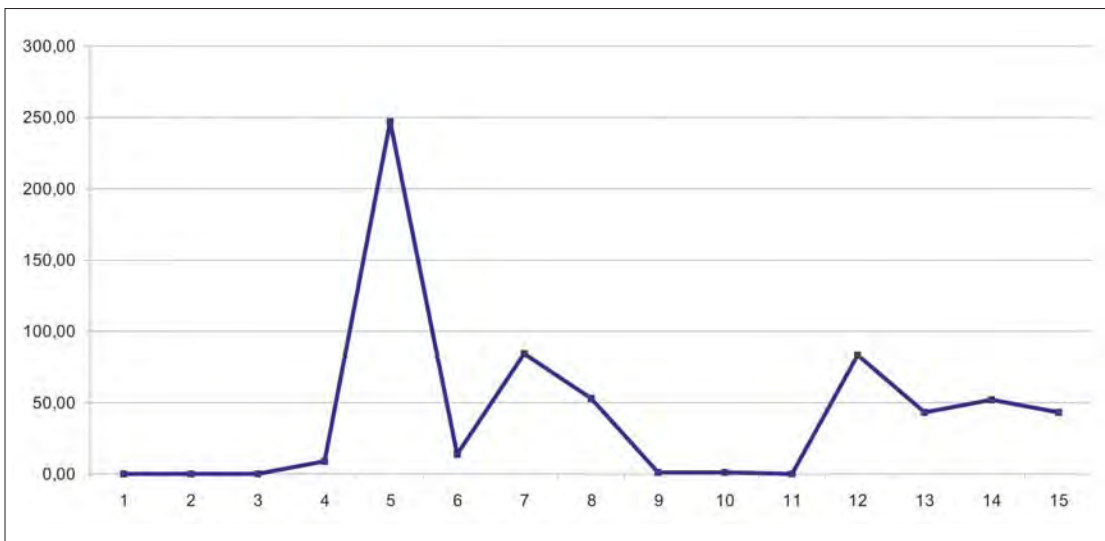


Gráfico 8 - Taxa N/P das estações dos reservatórios da Cemig na Bacia do Rio Doce - 2002

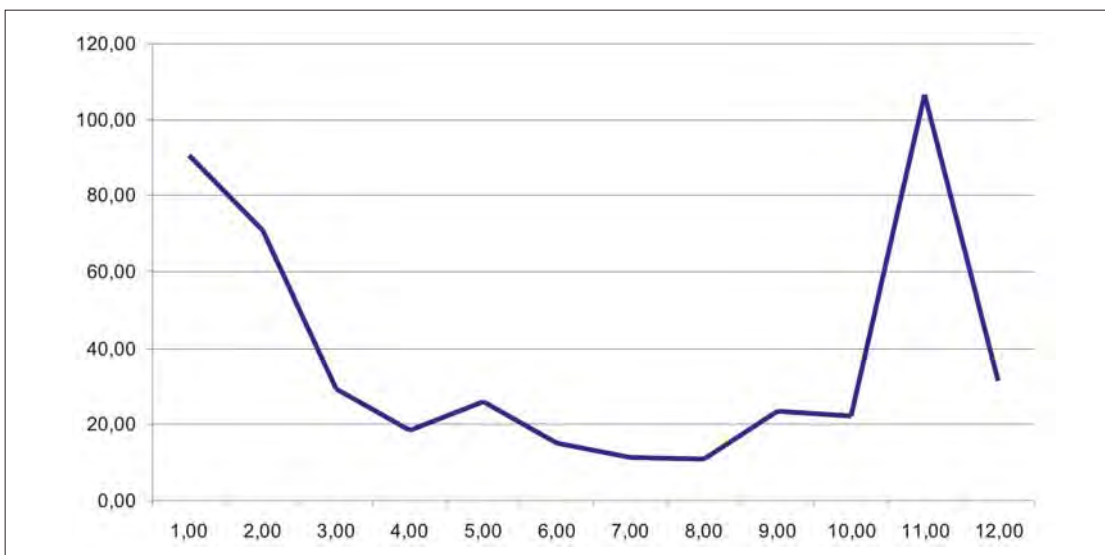


Gráfico 9 - Taxa N/P das estações dos reservatórios da Cemig na Bacia do Rio São Francisco - 2002

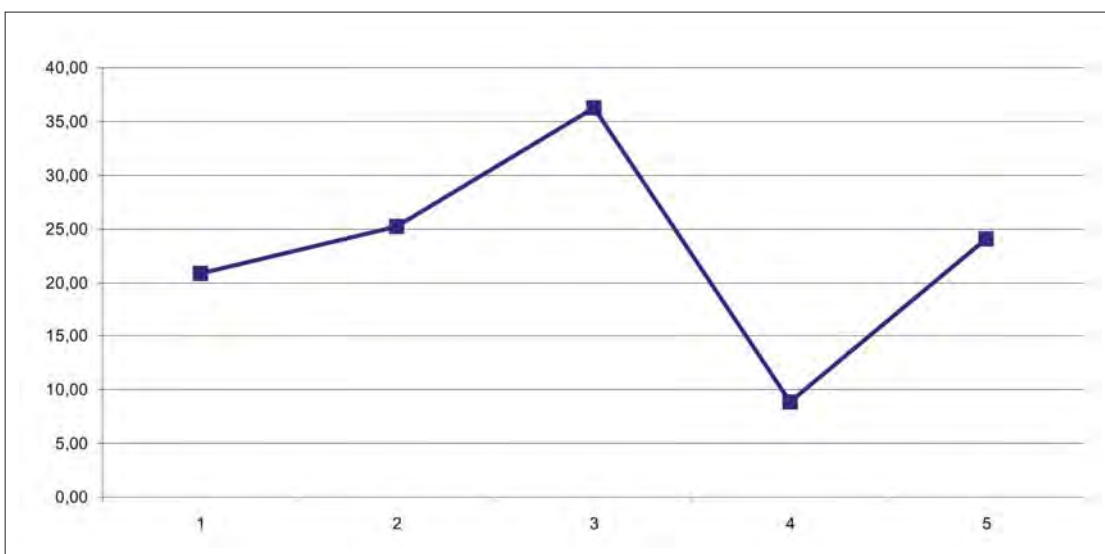


Gráfico 10 - Taxa N/P das estações dos reservatórios da Cemig na Bacia do Rio Jequitinhonha - 2002



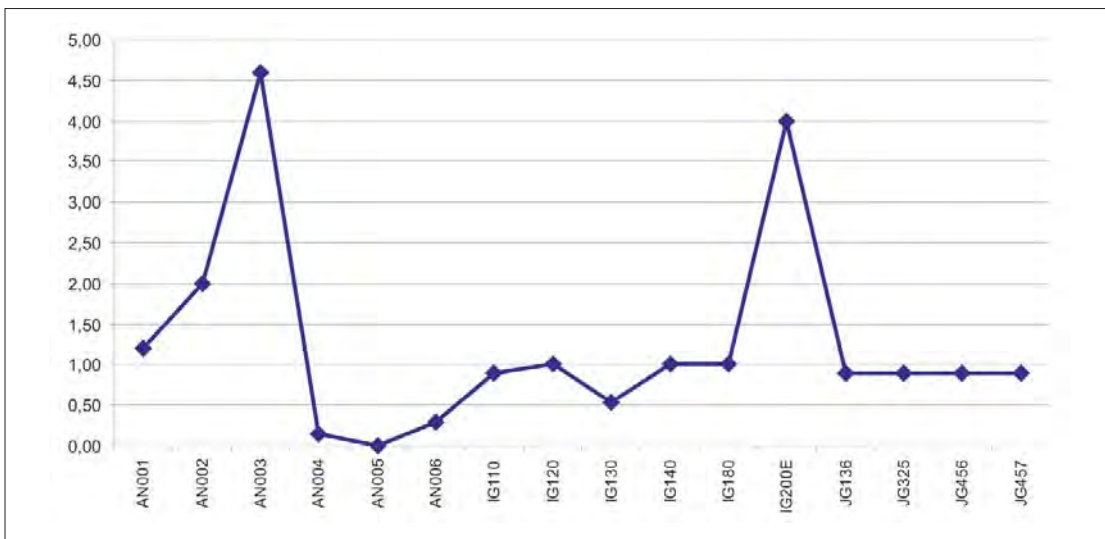


Gráfico 11 - Taxa CF/EC das estações dos reservatórios da Cemig na Bacia do Rio Grande - 2002

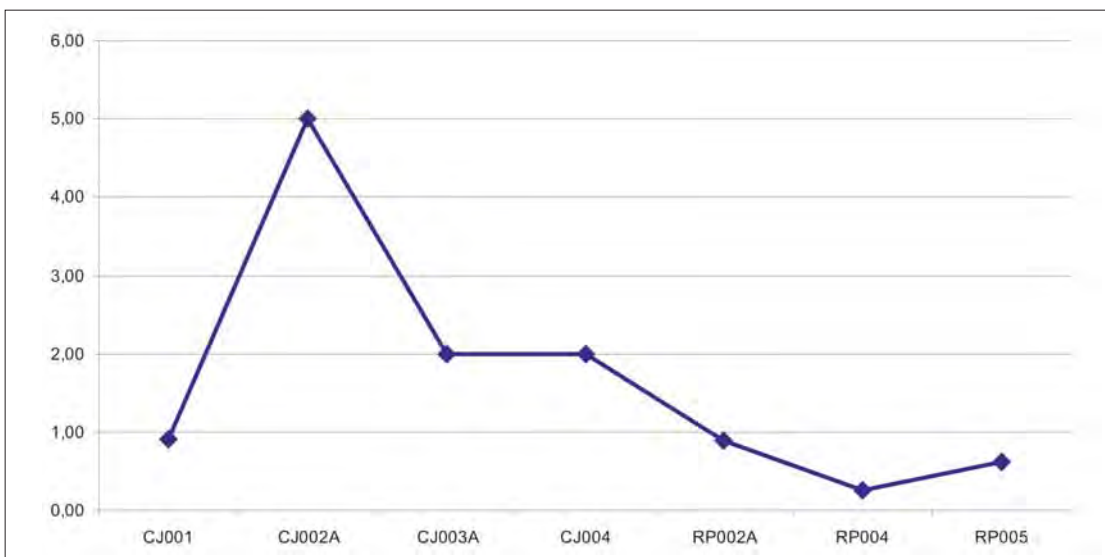


Gráfico 12 - Taxa CF/EC das estações dos reservatórios da Cemig na Bacia do Rio São Francisco - 2002

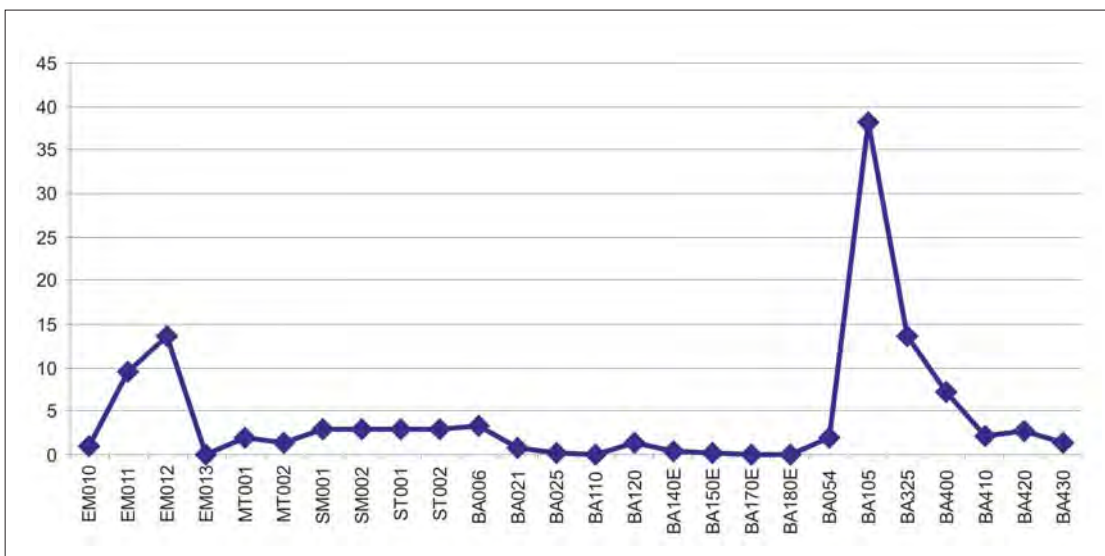


Gráfico 13 - Taxa CF/EC das estações dos reservatórios da Cemig na Bacia do Rio Paranaíba - 2002

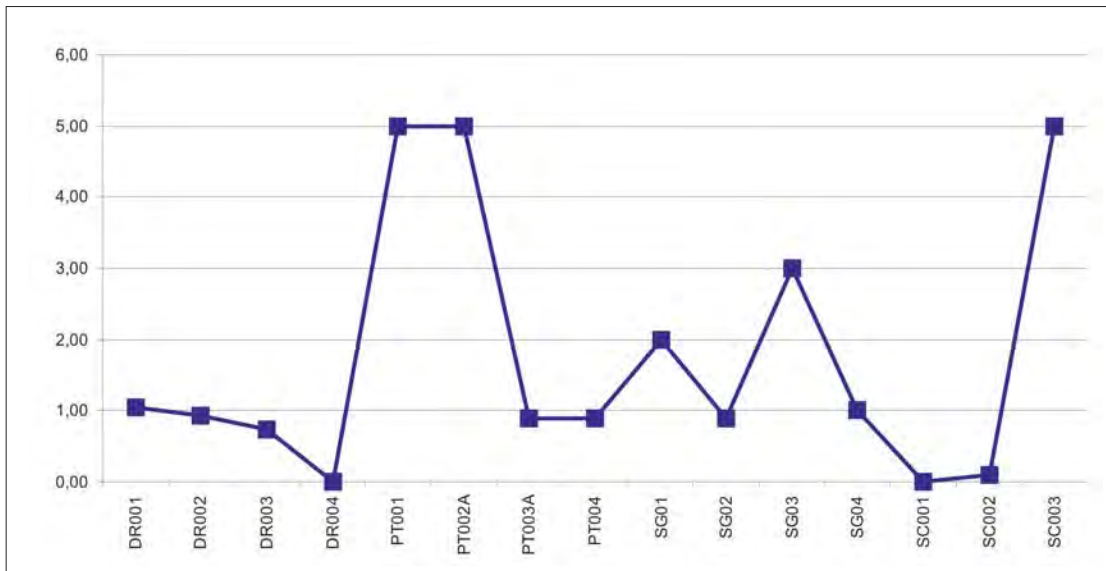


Gráfico 14 - Taxa CF/EC das estações dos reservatórios da Cemig na Bacia do Rio Doce - 2002

## CONCLUSÕES FINAIS

Da interpretação dos resultados das medidas de campo e análises laboratoriais apresentadas nos itens anteriores, concluiu-se que as águas dos reservatórios da Cemig apresentaram em sua maioria qualidade boa, quando medidas pelo IQA.

Entretanto, a presença de nutrientes deve ser um motivo de alerta, especialmente nos reservatórios do Triângulo Mineiro, pois no futuro podem trazer problemas para o uso das águas dessa região.

## REFERÊNCIAS

CEMIG. **Métodos e equipamentos para medição de descarga sólida em suspensão**. Belo Horizonte, 1990.

\_\_\_\_\_. **Relatório do monitoramento da UHE de Nova Ponte**. Belo Horizonte, 2001.

CONAMA. Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000. [Revisa os critérios de Balneabilidade em Águas Brasileiras]. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 8 jan. 2001. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/conama/>>. Acesso em: 2003.

COPAM. Deliberação Normativa nº 10, de 16 de dezembro de 1986. Estabelece normas e padrões para qualidade das águas, lançamento de efluentes nas coleções, e dá outras providências. **Minas Gerais**, Belo Horizonte, 10 jan. 1987. Diário do Executivo. Disponível em: <<http://www.feam.br/>>. Acesso em: jun. 2003.

GOLTERMAN, H.L.; CLYMO, R.S.; OHNSTAD, M.A.M. **Methods for physical and chemical analysis of freshwater**. 2.ed. Oxford: Blackwell, 1978. (International Biological Programme. Handbook, 8).

KREENKEL, P. A.; NOVOTNY, V. **Water quality management**. New York: Academic Press, 1980. 671p.

METCALF & EDDY INC. **Wastewater engineering: treatment, disposal, and reuse**. 3<sup>th</sup>ed., rev. 1979.

ROLLA, M.E.; PELLI, A.; RAMOS, S.M.; SOUZA, D.S. **Manual de procedimentos de coleta e metodologia de análise de água**. Belo Horizonte: CEMIG, 2001.

Portal EPAMIG - Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - Microsoft Internet Explorer

Endereço: <http://www.epamig.br>

**EPAMIG - EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS**

**www.epamig.br**

**Neste site tem tecnologia!**

2004  
3 anos  
EPAMIG

A EPAMIG  
Instituição  
Diretoria Executiva  
Missão/Negócio  
Unidades  
Biblioteca



# INFORME AGROPECUARIO



## A Tecnologia da Epamig ao seu alcance!

O Informe Agropecuário é um veículo de difusão das tecnologias geradas ou adaptadas pela EPAMIG. Cada edição esgota todos os aspectos de uma cultura ou atividade agropecuária, contribuindo para o desenvolvimento do agronegócio de Minas Gerais. Esse trabalho favorece o intercâmbio de informações e a constante atualização de produtores rurais, técnicos, estudantes e professores de Ciências Agrárias sobre técnicas e manejos mais adequados e produtivos.

DPTD/2005

## Faça sua assinatura!

Informações: (31) 3488-6688  
[publicacao@epamig.br](mailto:publicacao@epamig.br)







**27 a 29**

**CONTROLE ALTERNATIVO DE PRAGAS E DOENÇAS**  
**WORKSHOP**  
**VIÇOSA - MG**

**ABRIL**  
**2005**

**Local: Auditório do DEF/UFV**

**INFORMAÇÕES E INSCRIÇÕES:**

EPAMIG/CTZM  
Vila Gianetti, 46 - Campus da UFV  
36570-000 - Viçosa - MG  
Tel.: (31) 3891-2646 - Fax: (31) 3899-5224  
venzonz@epamig.ufv.br

Realização:



Apoio:



Patrocínio:

