

Utilização de Resíduos Urbanos e Industriais

8

Capítulo

Manoel Dornelas de Souza
José Flávio Dynia
Wagner Bettioli

Toda e qualquer atividade humana leva à produção de resíduos (lixo urbano e industrial, esgotos etc.) cuja disposição inadequada tem causado contaminação ambiental. A crescente percepção do problema pela sociedade tem demandado, do poder público, medidas que visam a melhoria das condições ambientais comprometidas por esses resíduos. Como consequência, já se verifica em diversos municípios, principalmente do Estado de São Paulo, a implantação de estações de tratamento de esgotos e de coleta seletiva de lixo. Em alguns estados, há a preocupação com a elaboração de legislação e normas específicas, visando o tratamento adequado e a disposição segura dos resíduos no ambiente. Entre os resíduos gerados, os que mais causam preocupação são o lodo de esgoto (também denominado de biossólido) e o lixo urbano, tanto pelo grande volume produzido, como pelos contaminantes que eles podem carrear para o solo, a água e o ar.

Esgotos urbanos que são um dos principais poluidores dos mananciais hídricos, também podem causar a contaminação de solos, quando despejados diretamente ou via extravasamento de rios e canais de esgotamento. Solos de várzeas, nestas condições, podem também ser descaracterizados e/ou contaminados por agentes biológicos. Essa situação ocorre em grandes centros urbanos, onde se relata ainda o uso de irrigação, especialmente na produção de olerícolas, com águas superficiais contaminadas por esgotos de natureza diversa.

Outra fonte de contaminação, também restrita ao entorno dos centros urbanos é o lixo urbano. Em termos de poluição, apenas os aterros sanitários oferecem certa segurança, pois utilizam critérios de engenharia e normas operacionais bastante rígidas. Nos demais tipos de disposição (lixões e aterros controlados), além da perda da camada superficial, não há

impermeabilização do solo, o que implica em risco de contaminação do subsolo e das águas subterrâneas por produtos orgânicos resultantes da decomposição da matéria orgânica contida no lixo.

Com relação à contaminação do solo por resíduos industriais, existem apenas registros localizados, relacionados geralmente ao entorno de centros urbanos, como a contaminação de pó-de-broca (RJ), resíduos radioativos (GO), etc. Relatos sobre impactos de chuva ácida oriunda de emissões industriais e queima de combustíveis fósseis são mais frequentes sobre a saúde da população e na produção agrícola, sendo o seu efeito na descaracterização do solo ainda pouco estudado.

Lodo de esgoto ou biossólido

Os recursos hídricos, que até a geração passada eram considerados fartos, tornaram-se limitantes e comprometidos, em virtude da alta poluição em algumas regiões, necessitando, portanto, de rápida recuperação. Nessas condições, há que se tratar os esgotos urbanos que são os principais poluidores dos mananciais hídricos.

O tratamento dos esgotos, que contribui para reduzir a poluição dos rios e melhorar a saúde da população, resulta na produção de um lodo rico em matéria orgânica e nutrientes, denominado lodo de esgoto ou biossólido, havendo necessidade de uma adequada disposição final desse resíduo.

A disposição final adequada do lodo é uma etapa problemática no processo operacional de uma estação de tratamento de esgoto, pois seu planejamento tem sido negligenciado e apresenta um custo que pode alcançar até 50% do orçamento operacional de um sistema de tratamento.

As alternativas mais usuais para o aproveitamento ou disposição final do lodo de esgoto ou biossólido são: disposição em aterro sanitário (aterro exclusivo e co-disposição com resíduos sólidos urbanos); reuso industrial (produção de agregado leve, fabricação de tijolos e cerâmica e produção de cimento); incineração (incineração exclusiva e co-incineração com resíduos sólidos urbanos); conversão em óleo combustível; disposição oceânica; recuperação de solos (recuperação de áreas degradadas e de mineração) e uso agrícola e florestal (aplicação direta no solo, compostagem, fertilizante e solo sintético). Entre as diversas alternativas existentes para a disposição final do lodo de esgoto, aquela para fins agrícola e florestal se apresenta como uma das mais convenientes, pois, como o lodo é rico em matéria orgânica e em macro e micronutrientes para as plantas, é amplamente recomendada a sua aplicação como condicionador de solo e ou fertilizante. Entretanto, o lodo de esgoto apresenta em sua composição diversos poluentes como metais pesados e organismos patogênicos ao homem, dois atributos que devem ser ponderados com muito cuidado.

Características do Lodo de Esgoto ou Biossólido

A composição do esgoto varia em função do local de origem, ou seja, se de uma área tipicamente residencial ou tipicamente industrial, da época do ano e de outros fatores. A Figura 1 apresenta a composição básica de esgoto doméstico, o qual deve ser tratado nas estações de tratamento.

O lodo de esgoto apresenta uma composição muito variável, pois depende da origem e do processo

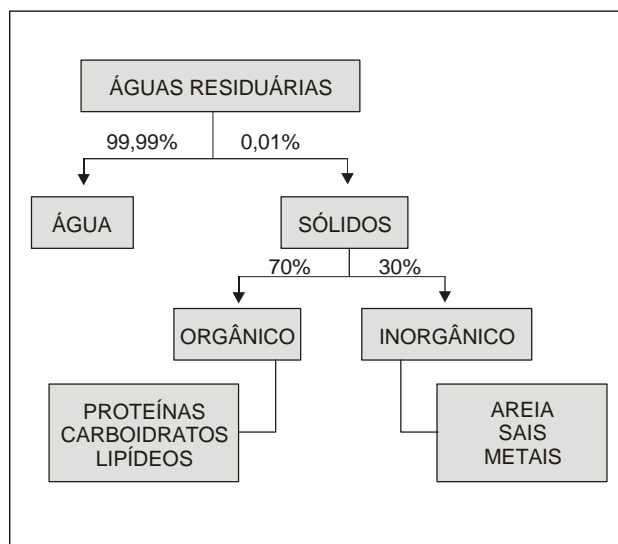


Figura 1. Composição do esgoto doméstico (Melo & Marques, 2000).

de tratamento do esgoto. Um lodo de esgoto típico apresenta em torno de 40% de matéria orgânica, 4% de nitrogênio, 2% de fósforo e os demais macro e micronutrientes. Nas Tabelas 1 e 2, pode-se observar a variação da composição do lodo de esgoto em comparação com outros resíduos orgânicos.

Benefícios do Uso Agrícola do Lodo de Esgoto

A utilização do lodo de esgoto em solos agrícolas tem como principais benefícios, a incorporação dos macronutrientes nitrogênio e fósforo, e dos micronutrientes zinco, cobre, ferro, manganês e molibdênio. Como os lodos são pobres em potássio, cerca de 0,1%, há necessidade de se adicionar esse elemento ao solo. Pode-se dizer que, normalmente, o lodo de esgoto fornece ao solo os nutrientes para as culturas. No entanto, é preciso conhecimento da sua composição, para se calcular as quantidades adequadas a serem incorporadas, sem correr o risco de toxicidade às plantas e em certas situações aos animais e ao homem e também não poluir o ambiente (CETESB, 1999).

Quanto à melhoria das condições físicas do solo, o lodo de esgoto, de maneira semelhante à matéria orgânica, aumenta a retenção de umidade em solos arenosos e melhora a permeabilidade e infiltração nos solos argilosos e por determinado tempo mantém uma boa estrutura e estabilidade dos agregados na superfície. Por outro lado, a capacidade de troca de cátions do solo, o teor em sais solúveis e de matéria orgânica pode ser aumentado, o que é extremamente benéfico para a maioria de nossos solos agrícolas que geralmente são pouco férteis e têm baixa capacidade de troca de cátions.

Embora em quantidade ainda insuficiente, várias pesquisas conduzidas no país mostram que o lodo é um produto com perspectivas muito favoráveis ao uso no solo para produção de plantas. Para a cultura do milho no cerrado brasileiro, Silva et al. (2000) demonstraram que o lodo de esgoto, gerado pela CAESB em Brasília (DF), apresenta potencial para substituição dos fertilizantes minerais. Melo & Marques (2000) apresentam informações sobre o fornecimento de nutrientes pelo lodo de esgoto para as seguintes culturas: cana-de-açúcar, milho, sorgo e aveia. Entretanto, existem informações do aproveitamento do lodo de esgoto para arroz, aveia, trigo, pastagens, feijão, soja, girassol, café e pêssego entre outras culturas (Bettiol & Camargo, 2000). Também em espécies florestais o lodo vem sendo utilizado com sucesso. Gonçalves et al. (2000) apresentam informações sobre o potencial do uso do lodo de esgoto, gerado na ETE de Barueri, SP, para o cultivo de *Eucalyptus*.

Tabela 1. Teores de micronutrientes em alguns resíduos orgânicos e no lodo de esgoto (Melo & Marques, 2000)

RESÍDUO	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
	mg kg ⁻¹ base seca					
Esterco bovino	Nd	160	7336	552	16	128
Cama de poedeira	Nd	Nd	Nd	240	Nd	210
Composto de lixo	1,0	229	23325	304	22	340
Torta de mamona	Nd	33	2876	77	Nd	156
Cama de frango	Nd	Nd	Nd	360	Nd	280
Lodo de esgoto	118	98	42224	242	9,2	1868

Tabela 2. Macronutrientes contidos em alguns resíduos orgânicos (Melo & Marques, 2000)

RESÍDUO	N	P	K	Ca	Mg	S
	mg kg ⁻¹ base seca					
Esterco de curral	17,3	2,0	8,5	5,5	3,9	0,2
Cama de poedeira	23,8	23,0	19,1	7,7		nd
Composto de lixo	12,3	2,8	8,0	25,1	3,4	nd
Vinhaça (g L ⁻¹)	0,31	0,11	3,6	0,79	0,27	0,92
Cama frango de corte	27,7	16,7	25,7	23,7	6,0	nd
Torta de filtro	7,0	5,0	3,0	35,0	2,0	1,0
Torta de mamona	16,5	8,1	12,0	6,8	6,1	nd
Esterco de suíno	20,2	nd	12,6	nd	Nd	nd
Lodo de esgoto	79,1	10,6	0,63	22,1	2,1	nd

Riscos de Contaminação dos Solos Pelo Uso de Lodo de Esgoto

A par do seu potencial como fertilizante, o lodo de esgoto pode conter elementos indesejáveis, tais como metais pesados e organismos patogênicos. Estes últimos podem ser eliminados por tratamentos específicos relativamente simples, enquanto que os metais pesados são de difícil remoção. Por outro lado, esses metais, uma vez adicionados ao solo, aí permanecem por tempo indefinido, e por essa razão aplicações seguidas de lodo podem resultar em acúmulo dos mesmos, até níveis prejudiciais à fauna e flora do solo e às plantas, com a possibilidade de entrarem na cadeia alimentar e prejudicarem a saúde do homem e dos animais. Deve-se ressaltar que diversos outros materiais utilizados como fertilizantes e corretivos, tanto orgânicos, (esterços de animais domésticos), como inorgânicos (calcários e rochas fosfatadas) também podem conter metais pesados em proporções consideráveis, seu uso continuado oferecendo riscos comparáveis aos do lodo de esgoto.

Outro risco inerente ao uso do lodo, refere-se à possibilidade de contaminação de lençóis freáticos e cursos de água com nitrato (NO⁻), resultante da mineralização do nitrogênio orgânico³ do lodo. Embora seja uma das formas de nitrogênio aproveitada pelas plantas, quando em excesso no solo esse ânion tende a lixiviar, podendo, ao longo do tempo, atingir o lençol freático. Mattiazzo e Andrade (2000), analisando os

resultados de diversos estudos com lodos de esgoto em nossas condições edafoclimáticas, apontam que os dados obtidos evidenciam o potencial poluente do lodo de esgoto em termos da contaminação das águas com nitrato, e ressaltam a importância da adequada definição das doses e da frequência de aplicação desse material em função do seu teor de nitrogênio.

As rígidas normas de aplicação de lodo de esgoto adotadas no estado de São Paulo consideram tanto a possibilidade de contaminação do solo com metais pesados e patógenos quanto a contaminação de águas subterrâneas com nitrato, limitando a quantidade aplicada e a frequência das aplicações na mesma área conforme as características do lodo e do solo (CETESB, 1999).

Lixo Urbano

Entre todas as consequências do explosivo aumento da população brasileira verificada nas últimas décadas, a geração de quantidades crescentes de resíduos sólidos é uma das mais preocupantes do ponto de vista ambiental. A quantidade de tais resíduos praticamente dobrou nos últimos 20 anos, e além desse aumento quantitativo também aumentou a diversidade dos componentes dos resíduos. Enquanto antigamente o lixo produzido pelo homem era constituído basicamente de restos orgânicos, hoje carrega elementos e substâncias danosas ao meio ambiente.

O lixo urbano, atualmente apresenta os seguintes componentes: (a) materiais orgânicos (especialmente restos alimentares), (b) materiais inertes recicláveis (materiais recuperáveis para processamento, como latas de alumínio e de aço, vidros, papéis, garrafas e embalagens de plástico em geral, embalagens de agrotóxicos, etc.) e, c) rejeitos inservíveis (materiais inaproveitáveis das residências, construção civil e fábricas). Existem, ainda, alguns tipos de resíduos tanto urbano quanto industriais, que apresentam características peculiares e devem ser considerados à parte: trata-se de materiais e substâncias perigosas, como lixo de hospital, rejeitos nucleares, amianto, metais pesados, pilhas e baterias, embalagens contaminadas, etc.

A Tabela 3. mostra uma estimativa da composição média do lixo urbano produzido no Brasil

Do lixo produzido, cerca de 13% é depositado em aterros controlados, 10% em aterros sanitários, 0,9% é submetido a compostagem e 0,1% é incinerado. O restante (76%) é depositado a céu aberto, nos chamados "lixões", implicando em grave desconforto social causado pelo chorume, mau cheiro, e infestação de insetos e animais vetores de doenças, além de problemas sociais e de saúde pública devido ao grande número de pessoas que vivem dentro dos lixões.

Em termos de poluição ambiental apenas os aterros sanitários oferecem certa segurança, devido ao fato de sua instalação e funcionamento se basearem em critérios de engenharia e normas operacionais bastante rígidas. Ao contrário dos aterros sanitários, nos demais tipos de disposição (lixões e aterros controlados), não há impermeabilização do solo, o que implica em risco de contaminação das águas subterrâneas pelo chorume gerado a partir da decomposição da matéria orgânica contida no lixo.

A reciclagem dos materiais aproveitáveis do lixo, uma atividade que além de gerar lucro e economizar energia poderia amenizar o problema, ainda esbarra em obstáculos culturais e estruturais. A falta de conscientização da população e até dos agentes diretamente envolvidos, e a lentidão dos licenciamentos ambientais (por falta de um protocolo para projetos de mínimos impactos), geram resistência ao sistema e atrasam a sua implantação. Inclusive, não se fomenta a criação de pólos de reciclagem, onde, certamente, os

custos seriam diminuídos pela escala, e haveria a possibilidade de adoção de tecnologias modernas de recuperação e beneficiamento do material reciclável. A economia possível pela reciclagem do lixo no ano de 1996 no Brasil pode ser estimada em R\$ 5,8 bilhões. Deste total foi obtida economia de R\$ 1,2 bilhão, tendo sido perdidos, pela não reciclagem, R\$ 4,6 bilhões.

O aproveitamento da parte orgânica do lixo para fazer compostagem para fins agrícolas se constitui em outra alternativa de uso desse resíduo. A técnica da compostagem foi desenvolvida com a finalidade de se obter mais rapidamente e em melhores condições a estabilização da matéria orgânica. Na natureza, essa estabilização ou humificação dos restos orgânicos no solo se dá em prazo indeterminado, ocorrendo de acordo com as condições em que ela se encontra. No processo de compostagem os restos são amontoados, preferencialmente revolvidos e se decompõem em menor tempo, produzindo um melhor adubo orgânico.

Como resultado da compostagem, são gerados dois importantes componentes: os sais minerais, que contém nutrientes para as raízes das plantas, e o húmus, considerado condicionador e melhorador das propriedades físicas, físico-químicas e biológicas do solo.

Considerações Finais

Além do estímulo à reciclagem dos resíduos, há presente necessidade de reduzir a sua produção. Entretanto, tanto para a reciclagem quanto para a redução da produção de resíduos existe a necessidade de ampliar a educação ambiental e cobrar das entidades públicas e privadas que se responsabilizem pelo resíduo gerado. Outro aspecto importante é intensificar a fiscalização quanto a disposição de resíduos, sem a qual a poluição ambiental será ampliada.

No tocante ao lodo de esgoto, quando suas características estiverem dentro das normas estabelecidas, pode ser aplicado na agricultura com a finalidade de reciclagem de nutrientes e de matéria orgânica. A sua disposição agrícola transforma o problema dos esgotos em uma alternativa de fertilização do solo. Entretanto, há necessidade de se monitorar os solos em relação ao nitrato, metais pesados e patógenos.

Tabela 3. Composição do lixo sólido urbano no Brasil (Fonte: AENDA, 2001).

Lixo	Quantidade (T/ano)	Participação (%)
Material Orgânico	23.725.000	50
Rejeitos inservíveis	18.031.000	38
Material Reciclável	5.694.000	12
Total	47.450.000	100

Referências Literárias

- AENDA. ASSOCIAÇÃO DAS EMPRESAS NACIONAIS DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS. Revirando resíduos sólidos - editorial. **AENDA News**, São Paulo, v. 4, n. 40, out. 2001.
- BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. 312 p.

CETESB. **Aplicação de lodos de sistemas de tratamento biológico em áreas agrícolas** – critérios para projeto e operação. São Paulo, 1999. 32 p. (Manual Técnico, p4230).

GONÇALVES, J. L. M., VAZ, L. M. S., AMARAL, T. M., POGGIANI, F. Aplicabilidade de biossólido em plantações florestais: II. Efeito na fertilidade do solo, nutrição e crescimento das árvores. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. p. 179-196.

MATTIAZZO, M. E.; ANDRADE, C. A. Aplicabilidade do biossólido em plantações florestais: IV. Lixiviação de N inorgânico e toxi-

cidade de metais pesados. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. p. 203-207.

MELO, W. J.; MARQUES, M. O. Potencial do lodo de esgoto como fonte de nutrientes para as plantas. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. p. 109-141.

SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; SHARMA, R. D. Alternativa agrônômica para o biossólido: a experiência de Brasília. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. p. 143-152.