



Higienização de lodo de esgoto por compostagem termofílica

Matheus Garcia Piana¹, Paul Richard Momsen Miller² e Gerson Konig Jr.³

Introdução

O processo de compostagem pode aumentar a eficiência da agricultura catarinense em vários aspectos. No meio rural, é necessário evitar a decomposição anaeróbia e as perdas de nitrogênio, assim como estabilizar os nutrientes em um produto leve e fácil de estocar, transportar e aplicar. No meio urbano, é importante higienizar o lodo de esgoto, evitar o envio de outros resíduos orgânicos aos aterros sanitários, e devolver esses fluxos importantes de nutrientes para a agricultura urbana e periurbana. A maioria das estações de tratamento de águas e esgotos (ETEs) não possui uma forma de destino adequada para tais resíduos. Na cidade de Florianópolis, SC, a Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (Casan) é a empresa responsável pelo processo de saneamento e destina o lodo do esgoto gerado para aterros sanitários, onde o resíduo é simplesmente enterrado, não havendo sua reutilização.

Entre as alternativas adequadas para a destinação do lodo de esgoto, a reciclagem agrícola é a mais promissora, tanto no aspecto ambiental quanto no econômico, podendo transformar um rejeito em um insumo para a agricultura. O material orgânico presente nesses resíduos aumenta a resistência dos solos à erosão e é excelente fonte de nutrientes, principalmente de nitrogênio e fósforo (Andreoli et al., 1994). Bettioli & Camargo (2000) afirmaram que os biossólidos contêm matéria orgânica, macro- e

micronutrientes que exercem papel fundamental na produção agrícola e na manutenção da fertilidade do solo, pois melhoram a capacidade de armazenamento e de infiltração de água no solo, aumentam a resistência dos agregados e reduzem a erosão.

Nos esgotos sanitários são encontrados quatro grupos de organismos patogênicos que limitam seu uso na agricultura: fungos, bactérias, vírus e parasitos. Para a aplicação em áreas agrícolas, os biossólidos necessitam passar por processos de redução de patógenos e de atratividade de vetores, sendo a compostagem um tratamento adequado para essa finalidade (Tsutiya et al., 2001). Através da atividade microbiológica o processo de compostagem pode atingir naturalmente temperaturas de 50 a 70°C em poucos dias, sendo um mecanismo eficiente na eliminação de patógenos. Quanto mais elevada for a temperatura, mais rápida será a eliminação dos patógenos. A temperatura próxima a 60°C é considerada de alta eficiência na eliminação de patógenos primários do lodo de esgoto (Andreoli et al., 2001).

Os quatro grupos de patógenos têm sobrevivência diferenciada no solo e no processo de compostagem. Essas diferenças são resumidas na Tabela 1, de acordo com revisão feita por Epstein (1997). Os helmintos e protozoários sobrevivem por mais tempo no solo na forma de ovos e larvas, que fazem parte do seu ciclo de vida, mas são facilmente mortos com temperaturas pouco acima de

50°C na compostagem. As bactérias sobrevivem menos no solo, mas são eliminadas rapidamente na compostagem com temperaturas acima de 60°C. Os vírus têm maior resistência à alta temperatura e, portanto, são a preocupação principal em termos de higienização do lodo. Estudos de higienização do lodo utilizam bacteriófagos, vírus que parasitam bactérias, como modelo para medir o grau de eliminação dos patógenos.

Burge et al. (1981) monitorou a inativação dos bacteriófagos por diferentes regimes de tempo e temperatura. O bacteriófago f2 tem resistência ao calor que supera todos os patógenos entéricos, e sua taxa de desativação foi descrita por curvas em função da temperatura e dias. O autor estabeleceu que o valor logarítmico de desativação em leiras de compostagem deveria atingir entre 11 e 19 logs, similar às taxas utilizadas em processos de conservação por tratamento com calor por indústrias de alimentos.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a higienização do lodo de esgoto através do processo de compostagem em leiras estáticas termofílicas com aeração natural.

O experimento foi realizado com duas repetições, uma no Laboratório de Biotecnologia Neolítica da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e outra no pátio de compostagem da Companhia de Melhoramento da Capital (Comcap), na cidade de Florianópolis (27°35'50" S, 48°30'55" W), nos meses de agosto,

Aceito para publicação em 2/12/10.

¹ Eng.-agr., Associação Orgânica, Florianópolis, SC, e-mail: mgpiana@hotmail.com.

² Fitotecnista, Ph.D, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)/Centro de Ciências Agrárias (CCA)/Departamento Engenharia Rural, C.P. 476, 88040-900 Florianópolis, SC, fone: (48) 3721-5345, e-mail: rick@mbox1.ufsc.br.

³ Eng.-agr., Associação Orgânica, Florianópolis/SC, e-mail: composto@gmail.com.

Tabela 1. Sobrevivência de patógenos em ambientes diferentes

Microrganismo	Doença	Sobrevivência			
		Em resíduos sólidos	No solo	Na compostagem (tempo e temperatura)	
		Dias	Dias	min	°C
Bactéria					
<i>Salmonella typhi</i>	Febre tifoide	29 a 70	1 a 280	30	60
<i>Salmonella paratyphi</i>	Febre paratifoide	29 a 70	-	20	60
<i>Shigella</i>	Disenteria bacilar	2 a 7	2 a 80	60	53
<i>Coliformes fecais</i>	Gastroenterites	35	-	60	60
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	Tuberculose	150 a 180	10 a 40	20	60
Vírus					
Poliovírus	Poliomielite	20 a 70	-	25	70
Helminto					
<i>Ascaris lumbricoides</i>	Ascariíase	2.000 a 2.500	-	60	52
<i>Trichuris trichiura</i>	Triquiuríase	1.800	-	7	55
<i>Necator americanus</i>	Ancilostomose	35	< 180	50	45
Protozoário					
<i>Entamoeba histolytica</i>	Amebíase	08 a 12	8 a 10	5	52

Fonte: Epstein, 1997.

setembro e outubro de 2009. Em cada local foi feita a montagem de uma leira de compostagem, ambas iniciadas em 15/7/2009, seguindo a metodologia de Inácio & Miller (2009).

Elaboração do composto

A construção da parede das leiras utilizou aparas de grama e palha (capim), que possuem estrutura fibrosa e permitem a aeração do ambiente interno da leira. A partir da formação inicial da estrutura de borda, foram colocados materiais secos, como folhas, restos de podas e galhos finos, e uma espessa camada inicial de serragem dentro da borda interna da leira para auxiliar na aeração do material em decomposição. Após essa etapa foi realizada a deposição do material orgânico (restos de alimentos, cascas e outros) sobre a camada inicial de serragem. Em seguida, foi acrescentado composto em fase final de maturação para inocular os resíduos frescos. O uso de inoculantes promove uma rápida colonização dos resíduos, tornando o processo inicial bem-sucedido, com elevação da temperatura da leira em curto espaço de tempo. Esse inoculante fornece a quantidade e qualidade ideal de

microrganismos para direcionar a competição microbiológica da colonização da leira (Inácio & Miller, 2009).

As camadas foram então cobertas com a palha, mesmo material utilizado na delimitação das bordas, assim dificultando o acesso de moscas, de outros insetos e de larvas no estágio inicial da decomposição da matéria orgânica. A leira ficou em repouso durante 3 dias até atingir temperaturas elevadas (acima de 50°C) com o início da decomposição dos resíduos orgânicos. Essa operação foi realizada três vezes, formando três camadas subsequentes, cada uma com material orgânico e serragem. O monitoramento da temperatura das leiras de compostagem foi realizado com o uso de um termômetro bimetal com haste de 40cm, sendo feita a coleta dos dados diariamente, após o início da formação das leiras.

Em seguida, foi colocado sobre a leira o lodo de esgoto a uma temperatura ambiente de 21°C e sobre ele uma camada de serragem e palha. A dimensão das bordas da leira da UFSC foi de 2m de largura por 7m de comprimento. Foi depositada uma camada de 400kg de lodo de esgoto (Figura 1), e o lodo foi coberto com

serragem e posteriormente uma intensa camada de palha finalizando a leira de compostagem.

O método utilizado na montagem da leira na Comcap foi praticamente igual ao usado na leira do Laboratório de Biotecnologia Neolítica na UFSC, porém o trabalho foi realizado com o auxílio de uma máquina carregadeira. A dimensão da leira delimitada pelas bordas de palha foi de 2,5m de largura por 4,5m de comprimento e foram depositados 550kg de lodo de esgoto.

Monitoramento da temperatura

Desde o início do monitoramento a leira se encontrava com altas temperaturas (entre 55 e 65°C), e quanto mais próximo à parede e à parte superior, maiores eram as temperaturas observadas (Figura 2). Na leira de compostagem na UFSC, as médias das temperaturas mantiveram-se superiores a 60°C durante 3 dias em todos os pontos da camada superior. No décimo quarto dia após a deposição do lodo de esgoto, as temperaturas ainda se apresentavam acima de 50°C em todas as partes do lodo. Na leira de compostagem na ►



Figura 1. Lodo de esgoto depositado sobre a leira de compostagem na UFSC

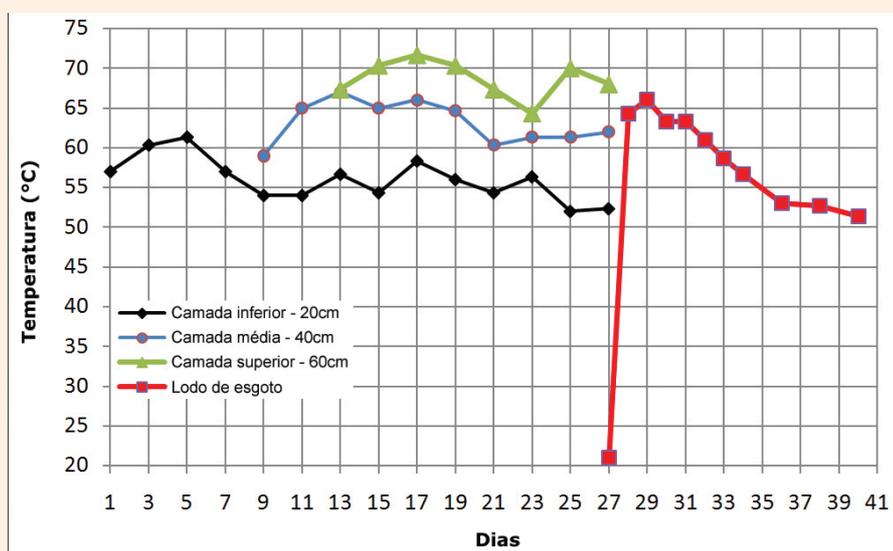


Figura 2. Temperaturas nas camadas orgânicas e no lodo na leira de compostagem

Comcap, a média de temperatura ficou acima de 50°C durante 6 dias.

De modo geral, as leiras construídas no Laboratório de Biotecnologia Neolítica da UFSC apresentaram temperaturas mais elevadas quando comparadas às leiras do pátio da Comcap. Esse resultado foi obtido nas leiras usadas no experimento tanto na parte dos resíduos orgânicos como na parte do lodo de esgoto. Essa diferença provavelmente está relacionada com os diferentes métodos de montagem das leiras nesses locais. As leiras de compostagem da UFSC foram construídas em proporções menores, de forma artesanal, sem o auxílio de máquinas. Possuíam camada de parede externa mais fina, assim como cobertura superior, em vista de a

maior parte ser composta por aparas de grama. A serragem possui granulometria maior. Todos esses fatores podem ter contribuído para uma maior aeração no interior da leira de compostagem, aliando-se a isso a menor largura e o reviramento semanal da camada superior da leira. Na Comcap a maioria das atividades é realizada com o auxílio de uma máquina escavadeira que auxilia na deposição dos materiais sobre as leiras de compostagem. As proporções são bem maiores, as leiras são mais largas e podem ser trabalhadas até que atinjam alturas bem maiores.

A partir do desenvolvimento inicial da leira de compostagem com três camadas de resíduos orgânicos e serragem, foram obtidas temperaturas

acima de 60°C em todos os pontos da leira. Essa temperatura é considerada ótima para a manutenção do processo termofílico em que os microrganismos responsáveis pelo processo de decomposição da matéria orgânica atuam de maneira eficiente. No segundo momento, após a deposição do lodo de esgoto, foi constatado que as temperaturas se mantiveram altas principalmente nos 5 primeiros dias, demonstrando um ótimo desenvolvimento para o objetivo proposto.

Os resultados obtidos no processo de compostagem do lodo de esgoto deste trabalho foram comparados às curvas de temperatura por regime de tempo necessário para a inativação de bacteriófagos f2, segundo Burge et al. (1981) (Figura 3). O experimento realizado na Comcap atingiu resultados próximos à linha de 15 logs, sendo considerado um padrão adequado para compostagem segura do lodo de esgoto. O experimento realizado na UFSC atingiu temperaturas mais elevadas por mais tempo, atingindo um resultado próximo à linha de 125 logs, podendo ser considerado com altíssimo padrão para compostagem de lodo de esgoto, eliminando 99,99% de microrganismos patogênicos nocivos (Burge et al., 1981).

Considerações finais

Os dados iniciais sobre a composição do lodo de esgoto da Casan foram obtidos através de uma série de testes realizados a pedido da Casan e da UFSC, diante da proposta visando a alternativas para aplicabilidade do lodo gerado nas ETEs como o uso agrícola, aproveitamento energético, redução do volume, entre outros. Os principais organismos patogênicos encontrados no lodo de esgoto da Estação Insular da Casan são: *Ascaris lumbricoides* e *Necator americanus*. Ambos são eliminados rapidamente em temperaturas acima de 50°C. O experimento comprovou que através do processo de compostagem é possível obter temperaturas elevadas do lodo de esgoto, as quais são capazes de destruir os patógenos nele existentes.

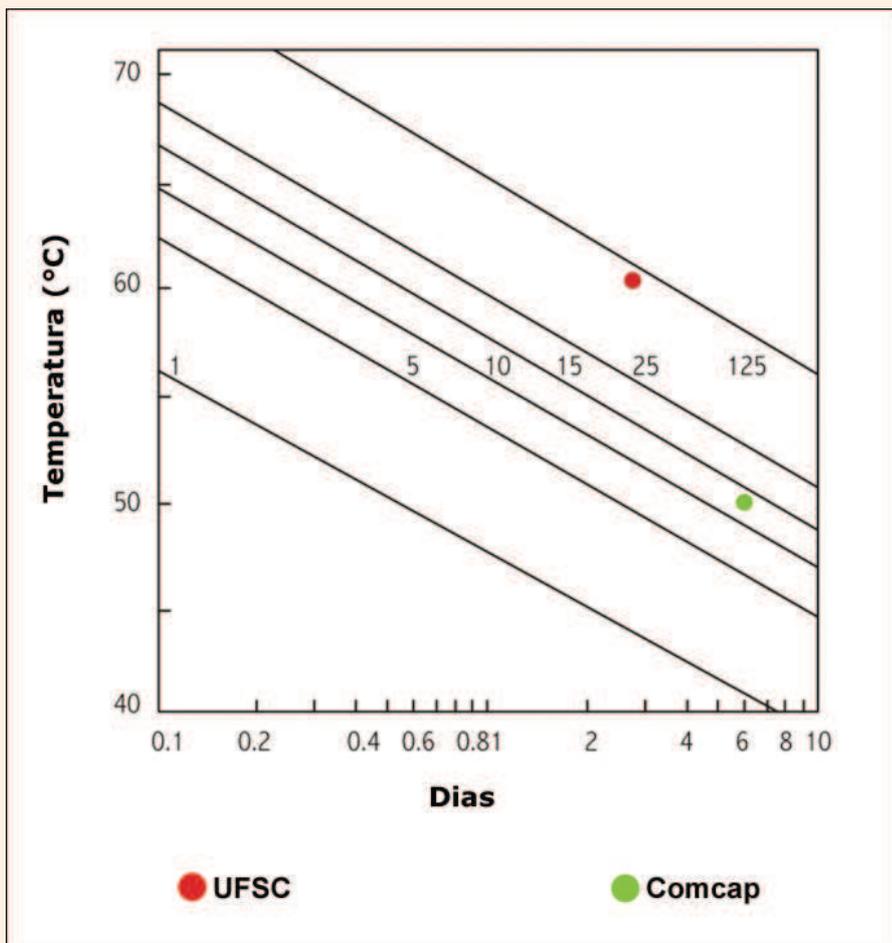


Figura 3. Curvas mostrando a temperatura (°C) por regime de tempo necessário para inativação do número desejado de logaritmos de bacteriófagos, incluídos os resultados do experimento. Fonte: Burge et al. (1981)

Literatura citada

1. ANDREOLI, C.V. et al. Tratamento e disposição do lodo de esgoto no Paraná. *Sanare*, Curitiba, v.1, p.10-15, 1994.
2. ANDREOLI, C.V.; FERREIRA, A.C.; CHERUBINI, C. et al. Higienização do lodo de esgoto. In: ANDREOLI, C.V. (Coord.). *Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final*. Rio de Janeiro: RiMa/ABES, p.87-120, 2001.
3. BETTIOL, W.; CAMARGO, O.A. *Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto*. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2000. 312p.
4. BURGE, W.D.; COLACICCO, D.; CRAMER W.D. Criteria for achieving pathogen destruction during composting. *Journal Water Pollution Federation*, v.53, p.1665-1758, dez. 1981.
5. EPSTEIN, E. *The Science of Composting*. Boca Raton, EUA: CRC Press, 1997. 487p.
6. INÁCIO, C.T.; MILLER, P.R.M. *Compostagem: a ciência e prática aplicadas a gestão de resíduos*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 156p.
7. TSUTIYA, M.T. et al. *Biossólidos na agricultura*. São Paulo: Sabesp, 2001. ■

**Reciclagem:
não jogue essa ideia no lixo.**

Cada 50 quilos de papel reciclado evitam o corte de uma árvore.
Na natureza, o papel leva de 1 a 3 meses para se decompor.

Preserve a saúde do planeta.

Governo do Estado de Santa Catarina
Secretaria de Estado da Agricultura e Desenvolvimento Rural
Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina