

Compostagem de lodo de esgoto para uso agrícola

Mário Viana Paredes Filho

Universidades José do Rosário Vellano (UNIFENAS), mariomecnica@ig.com.br

Resumo

Este trabalho de revisão de literatura tem o objetivo de demonstrar o potencial existente no lodo de esgoto proveniente das estações de tratamento de esgotos, para que o mesmo seja reaproveitado e utilizado como matéria orgânica fornecedora de nutrientes para o solo. O lodo de esgoto deve ser tratado antes da sua disposição final através de tratamentos biológicos que vão reduzir a carga orgânica e promover a estabilização e higienização do composto. A compostagem apresenta-se como uma técnica viável e relativamente de baixo custo, que atende aos padrões físicos, químicos e microbiológicos exigidos pela legislação pertinente. A reciclagem agrícola do lodo de esgoto torna-se uma alternativa segura para a disposição final deste resíduo.

Palavras-chave: Biossólido; Patógenos; Higienização; Matéria orgânica.

Composting of sewage sludge for agricultural use

Abstract

This work of literature review aims to demonstrate the potential existing in the sewage sludge from sewage treatment plants, for it to be reclaimed and used as organic matter supplies nutrients to the soil. Sewage sludge must be treated before final disposal by biological treatments that will reduce the organic load and promote stabilization and cleaning of the compound. Composting presents itself as a viable technique and relatively low cost, that meets the standards of physical, chemical and microbiological required by law. Agricultural recycling of sewage sludge becomes a safe alternative for disposal of this waste.

Key-words: Biossolids; Pathogens; Hygienization; Organic matter.

1. Introdução

Segundo Corrêa et al. (2007), os processos de tratamento de esgoto separam a parte sólida da líquida para que o efluente tratado possa ser liberado em corpos receptores sem causar danos ao meio ambiente. Nesse processo, poluentes, nutrientes e contaminantes são concentrados em uma massa denominada lodo de esgoto, que é subproduto do tratamento. Biossólidos são definidos pela USEPA (United States Environmental Protection Agency) como qualquer produto orgânico resultante do tratamento de esgotos, que pode ser benéficamente utilizado ou reciclado. Benéficamente implica ausência de danos ambientais e de prejuízos para a saúde de animais e humanos (USEPA,1995). Em contrapartida, existe uma variedade de organismos em lodos de esgotos, tais como vírus, bactérias, protozoários e helmintos, devem ser reduzidos a níveis que não tragam problemas à saúde pública.

De acordo com Pires & Matiazzo (2008), dentro das opções de disposição, a reutilização de resíduos é, sem dúvida, a opção mais interessante sob o ponto de vista econômico, ambiental e, muitas vezes, social. No Brasil, não é difundida a experiência de incorporar resíduos de esgoto e efluente aos solos, pois ainda são poucas as cidades dotadas de estações de tratamento de esgotos (Maciel et al.,2009).

A técnica de compostagem é o processo de decomposição ou degradação de materiais orgânicos pela ação de microorganismos em um meio naturalmente aerado (FUNASA,2009). Pelegrino et al. (2008) descreve que as vantagens da compostagem de lodo de esgoto são muitas, podendo-se citar: economia de área em aterro sanitário, aumentando a sua vida útil; reaproveitamento agrícola da matéria orgânica; e reciclagem de nutrientes para o solo.

A compostagem constitui uma alternativa econômica e ambientalmente correta para a estabilização de resíduos orgânicos industriais e de estações de tratamento, com possibilidade de aproveitamento agrônômico desses resíduos (Metcalf & Eddy, 1991). A reciclagem agrícola do lodo de esgoto no Brasil se faz necessária para a reposição do estoque de matéria orgânica dos solos, devido ao intenso intemperismo das nossas condições climáticas.

Dessa forma, objetivou-se com esta revisão de literatura verificar o uso agrícola do lodo de esgoto através da compostagem, analisando os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos, tendo por base a bibliografia nacional e internacional relativas ao assunto.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Lodo de esgoto

Após a utilização da água potável e sua consequente

transformação em esgoto, as estações de tratamento de esgoto (ETE) concentram a poluição remanescente no lodo, antes de devolver à natureza os efluentes tratados. O lodo é, portanto, o último resíduo do ciclo urbano da água (Fernandes & Silva, 1999).

Quando o lodo produzido no sistema de tratamento de esgotos sanitários é utilizado de forma útil, ele pode ser denominado “Biossólido”, conforme preconiza a Water Environment Federation (WEF).

2.1.1 Características

Bettiol & Camargo (2006) descrevem que a composição do esgoto varia em função do local de origem, ou seja, se proveniente de uma área tipicamente residencial ou tipicamente industrial, e em função da época do ano, entre outros fatores. A figura 1 apresenta a composição básica do esgoto domiciliar, encontrada nas estações de tratamento (Melo & Marques, 2000).

Atributo ⁽¹⁾	Unidade ⁽²⁾	Primeiro lote (03/99)		Segundo lote (12/99)		Terceiro lote (09/00)	
		LB	LF	LB	LF	LB	LF
Fósforo	g/kg	15,9	16,0	31,2	21,3	26,9	12,9
Potássio	g/kg	1,0	1,0	1,97	0,99	1,0	1,0
Sódio	g/kg	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,9
Arsênio	mg/kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Cádmio	mg/kg	12,8	3,32	9,5	2,0	9,4	2,05
Chumbo	mg/kg	364,4	199,6	233	118	348,9	140,5
Cobre	mg/kg	1058	239,8	1046	359	953,0	240,9
Cromo total	mg/kg	823,8	633,8	1071	1325	1297,2	1230,3
Mercúrio	mg/kg	<0,01	<0,01	<1	<1	<0,01	<0,01
Molibdênio	mg/kg	<0,01	<0,01	<1	<1	<0,01	<0,01
Níquel	mg/kg	518,4	54,7	483	74	605,8	72,4
Selênio	mg/kg	< 0,01	<0,01	<1	<1	<0,01	<1
Zinco	mg/kg	2821	1230	3335	1590	3372	1198
Boro	mg/kg	36,2	40,7	11,2	7,1	29,3	19,7
Carbono orgânico	g/kg	248,2	305,1	271	374	292,9	382,4
pH		6,6	6,3	6,4	6,4	6,4	5,4
Umidade	%	66,4	83	80,2	82,4	71,2	82,7
Sólidos Voláteis	%	43,0	60,5			56,8	72,5
Nitrogênio total ⁽³⁾	g/kg	21	56,4	49,7	67,5	42,1	68,2
Enxofre	g/kg	13,4	16,3	10,8	13,3	17,1	15,7
Manganês	mg/kg	429,5	349,3	335	267	418,9	232,5
Ferro	mg/kg	54.181	33.793	32,5	31,7	37.990	24.176
Magnésio	g/kg	3,0	2,2	3,7	2,5	4,5	2,2
Alumínio	mg/kg	28.781	32.564	25,3	33,5	23.283	23.317
Cálcio	g/kg	40,3	29,2	22,8	16,8	47,8	24,8

Tabela 1. Características químicas de três lotes dos lodos de esgotos das Estações de Tratamento de Esgoto de Franca (LF) e de Barueri (LB), localizadas no estado de São Paulo.⁽¹⁾ Determinados conforme o EPA SW-846-3051 (1986), no IAC (Campinas, SP).⁽²⁾ Os valores de concentração são dados com base na matéria seca.⁽³⁾ Os valores de concentração para o nitrogênio total e umidade foram determinados em amostras em condições originais, na Embrapa Meio Ambiente. Fonte: Bettiol (2004) e Fernandes et al. (2004).

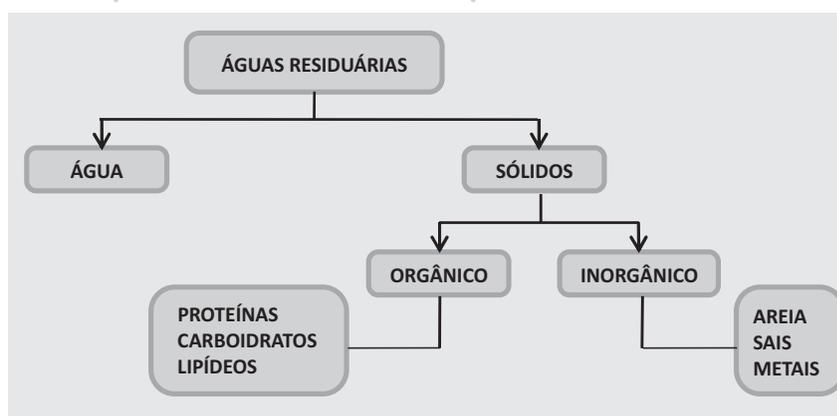


Figura 1. Composição do esgoto doméstico (Melo & Marques, 2000). Pode-se observar na Tabela 1 as variações da composição dos lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto. Tanto as respostas agronômicas, quanto os impactos ambientais, dependerão da composição dos lodos.

2.1.2 Poluentes do lodo de esgoto

Bettiol & Camargo (2006) citam que apesar de todas as vantagens, o lodo de esgoto pode apresentar em sua composição elementos tóxicos e agentes patogênicos ao homem.

Segundo Bettiol & Camargo (2006), zinco, cobre, manganês, ferro, molibdênio e níquel são micronutrientes essenciais para as plantas, mas em altas concentrações podem causar sérios problemas; o cádmio e o chumbo podem também aparecer em quantidades consideráveis, especialmente se os lodos provêm de regiões industrializadas. Neste caso, há que se controlar e monitorar a aplicação porque, em especial, zinco, cobre e níquel, se presentes em teores elevados, podem ser

fitotóxicos, podendo até, no caso do cádmio, ser altamente prejudicial para os animais que se alimentem destas plantas. Por isso, em todos os países onde o lodo de esgoto é aplicado na agricultura, existem normas estabelecendo, entre outras coisas, as concentrações máximas permitidas de metais pesados no lodo e o teor máximo acumulado no solo. A norma P4230 da CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental), estabelece esses limites, os quais são apresentados na Tabela 2. Além destes limites, a norma também estabelece a taxa máxima de aplicação anual de metais em solos agrícolas tratados com lodo e a carga máxima acumulada de metais pela aplicação do lodo.

Metal pesado	Concentração máxima permitida no lodo	Taxa de aplicação anual máxima	Carga máxima acumulada de metais pela aplicação do lodo
Arsênio	75	2,0	41
Cádmio	85	1,9	39
Cobre	4.300	75	1.500
Chumbo	840	15	300
Mercúrio	57	0,85	17
Molibdênio	75	-	-
Níquel	420	21	420
Selênio	100	5,0	100
Zinco	7.500	140	2.800

Tabela 2. Concentrações limites de metais pesados no lodo de esgoto aceitáveis para uso agrícola (base seca) em mg/kg; taxa de aplicação anual máxima de metais em solos (kg/ha/365 dias); e carga máxima acumulada de metais pela aplicação do lodo (kg/ha). Fonte: CETESB (1999).

A mobilidade dos metais pesados depende muito da reação do solo, ou seja, se ele é mais ou menos ácido. De maneira geral, aconselha-se que o pH seja mantido acima de 5,5 para evitar que os metais pesados, potencialmente tóxicos, possam ser absorvidos pelas plantas ou ficar disponível no ambiente em quantidades que apresentem risco (Bettiol & Camargo, 2006).

Os lodos de esgoto contêm patógenos humanos como coliformes fecais, salmonela, vírus e helmintos, que podem ser reduzidos com tratamentos adequados. Entretanto, é importante o monitoramento da população destes organismos, tanto no lodo a ser utilizado na agricultura, como no solo onde ele foi aplicado.

Soccol & Paulino (2000) discutem amplamente os riscos de contaminação do agroecossistema com parasitos pelo uso do lodo de esgoto.

A norma P4230 da CETESB, que estabelece os critérios de aplicação de lodos de sistemas de tratamento biológico em áreas agrícolas, classifica o lodo de esgoto, quanto à presença de patógenos, em classe A e B. O lodo classe A é aquele que atende os seguintes critérios: densidade de coliformes fecais inferior a 10^3 NMP/g de sólidos totais, e densidade de sólidos totais de *Salmonella* sp. inferior a 3 NMP/4 g. O lodo é considerado classe B quando a densidade de coliformes fecais for inferior a 2×10^6 NMP/g de sólidos totais. No caso do estado do Paraná, a norma do IAP (Instituto Ambiental do Paraná) estabelece limites para ovos de helmintos ($>1/g$), pois estes organismos são resistentes e de grande importância para a saúde pública brasileira. Este procedimento é premente para as condições nacionais, pois a nossa população apresenta sérios problemas com relação a esses patógenos.

Outro grupo de contaminantes que merece atenção é o dos compostos orgânicos persistentes. Até o momento no Brasil, nenhuma norma estabelece limites para estes compostos. Além disso, são extremamente escassos os trabalhos com estes contaminantes no Brasil, existindo praticamente apenas uma análise apresentada por Tsutiya (2001).

2.2 Uso Agrícola

Segundo Bettiol & Camargo (2006) a utilização do lodo de esgoto em solos agrícolas traz como principais benefícios a incorporação de macronutrientes (nitrogênio e fósforo) e micronutrientes (zinco, cobre, ferro, manganês e molibdênio).

É preciso conhecer a composição do solo, para calcular as quantidades adequadas a serem incorporadas, sem correr o risco de intoxicar as plantas e em certas situações os animais e as pessoas, como também não poluir o ambiente (CETESB, 1999).

Com respeito 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.

Melo & Marques (2000) apresentam informações sobre o fornecimento de nutrientes pelo lodo de esgoto para as seguintes culturas: cana-de-açúcar, milho, sorgo e azevém. Existem ainda, informações do aproveitamento do lodo de esgoto para arroz, aveia, trigo, pastagens, feijão, soja, girassol, café e pêssego (Bettiol & Camargo, 2000).

2.3 Alternativas de tratamento e disposição final

De acordo com Fernandes & Silva (1999), as principais alternativas de tratamento e destinação final de lodos de esgoto incluem a sua disposição em aterros sanitários, incineração, disposição oceânica e várias formas de disposição no solo, tais como recuperação de áreas degradadas, uso como fertilizante em grandes culturas, reflorestamento e *land farming*. A Tabela 3 mostra exemplos de alternativas de destino final para o lodo de esgoto praticadas em alguns países da Europa e nos Estados Unidos.

A reciclagem agrícola é outra prática bastante utilizada. Ela transforma o lodo em um insumo agrícola, contribuindo para fechar o ciclo bioquímico dos nutrientes

País	Aterros Sanitários	Agricultura	Incineração	Disposição Oceânica
França	40	40	20	0
Dinamarca	27	37	28	8
Grã Bretanha	19	46	5	30
Alemanha	65	25	10	0
Itália	55	34	11	0
Portugal	28	11	0	61
Bélgica	50	28	22	0
Estados Unidos	37	34	17	7

Tabela 3. Exemplos de alternativas de destino final para o lodo de esgoto praticadas em alguns países da Europa e nos Estados Unidos.

Fonte: Bonnin, 1998

minerais, fornecendo matéria orgânica ao solo, estocando o carbono na forma de compostos estáveis e não liberando CO₂ na atmosfera (Fernandes & Silva, 1999).

No Brasil, Fernandes & Silva (1999) descrevem que a questão do destino final do lodo de esgoto permaneceu esquecida até recentemente, quando modernas e eficientes estações de tratamento de esgotos foram instaladas, sem qualquer proposta do que fazer com o lodo gerado. Em certos casos, o lodo foi acumulado nas áreas próximas às estações, gerando riscos ambientais imprevisíveis. A falta de uma alternativa segura de tratamento e destino final do lodo gerado em uma estação de tratamento de esgoto pode anular parcialmente os benefícios do saneamento.

Fernandes & Silva (1999) alertam que, devido ao fato do lodo também conter microrganismos patogênicos, sua disposição no solo sem qualquer tratamento pode colocar em risco a saúde pública. A compostagem é uma alternativa natural de tratamento do lodo, uma vez que a elevação da temperatura promove a desinfecção do resíduo, tendo como produto final um insumo de alto valor agronômico.

2.4 Processo de Compostagem

Andreoli et al. (1999) define a compostagem como um processo biológico de degradação da matéria orgânica. Os microrganismos degradam a matéria orgânica contida no lodo puro ou em mistura com outros resíduos orgânicos (palhas, serragem, resíduos de jardinagem e podas de jardins, parques e praças, parte orgânica do lixo urbano, etc.) em processos exotérmicos que geram calor e consequentemente aumentam a temperatura das leiras.

Experimentos utilizando restos vegetais e lodo apresentaram aumentos de temperatura até alcançar a fase termófila, o que promove a eliminação dos organismos patogênicos presentes no lodo, desde que por um período de tempo compatível. Para se fazer a compostagem, deve-se misturar o lodo com resíduos orgânicos (restos vegetais picados, palha, bagaço de cana, etc.). É conveniente que o material orgânico seja picado em pedaços de 0,5 a 4,0 cm, para permitir boa aeração, algo fundamental para a atividade dos organismos. A atividade dos organismos depende também de boa umidade, sendo indicada entre 55 e 65%. A atividade microbiana consome nitrogênio na degradação e ressíntese de matéria orgânica. O carbono é retirado dos resíduos e o nitrogênio é fornecido pelo lodo. O equilíbrio ideal, ou bom estado nutricional do composto, apresenta uma relação C/N entre 20 e 30, ou seja, 20 a 30 unidades de Carbono para uma unidade de Nitrogênio. A temperatura acima de 60°C deve ser mantida por um período de no mínimo 10 dias. Quando a atividade biológica diminui, a temperatura também diminui. Nesta fase devemos revolver a leira do composto para promover a aeração e a mistura dos materiais. Se o composto aquecer é porque o processo não chegou à estabilidade. Se a temperatura se mantiver estável, é porque o composto está pronto (Andreoli et al., 1999).

Na prática, para acompanhar a atividade biológica, utiliza-se enterrar mais de 0,5 m uma barra de ferro de construção na leira, deixando uns 20 ou 30 cm para fora. Ao tocarmos a barra, se atividade biológica for alta, a temperatura estará em torno de 60°C. Esta temperatura é o limite em que tendemos a soltar a barra porque está

	Dias do experimento	<i>Salmonella ssp</i> P/A	Estreptococos Fecais NMP/100mL	Coliformes Totais NMP/100g	Coliformes Fecais NMP/100g
Leira 1	0	Ausente	$\leq 1,6 \times 10^7$	$\geq 5 \times 10^8$	$\leq 5 \times 10^8$
	30	Ausente	$3,42 \times 10^8$	$3,22 \times 10^8$	<200
Redução			78,62%	35%	99,9%
Leira 2	0	Ausente	15×10^6	$\leq 6,86 \times 10^8$	$\leq 3,86 \times 10^8$
	30	Ausente	$3,6 \times 10^6$	$6,42 \times 10^7$	<200
Redução			76%	90,6%	99,9%
Leira 3	0	Ausente	$\geq 4,77 \times 10^7$	$\geq 4,77 \times 10^8$	$5,07 \times 10^7$
	30	Ausente	$7,8 \times 10^5$	$1,4 \times 10^8$	$3,65 \times 10^5$
Redução			83,64%	70,6%	99,28%
Leira 4	0	Ausente	$5,73 \times 10^7$	$\geq 5,73 \times 10^8$	$\geq 5,73 \times 10^8$
	30	Ausente	$2,8 \times 10^6$	4×10^7	<200
Redução			95%	93%	99,9%

Tabela 4. Redução de *Salmonella spp.* estreptococos fecais e coliformes totais no sistema de compostagem com resíduo verde e lodo aeróbico digerido da estação de tratamento de esgoto Belém, para o período de dia 0 e ao final da fase termófila –no dia 30.

P/A = presença ou ausência em 25 g de amostra in natura.

NMP/100gPS = número mais provável em 100g de peso seco.

Fonte: ANDRAUS et al., 1999.

atingindo um nível de temperatura desconfortável. Se o desconforto não for tão grande assim, a temperatura e a atividade biológica são baixas.

A tabela 4, demonstra a eficiência da compostagem no processo de desinfecção para redução de salmonela, estreptococos, coliformes totais e fecais.

Os resultados apresentaram uma média de redução para estreptococos de 83%. Os coliformes totais mostraram redução de 72,3% e os fecais, uma redução de 99,8%, dados que demonstram a eficiência da compostagem na remoção das bactérias entéricas presentes no lodo.

Assim, a compostagem, nas condições realizadas, apresenta um produto final com excelentes características agronômicas, bastante eficaz para eliminar patógenos. O composto obtido pode ser utilizado para qualquer tipo de atividade agrícola sem riscos para a saúde humana e animal (Andreoli et al., 1999).

O processo de compostagem pode ser representado pelo esquema mostrado na Figura 2.



Figura 2. Esquema simplificado do processo de compostagem (Fernandes & Silva, 1999).

Os parâmetros físico-químicos fundamentais no processo de compostagem são: aeração, temperatura, umidade, relação C/N, estrutura e pH.

Quando o processo de compostagem se inicia, há proliferação de populações complexas de diversos grupos de microrganismos (bactérias, fungos, actinomicetos), que vão se sucedendo de acordo com as características do meio. De acordo com suas temperaturas ótimas, estes microrganismos são classificados em psicrófilos (0 - 20°C), mesófilos (15 - 43°C) e termófilos (40 - 85°C). Na verdade, estes limites não são rígidos e representam muito mais intervalos ótimos para cada classe de microrganismo do que divisões estanques, conforme a tabela 5.

Bactérias	Temperatura mínima	Temperatura ótima	Temperatura máxima
Mesófilas	15 a 25	25 a 40	43
Termófilas	25 a 45	50 a 55	85

Tabela 5. Temperaturas mínimas, ótimas e máximas para as bactérias, em °C.

Fonte: Institute for solid wastes of American Public Works Association, 1970.

Segundo Fernandes & Silva (1999) no início do processo há um forte crescimento dos microrganismos mesófilos. Com a elevação gradativa da temperatura, resultante do processo de biodegradação, a população de mesófilos diminui e os microrganismos termófilos proliferam com mais intensidade. A população termófila é extremamente ativa, provocando intensa e rápida degradação da matéria orgânica e maior elevação da temperatura, o que elimina os microrganismos patogênicos, de acordo com a figura 3.

Quando o substrato orgânico está em sua maior parte transformado, a temperatura diminui, a população termófila se restringe, a atividade biológica global se reduz de maneira significativa e os mesófilos se instalam novamente. Nesta fase, a maioria das moléculas facilmente biodegradáveis foram transformadas, o composto apresenta odor agradável e já teve início o processo de humificação, típico da segunda etapa do processo, denominada maturação (Fernandes & Silva, 1999).

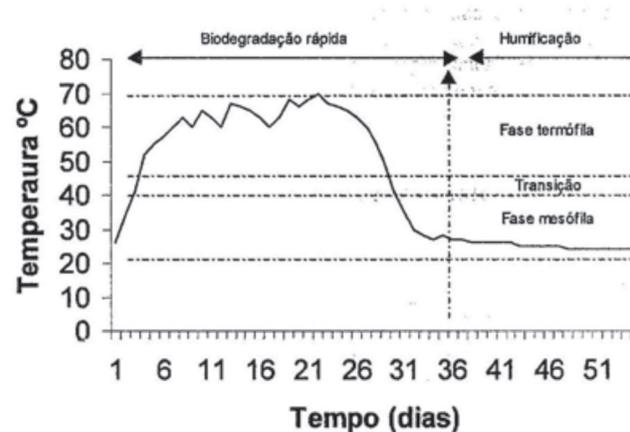


Figura 3. Exemplo genérico da evolução da temperatura de uma leira de compostagem

Estas duas fases distintas do processo de compostagem são bastante diferentes entre si. Na fase de degradação rápida, também chamada de bioestabilização, há intensa atividade microbiológica e rápida transformação da matéria orgânica. Portanto, há grande consumo de O₂ pelos microrganismos, elevação da temperatura e mudanças visíveis na massa de resíduos em compostagem, pois ela se torna escura e não apresenta odor agressivo. Mesmo com tantos sinais de transformação o composto não está pronto para ser

utilizado. Ele só estará apto a ser disposto no solo após a fase seguinte, chamada de maturação (Fernandes & Silva, 1999).

Na fase de maturação a atividade biológica é pequena, portanto a necessidade de aeração também diminui (Fernandes & Silva, 1999). O processo ocorre à temperatura ambiente e com predominância de transformações de ordem química: polimerização de moléculas orgânicas estáveis no processo conhecido como humificação.

Fernandes & Silva (1999) relatam que estes conceitos são importantes, pois eles se refletem na própria concepção das usinas de compostagem. Como na fase de biodegradação rápida ocorre uma redução de volume do material compostado, conseqüentemente a área necessária para a fase de maturação é menor.

Durante a maturação, alguns testes simples permitem definir o grau de maturação do composto e portanto a possibilidade de sua liberação para uso. Ele pode, se houver interesse, ser peneirado e acondicionado adequadamente para ser mais facilmente vendido e transportado (Fernandes & Silva, 1999).

3. Considerações Finais

Quando os parâmetros do lodo de esgoto estiverem enquadrados nas normas específicas, pode ser aplicado sem restrições na agricultura. Contudo, deve-se monitorar o solo em relação aos nitratos, metais pesados, compostos orgânicos persistentes e patógenos humanos.

A literatura internacional é abundante sobre o assunto, destacando-se os Estados Unidos e países da Europa Ocidental. A literatura nacional possui algumas importantes contribuições, porém é deficientes quanto à normatização, ao manejo, à fiscalização e ao controle da aplicação de lodo de esgoto na agricultura. Portanto, torna-se necessário o engajamento dos órgãos de ensino e pesquisa nos estudos sobre os efeitos do lodo de esgoto no solo e seus impactos ambientais.

Segundo Evans (1998), mais de 50mil artigos científicos pesquisados sobre o assunto apontaram que nenhum efeito adverso do uso controlado do lodo foi encontrado.

4. Referências Bibliográficas

ANDRAUS, S., et al. **Agentes patogênicos: bactérias entéricas**. Reciclagem de Biossólidos- Transformando problemas em soluções. Curitiba: Sanepar, Finep, 1999. 288 p.

ANDREOLI, C.V. et al. **Uso e Manejo do Lodo de Esgoto na**

Agricultura. Curitiba: Sanepar, Finep, 1999. 98p.

BETTIOL, W. Effect of sewage sludge on the incidence of corn stalk rot caused by Fusarium. **Summa Phytopathologica**, v.30, n.1, p.16-22. 2004.

BETTIOL, W.; CAMARGO, O.A. de (Coord.). **Lodo de Esgoto: Impactos Ambientais na Agricultura**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006. 11p.

BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. de. **Lodo de esgoto na agricultura: potencial de uso e problemas**. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/ECS/WORD/LodoInstitutoDeEducacaoTecnologica.htm>>. Acesso em: 13 out. 2011.

BONNIN, C. **Travaux du CEN/TC 308: Présentation des guides de bonne pratique pour la production et l'utilisation des boues**. Paris, 1998. 36p.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. **Aplicação de lodos de sistemas de tratamento biológico em áreas agrícolas – Critérios para projeto e operação**. São Paulo, 1999. 33p. (Manual Técnico-P4230).

CORRÊA, R.S.; FONSECA, Y.M.F.; CORRÊA, A.S. Produção de biossólido agrícola por meio da compostagem e vermicompostagem de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.11, n.4, p. 420-426, 2007.

EVANS. **Assessing the risks of recycling**. Water & Environment International, 27-30. England, 1998.

FERNANDES, S.A.P.; SILVA, S.M.C.P. da. **Manual Prático para a Compostagem de Biossólidos**. Londrina: Prosab, Finep, 1999. 84p.

FERNANDES, S.A.P.; BETTIOL, W.; CERRI, C.C.; CAMARGO, P. Sewage sludge effects on gas fluxes at the soil-atmosphere interface, on soil $\delta^{13}C$ and total soil carbon and nitrogen. **Geoderma**. v. 125. p. 49-57, 2005.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE - FUNASA. **Compostagem familiar**. Brasília: Funasa, 2009. 16 p.

INSTITUTE FOR SOLID WASTES OF AMERICAN PUBLICS WORKS ASSOCIATION. Municipal refuse disposal public administration service. 3ª ed. Illinois, p.293-329, 1970.

MACIEL, C.A.C.; SANTOS, A.B.C.R.; ANTÔNIO, F.R.; DUARTE, F.C.; FILHO, M.M. **Reutilização do lodo ETE industrial na cultura de mudas de feijão**. Espírito Santo do Pinhal: UNIPINHAL, 2009. 14 p.

MELO, W.J.; MARQUES, M.O. Potencial do lodo de esgoto como fonte de nutrientes para as plantas. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O.A (Ed.). **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. p.109-142.

METCALF & EDDY. **Design of Facilities for the Treatment and disposal of Sludge**. In: WASTEWATER ENGINEERING – TREATMENT, DISPOSAL AND REUSE. 3rd ed. U.S.A. Mc Graw-Hill International Editions, p. 765-926. 1991.

PELEGRINO, E.C.F.; FLIZIKOWSKI, L.C.; SOUZA, J.B. de. **Compostagem de lodo de estação de tratamento de esgoto**. In: VI Semana de Estudos de Engenharia Ambiental. Unicentro, 2008.

PIRES, A.M.M.; MATTIAZZO, M.E. **Avaliação da Viabilidade do Uso de Resíduos na Agricultura**. Jaguariúna: EMBRAPA, 2008. 9 p. (Circular Técnica, 19).

SOCOL, V.T.; PAULINO, R.C. Riscos de contaminação do agroecossistema com parasitos pelo uso do lodo de esgoto. In: Bettiol, W.; Camargo, O. A. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000, p. 245-259.

TSUTIYA, M.T. Características de biossólidos gerados em estações de tratamento de esgotos. In: TSUTIYA, M.T.; COMPARINI, J.B.; SOBRINHO, A.P.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P.C.T.; MELFI, A.J. (Ed.). **Biossólidos na agricultura**. São Paulo: Sabesp, 2001, cap.4, p. 89-131.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION - USEPA. **A guide to the biossolids risk assessments for the EPA Part 503 rule, 1995**. Washington: Office of Wastewater Management, EPA / 832 - B - 93 - 005, 1995. 195p. Mimeografado.