

COMPOSTAGEM DE LODO DE ESGOTO POR MEIO DE LEIRA ESTÁTICA AERADA COM DUAS TAXAS DE AERAÇÃO

COMPOSTING SEWAGE SLUDGE BY STATIC WINDROW AERATED WITH TWO AERATION RATES

Rony Felipe Marcelino Corrêa¹
Alexandro Batista Ricci²

Resumo: A destinação final adequada do lodo de esgoto é de grande preocupação para a estação de tratamento de esgoto pois, além dos impactos ambientais causados, essa atividade gera altos custos operacionais. O presente estudo foi conduzido na Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) de Mogi Guaçu-SP e objetivou analisar a compostagem de lodo de esgoto por meio de leira estática aerada utilizando duas taxas de aeração. O experimento foi composto por uma leira de formato trapezoidal, com 1,65 m de altura, 3,5 m de base e 7 m de comprimento. A aeração da leira foi dividida em dois níveis, sendo um alto (2217,6 m³/d) e outro médio (739,2 m³/d). As taxas de aeração, correspondentes aos níveis de aeração empregados, foram 12,6 m³ de ar.d⁻¹.kg⁻¹ SV (sólidos voláteis) nos primeiros 15 dias e para 4,19 m³ de ar .d⁻¹.kg⁻¹SV do 16^o dia até o final do experimento. A compostagem entrou na fase termofílica logo no início do processo, chegando a atingir 70°C em alguns pontos analisados. Porém a compostagem retornou à fase mesofílica 10 dias após o início, retomando a fase termofílica quando a taxa de aeração foi reduzida - 15 dias após. As altas temperaturas iniciais indicam que a aeração atendeu as demandas microbiológicas do processo de compostagem. A compostagem atendeu os requisitos da Agência de Proteção Ambiental do Estados Unidos (U.S. EPA) e a resolução CONAMA 375/2006 para redução significativa de patógenos em todos os pontos da leira e para redução adicional de patógenos nos pontos localizados no topo e meio da leira.

Palavras-chave: Composto orgânico. Patógenos. Termofílica. Eficiência energética

Abstract: The appropriate final destination of sewage sludge is of great concern to the sewage treatment plant because, in addition to the environmental impacts caused, this activity generates high operating costs. This study was conducted at the Wastewater Treatment Plant of Mogi Guaçu-SP and aimed to analyze the composting of sewage sludge by means of static aerated windrow using two aeration rates. The experiment was composed of a windrow of trapezoidal shape, height 1.65m, 3.5m base and 7m in length. Aeration of the windrow was divided into two levels, with a high (2217.6 m³/d) and a medium (739.2 m³/d). Aeration rates corresponding to the aeration levels employed were 12.6 m³ air.d⁻¹.kg VS (volatile solids) in the first 15 days and 4.19 m³ air.d⁻¹.kg VS the 16th days until the end of the experiment. Composting entered thermophilic stage early in the process, reaching 70°C in some points

¹ Professor: Gestor e Engenheiro Ambiental, Faculdade Municipal Professor Franco Montoro de Mogi Guaçu-SP; ronycorrea@hotmail.com.

² Professor Dr.: Engenheiro Agrônomo, Faculdade Municipal Professor Franco Montoro de Mogi Guaçu-SP; alebatic@ig.com.br

analyzed. But composting returned to the mesophilic stage 10 days after the start, resuming the thermophilic stage when aeration rate was reduced - 15 days after. The high initial temperatures indicate that the aeration met the microbiological demands of the composting process. Composting has met the requirements of the US Environmental Protection Agency (US EPA) and CONAMA resolution 375/2006 for significant reduction of pathogens in all windrow points and additional reduction of pathogens in points located at the top and middle of the windrow.

Keywords: Organic compost. Pathogens. Thermophilic. Energy efficiency

1 INTRODUÇÃO

Devido ao potencial risco à saúde e atração de vetores que os lodos possuem, por conterem patógenos e metais pesados, estes devem ter tratamento e disposição adequadas.

Dentre os processos mais comuns para tratamento e disposição de lodo, a compostagem e posterior reutilização na agricultura se destacam, pois conseguem uma boa eficiência na redução de patógenos, eliminação da atração de vetores de doenças e consequente diminuição de riscos a salubridade ambiental. Além desses fatores, os compostos orgânicos (produzidos na compostagem) trazem benefícios econômicos para os agricultores e fornecem nutrientes e condicionam o solo.

Durante o processo de compostagem a temperatura eleva-se na faixa de 60°C a 65°C, e isso provoca a redução de patógenos no lodo. “Em condições normais a digestão aeróbia reduz bactérias e vírus patogênicos em cerca de 90%. Os ovos de helmintos também são reduzidos e sua eficiência depende da espécie do helminto” (TSUTIYA, 2001, p.118).

O bom desempenho da compostagem está relacionado com alguns fatores que devem ser muito bem controlados durante o processo a fim de reduzir o tempo e os custos de operação, dentre eles: umidade; temperatura; aeração; nutrientes; entre outros.

O composto deve ser agrupado em formato de pilhas, montes ou leiras. O formato mais comum de leiras é o triangular, porém pode-se construir em formato trapezoidal. As leiras devem apresentar cerca de 3 a 4 metros de largura na base e no máximo 1,8 m de altura (KIEHL, 1985).

Leira estática aerada foi um método desenvolvido nos Estados Unidos, aplicado inicialmente para lodo de esgoto, tendo como diferencial da compostagem natural o fato de não sofrer revolvimento. É um sistema que tem restrição quanto ao resíduo a ser compostado, sendo que necessita de materiais com granulometria que permita permeabilidade a aeração sob baixa pressão (KIEHL, 2002).

A medida que o processo de compostagem se inicia, há proliferação de populações complexas de diversos grupos de micro-organismos. “De acordo

com suas temperaturas ótimas, estes micro-organismos são classificados em psicrófilos (0 – 20 °C), mesófilos (15 – 43 °C) e termófilos (40 – 85 °C)” (FERNANDES e SILVA, 1999).

A decomposição da matéria orgânica pode ser realizada em ambiente aeróbio ou anaeróbio, sendo que a compostagem deve ser feita em ambiente aeróbio, pois se dará de forma mais rápida e não produzirá mau cheiro. A aeração pode ser realizada através de revolvimentos manuais ou por insuflação de ar (KIEHL, 1985).

O fornecimento de ar é vital à atividade microbiana, visto que a compostagem é um processo aeróbio, pois os micro-organismos necessitam de O₂ para oxidar a matéria orgânica, e a falta desse elemento pode se tornar limitante no processo de compostagem (PINTO, 2001).

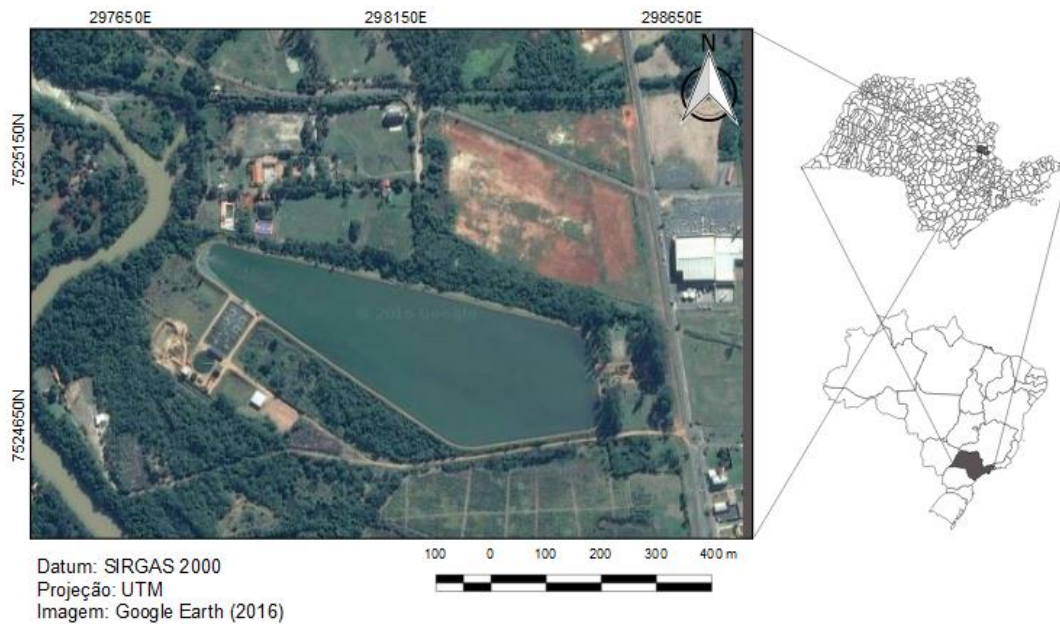
A aeração é essencial para geração de calor metabólico por micro-organismos aeróbios. Porém, altas taxas de aeração podem favorecer o acúmulo de calor mais rápido que as perdas de calor, resultando em altas temperaturas, que são prejudiciais à atividade microbiana. Por outro lado, se as perdas de calor ultrapassar a produção microbiana de calor, a massa do composto tende a esfriar prematuramente, tornando o processo de compostagem ineficaz (LAU *et al.* 1992).

O presente estudo teve como objetivos específicos: analisar a influência da alteração da taxa de aeração no comportamento da temperatura no processo de compostagem; determinar qual é a taxa de aeração indicada para compostagem de lodo de esgoto com aparas de grama; analisar a eficiência na redução de patógenos e redução de atração de vetores através da análise da temperatura.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi conduzido na Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) junto a Avenida Brasil, s/nº, Imóvel Pedregulhal, na cidade de Mogi Guaçu-SP (Figura 1). A ETE opera com uma combinação de lagoa facultativa e lodo ativado com aeração prolongada, processando o lodo através de centrífuga, produzindo aproximadamente 120 m³.lodo/mês.

Figura 1 – Estação de Tratamento de Esgoto de Mogi Guaçu-SP



Fonte: autores (2016)

O sistema de compostagem empregado no presente experimento foi o de leira estática aerada com utilização de soprador com vazão de ar de $7,7 \text{ m}^3 \text{ min}^{-1}$, operando com insuflação de ar. Foi preparada uma leira sob uma área coberta sem influência de águas pluviais.

As análises laboratoriais que antecederam o processo para preparação da leira de compostagem foram realizadas no laboratório da Faculdade Municipal Professor Franco Montoro de Mogi Guaçu-SP (FMPFM) e contou-se com resultado de análise realizada pelo IAC (Instituto Agrônomo de Campinas).

As análises de massa específica, peso específico, teor de umidade, sólidos totais e voláteis, realizadas no laboratório da FMPFM, seguiram metodologia sugeridas pelo *Standard Methods*.

A realização das análises se deu a partir da coleta de amostras de lodo de esgoto e de aparas de grama, que encontravam-se armazenadas na ETE.

No quadro 1 e 2 seguem a caracterização agrônômica do lodo de esgoto e de aparas de grama de Mogi Guaçu, realizadas pelo IAC (RICCI, 2008).

Quadro 1 – Caracterização agrônômica do lodo de esgoto de Mogi Guaçu-SP (2004)

Atributos	Unidade	Resultado
Fósforo	g/kg	11,1
Potássio	g/kg	1,5
Sódio	g/kg	0,3
Boro	mg/kg	2,3
Carbono orgânico	g/kg	356,3
pH	-	7,1
Umidade	%	87,8
Sólidos voláteis	dag kg ⁻¹	60,6
Nitrogênio total	g/kg	50,4
Nitrogênio amoniacal	mg/kg	365,3
Nitrogênio nitrato-nitrito	mg/kg	12,0
Enxofre	g/kg	7,0
Manganês	mg/kg	108,2
Ferro	g/kg	24,9
Magnésio	g/kg	1,5
Alumínio	g/kg	12,1
Cálcio	g/kg	10,6

Fonte: Ricci (2008)

Quadro 2 – Caracterização agrônômica das aparas de grama de áreas verdes de Mogi Guaçu-SP (2004)

Atributos	Unidade	Resultado
Fósforo	g/kg	0,6
Potássio	g/kg	11,5
Boro	mg/kg	8,0
Carbono orgânico	g/kg	435,0
Umidade	%	12,0
Nitrogênio total	g/kg	11,3
Enxofre	g/kg	1,0
Manganês	mg/kg	128
Ferro	mg/kg	1955
Magnésio	g/kg	1,8
Cálcio	g/kg	3,3

Fonte: Ricci (2008)

Para o balanceamento da relação C/N (25:1) foram utilizados os dados das análises realizadas pelo IAC.

A mistura dos resíduos e montagem da leira foi feita com auxílio de máquina retroescavadeira. A proporção volumétrica entre aparas de grama e lodo de esgoto foi de 15 partes para 1, respectivamente. Na parte inferior da leira, preparou-se uma camada de cavaco de madeira (adquiridos da empresa Madevila) de aproximadamente 0,30 m, para facilitar a aeração e evitar entupimento.

O sistema de aeração foi composto por um soprador, um painel de controle com *timer* (liga/desliga) e por uma tubulação de aeração.

A tubulação era composta por um tubo PEAD (100 mm \varnothing) com 6m de comprimento, com furos de 7mm \varnothing com espaçamento de 8 cm entre eles, tendo uma carreira de furos central e duas carreiras de furos laterais.

No presente experimento, optou-se por trabalhar com dois níveis de aeração: um nível alto (primeiros 15 dias) e outro médio (do 15º dia até o fim do processo). O nível alto de aeração se dava pelo soprador funcionando por 5 min e tendo 20 min de parada. Esse nível representava uma vazão total de 2217,6 m³ d⁻¹ na leira. No nível médio de aeração o soprador funcionava por 2,5 min e tendo 35 min de parada. A vazão total de ar nesse nível era de 739,2 m³ d⁻¹.

O experimento levou em consideração estudo realizado por Andreoli (2002) que utilizou um soprador com uma vazão de 15m³ min⁻¹, funcionando de forma intermitente, permanecendo ligado por 5 minutos e desligado por 30 minutos, para a compostagem de lodo de esgoto com podas de árvores. A vazão total representada pelo experimento deste autor era de 3085,5 m³ d⁻¹ na leira, porém a quantidade de massa de resíduo era superior ao do presente experimento.

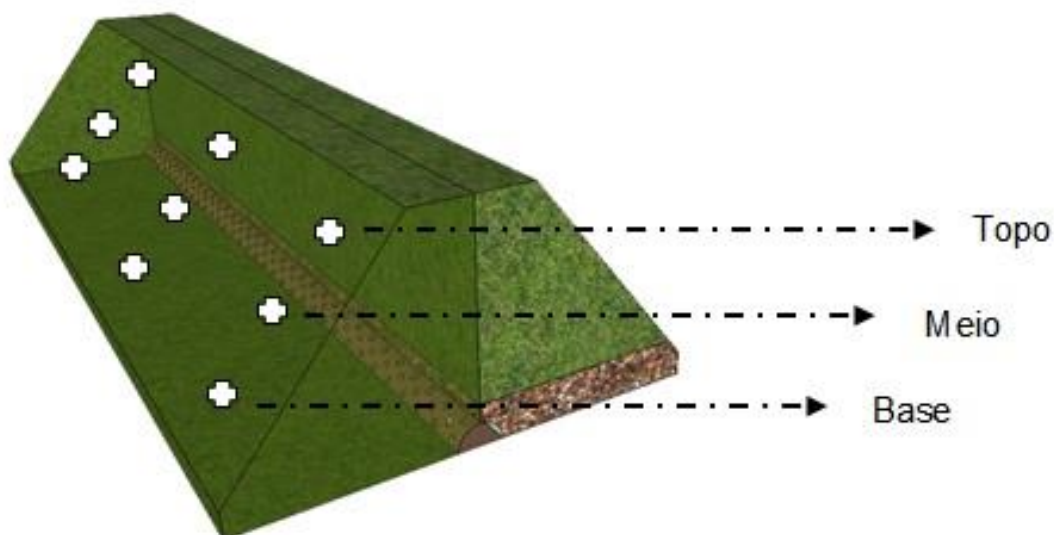
Para determinar as taxas de aeração foi necessário realizar análise de sólidos totais, sólidos voláteis e massa e peso específico do material a ser compostado. As análises foram realizadas no laboratório da FMPFM. A partir dos níveis de aeração e da massa de sólidos voláteis, foi possível determinar as duas taxas de aeração aplicadas ao experimento.

A temperatura da leira era aferida diariamente com um aparelho termômetro digital modelo Salvterm[®] 1200, a 40 cm da superfície. Em U.S. EPA (2003) consta que em pontos dentro de 0,3 m da superfície de leiras estáticas aeradas podem ser incapazes de alcançar temperaturas satisfatórias – devido à perda de calor. Por esta razão, recomenda-se aferir a temperatura abaixo de 30 cm da superfície.

Foram selecionados 18 pontos para aferição da temperatura da leira, sendo analisados em 9 pontos de cada lado da leira, conforme lustra a Figura

2. De acordo com U.S. EPA (2003) as temperaturas devem ser tomadas em vários pontos ao longo da compostagem, incluindo a parte baixa da pilha onde é susceptível a temperaturas mais baixas.

Figura 2 – Ilustração da leira de compostagem e representação dos pontos de análise de temperatura. Na ilustração, representação dos pontos de amostragem do lado esquerdo da leira.



Fonte: autores (2016)

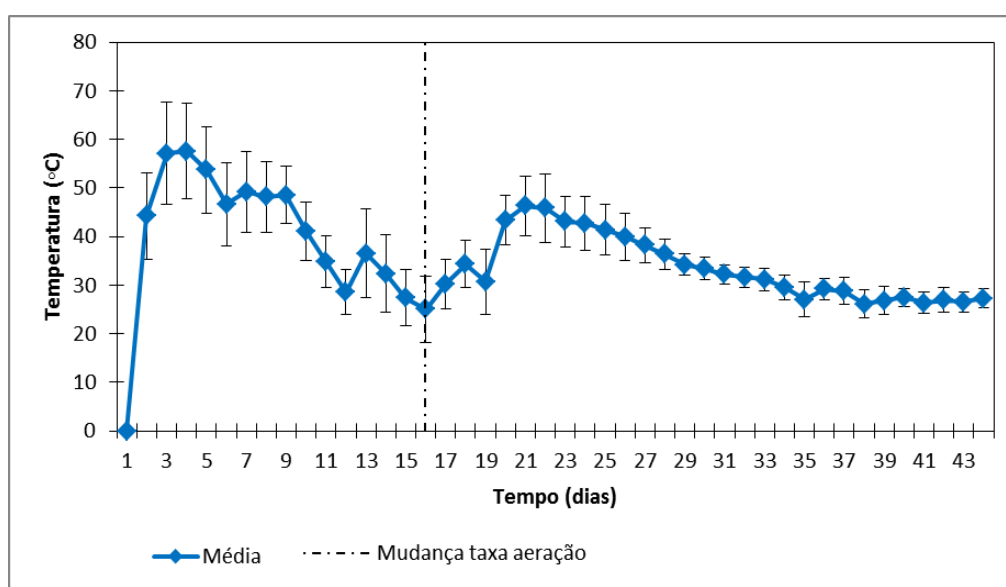
Para analisar a eficiência do sistema para a redução de patógenos seguiu-se critérios, estabelecidos por normas, da agência norte americana de Proteção Ambiental (U.S. EPA) e da resolução CONAMA 375/2006 (CONAMA, 2006).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A alta temperatura é indicador de que o processo de compostagem está ocorrendo, sendo que está diretamente relacionada com o aumento das populações microbianas. “O metabolismo dos micro-organismos é exotérmico; na fermentação aeróbia, principalmente, desenvolve-se um natural e rápido aquecimento da massa com a multiplicação da população microbiana” (KIEHL, p. 251, 1985).

Como pode-se perceber na Figura 3 a compostagem entrou na fase termofílica logo no início do processo de compostagem, atingindo altas temperaturas logo nas primeiras 48 horas, com temperatura média máxima de 58°C, chegando a atingir pouco mais de 70°C em alguns pontos da leira. A leira permaneceu na fase termofílica nos primeiros 10 dias. Entretanto a temperatura foi reduzindo ao longo dos dias, fazendo com que a compostagem retornasse à fase mesofílica.

Figura 3 - Evolução da temperatura média na leira amostradas em diversos pontos e indicação do ponto de mudança na taxa de aeração.



Fonte: autores (2016)

Pode-se notar que a temperatura voltou a subir cerca de 15 dias após o início do processo, fazendo o processo voltar novamente a fase termofílica. Esse fato se deve a taxa de aeração ter sido alterada. Vale ressaltar que durante a compostagem a leira teve sua altura (volume) reduzida pela metade. Isso pode ter influenciado na manutenção da temperatura, devido a quantidade de ar injetada na leira continuava a mesma desde o início.

Rasapoor et al. (2009) pesquisando compostagem com resíduos sólidos analisaram três taxas de aeração distintas e de acordo com os resultados obtidos e, para se ter um menor consumo de energia, recomendaram que fossem utilizadas taxas diferentes ao longo do processo. Esses pesquisadores também observaram que a fase termofílica teve durações distintas para cada

taxa de aeração, sendo que para taxas de 0,576, 0,864 e 1,299 m³ d⁻¹.kg⁻¹ SV (sólidos voláteis) obtiveram durações de 13, 9 e 4 semanas respectivamente.

Neste presente estudo ajustou-se a taxa de aeração para 12,6 m³ d⁻¹.kg⁻¹ SV nos primeiros 15 dias e para 4,19 m³ d⁻¹.kg⁻¹ SV do 15^o até o final.

Os pesquisadores divergem muito sobre taxas de aeração ideal e isso pode ser justificado pelo que diz Paiva (2011). O autor salienta que diferentes tipos de taxas são utilizadas para diferentes tipos de resíduos. Haug (1993) citado por Paiva (2011) reafirma isso, dizendo que demanda de ar pode variar de 12 kg (conteúdo de água de 55 dag kg⁻¹) a 39 kg de oxigênio por kg de matéria orgânica seca (conteúdo de água de 80 dag kg⁻¹). Pinto (2001) citado por Paiva (2011) sugere uma taxa alta de aeração para a compostagem de lodo de esgoto, indicando 28,8 m³ d⁻¹.kg⁻¹ de material orgânico seco.

Entretanto Schulze (1962) e Wiley & Pierce (1955) citado por Lau et al. (1992) sugerem taxas de aeração entre 0,3 e 1,9 m³ d⁻¹.kg⁻¹ SV para compostagem de lodo de esgoto e lixo. Guo et al. (2012) testaram três taxas de aeração na compostagem de dejetos suínos e recomendaram a taxa de aeração de 0,69 m³ d⁻¹.kg⁻¹ de matéria seca.

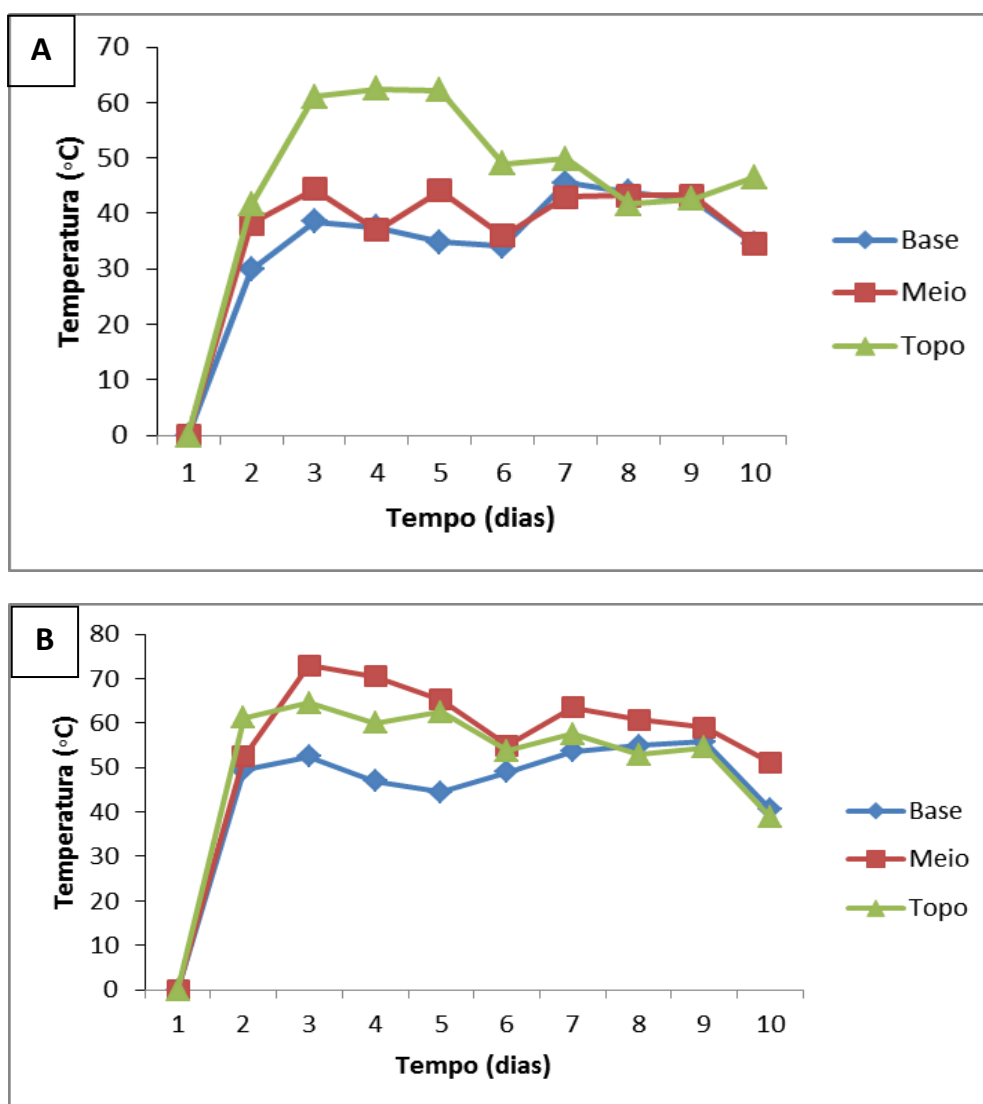
Arslan et al. (2011) em uma pesquisa avaliando diferentes taxas de aeração na compostagem de restos vegetais e frutas em reatores observou que utilizando 0,89 m³ d⁻¹.kg⁻¹ SV se teve uma maior eficiência na redução na relação C/N. Os autores constataram que a fase termofílica durou de 5 a 9 dias nos experimentos, atingindo a sua maior temperatura em 68°C.

Em um experimento para estudar a aeração em dejetos de suínos Lau et al. (1992) constataram que altas taxas de aeração resultaram em efeito de resfriamento prejudicial para o processo, sendo que em alguns testes a temperatura não ultrapassou 20°C.

Vale ressaltar que a maior parte dos estudos realizados pelos pesquisados mencionados acima foram realizados em reatores em escala laboratorial, com fatores ambientais sobre controle.

Na Figura 4, observa-se diferença significativa entre as temperaturas aferidas em 2 partes diferentes no lado esquerdo da leira durante a fase termofílica, em alguns pontos atingindo até 73°C.

Figura 4 – Temp. aferida em duas partes do lado esquerdo da leira: 3 pontos à esquerda (a); 3 pontos à direita (b)



Fonte: autores (2016)

Essa variação na temperatura que houve de um ponto a outro, apresentada na Figura 4, pode ter sido provocada pela falta de homogeneização correta dos resíduos feita pela máquina retroescavadeira, o que possivelmente diminuiu atividades microbiológicas em alguns pontos e conseqüentemente refletiu na temperatura. Observa-se também que a base da leira teve temperaturas menores. De acordo com Paiva (2011) em leiras onde o ar é insuflado o topo tende a ficar mais quente e a base mais fria, enquanto que no sistema de leiras que a aeração é por sucção ocorre o inverso.

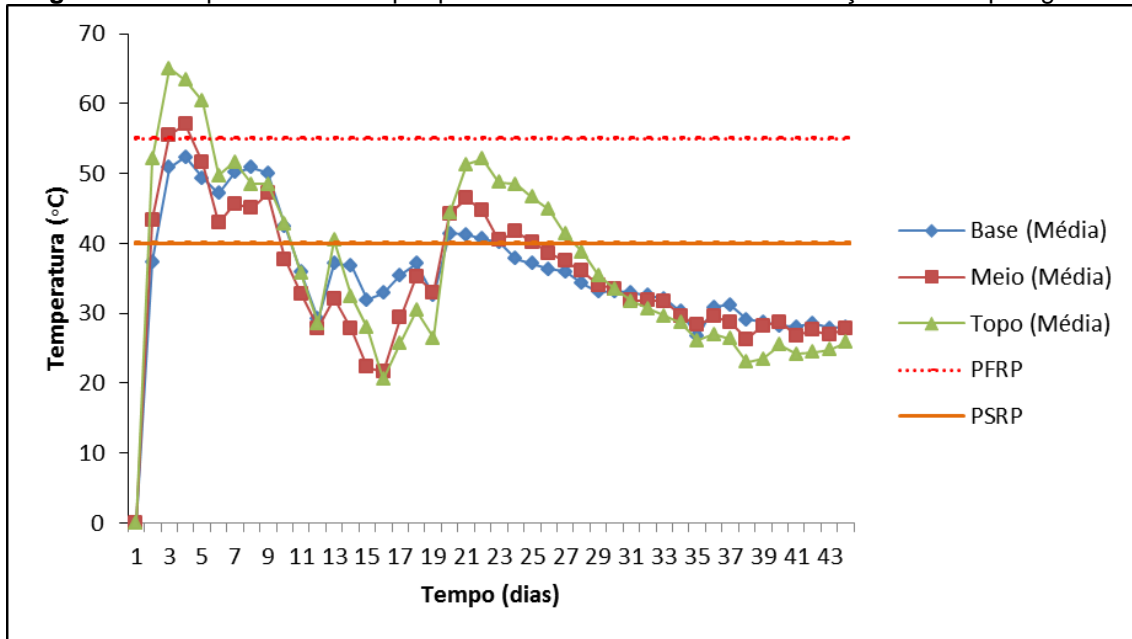
A compostagem é uma das mais eficientes formas de destruição de micro-organismos patogênicos dentre outras formas de tratamento de lodo de esgoto. Isto deve-se à alta temperatura alcançada durante processo. “As altas temperaturas são consideradas desejáveis pelo fato de destruírem sementes de ervas más e organismos patogênicos, os quais são pouco resistentes a temperaturas em torno de 50 a 60°C por certo período de tempo” (KIEHL p. 252, 1985).

A temperatura média em pontos diversos da leira e sua relação com os patógenos são apresentados na Figura 5.

De acordo com a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos – U.S. EPA (*United State Environmental Protection Agency*) – a redução de patógenos durante a compostagem depende de variáveis de tempo e temperatura. Os requisitos que o órgão descreve como PSRP (*Process to significantly reduce pathogens* – Processo para redução significativa de patógenos) é satisfeito se o composto atingir 40°C durante pelo menos 5 dias, com um pico de 55°C durante 4 horas nesse período. Já para PFRP (*Process to further reduce pathogens* – Processo para redução adicional de patógenos) a temperatura dos pontos da leira devem ser mantidos no mínimo a 55°C durante 3 dias consecutivos (U.S. EPA, 2003). A CONAMA 375/2006 segue os critérios estabelecidos pela U.S. EPA.

Como consta nos requisitos da U.S. EPA e CONAMA 375 e considerando as temperaturas alcançadas na leira (Figura 5) pode-se dizer que o composto do presente trabalho obteve êxito na redução de patógenos na maior parte dos pontos amostrados, logo nos primeiros dias de compostagem, sendo que em todos os pontos tiveram redução significativa de patógenos. Observa-se que a redução adicional de patógenos foi alcançada no topo e meio da leira, porém a temperatura média da base da leira não foi satisfatória, sendo o local mais próximo à tubulação de aeração. Como dito anteriormente, em leiras onde o ar é insuflado a base tende a ficar mais fria, sendo que o desenvolvimento de sistema híbrido (ora insuflação ora sucção) se torna a forma mais eficiente (PAIVA, 2011).

Figura 5 - Temperatura média por pontos analisados da leira e a relação com os patógenos.



* PFRP: Processo para redução adicional de patógenos. PSRP: Processo para redução significativa de patógenos.

Fonte: autores (2016)

A redução da atração de vetores é alcançada com pelo menos 14 dias com a temperatura superior a 40°C (U.S. EPA, 2003). Pode ser observado que as temperaturas nos pontos se mantiveram maior que 40°C por mais de 14 dias e a média da leira permaneceu maior que 45°C.

Um teste piloto de compostagem de lodo de esgoto com aparas de madeira nos EUA, Hinds & Gamble (2010) também relacionaram a temperatura com a eficiência na eliminação de patógenos e atração de vetores. Durante 11 semanas de testes os autores constataram que as temperaturas foram superiores as exigidas para eliminação de patógenos (55°C por mais que 3 dias) e obtiveram médias superiores a 40°C por 14 dias. Após a compostagem, o composto foi analisado por coliformes fecais e salmonelas, e seus níveis estavam bem abaixo dos limites regulatórios. Segundo eles, pode ser confirmado que as temperaturas atingidas foram suficientes para reduzir os patógenos.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A compostagem atingiu a fase termofílica logo nas primeiras 48 horas, evidenciando que a taxa de aeração inicial foi satisfatória para atender as demandas microbiológicas da massa inicial. Porém observou-se redução gradual da temperatura ao longo dos dias, entrando na fase mesofílica. A temperatura voltou a subir, fazendo o processo entrar na fase termofílica novamente, quando o experimento passou a aplicar outra taxa de aeração (menor).

Observou-se que a leira de compostagem alcançou temperaturas semelhantes nos diversos pontos amostrados, sendo que todos atingiram a fase termofílica logo nos primeiros dias. Porém, observaram-se temperaturas maiores no topo e meio, e menores na base (próximas à tubulação de aeração). Variações de temperatura nos pontos analisados da leira também puderam ser observadas durante as amostragens. Isso se deve a baixa eficiência na hora da mistura do composto.

A taxa de aeração deve ser ajustada levando em consideração a quantidade mássica de matéria orgânica a ser compostada e outras condições ambientais, para uma melhor manutenção da temperatura na leira. A taxa não deve ser fixa, devendo ser reduzida ao longo do processo. Essas medidas promoverão uma maior eficiência energética no processo, visto que taxas bem ajustadas consumirão menos energia elétrica.

Considerando os processos aceitos para redução de agentes patogênicos e atratividades de vetores, preconizados por normas, constatou-se que as temperaturas analisadas na leira atenderam as normas de forma eficiente na redução de patógenos e redução de atração de vetores.

REFERÊNCIAS

- ANDREOLI, C.V.; BACKES, S.A.; CHERUBINI, C. Avaliação do processo de compostagem utilizando podas verdes e resíduos do saneamento. **Anais FERTBIO 2002**, Rio de Janeiro, 2002.
- ARSLAN, E. I; UNLU, A.; TOPAL, M. Determination of the effect of aeration rate on composting of vegetable-fruit wastes. **Clean – Soil, Air, Water**, v. 39, n. 11, p. 1014-1021, 2011.
- CONAMA – CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. **Resolução 375/06** – Critérios e procedimentos, para uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto e seus produtos derivados, 32p., Brasília, 2006.
- FERNANDES, S.A.P.; SILVA, S.M.C.P.da. **Manual prático para a compostagem de biossólidos**. 84 p. Londrina: Prosab, Finep, 1999.
- GUO, R.; LI, G; JIANG, T.; SCHUCHARDT, F.; CHEN, T.; ZHAO, Y.; SHEN, Y. Effect of aeration rate, C/N ratio and moisture content on the stability and maturity of compost. **Bioresource Technology**, n. 112, p. 171-178, 2012.
- HAUG, R. T. **The practical handbook of compost engineering**. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida, USA, 1993.
- HINDS, C. & GAMBLE, S. **Biosolids Composting Pilot Test**: Summary report and technical memorandums. City of Kodiak. Abril, 2010.
- KIEHL, E.J. **Fertilizantes Orgânicos**. Piracicaba: Editora Ceres, 468 p., 1985
- KIEHL, E. J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. São Paulo. 171 p. 2002.
- LAU A. K.; Lo K. V.; LIAO P.H.; YU J.C. Aeration experiments for swine waste composting. **Bioresource Technology**., 41: 145-152, 1992.
- PAIVA, E. C. R. **Variáveis de projeto, operação de sistemas de leiras estáticas aeradas e qualidade do composto produzido com carcaças de aves mortas**. 2011. 112p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.
- PINTO, M.T. Higienização de lodos. In: ANDREOLI *et al.* (eds). **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final**. Belo Horizonte: DESA-UFMG/SANEPAR. p. 261-317. 2001.

RASAPOOR, M; NASRABADI, T,; KAMALI, M.; HOVEIDI, H.; The effects of aeration rate on generated compost quality, using aerated static pile method. **Waste Management**, n. 29, p. 570-573, 2009.

RICCI, A. B. **Uso de lodo de esgoto estabilizado na revegetação de um solo decapitado**. 2008. 111p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008

SCHULZE, K. L. Continuous thermophilic composting. **Compost Sci.**, 3, p.22-33, 1962.

U.S. EPA United States Environmental Protection Agency. **Environmental regulations and technology. Control of pathogens and vector attraction in sewage sludge**. 178p., Cincinnati, 2003.

WILEY, J.S. & PIERCE, G. **A preliminary study of high rate composting**. Proc. ASCE., 81, 846-50, 1955.

ZHU, N. Effect of low initial C/N ratio on aerobic composting of swine manure with rice straw. **Bioresour. Technol.** 98, 9-13, 2007.

Enviado em: 17 jun. 2016

Aceito em: 06 dez. 2016

Editor responsável: Alysson Ramos Artuso