

**ÁREA TEMÁTICA: RECICLAGEM**

**Correlação do pH e da Temperatura em Função da Redução dos Ovos Viáveis de Helminthos no Processo de Co-compostagem de Esterco Bovino e Lodo de Tanque Séptico**

*Wanderson Barbosa da Silva Feitosa<sup>1</sup> (wandersonfeitosa@gmail.com)*

1. Universidade Estadual da Paraíba

**RESUMO**

A Co-compostagem possui fases de degradação distintas, objetivando a conversão dos constituintes orgânicos e fornecimento de material estabilizado, sob o ponto de vista físico-químico e microbiológico. A redução significativa dos contaminantes microbiológicos é alcançada na fase termófila, onde a Co-compostagem atinge temperaturas acima de 45°C. Porém, na fase mesófila ainda persistem ovos de helmintos que são eliminados por outros processos, sem relação com a temperatura. Em contrapartida, outros parâmetros são relevantes na fase mesófila, como o pH que normalmente adota valores maiores, em comparação ao início da Co-compostagem. Esta pesquisa apresenta uma análise de correlação do pH e da temperatura em função da redução dos ovos de helmintos no processo de Co-compostagem de esterco bovino e lodo de Tanque Séptico, a fim de apontar diferenças dos índices de determinação que estejam associados ao decaimento de ovos de helmintos na fase mesófila.

**Palavras-chave:** Co-compostagem; Esterco; Lodo.

**Correlation of pH and Temperature as a Function of the Reduction of Viable Eggs of Helminths in the Process of Composting of Bovine Manure and Septic Tank Sludge**

**ABSTRACT**

Co-composting has distinct stages of degradation, focusing on the conversion of the organic constituents and the supply of stabilized material, from a physical-chemical and microbiological point of view. The greatest reduction of microbiological contaminants is achieved in the thermophilic phase, where co-composting reaches temperatures above 45 ° C. However, in the mesophyll stage, eggs of helminths still persist that are eliminated by other processes, unrelated to temperature. In contrast, other parameters are relevant in the mesophyll stage, such as the pH that normally adopts larger values, in comparison to the beginning of the Co-composting. This work performs a correlation analysis of pH and temperature as a function of the reduction of helminth eggs in the Co-composting process of bovine manure and septic tank sludge, in order to point out differences in the determination indices that are associated to the decay of eggs of helminths in the mesophyll stage.

**Keywords:** Co-composting; Manure; Sludge.

**1. INTRODUÇÃO**

Iniciativas que promovem a redução do potencial poluidor de resíduos, refletem positivamente na preservação ambiental e conseqüentemente na saúde da população. Considerando que estes resíduos contêm composição variável e são gerados em decorrência das atividades humanas, estima-se o imenso volume gerado diariamente. Dentre a variedade de resíduos sólidos, àqueles que são gerados em zonas urbanas apresentam frações expressivas de material passível à degradação microbiológica. No entanto, nas zonas rurais, as frações orgânicas raramente compõem os resíduos sólidos residenciais havendo, portanto, a segregação e destinação do

material orgânico para alimentação animal. Em relação aos esgotos domésticos, as zonas rurais dispõem de tratamentos anaeróbios individualizados que geram o lodo como subproduto. A destinação inadequada é recorrente, demonstrando a necessidade de ações para popularização das tecnologias compatíveis com as atividades rurais. A tecnologia de Co-compostagem atende este requisito, através da utilização de outras matrizes orgânicas como o esterco bovino, que associado aos lodos de Tanques Sépticos compõe um substrato que atende aos requisitos físico-químicos da Co-compostagem, prioritariamente a relação carbono/nitrogênio. As fases de degradação da Co-compostagem colaboram para estabilização das frações orgânicas e redução de contaminantes microbiológicos, sobretudo àqueles mais resistentes, representados pelos ovos de helmintos. A maior redução dos contaminantes microbiológicos é alcançada na fase termófila, onde a Co-compostagem atinge temperaturas acima de 45°C. Porém, na fase mesófila ainda permanecem ovos de parasitos que são eliminados por outros processos, sem relação com a temperatura. Em contrapartida, outros parâmetros são relevantes na fase mesófila, como o pH que normalmente adota valores maiores, em comparação ao início da Co-compostagem. Esta pesquisa apresenta uma análise de correlação do pH e da temperatura em função da redução dos ovos de helmintos no processo de Co-compostagem de esterco bovino e lodo de Tanque Séptico, a fim de apontar diferenças dos índices de determinação que estejam associados ao decaimento de ovos de helmintos na fase mesófila.

### **1.1 Compostagem**

O termo “tratamento” remete as alternativas que geram subprodutos com menor potencial poluidor. Compostos orgânicos podem, em sua maioria, receber o tratamento denominado Compostagem. Trata-se de um processo controlado de transformação de frações orgânicas em húmus, sendo realizado pela ação de microrganismos aeróbios presentes no próprio material. Diz-se que é um processo controlado porque são os microrganismos que efetuam a degradação dos resíduos, mas propiciar as melhores condições a eles é tarefa de quem opera o processo. Faz-se isto monitorando: temperatura, pH, umidade, nutrientes e tamanho de partículas (Gomes e Martins, 2003). O processo de Compostagem é a forma mais eficiente de obter a biodegradação controlada dos resíduos orgânicos, que são compostos de carbono suscetível a degradação (Pereira Neto, 1996). A Compostagem promove a valorização dos resíduos como matéria-prima, sendo do ponto de vista agrônômico, um processo de grande importância, devido uma quantidade considerável de nutrientes estarem retornando para o solo na forma mineral e orgânica, proporcionando melhorias químicas, físicas e biológicas (Santos *et. al.*, 2014).

### **1.2 Co-compostagem**

A Co-compostagem consiste em dispor e tratar simultaneamente mais de um tipo de resíduo, em geral através do processo de Compostagem. Apresenta-se como uma alternativa importante para destinação final dos resíduos sólidos orgânicos, assim como de outros resíduos passíveis de incorporação, como lodos de Tanques Sépticos.

Sendo um processo biológico, com participação ativa de microrganismos decompositores que demandam substratos de composição balanceada de carbono e nitrogênio, o processo de Compostagem necessita de balanceamento da massa a ser digerida, a partir da mistura com outros resíduos. Tipicamente, resíduos sólidos orgânicos domiciliares e folhas de varrição apresentam alto teor de carbono. Em contrapartida, o nitrogênio contido nesses resíduos é deficiente, principalmente em folhas de varrição.

Lodos obtidos dos tratamentos de esgoto sanitário possuem alta carga de nutrientes, entre os quais nitrogênio e fósforo. Normalmente, não devem ser observadas grandes quantidades de carbono no lodo de esgoto sanitário, principalmente em lodos gerados a partir de tratamentos anaeróbios como Tanques Sépticos, pois o tratamento visou exatamente à diminuição da carga orgânica.

A eficácia da Co-compostagem deve abranger parâmetros comuns aos substratos e de uma maneira geral rege a finalidade do processo global: Fornecer subproduto com menor potencial poluidor e viabilizar seu reaproveitamento.

A recuperação dos resíduos e sua reintegração, em determinados processos produtivos asseguram a economia de matéria-prima e de energia (Lopes e Pompeu, 2014).

### **1.3 Parâmetros Intensivos e Extensivos da Co-compostagem**

Temperatura, pH, umidade, nutrientes e ovos de helmintos são os principais parâmetros influenciadores para tomada de decisão, relacionada ao monitoramento do processo de Co-compostagem. Os parâmetros indicam a evolução da decomposição da matéria orgânica, dessa forma, a interpretação de cada parâmetro é fundamental para condução, intervenções ou encerramento do processo de Co-compostagem.

Embora a elevação da temperatura seja necessária e interessante para a eliminação de organismos patogênicos, alguns pesquisadores observaram que a ação dos microrganismos sobre a matéria orgânica aumenta com a elevação da temperatura até 65°C; acima deste valor, o calor limita as populações aptas, havendo um decréscimo da atividade biológica. Depois de iniciada a fase termófila (em torno de 45°C), o ideal é controlar a temperatura entre 55 e 65°C. Esta é a faixa que permite a máxima intensidade de atividade microbiológica. Acima de 65°C, a atividade microbiológica cai e o ciclo de Compostagem fica mais longo (Andreoli, 2001).

Há, portanto, uma relação tênue entre temperatura e atividade dos microrganismos atuantes na Co-compostagem.

O pH possui relação com o nível de degradação do substrato, conseqüentemente relaciona-se à fase em que encontra-se o processo de degradação.

A faixa ótima para a Compostagem encontra-se entre 6,5 a 8,0, no entanto, experiências realizadas na Universidade Federal de Viçosa – UFV, indicam que a Compostagem pode ser desenvolvida com uma faixa bem mais ampla de pH, entre 4,5 a 9,5 (Pereira Neto, 1996).

Em pesquisas realizadas em 2008, foram observados valores de pH por volta de 10, em adubos obtidos em 105 dias de processamento por Compostagem (Silva, 2008).

Ovos de Helmintos surgem como um parâmetro indicador, a partir do monitoramento dos ovos viáveis e a observação de seu decaimento, normalmente associado à presença de temperatura. Porém, em alguns processos de Compostagem ou Co-compostagem, a fase termófila não responde pelo decaimento total de ovos viáveis de helmintos.

## **2. OBJETIVO**

Realizar análise de correlação do pH e da Temperatura em função da redução dos ovos viáveis de helmintos no processo de Compostagem de esterco bovino e lodo de tanque séptico, evidenciando os índices de determinação no processo global, na fase termófila e na fase mesófila, a fim de apontar diferenças dos índices de determinação que estejam associados ao decaimento de ovos de helmintos na fase mesófila.

## **3. METODOLOGIA**

A pesquisa foi realizada por Feitosa (2010), na qual foram monitorados os parâmetros para realização desse estudo de correlação, sendo: Temperatura aferida na Co-compostagem (centro da leira), pH e número de ovos viáveis de helmintos por grama de sólidos totais. As análises foram realizadas semanalmente, por amostras coletadas no sistema monitorado durante 94 dias, divididos entre: fase de montagem (1º dia), e fase de monitoramento semanal (3º ao 94º dia). Os dados referentes à fase de monitoramento semanal foram tratados em software Microsoft Excel, plotados gráficos de dispersão e calculados os Coeficientes de Correlação e Coeficientes de Determinação Linear de Pearson, e o grau da correlação foi verificado através da metodologia proposta por Devore (2006), que indica o grau de correlação pelos coeficientes de Pearson. Schober *et. al.*, (2014) definem correlação como a medida de uma associação monotônica entre 2 variáveis. Uma relação monótona entre 2 variáveis é uma em que (1) quando o valor de 1 variável “a” aumenta, o mesmo acontece com o valor da outra variável “b”; ou (2) como o valor de 1 variável “a” aumenta, o valor da outra variável “b” diminui.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A permanência de faixas de temperatura que delimitam as fases termófila e mesófila podem ser visualizadas no comportamento global da temperatura em função dos dias de operação da Co-compostagem (Figura 1).

**Figura 1. Fases mesófila e termófila da Co-compostagem**



O comportamento global de temperatura respondeu aos parâmetros físico-químicos de qualidade do substrato, associados principalmente a relação carbono/nitrogênio, teor de umidade e procedimentos de aeração do substrato. A separação das fases termófila e mesófila e o período em que cada fase atuou, atestam um funcionamento adequado do sistema de Co-compostagem. Os resultados do monitoramento de Temperatura, pH e Ovos viáveis de helmintos tornam evidentes a duração da fase termófila (do 3° ao 52° dia) (Tabela 1.).

**Tabela 1. Dados experimentais da Co-compostagem**

Dias	Temperatura (°C)	pH	Ovos Viáveis de Helmintos
01	33,1	7,86	22,4
03	63,7	8,06	20,5
10	55,0	8,15	13,5
17	53,3	8,11	10,2
24	57,1	8,01	7,8
31	57,3	8,16	5,7
38	53,4	8,15	3,4
45	55,3	8,07	1,7
52	49,0	7,89	1,3
59	40,5	7,26	1,1
66	31,4	7,24	0,7
73	31,6	7,35	0,5
80	30,3	7,40	0,1
87	32,3	7,65	0,0
94	31,6	7,91	0,0

A permanência de ovos viáveis de helmintos na fase mesófila levanta possibilidades do pH atuar sobre a redução desses ovos remanescentes. Sem ação de temperatura, que é o principal percussor da redução de agentes patogênicos, o pH pode estar associado a redução total dos ovos viáveis de helmintos. A análise de correlação foi aplicada nos dados, seguindo a seguinte sistematização: Correlação global das fases termófila e mesófila, correlação na fase termófila e correlação na fase mesófila, entre os pares de parâmetros: Temperatura e ovos viáveis de helmintos; pH e ovos viáveis de helmintos (Figuras 2. 3. 4. 5. 6 e 7.).

Figura 2. Correlação global (fases termófila e mesófila)

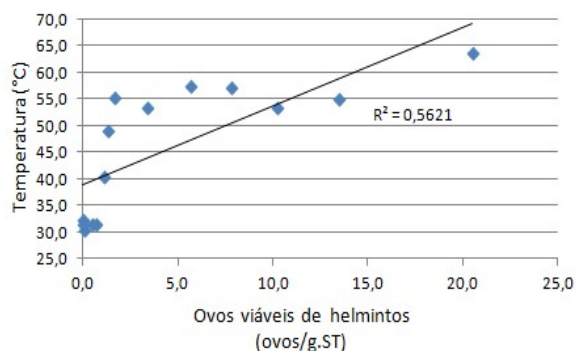


Figura 3. Correlação global (fases termófila e mesófila)

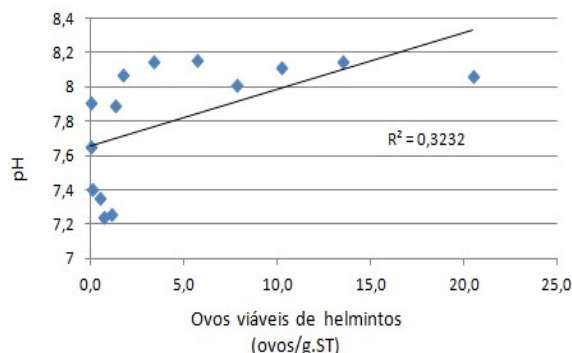


Figura 4. Correlação na fase termófila

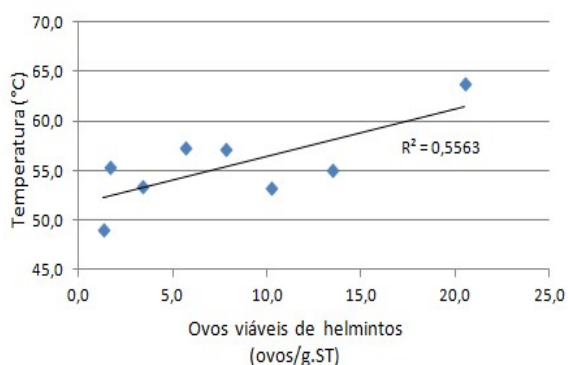


Figura 5. Correlação na fase termófila

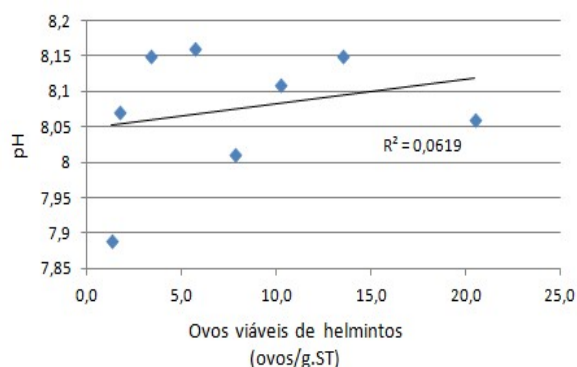


Figura 6. Correlação na fase mesófila

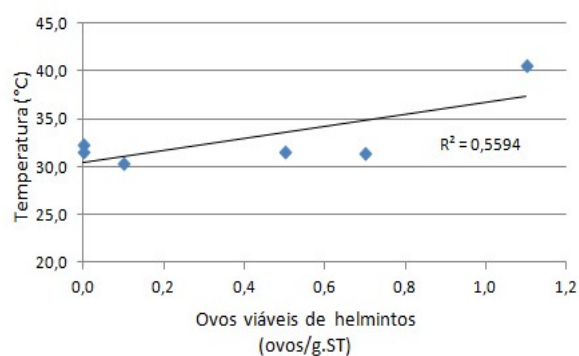
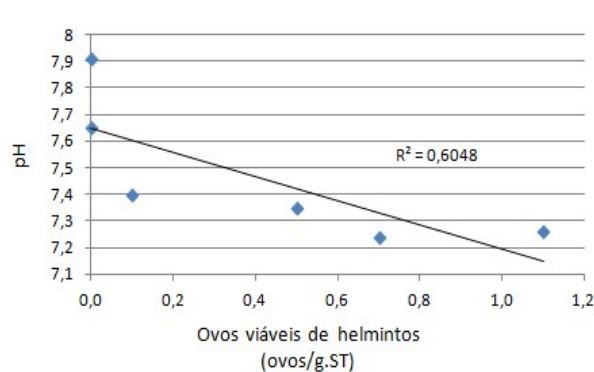


Figura 7. Correlação na fase mesófila



Em dados correlatos, Schober *et. al.*, (2014) afirmam que a mudança na magnitude de 1 variável está associada a uma mudança na magnitude da outra variável, na mesma direção ou na direção oposta. Nos conjuntos avaliados, os resultados apontam correlação forte (Figuras 2. 4. 6. e 7.), correlação moderada (Figura 3.) e correlação fraca (Figura 5.). A correlação (R) é representada por número adimensional, entre zero e um, que atribui qualidades de forte correlação aos valores mais próximos de um e fraca correlação aos valores mais próximos do zero. Comumente, softwares estatísticos fornecem a correlação na forma de coeficiente de determinação ( $R^2$ ) dos quais se interpretam os percentuais de dados que se correlacionam entre si. Segundo Kozak *et. al.*, (2012), teoricamente, a correlação deve, portanto, limitar-se a descrever a associação entre duas variáveis que não estão em uma relação de causa e efeito.

## 5. CONCLUSÃO

A análise global do processo de Co-compostagem fornece um resultado esperado, de que a temperatura possui uma forte correlação com a redução de ovos viáveis de helmintos, nos valores calculados em 0,749 enquanto a correlação do pH com a redução de ovos de helmintos foi calculada em 0,568. Convertendo os resultados em coeficiente de determinação, representam 56,21% e 32,32% respectivamente.

A correlação aumenta expressivamente, avaliando-se a fase termófila isoladamente. Nesta fase, o decaimento de ovos viáveis de helmintos se correlaciona com 55,63% dos dados de temperatura, enquanto que o mesmo decaimento de ovos viáveis de helmintos se correlaciona com apenas 6,19% dos dados de pH.

A análise de correlação na fase mesófila aponta uma diferença considerável da correlação entre o decaimento de ovos viáveis de helmintos e o parâmetro de pH. O decaimento de ovos viáveis de helmintos na fase mesófila se correlaciona com 55,94% dos dados de temperatura, enquanto que o mesmo decaimento de ovos viáveis de helmintos se correlaciona com 60,48% dos dados de pH. Embora o aumento seja discreto dentro da fase mesófila, ao compararmos as duas fases, a influência do pH aumentou consideravelmente na fase mesófila.

Recomenda-se a realização de análise da correlação em sistemas onde o número de ovos viáveis de helmintos tenham sido superiores na fase mesófila, a fim de obter-se resultados mais consistentes de sua correlação de decaimento com influência do pH.

## 6. REFERÊNCIAS

ANDREOLI, Cleverson V.; PINTO, Marcelo A. Teixeira. Resíduos Sólidos do Saneamento: Processamento, Reciclagem e Disposição Final. Curitiba: 2001.

DEVORE, J. L. Probabilidade e estatística: para engenharia e ciências. São Paulo, SP: Thomson Pioneira, 2006. 706 p.

FEITOSA, W. B. S.; Caracterização e Alternativas de Tratamento de Resíduos Sólidos Produzidos em Pequenas Comunidades de Região Semi-árida. 2010. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais). Universidade Federal de Campina Grande.

GOMES, L. P., MARTINS, F. B. Projeto, implantação e operação de aterros sustentáveis de resíduos sólidos urbanos para municípios de pequeno porte. IN: Resíduos sólidos urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte / Armando Borges de Castilhos Junior (coordenador). Rio de Janeiro: ABES, 2003. 294 p. (Projeto PROSAB).

LOPES, A. F. A.; POMPEU, D. S. S.; BENEFÍCIOS SOCIAIS E AMBIENTAIS DA USINA DE RECICLAGEM E COMPOSTAGEM NA CIDADE DE PRATA - MG1. Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde. Hygeia 10 (19): 74 – 85, ISSN: 1980-1726, Dez/2014.

PEREIRA NETO, João Tinoco. Manual de compostagem: processo de baixo custo. Belo Horizonte: UNICEF, 1996.

SANTOS, A. T. L. S.; HENRIQUE, N. S.; SHHLINDWEIN, J. A.; FERREIRA, E.; STACHIW, R. Aproveitamento da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos para produção de composto orgânico. Revista Brasileira de Ciências da Amazônia, v. 3, n. 1, p. 15-28, 2014.

SILVA, Monica Maria Pereira. Tratamento de lodos de tanques sépticos por co-compostagem para os municípios do semi-árido paraibano: alternativa para mitigação de impactos ambientais. 2008. Tese (Doutorado em Recursos Naturais). Universidade Federal de Campina Grande.

SCHOBBER, P. BOER, C. SCHWARTE, L. A. Correlation Coefficients: Appropriate Use and Interpretation. ANESTHESIA & ANALGESIA, Volume 126, Number 5, p. 1763-1768, May/2018.

Marcin Kozak; Wojtek Krzanowski; Małgorzata Tartanus. Use of the correlation coefficient in agricultural sciences: problems, pitfalls and how to deal with them. An. Acad. Bras. Ciênc. vol.84 n.4, Rio de Janeiro. Dec. 2012.