



APLICAÇÃO DE SECADOR CONTÍNUO EM COMPOSTO MATURADO E SEU EFEITO NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO- QUÍMICAS E FITOTOXICOLÓGICAS

Hartur Xavier Pinheiro

Universidade Federal de Pelotas, Centro de Engenharias.
Rua Santa Cruz, nº 1948, apto 904.
96015710 – Pelotas – Rio Grande do Sul

Miguel Fuentes Guevara

Universidade Federal de Pelotas, Mestrando em Manejo e conservação do solo e da água.

Matheus Francisco da Paz

Universidade Federal de Pelotas, Doutorando em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Luciara Bilhalva Corrêa

Universidade Federal de Pelotas, Centro de Engenharias.

Érico Kunde Corrêa

Universidade Federal de Pelotas, Centro de Engenharias.

Resumo: A legislação brasileira classifica os compostos orgânicos em tipo A, B e C, e para que sejam comercializados devem apresentar no máximo 50% de umidade. Para auferir o propósito pretendido, a aplicação de secadores é essencial em empreendimentos agrícolas. Contudo, além de adequar a umidade, outros parâmetros relevantes podem ser alterados durante o tratamento. O objetivo desse trabalho consistiu em avaliar o efeito do secador contínuo sobre as características físico-químicas e fitotoxicológicas de composto maturado. O processo de compostagem que originou o composto avaliado foi elaborado a partir do lodo gerado na estação de tratamento de efluente de uma agroindústria localizada em Chapecó-Santa Catarina combinado com casca de arroz e serragem. Foram delimitadas três etapas fundamentais de tratamento, antes, durante e após a aplicação do secador. As análises físico-químicas de umidade, pH, carbono orgânico e acidez trocável foram procedidas simultaneamente com ensaios fitotoxicológicos em sementes de pepino e alface. Os resultados obtidos indicaram redução significativa de umidade e acidez trocável. O teor de carbono orgânico também sofreu redução. Após o processo de secagem, observou-se um expressivo acréscimo no Índice de Germinação (%) tanto para sementes de alface quanto para as de pepino, caracterizando diminuição da fitotoxicidade de composto. Conclui-se que a aplicação do secador é recomendada, pois reduz efeitos fitotoxicológicos que complexos de ácidos orgânicos associados ao Al tóxico podem causar sem reduzir o pH. No entanto, é impreterível utilizar outros extratores e adequar o tempo de exposição do composto ao autômato para aproximar-se dos resultados necessários para sua comercialização.

Palavras-chave: Compostagem, umidade, secagem, fitotoxicidade, acidez trocável.



DRYER APPLICATION ON MATURED COMPOST AND THE EFFECT ON PHYSICOCHEMICAL AND PHYTOTOXICOLOGICAL CHARACTERISTICS

Abstract: *Brazilian legislation classifies organic composts into A, B and C. In order to be marketed it must not have more than 50% of moisture content. To derive the intended purpose the use of dryers is essential in agricultural enterprises. Furthermore, besides adequate the compost moisture, other relevant parameters can be changed during treatment. The aim of this study was to evaluate the effect of continuous dryer on the physicochemical and phytotoxicological characteristics of matured compost. The composting process that originated the estimated compost was prepared from the sludge generated in the wastewater treatment plant of an agribusiness located in Chapecó-Santa Catarina combined with rice straw and sawdust bark. Three fundamental treatment stages were defined, before, during and after applying the dryer. The physicochemical analysis of moisture, pH, organic carbon and exchangeable acidity were simultaneously preceded with phytotoxicological essays on cucumber and lettuce seeds. The results indicated a significant reduction in moisture content and exchangeable acidity. The organic carbon was also reduced. After the drying process there was a significant increase in the Germination index (%) in both cucumber and lettuce seeds featuring decreased phytotoxicity in the compost. It is concluded that the application of the dryer is recommended because it reduces phytotoxicological effects that organic acids complexes associated with toxic aluminum can cause without reducing pH. However, it is imperative to adjust the exposure time of the compost to the automaton in order to approach the results required for marketing.*

Keywords: *Composting, moisture, drying, phytotoxicity, exchangeable acidity.*

Introdução:

A crise ambiental que hoje se reflete no planeta terra não se resume simplesmente no desaparecimento de corpos hídricos, na perda de biodiversidade ou na contaminação da atmosfera. Estes são apenas sintomas de todos os efeitos sobre o meio ambiente. A homeostase se degenera e o desequilíbrio ambiental aproxima-se do ponto do qual não haverá volta, e conseqüentemente os sistemas naturais entrarão em colapso (LUTZENBERGER, 1976).

No cenário atual as atividades antropogênicas têm aumentado progressivamente a geração de resíduos orgânicos, os quais necessitam de alguma forma ser integrados aos sistemas naturais vigentes, de forma equilibrada, minimizando os impactos causados ao meio ambiente. Sendo assim, se torna fundamental o conhecimento da dinâmica da matéria orgânica e de outras substâncias presentes ou adicionadas no solo, e dessa forma possibilitar o reaproveitamento energético dos resíduos



provenientes da atividade humana em áreas agrícolas, industriais e urbanas. Neste sentido surge o uso de tecnologias para o tratamento de materiais que antes não eram reincorporados no ciclo de produtos, como a compostagem (DAI PRÁ *et al.*, 2009).

O processo de compostagem apresenta uma dinâmica de parâmetros interligados muito complexa, que influencia no seu produto final, como: a umidade, o PH, o carbono, que se não satisfizerem os padrões estabelecidos pela legislação Brasileira, podem ocasionar em danos generalizados ao solo, fauna e flora uma vez que seja incorporado ao ambiente (FERNANDES & SILVA *et al.*, 1999). Mais além, a compostagem é um processo biológico que promove a transformação de resíduos orgânicos em substâncias húmicas e estabilizadas, com propriedades e características satisfatórias para o reaproveitamento e beneficiamento dos resíduos quando incorporado ao solo (KIEHL, 1985). Ademais compreende a biodegradação da matéria orgânica e eliminação de organismos patogênicos, e também apresenta potencial de reduzir grande parte das substâncias fitotóxicas presentes nos compostos e materiais que são utilizados como substratos na compostagem, entre eles os lodos de estações (KORBOULEWSKY *et al.*, 2002).

As condições ideais para um parâmetro de umidade adequado no processo de compostagem variam de acordo com o material de origem, a granulometria e o sistema utilizado. Apesar das diferentes origens do resíduo utilizado, muitos autores sugerem que valores ideais para umidade em composto permaneçam entre 50% e 75%. Valores inferiores a essa faixa são prejudiciais uma vez que a atividade microbiana pode ser inibida e retardar o processo de degradação, e valores acima dessa faixa pode ocasionar na ocupação dos espaços intersticial pela água, impedimento à difusão de oxigênio, promoção da anaerobiose e redução da temperatura e da velocidade de degradação da matéria orgânica por microrganismos (GRAY *et al.*, 1973; LOPEZ-REAL, 1990; BIDONE & POVINELLI, 1999). Visto que o carbono é utilizado como fonte de energia para o metabolismo microbiano sendo incorporado ao protoplasma celular, trata-se de um componente essencial para obter a relação adequada com o nitrogênio, maturação e estabilização do composto, ao passo que ao final do processo de compostagem o pH indica alcalinidade sem grandes perdas de nitrogênio (KIEHL, 1985).

De acordo com o MMA (Ministério do Meio Ambiente), segundo a Resolução nº 375 de 29 de Agosto de 2006, que define os critérios e os procedimentos para o uso agrícola do lodo gerado em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, além das análises de PH, matéria orgânica, P, Ca, K, Mg, Na, soma de bases (S), capacidade de troca catiônica (CTC) e porcentagem de saturação de bases (V%), a acidez potencial que pode ser subdividida em trocável e não-trocável também assume papel importante na determinação da fertilidade de composto (BRASIL, 2006; VIÇOSA, 2009).

A acidez de composto é dividida em três componentes: acidez ativa que corresponde à atividade dos íons hidrogênio em solução, determinada através de potenciômetro ou medidor de pH; acidez trocável que corresponde, normalmente, à quantidade de Al^{3+} adsorvidos aos coloides da matéria orgânica e acidez potencial que corresponde à soma da acidez trocável com os íons de hidrogênio e alumínio adsorvidos na superfície dos coloides, utilizando uma solução tampão (EBERLING, A. G. *et al.*, 2008).

A utilização de equipamentos como secadores contínuos visando à redução da umidade tem despertado o interesse de indústrias para a secagem de composto maturado. Esse aparato promove a volatilização da água por meio da entrada de ar quente no interior do cilindro e redução do excedente de umidade. Contudo, a utilização de secadores ainda é limitada, considerando que outras características relevantes como a acidez de composto podem ser alteradas após a aplicação.

O objetivo desse estudo compreende uma avaliação do efeito do uso de secador contínuo em composto maturado proveniente de lodo de estação de tratamento de efluente de abatedouro nas características físico-químicas de umidade, PH, carbono orgânico e acidez trocável além dos ensaios fitotoxicológicos, buscando elucidar a viabilidade do uso de secador contínuo e os benefícios que a secagem pode promover ao fertilizante orgânico.



Metodologia:

No processo de compostagem foram utilizados os seguintes materiais: lodo de estação de tratamento de efluente de abatedouro, localizada em Chapecó – Santa Catarina, em mistura com casca de arroz e serragem, originando um composto maturado de Classe A. Para a realização do experimento foi utilizado um secador cilíndrico contínuo de contra fluxo, com temperatura máxima registrada em seu interior de 250 °C. Para a metodização desse estudo, foram coletadas amostras de cinco pontos equidistantes do composto maturado, durante três etapas fundamentais do processo: antes, durante e depois da secagem com o autômato.

A análise de PH foi realizada em triplicata, conforme a metodologia proposta pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 1997), utilizando um pHmêtro em uma solução de suspensão composto: líquido. Na determinação do carbono orgânico adotou-se o método de Walkley-Black segundo Tedesco *et al.*, (1995). Para determinar a umidade foi aplicado o método de AOAC (1998).

Para a determinação da acidez do composto tratado desse experimento foi usado o parâmetro de acidez trocável, segundo a metodologia proposta por Vettori (1969) com adaptações. Para realizar a técnica de extração da acidez trocável seguindo também as recomendações da EMBRAPA, as análises foram realizadas em triplicata usando solução de KCl 1 mol.L⁻¹. No procedimento acrescenta-se 2,5g de amostra de composto previamente triturada e peneirada, simultaneamente com 50 mL de KCl 1 mol.L⁻¹ em Erlenmeyer de 125 mL. Agitou-se a solução por 30 minutos utilizando um agitador magnético e seguidamente deixou-se em repouso por 24 horas até que toda a fração sólida decantou. Após transferiu-se uma alíquota de 25 mL do sobrenadante para um Erlenmeyer de 250 mL, adicionando-se quatro gotas do indicador fenolftaleína 0,1% e titulou-se com NaOH 0,0088 mol.L⁻¹ padronizado, até o ponto de viragem da solução para a cor rosa persistente, além disso foram elaboradas provas em branco.

A acidez trocável foi calculada pela seguinte equação:

Equação 1.

$$AT \text{ (cmol}_c\text{/kg)} = \frac{(V - V') \times C \times 100 \times 2}{P}$$

Onde:

V é o volume de NaOH gastos na titulação da amostra;

V' é o volume de NaOH usado na prova em branco;

C é a concentração real do NaOH usado na titulação;

P é o peso da amostra em gramas.

Os ensaios fitotoxicológicos foram realizados em triplicata de acordo com a metodologia proposta por Tiquia & Tam (1998) com adaptações. Foram utilizadas sementes de alface (*Lactuca sativa*) e pepino (*Cucumis sativus*), adquiridas no comércio local, respeitando o mesmo lote para todas as repetições. Dez sementes de cada espécie foram posicionadas em placas de petri em pontos equidistantes, com 5 mL de solução 10% (m/v) da diluição do composto em água destilada, sendo levadas à incubadora a 25°C por 48 horas sem interferência luminosa. Decorrido o período necessário para a leitura das placas de petri, foi feito o somatório das sementes germinadas e o somatório das medições das radículas em milímetros (mm), com o auxílio de um paquímetro digital. Foram consideradas sementes germinadas àquelas que apresentaram radículas superiores a 1 mm. Como controle (branco), também foram elaboradas placas de petri com água destilada.

O índice de germinação foi calculado pela seguinte equação:



Equação 2.

$$IG(\%) = \frac{N2 \times C2}{N1 \times C1} \times 100$$

Onde:

N2 é o número de sementes germinadas;

C2 comprimento das radículas;

N1 é o número de sementes germinadas no controle;

C1 é o comprimento das radículas do controle.

Para o delineamento experimental foram estabelecidos três pontos de coleta (antes, durante e após o secador) e cinco repetições em cada ponto, seguindo arranjo unifatorial, onde o fator de tratamento corresponde aos pontos de coleta e os parâmetros resposta ao pH, a umidade, carbono orgânico, a fitotoxicidade por índice de germinação e a acidez trocável. Dados atípicos das análises de resíduos studentizados foram removidos e as variáveis foram normalizadas e submetidas à análise de variância pelo teste F ($p < 0,05$). Constatando significância estatística nos resultados obtidos, as médias foram submetidas ao teste de Duncan ($p < 0,05$).

Resultados e Discussão

Os resultados das análises físico-químicas do composto podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros físico-químicos do composto analisado frente ao uso do secador contínuo.

Tratamento	Umidade (%)	Carbono Orgânico (%)	pH	Acidez Trocável (cmolc. kg ⁻¹)
Antes do secador	71,22±1,270 ^a	55,08±0,081 ^a	8,5±0 _{ns}	4,0506 ± 0,113 ^a
No secador	65,95±1,64 ^b	54,54±0,135 ^b	8,4±0,028 _{ns}	1,8424 ± 0,0249 ^c
Após o secador	51,69±1,97 ^c	54,53±0,128 ^b	8,8±0,063 _{ns}	3,1307 ± 0,145 ^b

Letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

ns : Sem diferença significativa

Como apresentado na Tabela 1. O valor encontrado para o teor de umidade do composto foi de 71,22% antes da aplicação no secador, no qual a origem do material utilizado no processo de compostagem pode ter sido o fator determinante para o valor encontrado. Segundo Eftoda & MacCartney (2004) e Yañez *et al* (2009), lodo de estação de tratamento pode apresentar valores de umidade de até 75%, dependendo do material estruturante previamente utilizado no processo de compostagem.

Houve uma redução significativa da quantidade de água presente no composto à medida que ia sendo submetido ao tratamento com o secador, apresentando valor de 51,69% de umidade final. O valor encontrado correspondente à umidade, ainda permanece acima do limite estabelecido pelo ministério do meio ambiente, descrita na resolução nº 375, de 29 de Agosto de 2006. Dessa forma, se faz necessário um tratamento com maior intensidade da fonte de calor ou aumentar o tempo de exposição do composto às transformações que o aparato pode proporcionar. Entretanto, é importante considerar que valores muito baixos de umidade de composto podem ocasionar em impactos negativos às plantas, uma vez que a água é o principal meio de transporte de nutrientes entre a planta e seu substrato (KULIWOWSKA & GUSIATIN, 2015).



Os valores medidos de pH do composto nas etapas de tratamento com o secador ficaram entre 8,4 e 8,8, sem grandes alterações. A compostagem aeróbia provoca a elevação do pH, ao passo a fermentação se caracteriza por uma putrefação de resíduos, apresentando características ácidas. No início do processo de compostagem o composto pode tornar-se ainda mais ácido devido à formação de ácidos de origem mineral, que logo são substituídos por ácidos orgânicos; enquanto são formados, estes reagem com bases liberadas da matéria orgânica promovendo sua neutralização (KIEHL, 1985). O pH de compostos maturados devem apresentar valores próximos a 8,5, principalmente pela ação sinérgica entre a degradação de ácidos orgânicos e pela conversão de aminas em amônia, legitimando os valores obtidos (LI *et al.*, 2013; EL FELLS *et al.*, 2014). Nesse sentido, o secador cilíndrico é uma tecnologia benéfica, pois promove uma redução considerável de umidade e não altera o parâmetro pH, importante indicador de maturidade de composto.

Constatou-se redução do valor correspondente ao carbono orgânico do composto, alterando-se do valor inicial de 55,08% para 54,53% após o processo de secagem. Os valores encontrados podem ser justificados devido à volatilização de uma pequena quantidade de compostos orgânicos de baixo peso molecular concomitantes com a água (DOUBLET *et al.*, 2011; HIMANEN *et al.*, 2012; YANEZ *et al.*, 2009).

A extração da acidez trocável tem a capacidade de retirar o Al^{3+} do composto, que é normalmente chamado de Al trocável ou tóxico (FIGUEIREDO & ALMEIDA, 1991). Contudo, em algumas eventualidades o H^+ adsorvido pode representar de 20 a 50% da acidez trocável em compostos com alto teor de matéria orgânica (KISSEL *et al.*, 1971). Baseando-se na capacidade de reduzir os efeitos tóxicos do Al^{3+} , Hue *et al.* (1986) classificaram os ácidos orgânicos em fortes, moderados e fracos, comprovando a variação na capacidade de complexação desses ácidos.

Os valores encontrados pela extração da acidez trocável de composto utilizando solução salina são aceitáveis em comparação com o estudo realizado por Pedrotti *et al.* (2003) em solos brasileiros. Os baixos teores de acidez trocável devido ao alumínio no composto em todas as etapas do experimento devem-se ao conteúdo do carbono orgânico, que tem estreita relação com o teor de matéria orgânica. Segundo Oates & Kamprath (1983b), o Al pode estar complexado à matéria orgânica sendo dificilmente disponível na solução, indicando baixa toxidez por alumínio no composto. Uma das causas dos baixos valores na determinação da acidez trocável é que os teores de Al extraídos com a solução de KCl não representa todo o potencial de extração por cátions (PAVAN *et al.*, 1985). Diante disto se faz necessário usar extratores com capacidade superior de detecção de alumínio na forma complexante denominada de Al não trocável, já que o grau de estabilidade dos complexos Al-ácidos orgânicos depende dos radicais nas cadeias da matéria orgânica e de sua proximidade com os compostos que fazem suas ligações mais fortes e de difícil liberação na solução para sua determinação. (SCHINITZER & SKINNER, 1964). De acordo com Viçosa (2009), as substâncias orgânicas decompostas tem a capacidade reduzir o Al^{3+} trocável, e complexar o Al na solução como ocorrido neste estudo pelos altos valores de matéria orgânica encontrados em todo o processo. Resultados similares foram achados por THOMAS (1975) e MIYAZAWA *et al.* (1993) que obtiveram decréscimos de Al^{3+} trocável pelo aumento no teor de matéria orgânica por efeito de complexação ou de aumento de pH. Neste sentido os baixos teores de Al^{3+} achados no estudo também são devidos ao pH alcalino encontrado no composto nas três etapas de tratamento no qual a maioria do alumínio está na forma hidrolisada, assim estando em uma forma menos toxica, pois geralmente sua concentração aumenta com a redução do pH (JUO & KAMPRAT, 1979).

Após o processo de secagem o valor determinado apresentou decréscimo em relação ao valor inicial e acréscimo em relação aos resultados obtidos da amostra procedente do interior do secador por efeito da maior força de ligação entre os complexos Al-ácidos fúlvicos e húmicos contidos na matéria orgânica do que em relação às demais substâncias presentes no composto (WOLT, 1994).

Para a análise fitotoxicológica, os resultados foram expressos pelo cálculo do Índice de Germinação (%), e podem ser observados na Tabela 2.



Tabela 2 – Índice de germinação (%) de sementes de alface e pepino em compostos antes, durante e depois do uso do secador.

Tratamento	Índice de Germinação (%)	
	Sementes de Alface	Sementes de Pepino
Antes do secador	93,906±1,324 ^b	41,547±13,6 ^b
No secador	111,98±9,408 ^b	67,129±1,94 ^b
Após o secador	155,37±8,184 ^a	230,12±0 ^a

Letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Duncan (p<0,05).

ns: Sem diferença significativa

Segundo a legislação brasileira atual, definida pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente, não é necessário realizar ensaios fitotoxicológicos para determinar a maturidade de composto, no entanto, de acordo com a literatura consultada, a análise de fitotoxicidade a partir do cálculo do índice de germinação é fortemente recomendada e apresenta alto grau de confiabilidade, pois a germinação de sementes é diretamente afetada pela presença de substâncias tóxicas em composto, e dessa forma possui efeito agudo sobre as plantas (TIQUIA & TAM, 1998; HIMANEN *et al.*, 2012).

Comparando as etapas de tratamento presentes na tabela, pode ser observado um aumento destacado do Índice de Germinação (%), tanto para as sementes de alface (*Lactuca Sativa*) variando de 93,906 para 155,37%, quanto para as sementes de pepino (*Cucumis Sativus*) com resultados expressivos de 41,547 para 230,12%.

Os acréscimos dos valores referentes aos Índices de Germinação (%) em ambas as espécies de sementes, podem ser explicados pelo declínio da amônia, volatilização de ácidos de cadeia curta e de baixo peso molecular, que, apesar de não alterar os valores de pH encontrados do composto, manifestam efeitos deletérios sobre a germinação e alongamento da radícula das plantas (HIMANEN *et al.*, 2012; YANG *et al.*, 2016).

De acordo com o Conselho Californiano de Qualidade de Composto (CCQC, 2015), valores abaixo de 80% de índice de germinação expressam características fitotóxicas, ao mesmo tempo em que valores acima de 80% indicam maturidade de composto e segurança para aplicação no solo (ZUCCONI *et al.*, 1981).

Considerações Finais

Conclui-se que a aplicação de secador contínuo é viável para adequar a umidade do composto conforme estipulado pela legislação vigente, pois além de reduzir o excedente de água, remove complexos orgânicos associados ao Alumínio tóxico e volatiliza compostos potencialmente fitotóxicos sem que haja a necessidade de etapas demasiadamente dispendiosas e demoradas e sem modificar características fundamentais como o pH de composto maturado. Todavia, é impreterível adequar o tempo de exposição do composto ao aparato para aproximar-se dos resultados necessários para sua comercialização, atendendo a recomendação exigida pela legislação. Considerando a inovação apresentada e os relevantes avanços, destaca-se a primordialidade de prosseguir o referido estudo, e torna-se crucial investigar novas metodologias que determinem a viabilidade da aplicação do composto estudado, e complementem, através de análises de macro e micronutrientes, os efeitos que o contato entre o composto e o solo pode ocasionar.



Referências Bibliográficas:

- ALLEONI, L. R. F., MELO, V. de F. Química e Mineralogia do Solo, Parte II, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, 2009.
- AOAC – **Association of Analytical Communities**. Official Method. Moisture in Animal Feed, 1998.
- BIDONE, F. R. A., POVINELLI, J. **Conceitos básicos de resíduos sólidos**. São Carlos: EDUSP, 1999.
- BLOOM, P.R. & McBRIDE, M.B. Metal ion binding and Exchange with hydrogen ions in acid-washed peat. **Soil Science Society of America Journal**, v. 48, p. 687-692, 1979.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 375, de 29 de Agosto de 2006. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília.
- CCQC. **California Compost Quality Council**, California. P. 26, 2001.
- DAI PRÁ, M.A., CORRÊA, E.K., CORRÊA, L.B., DA SILVA, M.L., SPEROTTO, L., MORES, E., **Compostagem como alternativa para gestão ambiental na produção de suínos**. Ed. Evangraf, Porto Alegre, 2009.
- DOUBLET, J. FRANCOU, C., POITRENAUD, M., HOUOT, S. Influence of bulking agents on organic matter evolution during sewage sludge composting: consequences on compost organic matter stability and N availability. **Bioresource Technology**, v. 102, p. 1298-1307, 2011.
- EFTODA, G., MCCARTNEY, D. **Determining the critical bulking agent requirement for municipal biosolids composting**. *Compost Sci Util* 12(3): p. 208–218, 2004.
- EL FELS, L., ZAMAMA, M., EL ASLI, A., HAFIDI, M. Assesment of biotransformation of organic matter during co-composting of sewage sludge-lignocelulosic waste by chemical, FTIR analyses, and phytotoxicity tests. **International Biodeterioration & Biodegradation**. v. 87, p. 128-137, 2014.
- FERNANDES, F., DA SILVA, S.M.C.P. **Manual prático para a compostagem de biosólidos**. Londrina, 1999.
- FIGUEIREDO, O.A. R & ALMEIDA, J.A. Quantificação das formas trocáveis e não trocáveis de alumínio em solos ácidos do estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 15, p. 151-156, 1991.
- GRAY, K. R., BIDDLESTONE, A. J., CLARK, R. Review of composting, Part 3: processes and products. **Process Biochemistry**, 1973.
- HIMANEN, M., PROCHAZKA, P., HANNINEN, K., OIKARI, A. Phytotoxicity of low-weight carboxylic acids. **Chemosphere**, v. 88, p. 426-431, 2012.
- HUE, N.V., CRADDOCK, G.R., ADAMS, F. Effect of organic acids on aluminium toxicity in sub soils. **Soil Science Society of America Journal**., v. 50, p. 28-34, 1986.
- JUO, A. S. R., KAMPRAT, E. J. Copper chloride as a extractant for estimating the potentially reactive aluminium pool in acid soils. **Soil Science Society of America Journal**., v. 43, p. 35-38, 1979.
- KIEHL, E. J. **Fertilizantes Orgânicos**, São Paulo: Ceres Ltda, 1985.
- KISSEL, D.E., GENTZSCH, E.P., THOMAS, G.W. Hydrolisis of non-exchangeable acidity in soils during salt extractions of exchangeable acidity. **Soil Science**., v. 111, p. 293-297, 1971.
- KORBOULEWSKY, N., BONIN, G, MASSIANI, C., Biological and ecophysiological reactions of white wall rocket (*Diplotaxis eruroides* L.) grown on sewage sludge compost. **Environmental Pollution**, p. 365–370, 2002.
- KULIKOWSKA, D.; GUSIATIN, Z.M. Sewage sludge composting in a two-stage system: Carbon and nitrogen transformations and potential ecological risk assessment. **Waste Management**. v. 38, p. 312-320, 2015.
- LI, Z., LU, H., REN, L., HE, L. Experimental and modeling approaches for food waste composting: A review. **Chemosphere**. v. 3, p. 1247-1257, 2013.



- LOPEZ-REAL, J. Agro-industrial waste composting and its agricultural significance. **Proceedings - Fertiliser Society**, v. 26, p. 293, 1990.
- LUTZENBERGER, J. A. K. FIM DO FUTURO? **Manifesto Ecológico Brasileiro**. Porto Alegre, Ed. Movimento, 1976.
- MIYAZAWA, M., PAVAN, M. A., CALEGARI, A. Efeito de material vegetal na acidez do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 17, p. 411-416, 1993.
- OATES, K., KAMPRATH, E. J. Soil acidity and liming: II. Evaluation of using aluminium extracted by various chloride salts for determining lime requirements. **Soil Science Society of America Journal**, v. 47, p. 690-692, 1983b.
- PAVAN, M. A., BINGHAM, F. T., PRATT, P. F. Chemical and mineralogical characteristics of selected acid soils of the state of Parana, Brazil. **Turrialba**, v. 35, p. 131-139, 1985.
- PEDROTTI, A., FERREIRA, M.M., CURI, N., SILVA, M.L.N., LIMA, J.M., CARVALHO, R. Relação entre atributos físicos, mineralogia da argila e formas de alumínio no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 1-9, 2003.
- SCHNITZER, M., SKINNER, S.I.M. Organic-metallic interactions in soils: 3. Properties of iron and aluminium-organic-matter complexes, prepared in the laboratory and extracted from soil. **Soil Science**, v. 98, p. 197-203, 1964.
- TEDESCO, J. M., GIANELLO, C., BISSANI, C. A., BOHNEN, H., VOLKWEISS, S. J. **Análise de Solo, Plantas e Outros Materiais**, Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, 1995.
- THOMAS, G. W. The relationship between organic matter content and exchangeable aluminium in acid soil. **Soil Science of America, Proceedings**, v. 39, p. 591, 1975.
- TIQUIA, S. M., TAM, N. F. Y. Elimination of phytotoxicity during cocomposting of spent pig-manure sawdust litter and pig sludge. **Bioresource Technology**, v. 65, p. 43-49, 1998.
- WOLT, J. **Soil solution chemistry** – Applications to environmental Science and agriculture. John Wiley & Sons, New York, 1994. 345p.
- YANES, R. ALONSO, J. L.; DÍAZ, M. J. Influence of bulking agent on sewage sludge composting process. **Bioresource Technology**, v. 100, p. 5827-5833, 2009.
- YANG, L., ZHANG, S., WEN, Q., CHEN, Z., WANG, Y., Maturity and security assessment of pilot-scale aerobic co-composting of penicillin fermentation dregs (PFDs) with sewage sludge. **Bioresource Technology**, v. 204, p. 185-191, 2016.
- ZUCCONI, F., PERA, A., FORTE, M., DE BERTOLI, M., Evaluating toxicity in immature compost. **Biocycle**, v. 22, p. 54-57, 1981.