

RESÍDUOS SÓLIDOS

USO DE SECADOR CONTÍNUO APLICADO A COMPOSTO PROVENIENTE DE LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTE E RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS

Nicole Fernandes – nicolefernandes1995@gmail.com
Universidade Federal de Pelotas

Matheus Francisco da Paz – matheusfdapaz@hotmail.com
Universidade Federal de Pelotas

Hartur Xavier – harturxavier93@gmail.com
Universidade Federal de Pelotas

Mateus Torres Nazari – nazari.eas@gmail.com
Universidade Federal de Pelotas

Paula Paiva Hofmeister – paula_hof@hotmail.com
Universidade Federal de Pelotas

Luciara Bilhalva Corrêa – luciarabc@gmail.com
Universidade Federal de Pelotas.

Érico Kunde Corrêa – ericokundecorrea@yahoo.com.br
Universidade Federal de Pelotas

Resumo: Conforme a legislação brasileira, os compostos orgânicos do tipo A, B e C devem apresentar, no máximo, 50% de umidade para comercialização. Para alcançar o efeito desejado, é comum a utilização de diversos tipos de secadores. Contudo, seus efeitos sobre os compostos além da redução da umidade, são escassos. Portanto, o objetivo deste trabalho consiste em avaliar o efeito de secador contínuo sobre as características físico-químicas, microbiológicas e fitotóxicológicas de composto maturado. O composto avaliado foi elaborado com lodo de estação de tratamento de uma agroindústria de Chapecó/SC juntamente com casca de arroz e serragem. Foi utilizado um secador contínuo cilíndrico de contra fluxo, com coletas antes, durante e depois do secador. As análises realizadas foram: pH, carbono orgânico, umidade, matéria mineral, contagem de micro-organismos mesófilos e termófilos e o efeito fitotóxicológico nas sementes de pepino e alface. As médias foram submetidas ao teste de Duncan ($p < 0,05$). Os resultados demonstram uma redução significativa ($p < 0,05$) da umidade. Houve também uma redução do carbono orgânico. Não houve diferença na microbiota antes e após o uso do equipamento, ao passo que no interior, houve um acréscimo de micro-organismos mesófilos e termófilos. Após o uso do secador, houve diminuição ($p < 0,05$) da fitotoxicidade do composto, tanto para as sementes de alface quanto para as de pepino. Pode-se concluir que uso de secador é recomendado, pois reduz efeitos fitotóxicológicos. Todavia, é necessário maior controle do tempo de permanência do composto para alcançar os limites exigidos pela legislação vigente.

Palavras-chave: Compostagem, Fitotoxicidade, Agroindústria, Secagem.

1. INTRODUÇÃO

O processo de compostagem possui uma dinâmica complexa de parâmetros interligados que influenciam diretamente o produto final, tais como a umidade, a carga microbiana presente, o pH, carbono orgânico entre outros, que, se fora dos padrões exigidos pela legislação, podem acarretar em ações danosas ao solo, fauna e flora (FERNANDES & SILVA *et al.*, 1999).

No atual cenário global e em perspectivas futuras, a ciclagem de matéria orgânica advinda de resíduos de diversas fontes torna-se essencial para a busca da sustentabilidade e preservação de meios naturais (HOTTLE *et al.*, 2015). A compostagem caracteriza-se como um dos métodos mais eficientes para essa atividade, processo pelo qual micro-organismos aeróbios mineralizam substratos tornando-os aptos a incorporação ao solo sem acometer o meio ambiente (ZHANG *et al.*, 2012). Além disso, contribui significativamente para a questão da segurança alimentar, pois promove uma reutilização de recursos orgânicos, redução do preço dos alimentos pela diminuição da importação de fertilizantes e conseqüentemente, aumentando o desenvolvimento econômico local (HOSETTI & FROST, 1995; CORRÊA *et al.*, 2012; EL FELLS *et al.*, 2014).

Ao tratar-se de composto, dentre os parâmetros exigidos por legislação, a umidade caracteriza-se como um dos mais importantes, pois seu excesso pode causar anaerobiose e formação de metano e outros componentes danosos, ao passo que sua ausência acarreta em baixa germinação de sementes e baixa atividade microbiológica do solo (PARTANEN, *et al.*, 2010).

Segundo o MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento), de acordo com a normativa nº 25 de 23 de Julho 2009, faz-se necessário que o composto orgânico do tipo A, B, C tenham um máximo de 50% de umidade, e, para compostos do tipo D, 70% (BRASIL, 2009). No entanto, se o material de origem do composto possui umidade relativamente alta, associado a uma intensa atividade aeróbia microbiológica, pode resultar em um produto final com elevada umidade, com valores superiores dos preconizados pela legislação (WANG *et al.*, 2015).

Um dos métodos que vem despertando interesse pelas indústrias para a secagem de composto maturado é o uso de secadores contínuos, que através da entrada de ar quente, promove a volatilização da água presente, removendo o excesso de umidade. No entanto, sua aplicação ainda é limitada, uma vez que outras características importantes podem ser modificadas.

Portanto, o objetivo deste estudo consiste em avaliar o efeito do uso de secador contínuo em composto proveniente de lodo de estação de tratamento de efluentes nas características de pH, umidade, matéria mineral, carbono orgânico, contagem de micro-organismos mesófilos e termófilos, além do ensaio fitotóxico, de modo a definir a viabilidade do uso de secador contínuo em composto maturado.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais utilizados para a elaboração da compostagem foram: lodo de estação de tratamento de uma agroindústria localizada em Chapecó – Santa Catarina – Brasil juntamente com casca de arroz e serragem, dando origem a um composto maturado tipo A. Para a realização do experimento, foi utilizado um secador contínuo cilíndrico de contra fluxo, com temperatura no interior do cilindro de até 250°C. Foram coletadas amostras em cinco pontos equidistantes diferentes do composto maturado, em três etapas principais do processo: antes, durante e após o uso do secador.

As análises de pH e carbono orgânico foram realizadas em triplicata pelo método de Walkey-Black segundo Tedesco *et al.*, (1995) e umidade e matéria mineral pelo método de AOAC (1998).

A contagem de micro-organismos mesófilos e termófilos foram realizadas de acordo com a APHA – Compendium of Methods for Microbiological Examination (2001), com modificações. O procedimento ocorreu através da pesagem asséptica de 25g de amostra e transferida para 225mL de água peptonada estéril seguido de homogeneização. Após isso, foi realizada a diluição seriada e o plaqueamento ocorreu em meio PCA (*Plate count agar*) e levadas para estufa de incubação, onde os mesófilos permaneceram a 35°C por 48h e termófilos à 45°C pelo mesmo período de tempo. As colônias visíveis foram contadas e os micro-organismos foram expressos em UFC mL⁻¹.

As análises de fitotoxicidade foram elaboradas de acordo com o proposto por Tiquia & Tam (1998) com modificações. Foram utilizadas as 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 dispostas em placa de petri, em triplicata, com 5ml de solução 10% (m/v) da diluição do composto em água destilada e levado a incubadora a 25°C por 48h ao abrigo de luz. Decorrido o período, as sementes germinadas foram contadas e suas radículas foram medidas em milímetros (mm) com auxílio de paquímetro digital. Foram consideradas as sementes germinadas aquelas com radículas superiores a 1mm. Foram realizadas também a elaboração de placas de petri com água destilada, servindo como controle (branco).

O índice de germinação foi calculado pela seguinte equação (1):

Equação 1.

$$IG (\%) = \frac{N2 \times C2}{N1 \times C1} \times 100 \quad (1)$$

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.

O delineamento experimental utilizado foi completamente casualizado, com 3 pontos de coleta (antes, após e no secador) e 5 repetições em cada ponto, seguindo arranjo unifatorial, sendo o fator tratamento os diferentes pontos e o parâmetro resposta o pH, umidade, matéria mineral, carbono orgânico e fitotoxicidade por índice de germinação.

Foram realizados remoção de dados atípicos pela análise dos resíduos studentizados deletados e as variáveis foram normalizadas e submetidas à análise de variância pelo teste F

($p < 0,05$). Averiguando a significância estatística, as médias foram submetidas ao teste de Duncan ($p < 0,05$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise físico-química do composto podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros físico-químicos dos compostos analisados frente ao uso de secador contínuo

Tratamento	Umidade (%)	Matéria Mineral (%)	pH	Carbono orgânico (%)
Antes do secador	71,22±1,270a	7,24±2,11b	8,5±0ns	55,08±0,081a
No secador	65,95±1,64b	9,23±1,57 ^a	8,4±0,028ns	54,54±0,135b
Após o secador	51,69±1,97c	10,21±1,32 ^a	8,8±0,063ns	54,53±0,128b

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

ns: Sem diferença significativa

Como pode-se observar na Tab. 1, o valor encontrado em relação a umidade do composto foi de 71,22% antes do uso do secador. Este valor pode ser explicado em virtude da matéria prima utilizada para elaboração do processo de compostagem. Segundo Alvarenga (2015), lodos de estação de tratamento possuem umidade entre 83,9 à 65,7%, dependendo de sua origem, o que contribui para um composto final com alta umidade.

Houve uma redução da quantidade de água do composto conforme este passa pelo secador, com umidade final de 51,69%. O resultado encontrado permanece acima do exigido pela legislação, com necessidade de maior intensidade da fonte de calor ou maior tempo de exposição do composto a esta fonte. No entanto, deve-se levar em consideração, que valores muito inferiores de umidade do composto podem ser maléficos para o desenvolvimento da planta, considerando que a água é o principal canal de transportes de nutrientes entre a planta e seu substrato (KULIKOWSKA & GUSIATIN, 2015).

Segundo um estudo realizado por El Fels (2015), a umidade presente no composto elaborado com lodo de estação de tratamento com cromo hexavalente foi de 66%, necessitando de um processo de co-compostagem para eliminação de efeitos genotóxicos, ao passo que o uso do secador tem custo reduzido comparado a outros tratamentos adjacentes, podendo substituir processos mais demorados e dispendiosos.

Verificou-se redução da quantidade de carbono orgânico presente na amostra, passando de 55,08% para 54,53% após o uso de secador. Esse resultado pode ser explicado, principalmente, devido à volatilização de alguns compostos orgânicos de baixo peso molecular concomitantemente com a água (DOUBLET *et al.*, 2011; HIMANEN *et al.*, 2012; YANEZ *et al.*, 2009).

Em relação ao teor de matéria mineral, houve um aumento destes componentes ao comparar com o composto com umidade elevada, sendo observado um aumento já no interior do equipamento, explicado também pela remoção por volatilização de compostos de baixo peso molecular e concentração da matéria mineral na amostra.

Para o pH, os valores encontrados para o composto ficaram entre 8,4 e 8,8, sem diferença ($p > 0,05$) entre os tratamentos. O pH de compostos maturados deve apresentar valores semelhantes, principalmente devido a ação sinérgica entre a degradação de ácidos

orgânicos e conversão de aminas em amônia (LI *et al.*, 2013; EL FELLS *et al.*, 2014). Nesse sentido, o uso do secador é benéfico, pois além de uma redução significativa da umidade, não altera o pH, parâmetro importante de indicação de maturidade de composto.

O perfil microbiológico do composto maturado antes, durante e após o secador pode ser observado segundo a Tabela 2.

Tabela 2 – Perfil microbiológico de composto maturado em diferentes

Tratamento	Perfil Microbiológico (UFC mL ⁻¹)	
	Mesófilos	Termófilos
No secador	5,33±0,02 ^a	4,67±0,06a
Antes do secador	1,83±0b	2,83±0,02b
Após o secador	1,5±0,06b	2,00±0,03b

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

Pode-se observar que o não houve diferença (p>0,05) entre as amostras antes e após o uso do equipamento, apesar disso, em seu interior foi verificado uma presença maior de micro-organismos, tanto para mesófilos quanto para termófilos. Segundo Li *et al.*, (2013), um pH tendendo a alcalinidade tende a inibir o crescimento de micro-organismos termófilos, o que pode explicar pouco desenvolvimento de termófilos no interior do equipamento, considerando condições favoráveis.

A redução da atividade microbiológica após o uso do secador pode ser explicada, principalmente, pela remoção de água, essa responsável pela modulação do desenvolvimento microbiano (WANG *et al.*, 2015).

Para a análise fitotoxicológica, resultados expressos em Índice de germinação (%) podem ser observados na Tabela 3.

Tabela 3 – Índice de germinação (%) de sementes de alface e pepino em composto antes, durante e após o uso do secador.

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

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

ns: Sem diferença significativa

Atualmente, a legislação brasileira não exige ensaios fitotoxicológicos para comprovação da maturidade do composto, no entanto, segundo literatura consultada, a análise de fitotoxicidade por índice de germinação é amplamente aceita e recomendada, já que demonstra o efeito agudo do composto diretamente sobre as plantas (TIQUIA & TAM, 1998; HIMANEN *et al.*, 2012).

Pode-se observar que houve um aumento do Índice de Germinação (%) após o uso do secador, tanto para as sementes de alface, com valores de 93,906 para 155,37%, quanto para pepino, com resultados de 41,547 para 230,12% com o uso do secador. Estes resultados podem ser explicados pela volatilização de alguns ácidos de baixo peso molecular, que, apesar de não interferir diretamente no pH do composto, apresentam efeitos comprovadamente deletérios sobre a germinação e alongamento da radícula das plantas (HIMANEN *et al.*, 2012).

Segundo o Conselho Californiano de Qualidade do Composto (CCQC, 2015), valores inferiores a 80% no índice de germinação indicam características fitotóxicas. O uso do secador proporcionou ao composto, em relação à semente de pepino, a transformação de agente fitotóxico à agente promotor de germinação, com valores superiores a 200% em relação a germinação com água destilada, indicando que o uso do secador é altamente recomendado para redução da fitotoxicidade de composto maturado.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se concluir que o uso do secador cilíndrico contínuo é viável para adequar a umidade do composto a determinação estipulada pela legislação vigente, pois além de promover a remoção da água, também volatiliza compostos potencialmente fitotóxicos, sem necessitar de outras etapas mais dispendiosas e demoradas e sem alterar características essenciais como o pH do composto maturado. No entanto, é necessária uma adequação do tempo de exposição deste composto ao equipamento para alcançar resultados necessários para sua comercialização mediante recomendação exigida por legislação. Ressalta-se a necessidade de continuar o referido estudo, tendo em vista que foram observados relevantes avanços mas o substrato final ainda não se apresentou dentro das normas legais. Portanto, faz-se viável buscar novas metodologias para o composto estudado.

5. REFERÊNCIAS

ALVARENGA, P.; MOURINHA, C.; FARTO, M. SANTOS, T. PALMA, P.; SENGO, J.; MORAIS, M.C.; CUNHA-QUEDA, C. Sewage sludge, compost and other representative organic wastes as agricultural soil amendments: Benefits versus limiting factors. **Waste Management**, v. 40, p. 44-52, 2015.

AOAC – Association of Analytical Communities. **Official Method 934.01**, Moisture in Animal Feed, 1998.

APHA – **American Public Health Association**. Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. USA: APHA, 2001, v.5.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Instrução Normativa n. 25**, de 23 de Julho de 2009. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, oito set. 2005. Seção 1, p. 12.

CCQC. **California Composto Quality Council**, California: 2001. 26p.

CORRÊA, E. K.; BIANCHI, I.; LUCIA JR, T., CORRÊA, L. B.; MARQUES, R. V.; PAZ, M. F. Fundamentos da Compostagem. In: CORRÊA, E. K.; CORRÊA, L. B. **Gestão de Resíduos Sólidos**, Porto Alegre: Ed. Evangraf, 2012. p. 35-46.

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, 2011. p. 1298-1307.

EL FELS, L.; HAFIDI, M. SILVESTRE, J.; KALLERHOFF, J. MERLINA, G.; PINELLI, E. Efficiency of co-composting process to remove genotoxicity from sewage sludge contaminated with hexavalent chromium. **Ecological Engineering**, v. 82, p.355-360, 2015.

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.; SILVA, S. M. C. P.; **Manual Prático para a Compostagem de Biossólidos**, Londrina, 1999. 91p.

HIMANEN, M.; PROCHAZKA, P.; HANNINEN, K.; OIKARI, A. Phytotoxicity of low-weight carboxylic acids. **Chemosphere**, v. 88, 2012. p. 426-431.

HOSETTI, B. H.; FROST, S. A review of suitable value of effluents and sludges from wastewater stabilization ponds. **Ecological Engineering**, v. 5, p. 421-431, 1995.

HOTTLE, T. A.; BILEC, M. M.; NICHOLAS, R. B.; LANDIS, A. E. Toward zero waste: Composting and recycling for suitable venue based events. **Waste Management**, v. 38, 2015. p. 86-94.

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.

PARTANEN, P.; HULTMAN, J.; PAULIN, L.; AUVINEN, P.; ROMANTSCHUK, M. Bacterial diversity at different stages of the composting process. **BMC Microbiol.**, v. 10, p. 94, 2010.

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. 174p.

TIQUIA, S. M. TAM, N. F. Y. Elimination of phytotoxicity during cocomposting of spent pig-manure sawdust litter and pig sludge. **Bioresource Technology**, n. 65, 1998. p. 43-49.

YANES, R. ALONSO, J. L.; DÍAZ, M. J. Influence of bulking agent on sewage sludge composting process. **Bioresource Technology**, v. 100, 2009. p. 5827-5833.



WANG, Y., AI, P., CAO, H., LIU, Z. Prediction of moisture variation during composting process: A comparison of mathematical models. **Bioresource Technology**, v.193, 2015. p. 200-205.

ZHANG, Y.; LASHERMES, G.; HOUOT, S.; DOUBLET, J.; STEYER, J. P.; ZHU, Y. G.; BARRIUSO, E.; GARNIER, P. Modelling of organic matter dynamics during the composting process. **Waste Management**, v. 32, 2012. p. 19-30.