



ÁREA TEMÁTICA: Reciclagem

COMPOSTAGEM DE LODO DE ETE INDUSTRIAL E TABACO DE CIGARRO CONTRABANDEADO EM REATOR FACULTATIVO

*Sandro Xavier de Campos¹(campos@uepg.br), Rosimara Zittel¹(r_roseuepg@hotmail.com),
Cleber Pinto da Silva¹(qaasuepgcleber@gmail.com).*

1-Grupo de Química Analítica Ambiental e Sanitária (QAAS), Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG)

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo estudar a compostagem em reator de tabaco de cigarros contrabandeados misturados a lodo de ETE industrial e serragem. Para o monitoramento do processo foram realizadas análises físico-químicas (pH, temperatura e umidade), capacidade de troca catiônica (CTC) e índice de germinação de sementes (IGS). As análises físico químicas demonstraram que no processo de compostagem a estabilidade foi alcançada em 100 dias, já as análises de CTC e IGS revelaram que o composto atingiu a maturidade e sem apresentar qualquer nível de fitotoxicidade. Assim, concluiu-se que a proposta de compostagem em reator desses resíduos perigosos foi eficiente e é uma promissora tecnologia.

Palavras-chave: Compostagem em reator; cigarro contrabandeado, lodo de ETE.

COMPOSTING OF INDUSTRIAL ETE SLUDGE AND SMUGGLED CIGARETTE TOBACCO BY FACULTATIVE REACTOR

ABSTRACT

The present work aimed to study the composting in a tobacco reactor of smuggled cigarettes mixed with industrial ETE sludge and sawdust. To monitor the process, physicochemical analyzes (pH, temperature and humidity), cation exchange capacity (CTC) and seed germination index (IGS) were performed. The physical chemical analyzes showed that in the composting process, stability was achieved in 100 days, while the CTC and IGS analyzes revealed that the compost reached maturity and did not show any level of phytotoxicity. Thus, it was concluded that the proposed reactor composting of these hazardous wastes was efficient and is a promising technology.

Keywords: Reactor composting; smuggled cigarette; industrial ETE sludge.

1. INTRODUÇÃO

Bilhões de toneladas de resíduos são produzidos mundialmente por ano, sendo a maior parte composta pela fração orgânica proveniente de lixo doméstico, restaurantes, entre outras atividades. No Brasil, a quantidade de resíduos sólidos orgânicos (RSO) destinados inadequadamente cresce a cada ano. No entanto, como destaca o Índice Global de Resíduos, não é apenas a geração de resíduos que ameaçará nosso planeta nas próximas décadas, mas a forma como escolhemos



gerencia-los. A disposição final dos resíduos coletados demonstrou que mais da metade foram enviadas para aterros sanitários, lixões ou aterros controlados, que não possuem o conjunto de sistemas e medidas necessários para proteção do meio ambiente contra danos e degradações (Ricci, Otero e Romero, 2018) . Esse material orgânico necessita de tratamento adequado, pois é altamente biodegradável com alto teor de umidade, sendo uma fonte de contaminação ambiental, devido à produção de lixiviados durante sua decomposição. A compostagem se apresenta como alternativa para a disposição de RSO, pois tem como produto um composto humificado que pode ser utilizado como fertilizante para melhorar os solos e cultivar a próxima geração de safras (Silva, 2017). Dentre os RSO que vêm se tornando passivos ambientais, devido ao elevado volume produzido em escala mundial, podem-se destacar os cigarros ilegais que são apreendidos pelas atividades de contrabando e o lodo que é gerado nas Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) de indústrias de processamento de alimentos (Campos *et al.*, 2017; Zittel *et al.*, 2020). Atualmente, a principal forma de tratamento para o tabaco de cigarros contrabandeados no Brasil é a incineração. Tal destino utiliza uma grande quantidade de energia e ainda pode liberar diferentes contaminantes extremamente tóxicos, tais como as dioxinas e furanos. O lodo de Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) é um dos resíduos extensivamente produzidos no mundo (Kominko, Katarzyna Gorazda e Wzorek, 2017), pois os processos de produção industrial de alimentos envolvem elevado consumo de água e geração de efluentes de alto teor de matéria orgânica (Villar *et al.*, 2016). O tratamento de efluentes mais utilizado é o processo biológico, que gera o lodo, um material residual semisólido resultante da sedimentação do sólido suspenso durante os processos de tratamento (Kominko, Katarzyna Gorazda e Wzorek, 2017; Lamastra, Alina Suci e Trevisan, 2018; Villar *et al.*, 2016). As principais formas de descarte são a incineração e disposição em aterro sanitário ou ainda, aplicação diretamente no solo. Nas últimas décadas, o gerenciamento desses resíduos por meio da técnica de compostagem se apresenta como melhor alternativa para o tratamento (Kominko, Katarzyna Gorazda e Wzorek, 2017; Lamastra, Alina Suci e Trevisan, 2018). A compostagem em reatores tem se mostrado uma tecnologia eficiente e promissora para o tratamento adequado de diferentes RSOs (Campos, Ressetti e Zittel, 2014; Zittel, Rosimara *et al.*, 2018). O monitoramento de diferentes parâmetros é necessário para que o processo de compostagem de RSO em reatores seja considerado eficiente, o que possibilitará afirmar se o composto obtido pode ser definido como um produto estabilizado e maturado. Os parâmetros físicos e químicos de umidade, temperatura e pH são indicativos de estabilidade do composto (Campos, Ressetti e Zittel, 2014). Outros parâmetros são indicativos de maturidade, como por exemplo a Capacidade de Troca Catiônica (CTC) e o Índice de Germinação de Sementes (IGS). O CTC reflete a capacidade total de retenção de cátions como fonte disponível às plantas. Os compostos húmicos têm alta capacidade de adsorver íons carregados positivamente, que são facilmente trocados por outros cátions nos mesmos locais de adsorção. Esta propriedade tende a aumentar durante a compostagem, à medida que os materiais orgânicos são humificados e grupos funcionais carboxílicos e fenólicos são formados na estrutura das substâncias húmicas (Azim *et al.*, 2018; Baldotto e Baldotto, 2014; Bernal, Albuquerque e Moral, 2009). O IGS avalia a maturação do composto através da fitotoxicidade, pois indica os efeitos nocivos ou não sobre a germinação e crescimento das raízes nos diferentes estágios do processo de compostagem (Cesaro, Belgiorno e Guida, 2015; Zhang *et al.*, 2018).

2. OBJETIVO

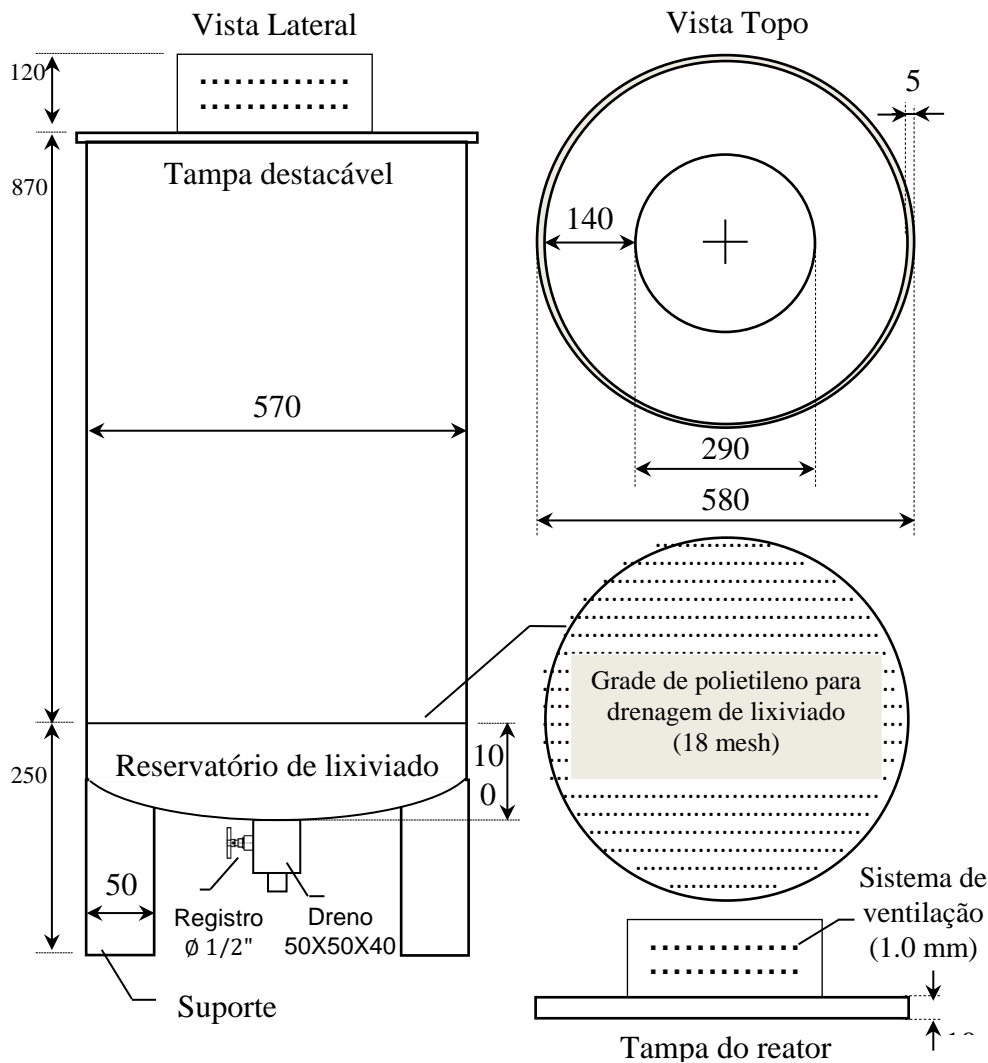
O presente trabalho teve como objetivo avaliar o processo de compostagem em reator facultativo de tabaco proveniente de cigarros contrabandeados misturados a lodo de ETE industrial e serragem.

3. METODOLOGIA

3.1. Montagem e preenchimento do reator

A montagem do reator facultativo foi realizada segundo Zittel et al. (2018), Figura 1. Foram utilizados os resíduos de tabaco de cigarros contrabandeados -TCC (adquiridos da Receita Federal do Brasil, em atividade de apreensão), lodo de estação de tratamento de esgoto (ETE) de indústria alimentícia e serragem. O TCC foi obtido por meio da separação do filtro da porção do tabaco, o papel e o tabaco foram triturados, depois o tabaco foi separado do papel através de peneira com orifícios de dimensão 6 mm x 6 mm, resultando em partículas menores que 1 mm. A mistura inicial continha as características descritas na Tabela 1.

Figura 1: Reator Facultativo utilizado para a compostagem.



NOTA: Todas as dimensões estão em milímetros

Fonte: Zittel et al, 2018



Tabela 1: Proporções dos resíduos e características físico-químicas da mistura inicial.

Resíduos (kg)			Parâmetros					
TCC	Lodo ETE	S	pH	Umidade(%)	CE(%)	C(%)	N(%)	C/N
8	10	10,5	6,64	64,1	1,71	39,7	1,97	20,1

Legenda -TCC: Tabaco de cigarros contrabandeados; ETE: Estação de Tratamento de Esgoto; S: Serragem (fonte de lignina); CE: Condutividade elétrica

O reator foi preenchido com a mistura dos substratos em 90 % de seu volume e o monitoramento foi realizado em período de 180 dias do processo de compostagem. As amostragens foram realizadas de acordo com o procedimento preconizado nas normas (ABNT - NBR: 10007).

3.2. Determinação de Umidade

A determinação da umidade foi realizada por meio da metodologia por via seca, em estufa a 105°C, durante período de 24 horas, a partir de 10 g de amostra dos compostos “in natura” e de amostras dos substratos, em cápsula de porcelana (APHA, 2005). Foi realizada uma média aritmética dos valores de umidade do fundo e do topo da mistura, em períodos quinzenais até 180 dias de processo.

3.3. Determinação da Temperatura

A temperatura foi monitorada diariamente, em três pontos diferentes das regiões do topo e do fundo da massa, sendo realizada a média aritmética referente aos pontos de medição de cada região e média aritmética da massa total. As medidas foram realizadas com termômetro digital da marca Inconterm®.

3.4. Determinação do pH

Os valores de pH foram medidos em potenciômetro com eletrodo combinado de vidro, da marca Quimis®. Foram analisados em períodos quinzenais, até 180 dias de processo, em amostras do topo e do fundo da mistura, utilizando 5g de amostra do composto dissolvidas em 50 mL de solução de cloreto de cálcio, CaCl₂ (o pH no cloreto de cálcio determina a concentração dos íons hidrogênio na solução e aqueles aderidos à superfície dos coloides). A mistura foi agitada por 30 minutos em um agitador orbital, e após repouso, filtrou-se a suspensão para leitura (MAPA, 2017).

3.5. Capacidade de Troca Catiônica (CTC)

A CTC foi determinada em triplicata, de acordo com a metodologia descrita por MAPA (2017), em períodos de 01; 60; 120; 180 dias de compostagem. Para a extração, pesou-se uma massa de 2,0 g do composto orgânico seco a 45°C e pulverizado, com precisão de 0,1 mg. Acrescentou-se 1,0 g de carvão ativado e transferiu-se para erlenmeyer de 250 mL. Adicionou-se 100 mL de HCl 0,5 molL⁻¹ e agitou-se a mistura por 30 minutos a 30-40 rpm. Após o preparo do conjunto de filtração sob vácuo, com papel filtro de porosidade fina (filtração lenta) e de diâmetro suficiente para cobrir o fundo, umedeceu-se o papel filtro, aplicando sucção moderada. Transferiu-se o conteúdo do erlenmeyer, lavando com 150 mL de água destilada para eliminação de excesso de ácido. Lavou-se a fração sólida retida no papel filtro com 50 mL de acetato de cálcio (0.5 mol L⁻¹) e com 100 mL água destilada, resultando no deslocamento dos íons hidrogênio adsorvidos com solução de acetato de cálcio. A titulação do ácido acético formado foi realizada com o extrato remanescente no erlenmeyer.



Os valores de CTC ao longo do processo de compostagem foram calculadas através da equação 1.

$$CTC_{\text{mmol.Kg}^{-1}} = \frac{1000M(V_a - V_b)}{G} \quad (1)$$

V_a = volume da solução de NaOH 0,1 molL⁻¹ gasto na titulação da amostra, em mL.
 V_b = volume médio da solução de NaOH 0,1 molL⁻¹ gasto na titulação das provas em branco, em mL.

G = massa da amostra, em gramas.

M = concentração da solução de NaOH padronizada, em molL⁻¹.

3.6. Índice de Germinação de Sementes (IGS)

O índice de germinação de sementes (IGS) foi determinado conforme metodologia descrita por (Fels *et al.*, 2014), modificada. Os testes foram realizados em triplicatas, nos períodos de 01; 30; 60; 90; 120; 150; 180 dias, utilizando sementes de agrião (*Lepidium sativum*). Preparou-se os extratos das amostras na proporção de 1:10 (m/v) com água destilada, agitados por 2 horas e centrifugados a 9000 rpm por 5 minutos. Dez sementes foram distribuídas em placa de petri (100 mm). Nos ensaios de controle foi utilizada água destilada. Após 120 horas de incubação a 25°C ± 3°C, determinaram-se as médias de germinação e do comprimento da raiz nos extratos das amostras e do controle (Equações 2 e 3). O IGS (Equação 4) foi calculado a partir das Equações 2 e 3.

$$RSG(\%) = \frac{\text{média aritmética do } n^{\circ} \text{ de sementes germinadas em cada extrato} \cdot 100}{\text{média aritmética do } n^{\circ} \text{ de sementes germinadas no controle}} \quad (2)$$

$$RRG(\%) = \frac{\text{média aritmética dos comprimentos das raízes em cada extrato} \cdot 100}{\text{média aritmética dos comprimentos das raízes no controle}} \quad (3)$$

$$ISG(\%) = \frac{RSG \cdot RRG}{100} \quad (4)$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Temperatura

A temperatura nos primeiros dias do processo permaneceu próxima ao ambiente, caracterizando a fase mesofílica. Observou-se o aumento nos valores de temperatura que atingiu picos entre 38°C e 52°C, permanecendo por um período de 15 dias, caracterizando a fase termofílica. A ocorrência dessas temperaturas termofílicas favoreceu a destruição de patógenos e compostos tóxicos. A temperatura do reator se aproximou da temperatura ambiente em 90 dias, demonstrando a estabilidade do processo.

4.2. Umidade e pH

Em relação a umidade observou-se a variação de 64% no início do processo para 51% ao final, sendo que a maior perda de umidade ocorreu juntamente com a fase termofílica de decomposição. Essas variações podem ser decorrentes da decomposição da matéria orgânica, uma vez que a

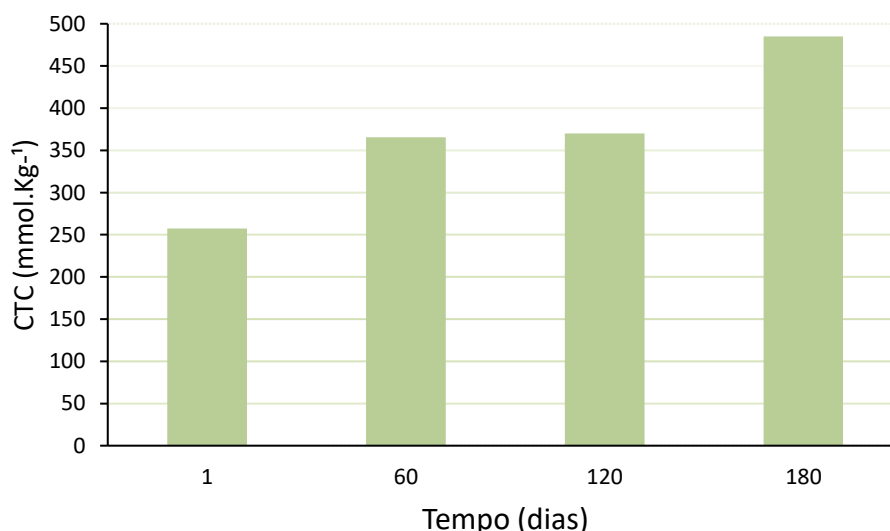


geração de calor está relacionada com a intensificação de reações metabólicas, com produção de água e perda por vaporização (Campos et al., 2017; Nafez et al., 2015). Em vista desses resultados, observou-se que a umidade se manteve dentro da faixa ideal para compostagem. Umidade acima de 70% pode dificultar a circulação gasosa no ambiente de compostagem, enquanto que abaixo de 40% pode ser desfavorável para o crescimento microbiano, responsável pela degradação da matéria orgânica (Campos et al., 2017; Zittel, Rosimara; et al., 2018). Em análise aos resultados, as variações de pH durante a compostagem mantiveram-se na faixa alcalina, atingindo pico de 8,15. O tratamento mostrou um aumento gradual do pH nas primeiras semanas de compostagem, possivelmente atribuído ao processo intenso de amonificação, por meio da atividade microbiana que desenvolve as reações de hidrólise de proteínas e o consumo de nitrogênio orgânico gerando altos níveis de amônia no sistema (Cáceres, Malinska e Marfà, 2018; Zhang et al., 2018). Observou-se que a utilização de grandes quantidades de resíduos com alto teor de nitrogênio (lodo de ETE e TCC) não afetou o processo. Após 100 dias de processo, o pH diminuiu e alcançou o valor de 7,30, o que pode ser resultante da produção de compostos fenólicos e produção de ácidos carboxílicos durante a degradação de resíduos de lignocelulose, como a serragem (Azim et al., 2018).

4.3. CTC

A capacidade de troca catiônica (CTC) se refere à quantidade de carga positiva que pode ser trocada no solo, e pode ser usada como um índice para avaliar a capacidade de retenção de nutrientes (Baldotto e Baldotto, 2014; BERNAL *et al.*, 1997). Na Figura 2 são apresentados os valores da CTC nos períodos de 01; 60; 120; 180 dias. Em análise aos dados apresentados, verificou-se que os valores de CTC na mistura iniciou com 257,40 e finalizou com 485,1 mmol kg⁻¹. Seus valores tiveram um acréscimo gradual no decorrer do tempo da compostagem, sendo este indicativo de aumento de retenção de cátions na estrutura de compostos humificados (Baldotto e Baldotto, 2014; Bernal, Albuquerque e Moral, 2009).

Figura 2: Evolução da CTC 01; 60; 120; 180 dias de compostagem (média± DP; n=3)



4.4. Índice de Germinação de Sementes

O IGS é um parâmetro que avalia o grau de toxicidade e maturidade do composto (Wang et al., 2013). Verificou-se que nos períodos de 01 e 30 dias do processo, o composto apresentou índice baixo de germinação, ficando em torno de 55%. Isso pode ter ocorrido devido ao excesso de



compostos inibidores de crescimento, como por exemplo, a amônia e metais tóxicos, provenientes dos resíduos de lodo de esgoto e de tabaco (Awasthi et al., 2017; Luo et al., 2018). A partir de 60 dias de compostagem verificou-se que o valor de IGS foi de 62,4, com 90 dias alcançou 70% e em 180 dias de processo de compostagem, o índice alcançou 97,2%. Esse aumento pode ser explicado pela presença de matéria orgânica estabilizada e enriquecida com substâncias húmicas e nutrientes na fase de maturação (Fels et al., 2014; Luo et al., 2018; Wang et al., 2013).

5. CONCLUSÕES

Por meio dos resultados encontrados, pode-se concluir que:

- O reator alcançou temperaturas que provocaram intensa transformação da matéria orgânica, e ainda os valores obtidos permitem inferir que houve desinfecção do composto final;
- Os valores (50 – 60 %) de umidade e pH permaneceram na faixa ótima sem qualquer manipulação;
- As análises CTC possibilitaram acompanhar a evolução da transformação da matéria orgânica dentro do reator e mostraram a evolução da maturação do composto em 180 dias.
- Os valores do IGS demonstraram que após 60 dias de tratamento de TCC e lodo de ETE industrial o composto não apresenta fitotoxicidade, estando o produto maturado e, portanto, sendo possível a utilização como fertilizante.
- A compostagem no reator proposto mostrou-se como uma tecnologia eficiente e com possibilidade de ser viável ambiental e economicamente para o tratamento de tabaco de cigarros contrabandeados e lodo de ETE industrial.

REFERÊNCIAS

- APHA. **Standard methods for examination of water and wastewater** Washington American Public Health Association, , 2005.
- AWASTHI, M. K. *et al.* Evaluation of biochar amended biosolids co-composting to improve the nutrient transformation and its correlation as a function for the production of nutrient-rich compost. **Bioresource Technology**, v. 237, p. 156–166, 1 ago. 2017.
- AZIM, K. *et al.* omposting parameters and compost quality: a literature review. **Organic Agriculture**, v. 8, p. 141–158, 2018.
- BALDOTTO, M. A.; BALDOTTO, L. E. B. Ácidos húmicos. **Revista Ceres**, v. 61, p. 856–881, 2014.
- BERNAL, M. *et al.* Maturity and stability of composts prepared with a wide range of organic wastes. **Bioresource Technology**, v. 63, p. 91–99, 1997.
- BERNAL, M. P.; ALBURQUERQUE, J. A.; MORAL, R. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. **Bioresource Technology**, v. 100, n. 22, p. 5444–5453, 1 nov. 2009.
- CÁCERES, R.; MALINSKA, K.; MARFÀ, O. Nitrification within composting: A review. **Waste Management**, v. 72, p. 119–137, 2018.
- CAMPOS, S. X. DE *et al.* Home Composting Using Facultative Reactor. *In: Solid Waste Management in Rural Areas*. [s.l.] InTech, 2017. .
- CAMPOS, S. X.; RESSETTI, R. R.; ZITTEL, R. Monitoring and characterization of compost obtained from household waste and pine sawdust in a facultative reactor by conventional and spectroscopic analysis. **Waste Management & Research**, v. 32, n. 12, p. 1186–1191, 2014.
- CESARO, A.; BELGIORNO, V.; GUIDA, M. Compost from organic solid waste: Quality assessment and European regulations for its sustainable use. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 94, p. 72–79, 2015.
- CUNHA, K. M. DA *et al.* TREATMENT OF SMUGGLED CIGARETTE TOBACCO AND FOOD SOLID WASTE IN A 2000 L FACULTATIVE REACTOR. **Detritus**, v. In Press, n. 0, p. 1, 13 nov. 2018.
- FELS, L. EL *et al.* Assessment 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.



- KOMINKO, H.; KATARZYNA GORAZDA, .; WZOREK, Z. The Possibility of Organo-Mineral Fertilizer Production from Sewage Sludge. **Waste and Biomass Valorization**, v. 8, p. 1781–1791, 2017.
- LAMASTRA, L.; ALINA SUCIU, N.; TREVISAN, M. Sewage sludge for sustainable agriculture: contaminants' contents and potential use as fertilizer Open Access. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, v. 5, p. 10, 2018.
- LUO, Y. *et al.* Seed germination test for toxicity evaluation of compost: Its roles, problems and prospects. **Waste Management**, v. 71, p. 109–114, 2018.
- NAFEZ, A. H. *et al.* Sewage sludge composting: quality assessment for agricultural application. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 187, p. 709–718, 2015.
- RICCI, M.; OTERO, G. G. P.; ROMERO, F. **Roteiro para aproveitamento dos resíduos orgânicos** Albrepe, , 2018.
- SILVA, S. P. NA ORGANIZAÇÃO COLETIVA DE CATADORES DE MATERIAL RECICLÁVEL NO BRASIL: DILEMAS E POTENCIALIDADES SOB A ÓTICA DA ECONOMIA SOLIDÁRIA. **IPEA - Instituto de Pesquisa Economica e Aplicada.**, 2017.
- VILLAR, I. *et al.* Evolution of microbial dynamics during the maturation phase of the composting of different types of waste. **Waste Management**, v. 54, p. 83–92, 1 ago. 2016.
- WANG, X. *et al.* Bioremediation of the tobacco waste-contaminated soil by *Pseudomonas* sp. HF-1: nicotine degradation and microbial community analysis. **ENVIRONMENTAL BIOTECHNOLOGY**, v. 97, p. 6077–6088, 2013.
- ZHANG, D. *et al.* Performance of co-composting sewage sludge and organic fraction of municipal solid waste at different proportions. **Bioresource Technology**, v. 250, p. 853–859, 1 fev. 2018.
- ZITTEL, R. ; *et al.* Availability of nutrients, removal of nicotine, heavy metals and pathogens in compounds obtained from smuggled cigarette tobacco compost associated with industrial sewage sludge. **Science of the Total Environment**, v. 699, p. 134377, 2020.
- ZITTEL, ROSIMARA *et al.* Treatment of smuggled cigarette tobacco by composting process in facultative reactors. **Waste Management**, v. 71, p. 115–121, 2018.
- ZITTEL, ROSIMARA; *et al.* Composting of smuggled cigarettes tobacco and industrial sewage sludge in reactors: Physicochemical, phytotoxic and spectroscopic study. **Waste Management**, v. 79, p. 537–544, 1 set. 2018.