



Identificação do potencial fitotóxico de efluente gerado pela digestão anaeróbia de resíduos vegetais

**Edelvan Severiano Claudino¹, Fabiane Soares Lira², João Henrique Alino³,
Thiago Edwiges⁴**

¹Universidade Tecnológica Federal do Paraná (lucasdavila10@hotmail.com)

²Universidade Tecnológica Federal do Paraná (a_amandaortega@yahoo.com.br)

³Universidade Tecnológica Federal do Paraná (joaoalino94@hotmail.com)

⁴Universidade Tecnológica Federal do Paraná (thiagoe@utfpr.edu.br)

Resumo

A crescente geração de resíduos no Brasil e sua inadequada forma de disposição vem causando sérios problemas no cenário atual, resíduos estes que em sua maioria são compostos por matéria orgânica. Os resíduos orgânicos tem sido fonte para alternativas ambientalmente corretas e econômicas visando aproveitar todo o potencial destes resíduos na forma de biofertilizantes. O objetivo deste trabalho foi identificar a influência do efluente gerado pela digestão anaeróbia na produção de mudas de Agrião do Seco (*Lepidium sativum*). Foram executadas análises de condutividade elétrica, pH, macronutrientes e ensaio de fitotoxicidade. Os valores encontrados para o fósforo e o potássio foram superiores ao necessário, fator que indica um possível efeito negativo no desenvolvimento das plantas. Com relação ao nitrogênio, a quantidade encontrada foi próxima àquela considerada como referência da necessidade deste nutriente para as plantas. Deste modo, o uso do efluente gerado pela digestão anaeróbia de resíduos vegetais na produção do Agrião do Seco (*Lepidium sativum*) tem potencial de ser utilizado como biofertilizante, desde que seja feita a caracterização deste, principalmente com relação a quantidade de macronutrientes.

Palavras-chave: Ceasa. Biogás. Agrião do Seco. Biofertilizante. Produção de mudas. Parâmetros fitométricos.

Área Temática: Gestão ambiental na indústria

Abstract

The growing generation of residues in Brazil and its inadequate disposition has caused serious problems in the current scenario, residues which are mostly composed of organic matter. Organic waste has been the source for environmentally correct and economical alternatives to take advantage of the full potential of these wastes in the form of biofertilizers. The objective of this work was to identify the influence of the effluent generated by the anaerobic digestion in the production of seedlings of Dry Cress (*Lepidium sativum*). Electrical conductivity, pH, macronutrients and phytotoxicity tests were performed. The values found for phosphorus and potassium were higher than necessary, a factor that indicates a possible negative effect on the development of plants. Regarding nitrogen, the amount found was close to that considered as reference of the need of this nutrient for the plants. Thus, the use of the effluent generated by the anaerobic digestion of plant residues in the production of Dry Watercress (*L. sativum*) has the potential to be used as a biofertilizer, provided that its characterization is done, mainly in relation to the amount of macronutrients.

Key words: Ceasa. Biogas. Dry cress. Biofertilizer. Seedling production. Phytometric parameters.



1. Introdução

O Brasil apresentou entre os anos de 2014 e 2015 um crescimento econômico médio de 0,8% sendo este aumento proporcional ao aumento na geração *per capita* de resíduos sólidos urbanos (RSU). A geração total de resíduos alcançou índice equivalente a $218.874 \text{ t dia}^{-1}$ de RSU, indicando aumento de 1,7% ao ano interior (ABRELPE, 2015). Os resíduos orgânicos são compostos por resíduos de poda, sobras de alimentos, frutas e hortaliças gerados em mercados e feiras livres. A disposição inadequada destes resíduos gera chorume e emissões de gases como o metano, além de proliferar vetores de doenças (MMA, 2017).

A digestão anaeróbia pode ser uma alternativa viável ao tratamento destes resíduos, sendo considerada um mecanismo metabólico que ocorre em condições anóxicas, em que microrganismos se associam e transformam a matéria orgânica em dióxido de carbono e metano. Este processo é dividido em quatro etapas hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese. Em cada uma destas fases o processo é realizado por diferentes classes de microrganismos que necessitam de diferentes condições do meio (CIBIOGAS, 2017). As bactérias que participam do processo de digestão anaeróbia são de diferentes grupos, porém esses grupos seguem uma sequência, onde o produto gerado em uma etapa serve de substrato para outro, causando assim uma relação de interdependência (GERARDI, 2003).

O biofertilizante é resultado da fermentação anaeróbia de resíduos, que em sua forma líquida tem uma complexa composição de nutrientes como nitrogênio e fósforo, atuando como agente direto na correção de pH do solo. Sendo assim torna-se ambientalmente e economicamente viável se comparado com os fertilizantes químicos (EMBRAPA, 2017).

O teste de fitotoxicidade é associado ao fenômeno de acumulação de diferentes substâncias que apresentam capacidade nociva às sementes a um nível que influencia de forma direta o índice de germinação, o crescimento e o desenvolvimento da muda (BECKET, 1977). O teste não obtém a determinação dos diferentes tipos de produto que circunstância a toxicidade, deste modo é indicado o uso de plantas sensíveis, com rápido desenvolvimento, como por exemplo a alface (*Lactuca sativa L.*) e o agrião (*Lepidium sativum L.*) que respondem de maneira eficaz à diferença existente nos fatores que influenciam em seu desenvolvimento padrão (TRAUTMANN; KRASNY, 1997). O efluente que não apresenta fitotoxicidade pode ser utilizado como biofertilizante, agregando valor nutritivo às sementes e ao solo podendo corrigir o pH do solo, além de possuir em sua composição nutrientes como nitrogênio e fósforo, tornando-se ambientalmente viável para utilização agrícola (EMBRAPA, 2000).

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a fitotoxicidade do efluente gerado a partir da digestão anaeróbia de resíduos de frutas e hortaliças gerados na Ceasa e tratados sob diferentes cargas orgânicas.

2. Metodologia

2.1 Caracterização do substrato utilizado

O digestato utilizado foi proveniente de um ensaio utilizando reator de mistura completa tipo CSTR (*Continuous Stirred Tank Reactor*) (B Braun Biotec – Bioestat B) em escala de bancada, com volume operacional de 4 L e operação mantida com um TRH de 30 dias. A alimentação do reator foi realizada em regime semi-contínuo e progressivamente aumentada de $0,5 \text{ g SV L}^{-1} \text{ d}^{-1}$ para $5,0 \text{ g SV L}^{-1} \text{ d}^{-1}$ durante um período de 122 dias.

Tabela 1 – Carga orgânica utilizada em cada tratamento

Tratamentos	COV (g SV L ⁻¹ d ⁻¹)
Tratamento 1	0,5
Tratamento 2	1,0
Tratamento 3	1,5
Tratamento 4	2,0



6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

Tabela 1 – Carga orgânica utilizada em cada tratamento (continuação)

Tratamentos	COV (g SV L ⁻¹ d ⁻¹)
Tratamento 5	2,5
Tratamento 6	3,0
Tratamento 7	3,5
Tratamento 8	4,0
Tratamento 9	5,0

O substrato utilizado para a alimentação do reator foi uma mistura de resíduos de frutas e hortaliças geradas na CEASA – Unidade Atacadista de Foz do Iguaçu/PR (Tabela 2) e representou a composição real de resíduos gerados por uma semana.

Tabela 2 – Composição dos resíduos orgânicos utilizados como substrato

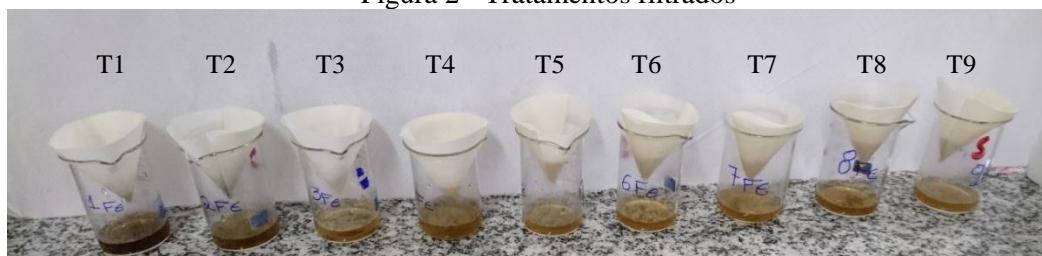
Parâmetro	Média (\pm DP)
Sólidos totais (g kg ⁻¹)	129 (\pm 17) ^a
Sólidos voláteis (g kg ⁻¹)	121 (\pm 5)
pH	3,9 (\pm 0,03)
Nitrogênio total Kjeldahl (%)	2,2 (\pm 0,1)
Proteína bruta (%SV)	15,8 (\pm 0,6)
Lipídeo (%SV)	2,7 (\pm 0,1)

As determinações de pH, CE foram realizadas com base na metodologia proposta por Tedesco (1995). Os teores de sólidos totais (ST), sólidos voláteis (SV) e nitrogênio total Kjeldahl foram determinados a partir da metodologia expressa em (APHA, 2008). O teor de proteína foi estimado a partir do método centesimal, multiplicando-se o teor de NTK pelo fator 6,25, considerando teor médio de aproximadamente 16% de nitrogênio na composição de proteínas e a concentração de amônia das amostras como insignificante e o teor de lipídeo foi determinado a com base em Cecchi (1999). Por fim, as determinações de fósforo (P) e potássio (K) foram realizas com base em Malavolta, 1997).

2.2 Ensaios de fitotoxicidade

Os ensaios para a identificação de fitotoxicidade nos efluentes gerados pela digestão anaeróbia (tratamentos) foram realizados utilizando o líquido sobrenadante resultante da centrifugação de uma alíquota de 80 mL de efluente referente à cada tratamento, com rotação de 15.000 rpm por um período 15 minutos e filtragem em papel filtro (Nalgona - 3 micras). Após o processo de centrifugação e filtragem foram adicionadas sementes de Agrião-do-seco (*Lepidium sativum*) (Feltrin Sementes Golden) em placas de petri forradas com papel filtro e autoclavadas, conforme recomendado por (ALBUQUERQUE, 2012).

Figura 2 - Tratamentos filtrados





6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

O teste de germinação adaptado de Zucconi *et al.*, 1985 que avalia a fitotoxicidade dos substratos foi realizado em quintuplicatas para cada amostra bruta (sem diluição) e amostras diluídas em 50%, 10%, 1%. Foi preparado um teste controle utilizando 5 placas com água ultrapura.

Foram adicionadas 10 sementes alinhadas de Agrião do Seco em cada placa e 2 mL de cada diluição. As placas foram então mantidas em incubadora tipo B.O.D durante um período de 72 horas com temperatura controlada em 23 ± 2 °C (DI MARIA *et al.*, 2014). Após o período de incubação foram realizadas as contagens das sementes germinadas e as medições dos comprimentos das radículas. O Índice de Germinação foi então calculado a partir da Equação 1.

$$IG = \%G * \frac{Lm}{Lc} \quad \text{Eq. 1}$$

Em que:

IG = Índice de germinação;

%G = Porcentagem de germinação em relação ao controle;

Lm = Longitude média das raízes da amostra (cm);

Lc = Longitude média das raízes do controle (cm).

3. Resultados

3.1 Caracterização físico-química dos digestatos

Os dados referentes à caracterização físico-química dos digestatos por tratamento estão apresentadas na Tabela 4.

Tabela 1 – Parâmetros físico-químicos de caracterização do digestato

Parâmetro	Unidade	Carga Orgânica (g SV L ⁻¹ d ⁻¹)								
		0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5
pH		8,6	8,5	8,2	8,7	8,8	8,9	8,9	8,9	9,0
CE	mS cm ⁻¹	9,5	9,5	9,5	10	10,4	7,7	12	8,6	10,6
NTK	g kg ⁻¹	1,5	1,6	1,3	1,5	1,4	2,5	2,2	2,3	2,7
P	g kg ⁻¹	18,1	21,2	15	16,3	15,5	10,6	11,3	18,6	10,1
K	g kg ⁻¹	18,5	20,7	73,3	52,7	68,7	45,7	58,1	45,8	40,1

pH: potencial hidrogeniônico; CE: condutividade elétrica; N: nitrogênio total kjeldahl; P: fósforo; K: potássio

O pH dos digestatos de todos os tratamentos apresentou-se levemente alcalino, com valor mínimo de 8,2 e um máximo de 9,0. Esta condição é favorável para aplicação de digestatos na produção de mudas, visto que valores de pH distantes da neutralidade interferem no desenvolvimento vegetal.

A CE média dos digestatos estiveram em um intervalo de 8,6 até 10,6 ms cm⁻¹, valor superior a reportado por CARON *et al* (2004) entre 1,0 a 2,5 mS cm⁻¹ como condição equilibrada de fornecimento de nutrientes para produção vegetal. Andriolo (1996) reportou a tolerância para a salinidade para diferentes espécies de planta, sendo que o valor limite deve permanecer em torno de 1,3 ms cm⁻¹, podendo prejudicar o desenvolvimento de plantas em condições de CE mais elevada. Mudanças na absorção de água e fixação dos nutrientes induzem a alterações morfológicas das plantas, e variações da área foliar, e de modo geral altera a produção final de massa seca das plantas.



6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

O teor de nitrogênio variou conforme os tratamentos, porém chegando próximo a $1,5 \text{ g kg}^{-1}$, ou seja, próximo do valor de referência para este nutriente nas plantas (EPSTEIN, 1965). O nitrogênio é um nutriente de grande importância para o crescimento da maioria das plantas, sendo importante em todas as suas fases de crescimento. Em excesso causa um crescimento acelerado, folhas mais verdes e diminui a resistência da planta. Já em baixas concentrações o nitrogênio pode reduzir o crescimento foliar e aumentar o sistema radicular provocando clorose foliar (GIRACCA, 2016).

O fósforo apresentou valores altos se comparado com o valor de referência $0,2 \text{ g kg}^{-1}$ (EPSTEIN, 1965) e isso pode ocasionar um menor desenvolvimento dessa planta, além disso nas folhas velhas causa clorose e raízes amarelas (MOREIRA *et al.*, 2001).

O potássio considerado como um dos macronutrientes com maior índice de absorção do mesmo modo que o nitrogênio, ele favorece de maneira direta na constituição das radículas e também no amadurecimento dos frutos (EPSTEIN; BLOOM, 2006). Todos os tecidos existentes na planta são compostos por uma proporção de potássio, já a escassez de potássio pode levar a um crescimento rudimentar, enrolamento das folhas, manchas brancas, gerando transtornos no desenvolvimento das mudas, o potássio ideal para um bom desenvolvimento das plantas está inserido dentro de $1,0 \text{ g kg}^{-1}$ (GIRACCA, 2016), fato que indica que não existe escassez de potássio uma vez que a média de potássio existente foi de $18,5 \text{ à } 73,3 \text{ g kg}^{-1}$.

Para análise dos efeitos dos nutrientes nas plantas é necessário avaliar a interação entre eles, uma vez que a interação corresponde à adição do teor de um nutriente no outro, que pode ser intensificado, diminuído ou não sofrer nenhuma alteração (MALAVOLTA, 2006).

3.2 Fitotoxicidade

Na Tabela 5 têm-se a quantidade de sementes germinadas relacionadas ao controle e as diluições de cada tratamento, juntamente com o comprimento das radículas indicando assim sua fitotoxicidade através da Equação 3.

Tabela 2 - Sementes germinadas e comprimento das radículas

COV (g SV L ⁻¹ d ⁻¹)	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0
NÚMERO DE SEMENTES GERMINADAS (unidade)									
CONTROLE	9	9	9	9	9	9	10	9	9
100%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50%	0	1	2	7	0	0	0	0	0
10%	9	9	8	9	9	8	9	9	10
1%	9	9	8	9	7	8	9	9	9
COMPRIMENTO RADÍCULA (mm)									
CONTROLE	6	7	5	6	7	5	5	5	7
100%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50%	0	2	3	6	4	2	0	0	0
10%	9	8	8	8	9	6	4	7	5
1%	8	8	7	5	9	6	5	5	9

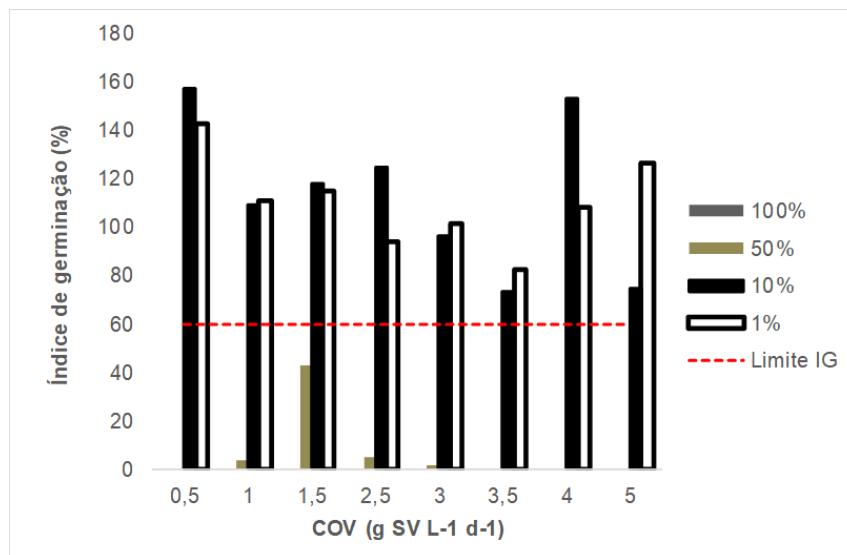
Nota-se que para o digestato bruto, ou seja, sem diluição, nenhuma das sementes germinaram e apenas 3 tratamento apresentaram germinação de sementes para a diluição em 50%. Já para as diluições em 10% e 1% todos os tratamentos apresentaram germinação de sementes e comprimento da radícula próximos ou superiores quando comparados com o controle. Isso pode ter ocorrido pelo fato das diluições 100% e 50% terem uma maior concentração de nutrientes, sendo superiores a quantidade de nutrientes necessários para o desenvolvimento das sementes, o mesmo pode ser observado para as radículas. Na Figura 3 verifica-se o Índice de Germinação (IG) e o seu limite mínimo de acordo com a Equação 1.



6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

Figura 3 - Índice de germinação e limite mínimo



De acordo com a classificação proposta por Bello (2011) (Tabela 6), foi possível verificar um desenvolvimento eficaz das diluições 10% e 1%, visto que todos apresentaram características de compostos maturados. O digestato bruto e diluído em 50% apresentaram IG abaixo de 60%, sendo considerado fitotóxico ou muito fitotóxico (Tabela 6).

Tabela 3 – Classificação qualitativa de fitotoxicidade.

% Germinação	CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL EM ANALISE
> 100	O material potencia a germinação e o crescimento da raiz das plantas
80 - 100	Não fitotóxico; composto maturado
60 - 80	Moderamente fitotóxico
30 - 60	Fitotóxico
< 30	Muito fitotóxico

Fonte: Bello (2011).

Os melhores resultados para a diluição em 10% foram obtidos para a COV de 0,5 e 4,0 g SV L⁻¹ d⁻¹, indicando que os teores de nutrientes e baixa concentração de matéria orgânica bruta no início do processo e, de forma análoga, ao final do processo, permitiram a melhor fixação de nutrientes pelas plantas. Durante as COV intermediárias, o processo de *washout* do conteúdo do reator pode ter influenciado na dinâmica de nutrientes. Para as diluições em 1% os melhores resultados foram obtidos 0,5 e 5,0 g SV L⁻¹ d⁻¹, com IG substancialmente superior ao controle.

3. Considerações finais

O pH dos digestatos provenientes da digestão anaeróbia de resíduos de frutas e hortaliças apresentou-se levemente alcalino, fator considerado favorável para aplicação de digestatos na produção de mudas de agrião do seco. Os teores de P e K foram superiores ao recomendado, fator que pode acarretar em possível efeito inibitório no desenvolvimento das plantas. Com relação ao teor de N, observaram-se valores próximos aos valores de referência.

Para o digestato bruto e diluído em 50% a germinação das sementes não foi satisfatória e as soluções continham excesso dos nutrientes essenciais para o desenvolvimento das sementes e comprimento da radícula, indicando inibição da germinação.

Neste sentido, levando-se em consideração o aumento de interesse pelos sistemas agrícolas sustentáveis com evidencia para a produção de alimentos orgânicos, o uso do efluente



6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

gerado pela digestão anaeróbia de resíduos vegetais na produção do Agrião do Seco apresenta potencial de ser utilizado como fertilizante, desde que seja feita a caracterização deste, principalmente com relação a quantidade de macronutrientes.

Referências

ABRELPE. Panorama dos Resíduos sólidos no Brasil 2015. 92 p. 2015.

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21 ed. Washington: American Water Works Association, 2008. 1368 p.

ALBURQUERQUE, J. A. et al. Assessment of the fertiliser potential of digestates from farm and agroindustrial residues. *Biomass and Bioenergy*, v. 40, p. 181-189, 2012.

ANDRIOLI, J.L. O cultivo de plantas com fertirrigação. Santa Maria: Centro de Ciências Rurais, UFSM, 1996. 47 p.

BECKET, P. H. T. Upper critical Levels of toxic elements in plants. *New phytologist*, v. 79, n. 1, p. 95-106, 1977.

BELO, Sara Rodrigues Santos. Avaliação de fitotoxicidade através de *Lepidium sativum* no âmbito de processos de compostagem. 2011. 79 f. Dissertação (Mestre em Engenharia do Ambiente) - Faculdade de Ciências e Tecnologias, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2011.

CARON, Braulio Otamar, et al. Crescimento da alface em diferentes substratos. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, Lages/SC v.3, n.2, p. 97-104, 2004.

CECCHI, H. M. Fundamentos teóricos e práticos em análise de Alimentos. Campinas: Editora da UNICAMP, 1999. 208p.

CIBIOGAS. Curso de atualização em energias do biogás. Módulo II, 2017.

DI MARIA, F et al. Co-treatment of fruit and vegetable waste in sludge digesters. An analysis of the relationship among bio-methane generation, process stability and digestate phytotoxicity. *Waste Management*, v. 34, n. 9, p. 1603 – 1608, 2014.

EMBRAPA. Caracterização dos problemas de fitotoxicidade de plântulas de soja devido ao tratamento de sementes com fungicida Rhodiauram 500 SC, na safra 2000/01. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. 2000.

EPSTEIN. E.; MINERAL METABOLISM. ACADEMIC PRESS, 1965. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781483232430500228>>. Acesso em: 05 nov. 2017

EPSTEIN, E.; Bloom, A. J. Nutrição mineral de plantas. Princípios e perspectivas. 2nd. ed. Londrina: Editora Planta, 2006. 401p.

GERARDI, M.H. The Microbiology of Anaerobic Digesters. New Jersey: John Wiley& Sons, Inc., 2003.

GIRACCA, Ecila Maria Nunes. Nutrientes. 2016. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/fertilizantes/nutrientes_361443.html. Acesso em: 01 nov. 2017

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2 ed. Piracicaba: POTAPOS, 1997

MMA. Gestão de Resíduos Orgânicos. Ministério do Meio Ambiente, 2017. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/gest%C3%A3o-de-res%C3%ADduos->>



6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

org%C3%A2nicos>. Acesso em: 14 maio 2017.

TEDESCO, M. J. et al. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2. ed., Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto alegre, 174 p., 1995.

TIQUIA, S. M.; TAM, N. F. Y. Elimination of phytotoxicity during co-composting of spent pig-manure sawdust and pig sludge. Bioresource Technology, v. 65, p. 43-49, 1998.

TRAUTMANN, Nancy; KRASNY, Marianne. Composting in the Classroom: Scientific Inquiry for High School Students, 1997.

ZUCCONI, F., MONACO, A., FORTE, M., DE BERTOLDI, M., 1985. Phytotoxins during the stabilization of organic matter. In: Gasser, J.K.R. (Ed.), Composting of Agricultural and Other Wastes. Elsevier Applied Science Publishers, London, pp. 73–86.