

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE MARINGÁ  
PROGRAMA DE PÓS – GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS LIMPAS

THAIS DE OLIVEIRA IÁCONO RAMARI

PRODUÇÃO DE SUBSTRATOS PARA MUDAS A PARTIR DE  
RESÍDUOS COMPOSTADOS DO SETOR SUCROALCOOLEIRO

MARINGÁ

2016

THAIS DE OLIVEIRA IÁCONO RAMARI

PRODUÇÃO DE SUBSTRATOS PARA MUDAS A PARTIR DE  
RESÍDUOS COMPOSTADOS DO SETOR SUCROALCOOLEIRO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Tecnologias Limpas do Centro Universitário de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Tecnologias Limpas.

Orientadora: Prof. Dra. Francielli Gasparotto

Coorientador: Prof. Dr. Luiz Felipe Machado Velho

MARINGÁ

2016

THAIS DE OLIVEIRA IÁCONO RAMARI

PRODUÇÃO DE SUBSTRATOS PARA MUDAS A PARTIR DE RESÍDUOS  
COMPOSTADOS DO SETOR SUCROALCOOLEIRO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Limpas do Centro  
Universitário de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em  
Tecnologias Limpas pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

COMISSÃO JULGADORA

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Francielli Gasparotto  
Centro Universitário de Maringá (Presidente)

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Kátia Regina Freitas Schwan Estrada  
Universidade Estadual de Maringá

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Anny Rose Mannigel  
Centro Universitário de Maringá

MARINGÁ

2016

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha família: Marcos, Maria Rita e Carolina por estarem comigo e me apoiarem incondicionalmente na busca dos meus objetivos e sonhos.

Aos meus pais: Valmir e Raquel pelo exemplo de vida, força, luta e caráter que me conduziram até aqui.

Aos meus irmãos.

Dedico

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por mais esta realização.

A Dr<sup>a</sup>. Francielli Gasparotto pela orientação, incentivo, apoio, amizade e confiança em meu trabalho. Meus mais sinceros agradecimentos.

Ao Dr. Edison Schmidt Filho pela valiosa colaboração e inúmeras sugestões no decorrer da realização de todo trabalho e, pela amizade.

Ao Centro Universitário de Maringá por ter-me possibilitado desenvolver este trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Limpas pela amizade, apoio e demonstração de companheirismo.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

“Apenas quando somos instruídos para a realidade  
é que podemos mudá-la. ”

(Bertolt Brecht)

## **Produção de substratos para mudas a partir de resíduos compostados do setor sucroalcooleiro**

### **RESUMO**

Os produtos do processamento da cana-de-açúcar são muitos, porém os que mais se destacam são o açúcar e o etanol. Contudo, além destes produtos também são gerados importantes subprodutos como o bagaço da cana-de-açúcar, a torta de filtro e as cinzas de caldeira, que se destinados de maneira inadequada podem ocasionar impactos ambientais. A utilização de resíduos orgânicos como matéria prima para substratos na produção de mudas tem proporcionado aumento da produção e da qualidade do produto final. Porém, para que a utilização desses resíduos seja viável é preciso que os mesmos acarretem em incremento de produtividade e estejam disponíveis na região de cultivo. Assim, estudos sobre os parâmetros intervenientes ao processo de compostagem em pequena escala e a interferência desses resíduos na qualidade das mudas, são necessários. Dessa forma, os objetivos deste trabalho são: avaliar o processo de compostagem de resíduos do setor sucroalcooleiro em pequena escala e a utilização dos compostos resultantes na composição de substratos para a produção de mudas de alface e rúcula. Foram avaliados, para o processo de compostagem, os parâmetros temperatura no interior da pilha, condutividade elétrica da solução (CE), pH do material e volume da pilha e, para avaliar a maturação do composto orgânico analisou-se em conjunto a estabilização dos valores de temperatura e CE e a relação C/N ao fim do processo. Ao serem considerados maduros os compostos foram classificados de acordo com os parâmetros estabelecidos pela legislação (IN25/2009). Para esta etapa foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 4 tratamentos e 3 repetições. Os tratamentos foram: T<sub>0</sub> - 100% torta de filtro (TF), T<sub>1</sub> - 100% bagaço de cana-de-açúcar (BC), T<sub>2</sub> - 50% torta de filtro e 50% bagaço de cana-de-açúcar, e T<sub>3</sub> - 70% torta de filtro e 30% bagaço de cana-de-açúcar. Para a produção dos substratos a partir dos compostos orgânicos produzidos na primeira etapa, o delineamento utilizado foi o DIC, em esquema fatorial 2x9 (dois intervalos de tempos de decomposição dos resíduos - 0 dias e 90 dias x nove composições de substratos), com 30 repetições, onde cada plântula constituiu uma repetição. Os tratamentos foram: S<sub>1</sub> - 100% T<sub>0</sub>; S<sub>2</sub> - 50% T<sub>0</sub> e 50% Cinzas de caldeira; S<sub>3</sub> - 100% T<sub>1</sub>; S<sub>4</sub> - 50% T<sub>1</sub> e 50% Cinzas de caldeira; S<sub>5</sub> - 100% T<sub>2</sub>; S<sub>6</sub> - 50% T<sub>2</sub> e 50% Cinzas de caldeira; S<sub>7</sub> - 100% T<sub>3</sub>; S<sub>8</sub> - 50% T<sub>3</sub> e 50% Cinzas de caldeira; S<sub>9</sub> - Substrato comercial da marca Lupa (composição: Casca de pinus/Eucalipto e cinzas). Nesta fase avaliou-se em cada tratamento, a porcentagem de germinação, e aos 30 dias após a semeadura o número de folhas definitivas (NF), altura de plântulas (HP), massa fresca da parte aérea (MFPA) e massa seca da parte aérea (MSPA). Ao final de cada etapa experimental os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de significância pelo programa estatístico Sisvar. A partir deste estudo conclui-se que o processo em pequena escala é possível para os compostos orgânicos que possuíam em sua formulação torta de filtro e os mesmos compostos atingiram maturação aos 90 dias. Os parâmetros temperatura, CE e relação C/N foram satisfatórios para determinação da maturação dos compostos. De acordo com a legislação os compostos foram classificados como pertencentes à classe A e estavam de acordo com a legislação, com exceção do T<sub>1</sub>. Assim, é possível a formulação de substratos para produção de mudas a partir dos resíduos do setor sucroalcooleiro, torta de filtro e bagaço de cana-de-açúcar; sendo que dentre os tratamentos o substrato que produziu mudas de melhor qualidade, além do substrato comercial, foi o formulado com torta de filtro pura e compostada.

**Palavras-Chave:** Bagaço de cana-de-açúcar; Compostagem; Hortaliças; Subprodutos; Torta de filtro.



## **Production of substrates for seedlings from the sugarcane waste composted**

### **ABSTRACT**

Many are the products of processing of sugarcane, but the ones that stand out are the sugar and ethanol. However, besides these products also generate important by-products such as bagasse from sugarcane, the filter cake and boiler ash, which if designed improperly can cause environmental impacts. The use of organic waste as raw materials for substrates of seedling production has provided increases in production and quality of the final product. However, for the use of such waste turn feasible, it's necessary that they entail in increasing productivity and be available in the growing region. Thus, studies of the parameters involved the composting process on a small scale and the interference of such wastes in the quality of seedlings, are needed. Thus, the objectives of this study are to evaluate the composting process on a small scale waste of this sector, as well as the use of the resulting compounds in the substrate composition for the production of lettuce and arugula seedlings. For the evaluation of the composting process was used completely randomized design (CRD) with 4 treatments and 3 repetitions. The treatments were: T0 - 100% filter cake (TF), T1 -100% bagasse sugarcane (BC), T2 - 50% filter cake and 50% bagasse sugarcane, and T3 - 70% filter cake and 30% bagasse sugarcane. For the production of substrates from organic compounds produced in the first stage, the design was CRD in factorial scheme 2x9 (two waste decomposition times - 0 and 90 days x nine substrates compositions) with 30 repetitions, where each seedling was a repetition. The treatments were: S1 - 100% T0, S2 - 50% T0 and 50% boiler ash, S3 - 100% T1, S4 - 50% T1 and 50% boiler ash, S5 - 100% T2, S6 - 50% T2 and 50% boiler ash, S7 - 100% T3, S8 - 50% and 50% T3 boiler ash, S9 - commercial magnifying glass substrate mark (composition: pine bark / eucalyptus and ash). Were evaluated for the composting process temperature parameters within the cell, the electrical conductivity of the solution (EC), pH of the material and cell volume, and to evaluate the maturity of the compost was analyzed together stabilized values of temperature and EC, and the C / N at the end of the process. When considered mature, compounds were classified according to the parameters established by legislation (IN25 / 2009). For the production of substrates were evaluated for each treatment, the percentage of germination, and 30 days after sowing the number of true leaves (NF), seedling height (HP), fresh weight of shoot (MFPA) and dry weight of shoot (MSPA). At the end of each experimental phase the data were submitted to analysis of variance and means were compared by the Scott-Knott test at 5% significance by Sisvar statistical program. From this study it is concluded that the process on a small scale for organic compounds possessed in its formulation filter cake is possible; these same compounds reached maturity at 90 days. But the compound that was formulated only with sugarcane bagasse was not mature at this time interval. That to determine the maturation, the parameters of temperature stabilization, EC and C/N ratio were satisfactory; according to the legislation, compounds were classified as belonging to the class A and were in accordance with the law, except to T1. Thus, it is possible the formulation of substrates for seedling production from waste sugar and alcohol sector, filter cake and bagasse sugarcane; and finally the substrate that produced better quality seedlings, besides the commercial substrate, was formulated with pure filter cake and composted.

**Keywords:** filter cake. Bagasse of sugarcane. By-products. Composting. Vegetables.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - A: Mistura dos resíduos orgânicos.....	35
Figura 1 - B: Preenchimento das composteiras com os diferentes tratamentos.....	35
Figura 2 - Aeração dos tratamentos realizado a cada 15 dias durante o processo de compostagem.....	35
Figura 3 - Volume das pilhas de resíduos orgânicos ao longo do processo de compostagem (0, 30, 60 e 90 dias de decomposição).....	41
Figura 4 - Teores de Carbono total aos 0 e 90 dias de decomposição nos diferentes tratamentos.....	42
Figura 5 - Variações nos valores de pH dos diferentes tratamentos, aos 0 e 90 dias de decomposição dos resíduos orgânicos.....	43
Figura 6 – Variação da temperatura no interior das pilhas, nos diferentes tratamentos, em função do tempo de decomposição.....	43
Figura 7 - Variação na condutividade elétrica, nos tratamentos, em função do tempo de decomposição.....	45
Figura 8 - Variação nos padrões de temperatura e condutividade elétrica, em cada tratamento, ao longo dos 90 dias de compostagem.....	46
Figura 9 - Relação C/N no aos 0 e 90 dias de compostagem em todos os tratamentos.....	48
Figura 10 - Teor de Matéria Orgânica (MO) aos 0 e 90 dias de compostagem.....	51
Figura 11 - Médias dos parâmetros qualitativos número de folhas (NF), altura de plântula (HP em cm), massa fresca da parte aérea (MFPA em g) e massa seca da parte aérea (MSPA em g), de mudas de alface produzidas em diferentes substratos obtidos de resíduos do setor sucroalcooleiro compostados e não compostados.....	55
Figura 12 - Médias dos parâmetros qualitativos número de folhas (NF), altura de plântula (HP em cm), massa fresca da parte aérea (MFPA em g) e massa seca da parte aérea (MSPA em g), de mudas de rpucla produzidas em diferentes substratos obtidos de resíduos do setor sucroalcooleiro compostados e não compostados.....	57

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estimativa da produção de resíduos de cana-de-açúcar no estado do Paraná.....	21
Tabela 2 - Garantias mínimas exigidas para que um composto seja comercializado e utilizado de acordo com a IN n.º 25/2009 – ANEXO III.....	30
Tabela 3 - Características físico-químicas dos subprodutos utilizados para composição do material a ser compostado.....	39
Tabela 4 - Características físico-químicas dos tratamentos a serem compostados no início do período experimental.....	40
Tabela 5 - Média dos valores de condutividade elétrica <sup>1</sup> nos diferentes tratamentos, durante o período experimental.....	45
Tabela 6 - Médias de valores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) dos quatro compostos orgânicos avaliados.....	73
Tabela 7 - Limites dos parâmetros exigidos na IN25/2009, Anexo III, e valores obtidos em todos os tratamentos aos 90 dias de compostagem.....	52
Tabela 8 - Médias de porcentagem de germinação de sementes de alface e rúcula nos diferentes substratos aos 7, 14, 21 e 30 dias após a semeadura (DAS).....	53
Tabela 9 - Médias dos parâmetros número de folhas definitivas (NF), altura de plântulas (HP), massa fresca da parte aérea (MFPA) e massa seca da parte aérea (MSPA) para plântulas de alface e rúcula produzidas em diferentes substratos.....	59

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
1.1.	Objetivo geral.....	15
1.2.	Objetivos específicos.....	15
<b>2.</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>16</b>
2.1.	Cultura da cana-de-açúcar.....	16
2.2.	O Setor Sucroalcooleiro.....	17
2.3.	O Setor Sucroalcooleiro no Estado do Paraná.....	19
2.4.	Subprodutos do setor Sucroenergético.....	20
2.4.1.	Bagaço de Cana-de-Açúcar.....	21
2.4.2.	Torta de Filtro de Cana-de-Açúcar.....	22
2.4.3.	Cinzas de Caldeira.....	23
2.5.	Compostagem.....	25
2.5.1.	Processo de Maturação de Compostos Orgânicos.....	27
2.5.1.1.	Relação Carbono/Nitrogênio (C/N).....	27
2.5.1.2.	Condutividade Elétrica (CE).....	28
2.5.1.3.	Temperatura.....	29
2.6.	Legislação.....	29
2.7.	Produção de Mudas.....	31
2.8.	Cultura do Alface.....	32
2.9.	Cultura da Rúcula.....	32
<b>3.</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>34</b>
3.1.	Compostagem dos Resíduos do setor Sucroalcooleiro.....	34
3.1.1.	Local do experimento.....	34
3.1.2.	Materiais Utilizados para compostagem.....	34
3.1.3.	Montagem das pilhas e delineamento experimental.....	34
3.1.4.	Condução e monitoramento do processo de compostagem.....	35
3.1.5.	Maturação e caracterização química dos Compostos Orgânicos.....	36
3.1.6.	Qualidade final do Composto Orgânico.....	36
3.2.	Desempenho dos compostos orgânicos como Substratos na Produção de Mudas.....	36
3.2.1.	Local do experimento.....	36
3.2.2.	Hortaliças para a produção das mudas.....	37

3.2.3.	Formulação dos substratos.....	37
3.2.4.	Condução do experimento e tratos culturais.....	37
3.2.5.	Delineamento experimental.....	37
3.2.6.	Parâmetros Avaliados.....	38
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>39</b>
4.1.	Compostagem de Resíduos do setor Sucroalcooleiro.....	39
4.1.1.	Caracterização dos Resíduos do setor sucroalcooleiro.....	39
4.1.2.	Monitoramento do processo de compostagem.....	39
4.1.2.1.	Características Físico-químicas iniciais dos tratamentos.....	39
4.1.2.2.	Volume de Material nas composteiras.....	40
4.1.2.3.	pH.....	42
4.1.2.4.	Temperatura.....	44
4.1.2.5.	Condutividade Elétrica.....	44
4.1.3.	Maturação dos Compostos Orgânicos.....	46
4.1.3.1.	Características químicas dos compostos aos 90 dias de compostagem.....	49
4.1.4.	Qualidade dos Compostos Orgânicos de acordo com a legislação.....	51
4.2.	Avaliação de Compostos orgânicos derivados de resíduos do setor sucroalcooleiro como substratos na produção de mudas de hortaliças.....	52
4.2.1.	Germinação de sementes de Hortaliças.....	52
4.2.2.	Qualidade de mudas de alface e rúcula produzidas nos diferentes substratos.....	54
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>62</b>
<b>6.</b>	<b>PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>63</b>
<b>7.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>64</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil configura-se como o maior produtor mundial de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.), com mais de 400 unidades industriais e 70 mil produtores independentes (CONAB, 2015). O segmento agroindustrial sulcroalcooleiro está distribuído em cerca de 20% dos municípios brasileiros, é responsável pela geração de mais de um milhão de empregos diretos, por um Produto Interno Bruto (PIB) de mais de US\$ 40 bilhões e exportações anuais da ordem de US\$ 15 bilhões (CONAB, 2015).

De acordo com a CONAB (2016), a área cultivada com cana-de-açúcar que deverá ser colhida e destinada à atividade sucroalcooleira na safra 2016/17 é de 9.073,7 mil hectares, distribuídas em todos estados produtores. Dentre os estados produtores destaca-se São Paulo, como o maior produtor com 52,3% da área plantada. O estado do Paraná ocupa a quinta colocação, com 6,9% da área cultivada com cana.

O estado do Paraná é o maior produtor da cultura da cana-de-açúcar na região sul do Brasil, tanto em área cultivada como em produtividade (CONAB, 2016). De acordo com Batista (2016), 25 indústrias desse setor (usinas e destilarias) estão presentes neste Estado. Assim, torna-se evidente que o setor sucroenergético tem grande influência no agronegócio estadual.

O processamento da cana-de-açúcar em açúcar e etanol tem como gargalo a geração de grande quantidade de subprodutos. Esses resíduos são o bagaço da cana, vinhaça (também chamada de vinhoto ou restilo), torta de filtro, levedura, cinzas de caldeiras, melaço, o álcool bruto e o óleo de fúsel (PÁDUA, 2014). Contudo, desde a implantação do cultivo de cana-de-açúcar no país, poucas ações têm sido realizadas para o aproveitamento comercial dos resíduos da agroindústria sucroalcooleira.

Desde 2010 está em vigência, no Brasil, a Lei 12.305 que regulamenta a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). A prioridade para a gestão desses resíduos está estabelecida afim de cumprir a seguinte sequência: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010).

Os processos de reutilização de resíduos economizam recursos naturais e reduzem os impactos ambientais ao serem utilizados em processos produtivos, quando comparados aos processos que utilizam matérias-primas virgens (SCHNEIDER, 2013). Segundo Rodrigues e Seratto (2011) o bagaço tem sido aproveitado na geração de energia e como volumoso para ruminantes, a torta de filtro e a vinhaça para adubação dos próprios canaviais.

Uma das técnicas de tratamento para resíduos orgânicos é o tratamento biológico, que pode ser empregado utilizando-se o processo de compostagem. Este se destaca por reduzir o

potencial poluidor e contaminante dos resíduos e convertê-los em um composto orgânico com potencial para melhorar as condições físicas e químicas do solo (DOMINGUEZ; GÓMEZ, 2010).

Estudos foram realizados no que diz respeito ao processo de compostagem para grande quantidade de materiais, isto é, compostagem realizada em grande escala (KIEHL, 2004; TANG et. al, 2004). Porém, a utilização deste processo nesta magnitude exige grande quantidade de resíduos, investimento significativo em transporte, energia e instalações. Nesse sentido, o estudo dos parâmetros intervenientes no processo de compostagem em escalas menores torna-se importante para atender a demanda das pequenas propriedades agrícolas e agroindústrias de pequeno porte, sendo assim, é importante demonstrar que a compostagem em pequena escala pode resultar em um produto final de qualidade e em um período adequado.

Diversos trabalhos demonstram que os compostos orgânicos podem ser utilizados como fertilizantes (DIAS, et al., 2011; SERRANO, SILVA, FORMENTINI, 2011) e também como substratos na produção de mudas (LIMA et al., 2011; STEFFEN et al., 2011).

Dentre os resíduos orgânicos do setor sucroalcooleiro a torta de filtro e o bagaço de cana-de-açúcar são os que possuem as características necessárias para seu emprego na produção de compostos orgânicos, como alto teor de matéria orgânica (GONZÁLES et al., 2014) e que podem ser utilizados como substratos na produção de mudas de hortaliças (BARROS, 2014).

Os substratos são insumos utilizados no processo de produção de mudas das mais variadas espécies. A utilização de substratos de boa qualidade resulta em mudas com maior sanidade e melhor desempenho. Estes fatores têm ocasionado o aumento na procura desses materiais por viveiristas, porém o custo de aquisição de substratos comerciais ainda é alto, resultando no aumento do custo final das mudas (SANTOS, 2006).

A utilização de resíduos orgânicos como matéria prima para substratos na produção de mudas tem proporcionado aumento da produção e da qualidade do produto final. No entanto, para que a utilização desses resíduos seja viável é preciso que os mesmos incrementem a produtividade e estejam disponíveis na região de cultivo. Assim, o uso combinado de resíduos do setor sucroalcooleiro, torta de filtro e bagaço de cana-de-açúcar, em um processo de compostagem, na formulação de substratos para produção de mudas, torna-se uma opção sustentável, pois existe grande oferta nas proximidades do município de Maringá.

Mas ainda são necessários estudos que comprovem a eficiência do processo de compostagem em pequena escala da torta de filtro e do bagaço de cana, utilizados de forma isolada ou combinados entre si e a qualidade do substrato produzido a partir destes compostos.

### 1.1. Objetivo Geral

Avaliar o processo de compostagem em pequena escala de resíduos orgânicos do setor sucroalcooleiro, nas condições ambientais da região de Maringá, PR, e a utilização dos compostos orgânicos resultantes na produção de substratos para mudas das hortaliças Alface e Rúcula.

#### 1.2. Objetivos Específicos

- Avaliar os parâmetros físico-químicos, temperatura no interior da pilha, condutividade elétrica da solução, pH do material e volume da pilha, no processo de compostagem em pequena escala para os resíduos orgânicos, torta de filtro e bagaço de cana-de-açúcar, puros e combinados em diferentes proporções;
- Aferir o tempo necessário para que o composto orgânico atinja a maturidade em função da estabilização dos valores de condutividade elétrica e temperatura;
- Determinar a qualidade do composto orgânico resultante de acordo com a legislação vigente;
- Avaliar o desempenho dos diferentes substratos, resultantes da mistura dos compostos orgânicos produzidos com as cinzas das caldeiras, outro resíduo do setor sucroalcooleiro, na produção de mudas de alface e rúcula.