

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
DEPARTAMENTO DE ENERGIA NUCLEAR**

**COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR  
CENTRO REGIONAL DE CIÊNCIAS NUCLEARES DO NORDESTE**

**Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares**

**AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE COMPOSTAGEM COM  
DIFERENTES PROPORÇÕES DE RESÍDUOS DE LIMPEZA  
URBANA E RESTOS DE ALIMENTOS**

**ALICE SABRINA FERREIRA DA SILVA**

**Orientador:** Prof. Dr. Rômulo Simões Cezar Menezes

**Co-orientador:** Dr. Dário Costa Primo

**Recife, PE**

**Fevereiro, 2016**

**ALICE SABRINA FERREIRA DA SILVA**

**AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE COMPOSTAGEM COM  
DIFERENTES PROPORÇÕES DE RESÍDUOS DE LIMPEZA  
URBANA E RESTOS DE ALIMENTOS**

Dissertação/Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares para obtenção do título de Mestre/Doutor em Ciências, Área de Concentração: Energia de biomassa.

**Orientador:** Prof. Dr. Rômulo Simões Cezar Menezes

**Co-orientador:** Dr. Dário Costa Primo

**Recife, PE**

**Fevereiro, 2016**

Catálogo na fonte  
Bibliotecário Carlos Moura, CRB-4 / 1502

S586a

Silva, Alice Sabrina Ferreira da.

Avaliação do processo de compostagem com diferentes proporções de resíduos de limpeza urbana e restos de alimentos. / Alice Sabrina Ferreira da Silva. - Recife: O Autor, 2016.

48 f. : il., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Rômulo Simões Cezar Menezes.

Coorientador: Dr. Dário Costa Primo.

Dissertação (mestrado) ó Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares, 2016.

Inclui referências bibliográficas e anexo.

1. Resíduos orgânicos. 2. Reciclagem. 3. Adubo orgânico. I. Menezes, Rômulo Simões Cezar, orientador. II. Primo, Dário Costa, coorientador. III. Título.

UFPE

CDD 631.8 (21. ed.)

BDEN/2016-13

**AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE COMPOSTAGEM COM  
DIFERENTES PROPORÇÕES DE RESÍDUOS DE LIMPEZA  
URBANA E RESTOS DE ALIMENTOS**

Alice Sabrina Ferreira da Silva

**APROVADA EM: 25.02.2016**

**ORIENTADOR:** Prof. Dr. Rômulo Simões Cezar Menezes

**CO-ORIENTADOR:** Prof. Dr. Dário Costa Primo

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

Prof. Dr. Renato Lemos dos Santos- IFPE-Campus de Vitória

---

Dr. Emmanuel Damilano Dutra- Energia de Biomassa /UERGS-RS

---

Profª. Dra. Ana Dolores Santiago de Freitas DA/UFRPE

**Visto e permitida a impressão**

---

**Coordenador(a) do PROTEN/DEN/UFPE**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por me agraciar com saúde força e determinação para superar as dificuldades.

À Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), principalmente ao Departamento de Energia Nuclear, seu corpo docente, direção eP secretaria, pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

Ao Prof. Dr. Rômulo Menezes e ao Dr. Dário Primo, responsáveis pela orientação e co-orientação. A vocês meu muito obrigada, por todas as correções, sugestões e incentivos.

Aos professores Ana Dolores Freitas, Everardo Sampaio e Renato Lemos, e ao pesquisador Eric Carvalho, pelas importantes contribuições.

A Fundação de Amparo a Ciência e tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), responsável pela concessão da bolsa de mestrado.

A minha mãe Adijane Ferreira, que sempre foi o motivo do meu esforço diário, sem seu exemplo de força e determinação eu jamais chegaria tão longe.

A minha avó Marú e a Jeferson, Ericka, Erick e toda a família Ferreira, por todo amor, compreensão e incentivos.

A minhas amigas irmãs Natache Ferrão e Monaliza Andrade, por tudo que fazem e são para mim.

Ao grupo de Energia de Biomassa, família que levarei para sempre.

E a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho. A vocês meu muito obrigada.

## RESUMO

No Brasil, há necessidade urgente de pesquisas para o desenvolvimento e aprimoramento de técnicas que viabilizem a gestão sustentável de resíduos. Essa necessidade é especialmente grave nas áreas urbanas, devido ao aumento populacional e aos padrões de consumo. A biomassa residual corresponde a aproximadamente 50% dos resíduos sólidos urbanos e é proveniente principalmente das ações de limpeza urbana, como varrição e podas de áreas públicas, de preparo e consumo de alimentos. Praticamente toda biomassa residual gerada em áreas urbanas é disposta em lixões e aterros controlados, juntamente com os demais tipos de resíduos. Uma das alternativas para a destinação sustentável da biomassa residual urbana é a produção de adubo por meio da compostagem. O presente trabalho teve como objetivo identificar a melhor proporção entre biomassa residual do serviço de limpeza urbana e os resíduos de alimentos dos restaurantes e cantinas do campus do UFPE para a produção do adubo orgânico de melhor qualidade em menor tempo. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com seis tratamentos e quatro repetições, distribuídos entre proporções diferentes de material vegetal (MV) e resíduo de alimentos (RA): T1 = Material vegetal (MV) 100% + resíduos de alimentos (RA) 0% (v/v); T2 = 90% MV + 10% RA; T3 = 80% MV + 20% RA; T4 = 70% MV + 30% RA; T5 = 60% MV + 40% RA; T6 = 50% MV + 50% RA. Foram realizados testes de compostagem em pilhas de 50 kg de material vegetal e resíduo de alimentos, por um período de 120 dias. Durante o período de compostagem, foram realizadas análises das concentrações de nitrogênio, fósforo, potássio e Carbono orgânico total, bem como monitoramento de pH, temperatura e umidade das pilhas. O tratamento T6 apresentou qualidade superior entre os demais tratamentos, em termos nutricionais. O T3 não apresentou diferenças significativas no tempo de estabilização comparado aos tratamentos T4, T5 e T6, tendo atingido relação C/N de 18/1 em apenas 30 dias. Esses resultados sugerem que, com uma proporção de 20% RA e 80 de MV em apenas 30 dias de estabilização, o composto orgânico estaria pronto para uso, o que poderia otimizar o uso de mão de obra e diminuir a necessidade de água para umedecer as pilhas, além de finalizar o processo mais rapidamente.

**Palavras-chave:** resíduos orgânicos; reciclagem; adubo orgânico.

## ABSTRACT

In Brazil, there is an urgent need for research to the development and improvement of techniques that enable the sustainable management of waste. This need is particularly acute in urban areas, due to population growth and consumption patterns. The residual biomass corresponds to approximately 50% of municipal solid waste and comes mainly from urban cleaning activities, such as public areas sweeping and pruning, preparation and consumption of food. Virtually all biomass waste generated in urban areas is disposed in open dumps and controlled landfills along with other types of waste. One alternative for sustainable biomass disposal of urban waste is the production of manure by composting. This study aimed to identify the best ratio between residual biomass of urban sanitation services and food waste from campus of UFPE restaurants and canteens, for the production of organic fertilizer better quality in less time. The experimental design was completely selected, with six treatments and four replications, distributed among different proportions of plant material (PM) and waste food (WF): T1 = plant material (PM) 100% + waste food (WF) 0% (v / v); T2 PM = 90% PM + 10% WF; T3 = 80% PM + 20% WF; T4 = 70% PM + 30% WF; T5 = 60% PM + 40% WF; T6 = 50% MV+ 50% WF. Composting tests were performed on batteries 50 kg of plant material and residual food for a period of 120 days. During the composting period, analyzes were made of concentrations of nitrogen, phosphorus, potassium and total organic carbon and pH monitoring, temperature and humidity of the batteries. The T6 treatment showed superior quality among other treatments, nutritionally. T3 no significant differences in the stabilization time compared to treatment T4, T5 and T6, reaching C / N ratio of 18/1 in just 30 days. These results suggest that, with a ratio of 20% of WF and 80 of PM in just 30 days of stabilization, the organic compound would be ready for use, which could optimize the use of manpower and reduce the need for water to humidify the batteries, and complete the process more quickly.

**Keywords:** organic waste; recycling; organic fertilizer.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1-</b> Trituração do material vegetal .....	26
<b>Figura 2-</b> Pesagem do material vegetal .....	27
<b>Figura 3-</b> Pesagem do resíduo de alimento .....	27
<b>Figura 4-</b> Montagem do experimento .....	28
<b>Figura 5-</b> Pilhas de composto orgânico ao final do experimento, aos 120 dias, no galpão de pesquisa do Departamento de Energia Nuclear da UFPE .....	29
<b>Figura 6-</b> Determinação da capacidade de retenção de água .....	29
<b>Figura 7-</b> Capacidade de retenção de água (CRA%) no composto final, aos 120 dias do processo de compostagem .....	42

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Caracterização do material inicial, concentrações médias de nutrientes em diferentes tipos de biomassa residual, coletadas em oito meses distintos .....	30
<b>Tabela 2.</b> Caracterização e concentrações médias do material vegetal (MV) e resíduos de alimentos (RA) utilizados na montagem das pilhas, no dia 14/08/15...	31
<b>Tabela 3.</b> Dinâmica da temperatura(°C) ao longo do processo de compostagem, em intervalos de 0, 7, 15, 30, 60, 90 e 120 dias.....	32
<b>Tabela 4.</b> Dinâmica do pH ao longo do processo de compostagem, com intervalos de 30 dias .....	33
<b>Tabela 5.</b> Dinâmica da umidade em (%) ao longo do processo de compostagem, com intervalos de 30 dias, sob diferentes proporções de material vegetal (MV) e restos de alimentos (RA).....	35
<b>Tabela 6.</b> Dinâmica dos teores de carbono orgânico total (g.kg-1) ao longo do processo de compostagem sob diferentes proporções de material vegetal (MV) e restos de alimentos (RA).....	36
<b>Tabela 7.</b> Dinâmica do nitrogênio (g.kg-1) ao longo do processo de compostagem, com intervalos de 30 dias, sob diferentes proporções de material vegetal (MV) e restos de alimentos (RA).....	37
<b>Tabela 8.</b> Dinâmica da relação C/N (g.kg-1) ao longo do processo de compostagem, em intervalos de 30 dias, sob diferentes proporções de material vegetal (MV) e restos de alimentos (RA).....	39
<b>Tabela 9.</b> Dinâmica do fósforo (mg.kg-1) ao longo do processo de compostagem, em intervalos de 30 dias, sob diferentes proporções de material vegetal (MV) e restos de alimentos (RA).....	40
<b>Tabela 10.</b> Dinâmica do potássio (mg.kg-1) ao longo do processo de compostagem, em intervalos de 30 dias, sob diferentes proporções de material vegetal (MV) e restos de alimentos (RA).....	41
<b>Tabela 11.</b> Comportamento da massa seca final e inicial nas pilhas, sob diferentes proporções de material vegetal (MV) e restos de alimentos (RA).....	43

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>15</b>
<b>2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS.....</b>	<b>15</b>
<b>2.2 RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.....</b>	<b>16</b>
<b>2.3 POLÍTICA NACIONAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS.....</b>	<b>17</b>
<b>2.4 O PROCESSO DE COMPOSTAGEM.....</b>	<b>18</b>
<b>2.5 FATORES QUE INTERFEREM NO PROCESSO DA COMPOSTAGEM.....</b>	<b>19</b>
<b>2.5.1 TEMPERATURA.....</b>	<b>19</b>
<b>2.5.2 OXIGENAÇÃO.....</b>	<b>19</b>
<b>2.5.3 UMIDADE.....</b>	<b>20</b>
<b>2.5.4 TAMANHO DAS PARTÍCULAS.....</b>	<b>21</b>
<b>2.5.5 PH.....</b>	<b>21</b>
<b>3 CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES.....</b>	<b>22</b>
<b>4 RELAÇÃO C/N.....</b>	<b>22</b>
<b>5 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>24</b>
<b>5.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....</b>	<b>24</b>
<b>5.2 CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA PRIMA.....</b>	<b>24</b>
<b>5.3 MONTAGEM DO EXPERIMENTO.....</b>	<b>26</b>
<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>30</b>
<b>6.1 CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA PRIMA.....</b>	<b>30</b>
<b>6.2 TEMPERATURA.....</b>	<b>31</b>
<b>6.3 PH.....</b>	<b>33</b>
<b>6.4 UMIDADE.....</b>	<b>34</b>

<b>6.5 CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES.....</b>	<b>36</b>
<b>6.5.1 CARBONO.....</b>	<b>36</b>
<b>6.5.2 NITROGÊNIO.....</b>	<b>37</b>
<b>6.5.3 RELAÇÃO C/N.....</b>	<b>38</b>
<b>6.5.4 FÓSFORO.....</b>	<b>39</b>
<b>6.5.5 POTÁSSIO.....</b>	<b>40</b>
<b>7. CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA (CRA) .....</b>	<b>41</b>
<b>8. VOLUME MÁSSICO.....</b>	<b>42</b>
<b>9. CONCLUSÃO.....</b>	<b>44</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>45</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A destinação correta e adequada dos resíduos é atualmente uma das principais preocupações ambientais em todo planeta. Na maioria das vezes, os resíduos são devolvidos ao meio ambiente de forma inadequada, resultando na contaminação do solo e das águas, causando prejuízos ambientais, sociais e econômicos (JUNHO, 2004).

Apesar da maioria dos tipos de resíduos gerados interferirem de maneira negativa sobre o meio ambiente, os resíduos sólidos, em relação aos resíduos líquidos e gasosos, são gerados em maior quantidade. A característica que difere os resíduos sólidos dos demais é a produção em grande escala em espaços domésticos e comerciais, principalmente nas residências e centros urbanos. Por isso, a participação ativa da população é decisiva, pois as chances de reaproveitamento dos resíduos caem bastante se não houver previamente a segregação adequada (DEMAJOROVIC, 1995).

Abramovay et al. (2013) relataram que o crescimento da produção dos resíduos no Brasil é muito grande comparada aos métodos de tratamento empregados. Embora o número de aterros sanitários venha apresentando crescimento significativo desde o início do século XXI, ainda não é o bastante para suportar tamanha demanda de resíduos gerados diariamente. Além disso, o aumento dos aterros é um processo de alto custo, pois requer uma estrutura específica para proteção do meio ambiente e principalmente por possuir tempo de vida útil relativamente curto e mesmo assim não serem uma alternativa sustentável.

Em 2014 o Brasil gerou cerca de 78,6 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos, esses valores representam um aumento de 2,9% comparado a geração do ano de 2013, esse índice superou a taxa de crescimento populacional no país no mesmo período, que foi de 0,9%. O nordeste brasileiro é o segundo maior gerador de resíduos sólidos urbanos no país, ele é responsável por 22% dos resíduos gerados, ficando atrás apenas da região sudeste que representa 52,5% desses valores. (ABRELPE, 2014)

A quantidade crescente dos resíduos gerado tem impulsionado a população mundial a buscar novas alternativas sustentáveis, com o intuito de diminuir a poluição ambiental. A coleta seletiva é uma opção bastante adotada. (PEREIRA NETO 2010) afirma que se houvesse a separação correta dos resíduos, de maneira sustentável, a reciclagem poderia ser o destino de boa parte do resíduo gerado. Pensando em métodos de reaproveitamento dos resíduos sólidos orgânicos, que somam cerca de 50% do lixo domiciliar produzido no Brasil, uma alternativa seria o uso da técnica de compostagem, pois além de acarretar poucos custos

de processamento produz como resultado final o composto orgânico, usado como fertilizante no solo (QIAN et al., 2013).

A compostagem é um processo que envolve perda de calor sob um sistema em condições aeróbicas. Durante o processo de compostagem os micro-organismos presentes no meio degradam a matéria orgânica produzindo o composto orgânico (WANG et al., 2014). A técnica de compostagem é um processo que trata os resíduos orgânicos independente de sua origem, que pode ser florestal, urbana, agrícola ou industrial. Esse processo ocorre em dois estágios distintos: primeiramente, destaca-se a fase das reações bioquímicas denominadas termofílicas e em seguida, à fase predominante na maturação, quando se inicia o processo de humificação do composto. Para a maioria dos autores, a compostagem libera vapor de água e dióxido de carbono, sendo um processo de oxidação biológica. Apesar de ser considerado um processo aeróbio também pode-se encontrar zonas internas anaeróbias (OLIVEIRA et al., 2008).

Os resíduos sólidos orgânicos após passagem por tratamentos biológicos são reutilizados para fins agrícolas ou paisagísticos, e apresentam muitos benefícios desde o baixo custo até o melhoramento do solo, diminuindo a poluição ambiental. O processo de compostagem é realizado através de amontoados de resíduos orgânicos, constituídos de diferentes camadas de materiais (PEREIRA NETO, 2010). O material obtido através do processo da compostagem, denominado composto orgânico, possui características específicas: coloração escura; de 50% a 70% de matéria orgânica; rico em húmus. Muitos são os benefícios do adubo orgânico, porém deve-se enfatizar não somente os nutrientes para as plantas, mas principalmente as suas propriedades modificadoras físicas, químicas e biológicas do solo (LIMA et al. 2004).

A Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), assim como a grande maioria das instituições de pesquisa e de ensino superior no Brasil, enfrenta grandes dificuldades para a gestão adequada dos resíduos gerados. É nesse contexto que se apresenta a relevância desse estudo, o qual poderá trazer maior aplicabilidade sobre a destinação dos resíduos gerados. A compostagem de todo o material orgânico gerado no campus é uma técnica pioneira na universidade e que trará uma economia anual de cerca de R\$ 500 mil, que seriam gastos com transporte e destinação final. A UFPE gera diariamente aproximadamente 9 toneladas de resíduos orgânicos, destes 1 ton/dia é de resíduos de alimentos, os demais são provenientes da limpeza urbana, Assim esse estudo poderá estimular pesquisas na área, fazendo da UFPE, além de pioneira, um exemplo a ser seguido por universidades e municípios de todo o país.

É importante compreender como melhor gerenciar os diferentes tipos de resíduos orgânicos gerados no campus da UFPE e, de forma análoga, na área da maioria dos pequenos e médios municípios do Brasil. Mais especificamente, são gerados os resíduos da limpeza urbana, que incluem podas de árvores, material de varrição e outros resíduos orgânicos predominantemente lignocelulósicos, de difícil decomposição. Além desses, são geradas quantidades significativas de restos da preparação e consumo de alimentos, os quais geralmente têm maiores teores de nutrientes, maior umidade e maior degradabilidade. A combinação desses materiais pode acelerar a decomposição dos materiais de menor qualidade e facilitar o aproveitamento desses resíduos. Por isso, o presente trabalho se propôs a identificar a melhor proporção entre biomassa residual do serviço de limpeza urbana e os resíduos de alimentos dos restaurantes e cantinas do campus do UFPE para a produção do adubo orgânico de melhor qualidade em menor tempo.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Resíduos Sólidos

Segundo definição da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2014) NBR-10.004/2004.

Resíduos nos estados sólidos e semi-sólidos, são aqueles que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de águas, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

A palavra *resíduo*, é original do latim e significa o que sobra de determinada matéria, e sólido é incluído para diferenciá-lo dos líquidos e gases (BIDONE e POVINELLI, 1999). Os resíduos sólidos podem ser classificados de acordo com a sua origem; a) urbano: que englobam os resíduos gerados em residências, comércio e centros urbanos; b) industrial: no que se referem a resíduos provenientes de processos industriais, e geralmente são tóxicos; c) serviços de saúde: que enquadram os resíduos sólidos de hospitais clínicas veterinárias, posto de saúde dentre outros; d) radioativos: que abrangem os resíduos de origem atômica, esses resíduos são gerenciados de acordo com a Legislação vigente, estando sobre responsabilidade do Conselho Nacional de Energia Nuclear (CNEM); e) agrícolas: que inclui os resíduos dos processos agrícolas. (ABNT, 2004).

De acordo com a NBR-10.004, os resíduos devem ser classificados quanto a sua periculosidade. É considerado perigoso todo o resíduo que apresenta em suas propriedades químicas, físicas e infectocontagiosas riscos a saúde pública e ou ao meio ambiente.

Os resíduos sólidos ainda podem ser classificados segundo o grau de degradabilidade, a) facilmente degradáveis, como por exemplo a matéria orgânica presente nos resíduos sólidos de origem urbana; b) moderadamente degradáveis: é o caso dos materiais celulósicos, papeis e papelão; c) dificilmente degradáveis: são os pedaços de pano, madeira, couro, borracha; d) não degradáveis: neles estão inclusos os vidros, metais, pedras e plásticos, entre outros (BIDONE e POVINELLI, 1999).

## 2.2 Resíduos Sólidos Urbanos

Os resíduos urbanos são gerados em residências e centros urbanos. Possuindo grande quantidade de materiais recicláveis, porém ainda não há um programa que reutilize todo o volume produzido. Os resíduos podem ser reciclados através de usinas sofisticadas ou de procedimento simples como trituração e maturação dos resíduos alimentícios, vegetais e torta de lodo. Esses resíduos podem ser transformados em adubo orgânico, por meio de compostagem que pode ser realizada em espaços pequenos com pequenas quantidades de materiais (KIEHL, 1985).

A preocupação com os resíduos urbanos é mundial, assim como a busca por alternativas que possam amenizar a poluição ambiental. Na China, a preocupação tem se tornado ainda maior pela crescente criação de praças e parques por meio de projetos paisagísticos do país. A quantidade de jardins interfere diretamente na produção de mais resíduos orgânicos, decorrentes de folhas de varrição, gramas, podas e capina, dentre outros resíduos vegetais. Por razões óbvias de sustentabilidade, a compostagem é o processo mais utilizável para esses fins na China, a fim de utilizar o mínimo possível de incineração e aterros sanitários, potencializando a produção de adubo orgânico para uso agrícola na região. (ZHANG e SUN, 2014).

No Brasil, em 2009, os sistemas de limpeza urbana coletavam cerca de 150 mil toneladas de resíduos sólidos diariamente. Deste total, 63,6% eram descartados indevidamente em lixões, 18,4% eram depositados em aterros controlados e somente 13,8% eram descartados em aterros sanitários (POLAZ e TEIXEIRA, 2009). Esse número vem crescendo bastante anualmente, segundo o Panorama de resíduos sólidos no Brasil (ABRELPE) em 2014 foram gerados 78.583.405 toneladas de resíduos sólidos urbanos, houve um aumento de 2,90% comparado ao ano anterior, cerca de 90% desses resíduos foram coletados e dessa quantidade 58% foram destinados corretamente (ABRELPE, 2014).

De acordo com Inácio e Miller (2009), a gestão de resíduo orgânico urbano tem enfatizado a importância de embalagens recicladas, para amenizar a quantidade de lixo nas ruas. É importante diminuir a quantidade de resíduos que são encaminhados diariamente aos lixões e aterros sanitários, pois só devem ser descartados em aterros aqueles resíduos que não possuírem nenhuma outra forma de reciclagem, aumentando assim a vida útil do aterro sanitário. Apesar desses esforços, a realidade das regiões urbanas brasileiras é bastante

precária: apenas uma pequena parte desses resíduos é encaminhada para a reciclagem e grande parte é descartada de maneira incorreta, contribuindo para a poluição ambiental.

Segundo Soares (2011), atualmente são utilizados três métodos para destinação final dos resíduos: lixão, aterros controlados e aterros sanitários.

O lixão é considerado a prática mais inadequada e ineficiente para destinação final dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), pois a destinação sem tratamento prévio apresenta sérios riscos à saúde pública e ao meio ambiente.

O aterro controlado é a atividade que destina os resíduos, compacta e realiza a cobertura necessária, porém não controla os gases gerados, não impermeabiliza e principalmente não trata os resíduos lixiviados, também comprometendo o meio ambiente e a saúde populacional. O aterro sanitário é atualmente considerado o melhor método empregado na destinação final dos RSU por possuir alguns métodos de engenharia e normas operacionais, apresentado controle eficiente e segurança ao meio ambiente e sociedade (ABNT, 1997).

A construção de aterros sanitários apresenta custo alto e o método de tratamento que requerem muita atenção. Assim, mesmo agredindo menos ao meio ambiente, é necessário diminuir as quantidades de aterros no Brasil, principalmente por apresentarem vida útil curta, aproximadamente 20 anos. A fração orgânica dos resíduos sólidos domésticos equivale, em peso, 45 a 60% do material coletado e quando é depositada em aterros proporciona o aparecimento de vetores, propiciam a geração de chorume e a emissão do gás metano para atmosfera (INÁCIO e MILLER, 2009).

### **2.3 Política Nacional dos Resíduos Sólidos**

De acordo com a Lei Federal 12.305/2010 que instituiu o Plano Nacional dos Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010) em seu artigo 3º, a coleta seletiva deve ser prioridade, pois a segregação correta dos resíduos é o primeiro passo para a reutilização e reciclagem dos mesmos evitando assim a destinação inadequada e diminuindo o volume dos resíduos acondicionados em aterros vale apenas ressaltar que toda a instituição seja ela pública ou privada é responsável pela destinação dos seus resíduos e só serão aceitos em aterros sanitários rejeitos.

## 2.4 Processo de Compostagem

Compostagem é o termo usado para definir a decomposição microbiológica da matéria orgânica por diferentes micro-organismos e em meio aeróbio, onde os resíduos orgânicos são tratados e estabilizados para produzir o composto orgânico, esse produto humificado pode ser facilmente utilizado em áreas agrícolas (DUTRA et al., 2013).

O processo da compostagem requer não apenas planejamento (seleção de matérias-primas e misturas), mas também um adequado monitoramento dos parâmetros de controle. Os principais parâmetros são: temperatura, pH, umidade, concentração de oxigênio e porosidade. Durante a compostagem, o material aquece como resultado da atividade de degradação dos microrganismos. Como se trata de um processo basicamente termofílico e mesofílico são necessários alguns cuidados; manter a temperatura entre os padrões máximos e mínimos para que não afetem os microrganismos decompositores. Além disso, manter a umidade dentro dos limites adequados é essencial para eficiência dos microrganismos. Umidades muito elevadas ou baixas reduzem a produtividade da compostagem. O monitoramento correto da umidade e temperatura do processo é um fator determinante para o produto final, assim como a qualidade da matéria-prima usada no início do processo (LÓPES et al. 2014).

A compostagem por vários motivos demonstra ser o melhor processo de destinação para os resíduos orgânicos, principalmente por ser um processo simples que destina de forma correta os resíduos de alimentos. De acordo com Spinelli e Cali (2009), em São Paulo, um restaurante desperdiça semanalmente cerca de 1.226 Kg de resíduos de alimentos, que são encaminhados aos aterros sem nenhum tratamento prévio. Neste caso, acredita-se que o tratamento ideal seria realizar a compostagem no próprio local, evitando gastos desnecessários, desperdício de nutrientes e preservando o meio ambiente.

## **2.5 Fatores que interferem no processo da compostagem**

### **2.5.1. Temperatura**

A temperatura é um dos fatores mais importante na compostagem, pois indica o bom funcionamento ou não do processo, devendo ser em média de 55°C. Temperaturas maiores que 65°C não são aconselhadas, pois podem resultar na morte dos microrganismos presentes no processo, responsáveis pela degradação dos resíduos orgânicos (PEREIRA NETO, 2010). Segundo Inácio e Miller (2009), os micro-organismos mesófilos possuem atividade ideal a aproximadamente 45°C e os termófilos agem na faixa de 45°C até 75°C.

Uma quantidade considerável de energia é produzida durante o processo que aquece a camada de resíduos a uma determinada temperatura. Portanto, a previsão de equilíbrio térmico da compostagem depende do processo e de como serão os procedimentos para aeração das pilhas. Assim, a dinâmica da compostagem é diretamente proporcional ao controle racional da temperatura, sendo necessário estar dentro do equilíbrio térmico para que o composto orgânico tenha qualidade satisfatória (WANG et al., 2014).

### **2.5.2. Oxigenação**

Vidotti, et al. (2011) afirmaram que a compostagem é um processo biológico, aeróbio e controlado. Deste modo, depende de oxigênio no meio para que seu desenvolvimento corresponda as expectativas primárias. Se o oxigênio está presente e a umidade é mantida em um nível adequado, a evolução da temperatura irá refletir claramente nas fases termófilas e mesófilas ao longo de todo o processo (LÓPES et al., 2014).

A massa em compostagem pode ser oxigenada por dois métodos diferenciados: os artificiais denominados mecânicos, no qual se utilizam máquinas como o trator ou simplesmente através do reviramento manual, geralmente com o auxílio de pás, para suprir a necessidade de oxigênio durante a atividade microbiológica, como fator de controle da temperatura é preciso controlar a aeração (PEREIRA NETO, 2010).

Apesar do processo ser aeróbio por definição, isto não ocorre na totalidade da massa. É normal a criação de microsítios e até zonas internas anaeróbias (<10% de O<sub>2</sub>) por causa do alto consumo de O<sub>2</sub> pelo metabolismo microbiano (INÁCIO e MILLER, 2009).

### 2.5.3 Umidade

A presença de água é indispensável na compostagem, pois os organismos presentes no meio necessitam dela para desenvolver suas funções e sobreviverem, pois o meio de cultura necessita tanto de água como de ar. Por isso, é necessário conhecer os limites máximos e mínimos que os diferem (KIEHL, 1985).

Os limites determinados previamente são entre 30% e 70% de umidade no meio, pois valores maiores que 70% retiram o ar do ambiente e valores menores que 30% não permitem que a fermentação aconteça. Deste modo o material em compostagem necessita de umidade sempre, mas nunca deve estar encharcado (LIMA et al. 2004).

Oliveira et al. (2008) relataram que se não chover nos primeiros 14 dias, é necessário regar a pilha ou leira para manter a umidade entre 50% a 60%, pois a compostagem tende a ser um processo de secagem, por perda de calor e evaporação da água. O controle da umidade é de suma importância. Principalmente, pela concorrência com o oxigênio pelo mesmo espaço poroso no material em compostagem, podendo impedir a difusão do oxigênio no meio (INÁCIO e MILLER, 2009).

De acordo com Russo (2003), a umidade deve ser medida com o balanço das massas da amostra, a massa natural e a amostra seca (desidratada) em uma estufa a 65°C. Para corrigir a umidade do meio, basta detectar se a umidade está acima ou abaixo dos padrões. Se a umidade estiver acima do permitido, pode-se adicionar matéria prima seca que absorverá a umidade, como folhas de varrição secas, capim, grama, serragem e dentre outros. Porém se a deficiência estiver relacionada ao baixo teor de água, a pilha poderá ser regada, a fim de se enquadrar nos padrões exigidos para o processo da compostagem (PEREIRA NETO, 2010).

Segundo Godoy (2009), é possível medir a capacidade de retenção de água (CRA) do composto com uma simples técnica: um recipiente de massa conhecida com pequenos furos no fundo (p), é preenchida com o composto que é encharcado de água; após deixar escorrer por 1 hora a água em excesso, pesa-se novamente o recipiente agora cheio de matéria orgânica (p1) e após secar em estufa, registra-se a massa (p2). Com essas variáveis pode-se estimar a CRA por meio da equação abaixo (equação 1):

Equação 1.

$$CRA = \frac{P1 - P2}{P2} \times 100$$

#### **2.5.4 Tamanho das Partículas**

Para Pereira Neto (2009), o tamanho da partícula interfere diretamente em vários aspectos homogeneização da matéria; compactação; porosidade; capacidade de aeração; área superficial; e tempo de compostagem. Do ponto de vista microbiológico, quanto menor o tamanho das partículas a serem compostadas, melhor será o desempenho dos microrganismos, por prover maior superfície de ação do substrato. Durante a montagem da leira ou pilha de compostagem o material precisa manter a porosidade de 3 a 7cm em função da aeração, que resultará em compostagem mais rápida. Entretanto a trituração não é recomendável para resíduos alimentícios, por serem materiais de alta decomposição e tenderem a desprender muita água durante o processo (INÁCIO e MILLER, 2009).

Em caso de resíduos orgânicos urbanos gerados em pequena escala, geralmente produzidos em espaços domiciliar não é realizado o tritramento da matéria prima, mas para produção do composto em grande escala recomenda-se a trituração, para melhor desempenho dos microrganismos (KIEHL,1985 ESPINOSA, 2014).

#### **2.5.5 pH**

O pH (potencial hidrogeniônico) pode ser um fator determinante para indicar a bioestabilização do composto durante o processo. No início da compostagem, o pH pode ser elevado, devido as altas temperaturas presentes no meio e à liberação dos ácidos orgânicos. Durantes as primeiras horas do processo o pH geralmente diminui até valores aproximados de 5.0, em seguida o pH volta a crescer de acordo com a evolução do processo, até finalmente se estabilizar entre 7 e 8. É importante acompanhar o pH do composto, pois valores baixos são sinais de falta de maturação decorrente da curta duração do processo (OLIVEIRA et al. 2008). A faixa de pH no processo de maturação do composto é ampla, variando de 4,5 a 9,5. Os microrganismos do meio se encarregam de regular os valores máximos e mínimos da compostagem (PEREIRA NETO, 2010).

No produto final geralmente encontra-se o pH na faixa de 6,5 a 9,6 dependendo do material que for compostado; porém, é importante ressaltar que as misturas devem levar ao pH médio entre 5,0 e 7,0 (EMBRAPA, 2009). Além disso, a matéria orgânica contribui para o fortalecimento e desenvolvimento das plantas. Bem como a importância na estabilização do pH, a utilização da matéria orgânica contribui com nutrientes essenciais para o bom

desenvolvimento das plantas, além de ajudar a corrigir a acidez do solo, estabilizando o pH que permanece próximo a neutralidade (PRIMO et., al 2013).

### **3. Concentrações de Nutrientes**

Os materiais usados para fins de compostagem são separados em dois tipos distintos: um grupo é formado por materiais ricos em nitrogênio e outros nutrientes e outro grupo é formado por materiais ricos em carbono. Os materiais ricos em nitrogênio são geralmente os esterco de animais, restos vegetais hortícolas, urina, folhas verde dentre outros. Diferentemente dos materiais ricos em nitrogênio são os materiais acastanhados denominados materiais ricos em carbono constituindo-se de restos de podas, galhos de árvores, papel, aparas de madeira, dentre outros (OLIVEIRA et al., 2008).

A compostagem é denominada como um processo biológico, em que os elementos fundamentais carbono e nitrogênio interagem com os micro-organismos presentes no meio para estabilizar a matéria orgânica (RUSSO, 2003). O carbono representa 50% e o nitrogênio de 2 a 8%, Os microrganismos precisam de macro e micronutrientes para seu desenvolvimento, sendo os macro-nutrientes nitrogênio, fósforo e potássio e os micronutrientes (zinco, ferro e dentre outros). O carbono destaca-se por ser a fonte básica de energia para as atividades vitais dos microrganismos. Já o nitrogênio é essencial na reprodução protoplasmática dos microrganismos. O carbono é utilizado como fonte de energia e na formação de estrutura das células microbiana. Já o nitrogênio é importante para a formação de proteínas, DNA e RNA microbiano. As proporções de nitrogênio e carbono devem ser balanceadas, pois o aumento ou diminuição de um dos nutrientes pode ser decisivo para a qualidade do composto. Dependendo das proporções do desequilíbrio o processo pode até nem acontecer (PEREIRA NETO, 2010).

#### **3.1 Relação C/N**

A relação C/N depende dos micro-organismos e do seu crescimento. Durante o processo 2/3 do carbono são liberados para atmosfera em forma de CO<sub>2</sub> e 1/3 combina-se com o nitrogênio durante as reações celulares. A relação C/N tem influencia direta sobre o tempo

de maturação do composto. Consideram-se 30 a 40 os valores ideais da relação C/N para a compostagem, valores a cima de 50 são considerados valores impróprios. Geralmente os microrganismos usam cerca de 25 a 30 partes de C para 1 parte de N. (EMBRAPA, 2009).

A agricultura no Nordeste do Brasil é caracterizada por um grande número de pequenas propriedades, que geralmente tem solos pobres em nutrientes e poucos recursos financeiros para investir em fertilizantes minerais que corrigiriam a fertilidade do solo. Essa dificuldade persiste em todo o território nordestino, impulsionando a geração de outros meios de adubação ao solo, dentre os quais são utilizados o esterco animal e os resíduos vegetais usados no processo de compostagem (DUTRA et al., 2012).

DUTRA et al. (2013) desenvolveram pesquisas na região semiárida do Nordeste do Brasil utilizando biomassa de gliricídia como fonte de N e pó de rocha MB-4, avaliando o seu efeito no composto orgânico, (a adição de gliricídia no experimento aumentou a concentração de N=12,1g/Kg<sup>-1</sup> no composto) porém a adição do pó de rocha MB- 4 não aumentou as concentrações de Ca e Mg no composto (não apresentando alterações), no entanto a adição da biomassa gliricídia, na compostagem de resíduos de podas e esterco bovino apresentou resultados significativos, melhorando a qualidade do composto final.

Wangen e Freitas (2010) realizaram compostagem doméstica, em Minas Gerais, a fim de diminuir o excesso de resíduos urbanos destinados inadequadamente, Os materiais mais abundantes encontrados nos resíduos domésticos foram os resíduos de alimentos, materiais ricos em N e resíduos vegetais e animais, matéria prima predominantemente rica em C, que combinados podem resultar em composto orgânico de boa qualidade. Os referidos autores mostraram que é viável do ponto de vista sócio ambiental reaproveitar os resíduos orgânicos que seriam destinados a aterros, explorando a sua capacidade nutritiva para o devolvimento de culturas.

## **4.0 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Caracterização da Área de Estudo**

O campus Joaquim Amazonas, mais conhecido como campus Recife, da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), localiza-se no bairro da Várzea (Cidade Universitária), na cidade do Recife, (Anexo A). Nele circulam cerca de 30 mil pessoas diariamente, numa área de aproximadamente 161 hectares, dos quais apenas 38 hectares são ocupados por edificações os demais 123 hectares são destinados a parques e jardins que geram cerca de 8 ton/dia de resíduos vegetais provenientes da limpeza urbana. O campus também conta com 13 unidades alimentares entre lanchonetes, quiosques e restaurantes, que geram aproximadamente 1 ton/dia de resíduos de alimentos. Cerca de 500 mil reais por ano são custeados pela Universidade Federal de Pernambuco para transporte e destinação final dos resíduos sólidos orgânicos gerados no campus (PCU, 2014).

### **4.2 Caracterização da Matéria Prima**

Para caracterização do material foram realizados os seguintes passos: Foi desenvolvido um sistema com seis coletas em meses distintos entre outubro de 2014 e junho de 2015. Essas coletas foram realizadas em áreas aleatórias do campus para que houvesse uma estimativa coerente. Os resíduos vegetais foram pesados em tonéis de 200 litros, e as amostras de resíduos de alimentos em sacos plásticos de 30 kg. As amostras foram homogeneizadas e em seguida retiradas sub amostras. Esses materiais foram encaminhadas ao Laboratório de Energia da Biomassa situado no Departamento de Energia Nuclear (DEN/UFPE).

As amostras de resíduos vegetais foram acondicionadas em sacos de papel e as amostras de resíduos de alimentos após trituração, foram acomodadas em placas de petri, pesadas e secas em estufa (a 65°C) até obtenção de peso constante. Depois de secas as amostras foram novamente pesadas para determinação da umidade. Em seguida, as amostras foram trituradas em moinho de facas tipo Willey e devidamente organizadas em sacos plásticos vedados. Após a trituração, as amostras foram submetidas ao processo de digestão ácida em ácido sulfúrico (THOMAS et al., 1967).

Foram realizadas análises das matérias primas e do composto final obtido. A determinação do pH, foi realizada por leitura direta adicionando ao material 25ml de água deionizada, com pausa de uma hora para então seguirem as respectivas leituras no pHmetro de bancada modelo (W3B); o carbono orgânico total, por oxidação via úmida, com dicromato de potássio e ácido sulfúrico segundo (SNYDER e TROFYMOW, 1984); para determinação das concentração de nitrogênio total, foi utilizado o método de destilação descrito por Tedesco et al (1995) e relação C/N foi determinada pelos métodos da Embrapa (2009).

Foram realizadas análises da matéria prima para determinação das concentrações de macro-nutrientes (N, P e K). A determinação desses nutrientes foi realizada conforme os métodos descritos em Embrapa (2009).

## 5. Montagem do Experimento

Após a coleta do material vegetal e dos resíduos de alimentos, o experimento de compostagem foi montado no dia 14 de agosto de 2015, em galpão do Departamento de Energia Nuclear (DEN) da UFPE. A montagem do experimento na área interna do galpão foi feita para evitar a interferência das fortes chuvas que ocorrem durante a época de implantação das pilhas. Os resíduos do material vegetal foram previamente passados em forrageira elétrica Nogueira modelo EN-12A, (Figura 4) exceto os resíduos de alimentos, com o intuito de reduzir o tamanho das partículas a aproximadamente 3 a 7 centímetros, para que fossem testados diferentes proporções entre os tipos de biomassa residual.

**Figura 1. Trituração do material vegetal para montagem do experimento, no dia 13/08/15.**



Fonte: SILVA, 2016

Os resíduos vegetais após trituração foram pesados com o auxílio de uma caixa d'água (Figura 5) e os resíduos de alimentos foram pesados em sacos plásticos com capacidade para até 50 kg. (Figura 6).

**Figura 2. Pesagem do material vegetal para montagem das pilhas de compostagem no dia 14/08/15, no galpão de pesquisa do Departamento de Energia Nuclear da UFPE.**



Fonte: SILVA, 2016

**Figura 3. Pesagem do resíduo de alimentos para montagem das pilhas de compostagem no dia 14/08/15, no galpão de pesquisa do Departamento de Energia Nuclear da UFPE**



Fonte: SILVA, 2016

Os materiais triturados foram misturados e dispostos em pilhas de formato cônico (Figura 7). Cada pilha tinha 50 kg de material úmido, constituindo os seguintes tratamentos:

T 1 = Material vegetal (MV) 100%+ Restos de alimentos 0% (v/v)

T 2 = Material vegetal (MV) 90% +Restos de alimentos 10% (v/v)

T 3 = Material vegetal (MV) 80% +Restos de alimentos 20% (v/v)

T 4 = Material vegetal (MV) 70% +Restos de alimentos 30% (v/v)

T 5 = Material vegetal (MV) 60% +Restos de alimentos 40% (v/v)

T 6 = Material vegetal (MV) 50% +Restos de alimentos 50% (v/v)

**Figura 4. Montagem do experimento no dia 14/08/15, no galpão de pesquisa do Departamento de Energia Nuclear da UFPE.**



Fonte: SILVA, 2016

Os seis tratamentos foram dispostos em delineamento inteiramente casualizados, com quatro repetições. As pilhas foram reviradas inicialmente utilizando enxada e pá a cada sete dias até os 25 dias do início do experimento. Após esse momento, as pilhas foram reviradas a cada quinze dias até o final do experimento aos 120 dias de duração do processo (Figura 8). A temperatura de cada pilha foi aferida antes do reviramento, através de termômetro digital com haste a cada sete dias (Tipo espeto, Modelo: 9227.16.0.00), para aferir a temperatura correta foram medidas três partes de cada pilha uma temperatura no topo, outra no centro da pilha e mais uma na base, que foram somadas e retiradas as médias, em seguida as pilhas recebiam adição de água, de acordo com as necessidades individuais de cada tratamento esse umedecimento foi realizado com regador graduado, durante os reviramentos. Inicialmente a aferição de temperatura foi realizada a cada três dias, e no período de bioestabilização de acordo com os revolvimentos semanais, secagem em estufa (a 65°C) e pesagem final para determinar a umidade segundo a metodologia de Kiehl (1985).

**Figura 5. Pilhas de composto orgânico ao final do experimento, aos 120 dias, no galpão de pesquisa do Departamento de Energia Nuclear da UFPE.**



Fonte: SILVA, 2016

Também foi realizada no final da compostagem a determinação da capacidade de retenção de água do composto obtido por saturação em água, as amostras foram pesadas e condicionadas em anéis de metais devidamente cobertos por uma tela fina de tecido com abertura em torno de 2 ó 4 mm (Figura 9) em seguida os anéis foram postos em uma lâmina de água de 10 cm por 12 horas e, após saturação das amostras o material permaneceu em uma grade para escoar, quando o material parou de apresentar formação de gotas na tela, foi pesado novamente, seguido de secagem em estufa, como descrito por Kiehl (2002).

**Figura 6. Determinação da capacidade de retenção de água no composto aos 120 dias de compostagem.**



Fonte: SILVA, 2016

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e a comparação de médias realizada pelo teste de Tukey a 5% de significância, utilizando o programa estatístico ASSISTAT -Versão 7.7 beta (2015).

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 Caracterização da matéria prima

Como já era esperado os resíduos de alimentos apresentaram maiores concentrações de nutrientes que demais materiais vegetais (Tabela 1). Primo et al. (2010) conduziram pesquisas avaliando a qualidade do composto orgânico produzido com fumo e encontraram concentrações de macro-nutrientes: na matéria prima: N=1.79 P=0.15 e K=2.33 resultados esperados, pois o material de origem apresenta diferenças ao do presente estudo.

Segundo (PEREIRA-NETO, 2010) essa diversificação é importante, pois está diretamente relacionada a intensidade da atividade microbiana, quanto maior a diversidade dos resíduos orgânicos que compõe a massa da pilha mais variados serão os nutrientes e população microbológica, conseqüentemente, resultarão em maior eficiência no processo.

**Tabela 1. Caracterização do material inicial, concentrações médias de nutrientes em diferentes tipos de biomassa residual, coletadas em oito meses distintos.**

Biomassa	Nutrientes (g.kg <sup>-1</sup> )		
	N	P	K
JD	14,0	20,1	28,0
GR	18,1	25,9	33,4
PO	16,4	23,5	32,7
FV	8,2	16,6	12,1
CP	13,8	22,7	30,3
RA	20,7	20,1	41,8

Tipo de biomassa: Jardinagem (JD), Grama (GR), Poda (PO), Folhas de varrição (FV), Capim (CP) e Resíduo de alimentos (RA).

Antes da montagem das pilhas, amostras dos resíduos de alimentos e material vegetal foram coletadas para análises de pH, umidade, concentrações de nitrogênio, carbono e relação C/N. Os resíduos de alimentos apresentaram menor pH em relação ao material vegetal, possivelmente pela quantidade de cascas e polpas de frutas, resíduos que possuem pH muito ácido. (INÁCIO e MILLER, 2009). Os resíduos vegetais indicaram menor umidade, fato já esperado, pois os resíduos de alimento apresentam cerca de 80% de água em sua composição. (PEREIRA-NETO, 2010) relatam que materiais como lodo de esgoto, esterco, resíduos industriais e resíduos de alimentos podem apresentar teores de umidade maiores que 80% e destacam a necessidade de reduzir o teor de umidade para que o processo não fosse interrompido.

O material vegetal apresentou maior concentração de carbono e os resíduos de alimentos maior concentração de nitrogênio, certamente por suas distintas composições. O material vegetal geralmente é palhoso e acastanhado, como; madeiras e vegetais secos, ricos em carbono. Já os resíduos de alimentos possuem características semelhantes a esterco de animais e restos vegetais agrícolas, materiais ricos em nitrogênio. (OLIVEIRA et al., 2008).

A relação C/N do material vegetal está dentro das normais para relação C/N inicial, porém os resíduos de alimentos isolados não apresentam condições favoráveis para a compostagem, provavelmente pela alta concentração de nitrogênio.

**Tabela 2. Caracterização e concentrações médias do material vegetal (MV) e resíduos de alimentos (RA) utilizados na montagem das pilhas, no dia 14/08/15.**

Material inicial	pH	Umidade (%)	C (g.kg <sup>-1</sup> )	N (g.kg <sup>-1</sup> )	C/N (g.kg <sup>-1</sup> )
MV	5,1	50,2	444,7	14,2	31,3
RA	3,3	81,5	340,7	27,4	12,4

MV: Material vegetal, RA: Resíduo de alimentos; C: Carbono, N; Nitrogênio, C/N: Relação carbono nitrogênio.

## 6.2 Temperatura

A temperatura foi um dos principais parâmetros de controle do experimento, pois Segundo (KIEHL, 2002) o primeiro indício que a compostagem está evoluindo adequadamente é a presença de calor no meio. A evolução da temperatura no processo de compostagem apresentou comportamento semelhante em todos os tratamentos, iniciando na fase mesofílica até 45°C, como mostra a (Tabela 3). Após a montagem do experimento

ocorreu aumento da temperatura em todos os seis tratamentos. A fase da temperatura termofílica (45-65°C) iniciou-se a partir do segundo dia de compostagem para todos os tratamentos sendo a temperatura máxima encontrada (60,6°C) no tratamento T6, quinze dias após o início da compostagem.

Nos tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5 a fase termofílica permaneceu até o sétimo dia do processo, o curto período da fase termofílica pode estar associado à limitação de nitrogênio nas pilhas. No T6, a temperatura termofílica manteve-se até o décimo quinto dia quando começou a decair. Possivelmente o T6 estendeu sua fase de degradação ativa por apresentar maior oferta de nitrogênio, beneficiando o aumento da atividade microbológica (DUTRA et al. 2013). A temperatura permaneceu constante em faixas mesofílicas em todos os tratamentos a partir do dia trinta, iniciando a fase de maturação.

Dutra et al. (2012) avaliaram a compostagem com diferentes resíduos de podas e adição de esterco bovino em um sistema orgânico de produção agrícola na região semiárida nordestina e observaram que a evolução da temperatura foi semelhante a do presente estudo, obtendo temperatura máxima de 66°C na fase termofílica que ocorreu durante os primeiros 26 dias.

Magalhães et al. (2006) também encontraram resultados semelhantes em estudos com compostagem de bagaço de cana de açúcar; a fase termofílica ocorreu nos primeiros 26 dias atingindo a temperatura máxima de 65°C.

**Tabela 3. Dinâmica da temperatura(°C) ao longo do processo de compostagem, em intervalos de 0, 7, 15, 30, 60, 90 e 120 dias.**

Tratamentos	Tempo (dias)						
	0	7	15	30	60	90	120
1	35,5 a	50,0 d	40,0 c	34,1 a	34,7 a	32,2 a	31,7 a
2	31,5 b	51,2 d	41,1 c	33,6 a	33,1 b	30,6 b	31,4 a
3	29,6 c	55,3 c	43,7 b	33,7 a	31,7 c	30,3 b	30,9 b
4	29,0 c	57,4 b	43,2 b	33,7 a	32,0 c	29,9 c	30,3 c
5	27,8 c	60,3 a	43,9 b	33,1 a	29,9 d	28,8 c	29,3 d
6	26,3 d	60,5 a	60,6 a	33,5 a	29,9 d	28,9 c	29,1 d
CV%	6,41	1,18	1,19	3,01	2,97	3,03	1,18

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% ( $p < 0,05$ ). Os tratamentos variam as proporções de material vegetal (MV) e resíduos de alimentos (RA); T1= 100% (MV), T2= 90% (MV) e 10% (RA), T3= 80% (MV) e 20% (RA), T4= 70% (MV) e 30% (RA), T5= 60% (MV) e 40% (RA), T6= 50% (MV) e 50% (RA).

Pode-se observar que houve variações significativas entre os tratamentos na temperatura durante o processo. Essas mudanças foram mais significativas no T1 possivelmente esse comportamento se deu pela maior adição de água nas pilhas. Segundo (SILVA, 2008) à medida que o material se decompõe a água presente no meio evapora, limitando a atividade microbiana e conseqüentemente diminuindo a temperatura, quando a pilha é regada os microrganismos voltam a decompor elevando a temperatura e acelerando a decomposição microbiana. Outro fator importante que justifica a oscilação da temperatura nas pilhas é a interação das pilhas com o ambiente externo, pois a temperatura na pilha tende a acompanhar a temperatura do ambiente. Essa diminuição da temperatura ao longo do avanço do processo de decomposição já era prevista, visto que os compostos de maior labilidade são consumidos inicialmente e a atividade microbiana tende a diminuir depois das primeiras semanas do processo.

### 6.3 pH

Para todos os tratamentos a dinâmica do pH (Tabela 4) foi semelhante, no início o pH apresentou-se baixo devido a liberação de ácidos orgânicos, produtos resultantes da decomposição microbiológica, logo em seguida o pH aumentou, o que levou a substrato a apresentar valores de pH na faixa alcalina.

**Tabela 4. Dinâmica do pH ao longo do processo de compostagem, com intervalos de 30 dias.**

Tratamentos	Tempo (dias)				
	0	30	60	90	120
1	5,0 e	7,5 b	7,6 b	7,5 a	7,2 a
2	5,1 d	7,2 c	7,6 a	7,5 a	7,0 b
3	5,2 c	7,6 b	7,5 b	7,1 a	6,8 c
4	5,5 c	7,6 b	7,5 b	7,3 a	7,1 b
5	5,6 b	8,0 a	7,8 a	7,4 a	7,3 a
6	5,8 a	7,5 b	7,2 c	7,4 a	7,3 a
CV%	1,15	3,98	2,69	5,12	3,99

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% ( $p < 0,05$ ). Os tratamentos variam as proporções de material vegetal (MV) e resíduos de alimentos (RA); T1= 100% (MV), T2= 90% (MV) e 10% (RA), T3= 80% (MV) e 20% (RA), T4= 70% (MV) e 30% (RA), T5= 60% (MV) e 40% (RA), T6= 50% (MV) e 50% (RA)

DEON et al. (2007) observaram durante o experimento de compostagem com resíduos de podas de jardim e resíduos de alimentos, provenientes da área externa e restaurante universitário da Universidade Regional Comunitária de Chapecó em Santa Catarina, resultados semelhantes em relação a dinâmica do pH durante o processo de compostagem. Segundo KIEHL (2002), o pH durante a compostagem acompanha o desenvolvimento do processo que aumenta proporcionalmente em relação as concentrações de bases na pilha.

O valor máximo de pH encontrado foi 8,9, no tratamento T6 no décimo dia do processo, enquanto que os valores máximos em T1 e T2 foram 7,5 e em T3, T4 e T5 foram de 8,0, 30 dias após o início do processo. A partir dos 60 dias do processo os valores de pH baixaram, possivelmente indicando o início da mineralização do nitrogênio orgânico sob forma de nitrato e a partir dos 90 dias os valores permaneceram estáveis, confirmando a reação alcalina característica do  $\text{NH}_3$ . Valores semelhantes foram encontrados também por CARLI (2010) em estudos com compostagem de palha de embalagens e resíduos vegetais com de pH em torno de 7,5.

Aos 120 dias após o início da compostagem o pH diminuiu chegando ao mínimo de 6,8 no tratamento T3, e máximo de 7,3 nos tratamentos T5 e T6. Segundo KIEHL (2002) em compostos orgânicos humificados o pH deve estar de acordo com a legislação brasileira, acima de 6,0. De acordo com EMBRAPA (2009), as misturas devem resultar no pH médio entre 5,0 a 7,5, assim apresentam comportamento satisfatório para atividade microbiana. Portanto todos os tratamentos apresentaram-se dentro da margem estipulada pela EMBRAPA, mostrando o bom desempenho do processo.

## 6.4 Umidade

A umidade nas pilhas de compostagem apresentou-se dentro dos valores máximos e mínimos indicado por PEREIRA-NETO (2010) entre 40% e 80% (Tabela 5). No tempo 0, a umidade no tratamento T1 foi de 40,6 e no tratamento T6 de 63,5. Essa diferença possivelmente está ligada a adição de resíduos de alimentos incorporados ao tratamento T6 em proporções de 50%, fornecendo maior quantidade de água, como já era esperado. O tratamento T1, que possui 100% de material vegetal teve a menor umidade durante todas as etapas do processo, em média 50%. Possivelmente este fato está agregado à baixa capacidade de retenção de água dos resíduos de podas, jardinagem, capim, folha de varrição e grama.

**Tabela 5 Dinâmica da umidade em (%) ao longo do processo de compostagem, com intervalos de 30 dias, sob diferentes proporções de material vegetal (MV) e restos de alimentos (RA).**

Tratamentos	Tempo (dias)				
	0	30	60	90	120
1	40,6 e	60,3 e	51,1 c	59,8 d	29,1 d
2	41,0 e	65,1 c	63,7 b	62,0 c	30,0 c
3	45,2 d	63,1 d	67,6 a	63,3 c	29,7 c
4	50,8 c	65,3 c	61,8 b	66,9 b	29,7 c
5	58,3 b	66,7 ab	62,8 b	68,5 a	30,9 b
6	63,5 a	68,4 a	69,2 a	70,0 a	33,2 a
CV%	1,19	1,72	2,53	1,07	1,24

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% ( $p < 0,05$ ). Os tratamentos variam as proporções de material vegetal (MV) e resíduos de alimentos (RA); T1= 100% (MV), T2= 90% (MV) e 10% (RA), T3= 80% (MV) e 20% (RA), T4= 70% (MV) e 30% (RA), T5= 60% (MV) e 40% (RA), T6= 50% (MV) e 50% (RA).

Durante todo o processo da compostagem a umidade foi controlada, ou seja, quando necessário foi adicionada água nas pilhas para correção dos valores de umidade. Os tratamentos que demandaram menor adição de água foram os tratamentos T5 e T6, nos quais foram adicionados cerca de 39 litros de água durante todo o processo, seguidos dos tratamentos T4, (44 litros), T3 (48 litros), T2 (53 litros) e T1 (63 litros). O tratamento T1 apresentou maior demanda de água provavelmente por não ter resíduos de alimentos em sua mistura. É importante ressaltar que a quantidade de água adicionada nas pilhas foi inversamente proporcional a quantidade de resíduos de alimentos presentes no meio.

Portanto o tratamento que apresentou maior umidade dentre as proporções analisadas foi tratamento T6, obtendo em média 60% de umidade durante todo o período da compostagem, esses valores são extremamente importantes do ponto de vista econômico, pois quanto maior a umidade mantida ao longo do processo, menor será a necessidade de umedecer a pilha.

Aos 120 dias do processo podemos observar a queda da umidade em todos os tratamentos possivelmente pelo não umedecimento das pilhas. O decréscimo da umidade na compostagem é um comportamento esperado, pois vários são os fatores que interferem na umidade principalmente revolvimento das pilhas e altas temperaturas, os valores ideais para a umidade final são de 25-35% como descrito por KIEHL (1985) sendo assim todos os tratamentos estão dentro dos padrões pré estabelecidos.

## 6.5 Concentração de nutrientes

### 6.5.1 Carbono

O carbono decresceu durante todo o processo (Tabela 6) como, já esperado, pois na compostagem há liberação de calor e CO<sub>2</sub> para a atmosfera, como relata PERREIRA NETO (2010). Os teores de carbono iniciais são em todos os tratamentos superiores ao teor final.

No tempo 0 não houve diferenças significativas entre os tratamentos. Aos 30 dias após o início da compostagem já houve perdas de carbono e diferenças significativas entre os tratamentos isso ocorreu provavelmente pela metabolização da matéria orgânica resultado da ação dos microrganismos. Resultados semelhantes foram reportados por KIEHL (2002).

**Tabela 6. Dinâmica dos teores de carbono orgânico total (g.kg<sup>-1</sup>) ao longo do processo de compostagem sob diferentes proporções de material vegetal (MV) e restos de alimentos (RA).**

Tratamentos	Tempo (dias)				
	0	30	60	90	120
1	312,1 a	239,1 d	312,9 a	258,9 b	252,4 a
2	364,9 a	253,0 c	320,5 a	295,3 a	248,3 a
3	365,6 a	304,0 a	303,5 a	236,0 b	245,7 a
4	376,3 a	284,9 b	247,6 b	230,1 b	210,8 b
5	378,1 a	290,5 b	222,8 c	208,4 c	205,0 c
6	379,1 a	268,3 c	259,6 b	206,1 c	190,0 c
CV%	4,44	3,94	4,76	4,03	2,75

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% (p<0,05). Os tratamentos variam as proporções de material vegetal (MV) e resíduos de alimentos (RA); T1= 100% (MV), T2= 90% (MV) e 10% (RA), T3= 80% (MV) e 20% (RA), T4= 70% (MV) e 30% (RA), T5= 60% (MV) e 40% (RA), T6= 50% (MV) e 50% (RA).

## 6.5.2 Nitrogênio

Em todos os tratamentos, houve aumento nos teores de nitrogênio ao final do processo em relação aos teores iniciais (Tabela 7). As altas temperaturas (na faixa de 70°C) podem ser o fator determinante para as perdas de nitrogênio no meio (KIEHL, 1998).

MARTINS et al. (2012) também relataram o aumento no teor de nitrogênio (8,80 ó 9,95 g.kg<sup>-1</sup>) em experimentos com compostagem de podas de árvores. Possivelmente esse fato também, é resultante das perdas de carbono do substrato ao longo do processo. Até os 60 dias de compostagem foi notório o aumento da concentração de N- total. Que chegou a 16,5 g kg<sup>-1</sup> no tratamento T3. DUTRA et al. (2012) observaram concentrações semelhantes de N-total (16,4 g kg<sup>-1</sup>) também aos 60 dias de compostagem utilizando biomassa residual agrícola. O aumento na concentração de nutrientes no composto é decorrente, no entanto da liberação de gases, principalmente CO<sub>2</sub> e vapor de água, resultados da degradação da matéria orgânica através dos microrganismos.

Após os 90 dias de compostagem os valores de N-total foram semelhantes, não havendo diferenças significativas entre os tratamentos T2 - T6, apenas o T1 apresentou significativamente menos N, possivelmente por ser o tratamento com menos concentração de nitrogênio, tendo em vista que não foi adicionada nenhuma porcentagem de resíduos de alimentos.

**Tabela 7. Dinâmica do nitrogênio (g.kg<sup>-1</sup>) ao longo do processo de compostagem, com intervalos de 30 dias, sob diferentes proporções de material vegetal (MV) e restos de alimentos (RA).**

Tratamentos	Tempo (dias)				
	0	30	60	90	120
1	8,9 e	9,7 e	13,4 e	12,2 b	14,0 c
2	11,0 d	11,5 d	14,8 d	15,1 a	13,3 d
3	11,4 c	16,4 a	16,5 a	14,0 a	14,8 b
4	11,7 b	15,6 b	15,0 c	15,5 a	15,1 a
5	11,3 c	15,7 b	15,0 b	15,0 a	13,8 c
6	12,0 a	14,6 c	16,4 b	15,0 a	15,2 a
CV%	3,29	3,99	4,22	4,66	3,91

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% (p<0,05). Os tratamento variam as proporções de material vegetal (MV) e resíduos de alimentos (RA); T1= 100% (MV), T2= 90% (MV) e 10% (RA), T3= 80% (MV) e 20% (RA), T4= 70% (MV) e 30% (RA), T5= 60% (MV) e 40% (RA), T6= 50% (MV) e 50% (RA).

### 6.5.3 Relação C/N

A relação C/N é considerada como um dos fatores mais importantes na compostagem, pois é através dela que se pode caracterizar o equilíbrio dos substratos, determinando a maturação e a qualidade do composto obtido. No tempo 0 (Tabela 8) a relação C/N variou de acordo com os tratamentos. No tratamento T1, observou-se a maior relação C/N, possivelmente por ser o tratamento sem adição de resíduos de alimentos. Os tratamentos T2, T3 e T5 não diferiram entre si e o tratamento T6 apresentou a menor relação C/N, provavelmente pela maior adição de resíduos de alimentos. Os valores ideais para relação C/N no início da compostagem devem estar entre 25 e 35, todos os tratamentos apresentaram relação C/N inicial dentro dos parâmetros descritos por Rink (1992). Independente da relação C/N inicial, ao final da compostagem espera-se atingir valores entre 10 e 20/1 para que a aplicação do composto ao solo promova a mineralização dos nutrientes contidos no composto (PROSAB, 1999).

Aos 30 dias do processo a relação C/N não estava estabilizada nos tratamentos T1 e T2, que só atingiram a estabilização aos 120 dias do processo, (tabela 8), mostrando que resíduos vegetais sem e com baixa adição de resíduos de alimentos precisam de maior tempo para se estabilizar. Um comportamento diferente foi observado nos tratamentos T3, T4, T5 e T6, que já estavam dentro dos padrões exigidos para utilização do composto orgânico nos primeiros 30 dias. De acordo com a lei nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, a relação C/N de compostos deve ser inferior a 18/1.

O tratamento T3, que apresentou relação C/N de 18,4 nos primeiro 30 dias, mostra sua eficiência em comparação aos demais tratamentos que demandam mais tempo ou maiores adições de resíduos de alimentos. É importante ressaltar que a quantidade de resíduo vegetal gerada no campus é sete vezes maior, comparada a geração de restos de alimentos, Portanto, é interessante que com 20% de resíduos de alimentos seja possível estabilizar o composto em apenas 30 dias. Essa eficiência reduz tempo, mão de obra e demanda por água para umedecer as pilhas de composto.

**Tabela 8. Dinâmica da relação C/N ( $\text{g.kg}^{-1}$ ) ao longo do processo de compostagem, em intervalos de 30 dias, sob diferentes proporções de material vegetal (MV) e restos de alimentos (RA).**

Tratamentos	Tempo (dias)				
	0	30	60	90	120
1	34,8 a	24,5 a	23,5 a	21,1 a	17,9 a
2	34,2 b	21,9 b	21,6 a	19,3 a	18,6 a
3	32,1 b	18,4 b	18,3 b	16,8 b	16,5 b
4	32,0 c	18,2 c	16,5 c	14,8 c	14,6 c
5	32,0 b	18,4 b	14,8 c	13,8 c	14,8 c
6	31,3 d	18,3 d	15,8 c	13,7 c	13,5 d
CV%	3,75	2,34	4,23	5,31	2,54

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% ( $p < 0,05$ ). Os tratamentos variam as proporções de material vegetal (MV) e resíduos de alimentos (RA); T1= 100% (MV), T2= 90% (MV) e 10% (RA), T3= 80% (MV) e 20% (RA), T4= 70% (MV) e 30% (RA), T5= 60% (MV) e 40% (RA), T6= 50% (MV) e 50% (RA).

Aos 120 dias todos os tratamentos apresentaram relação C/N dentro dos parâmetros exigidos, indicando que os compostos estavam totalmente estáveis. Os tratamentos T1 e T2 não apresentaram diferenças significativas entre si, o tratamento T3 e T4 mostraram boa eficiência e os tratamentos T5 e T6 apresentaram melhor relação C/N cerca de 13 e 14/1. PRIMO et al. (2010) encontraram resultados semelhantes em experimentos com compostagem em resíduos de fumo, bem como, MARTINS et al. (2012) com podas de árvores e DUTRA et al. (2012) com podas de distintas espécies arbóreas e esterco bovino todos observaram relações C/N entre 10 e 11/1.

#### 6.5.4 Fósforo

Os teores de fósforo iniciaram-se maiores nos tratamentos T1, T3 e T4 (tabela-9) que não diferiram estatisticamente entre si. Os demais tratamentos apresentaram variações significativas sendo o tratamento T6 o que obteve a menor concentração. Aos 30 dias de compostagem os tratamentos do T1 ao T4 não diferiram entre si, sendo diferentes dos tratamentos cinco e seis que apresentaram maiores teores de fósforo possivelmente pela quantidade aproximada de resto de alimentos adicionados a esses tratamentos. Aos 60 dias

podemos observar uma pequena diminuição nos valores de fósforo, bem como Santos (2007) encontrou em seus estudos com caracterização biológica e física da compostagem com resíduos orgânicos biodegradáveis (10,5 ó 7,4). Durante o tempo 90 não foi possível encontrar diferenças significativas entre os tratamentos. Podemos observar que em todos os tratamentos houve aumento nas concentrações de fósforo comparados aos teores iniciais, é provável que isto tenha ocorrido pela mineralização do fósforo durante o processo de compostagem.

**Tabela 9. Dinâmica do fósforo ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) ao longo do processo de compostagem, em intervalos de 30 dias, sob diferentes proporções de material vegetal (MV) e restos de alimentos (RA).**

Tempo (dias)					
Tratamentos	0	30	60	90	120
1	6,7 a	7,2 b	5,9 b	40,0 a	38,4 a
2	5,0 b	9,7 b	6,1 b	35,3 a	35,9 b
3	6,6 a	5,3 b	7,6 b	42,0 a	33,7 c
4	5,9 a	8,6 b	4,6 c	35,3 a	38,0 a
5	5,0 c	35,3 a	6,5 b	42,0 a	37,1 a
6	1,5 d	42,0 a	9,4 a	40,5 a	36,0 b
CV%	20,6	31,5	24,5	10,1	4,1

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% ( $p < 0,05$ ). Os tratamentos variam as proporções de material vegetal (MV) e resíduos de alimentos (RA); T1= 100% (MV), T2= 90% (MV) e 10% (RA), T3= 80% (MV) e 20% (RA), T4= 70% (MV) e 30% (RA), T5= 60% (MV) e 40% (RA), T6= 50% (MV) e 50% (RA).

### 6.5.5 Potássio

Ao longo do processo de compostagem o potássio foi à variável que apresentou menores variações estatística. Nos tempos 0, 30 e 90 não houveram diferenças significativas entre os tratamentos, aos 60 dias ocorreram as primeiras variações estatísticas, os tratamentos T3, T4 e T6 não apresentaram diferenças significativas entre si (Tabela 10). Os tratamentos T1, T2 e T5 apresentaram diferenças significativas, o tratamento T5 obteve maior quantidade de fósforo. Aos 120 dias de compostagem podemos observar que os teores de potássio aumentaram no final da compostagem (FIORI et al., 2008) também encontraram valores crescentes de potássio em seus experimentos com resíduos agroindustriais, possivelmente o potássio que se encontrava na forma orgânica foi mineralizado com o tempo, deixando o elemento mais disponível no composto.

**Tabela 10 Dinâmica do potássio ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) ao longo do processo de compostagem, em intervalos de 30 dias, sob diferentes proporções de material vegetal (MV) e restos de alimentos (RA).**

Tratamentos	Tempo (dias)				
	0	30	60	90	120
1	25,6 a	35,3 a	27,6 d	32,6 a	25,8 d
2	26,9 a	42,8 a	30,1 c	33,6 a	28,0 c
3	33,9 a	53,8 a	42,0 b	40,8 a	44,7 a
4	28,1 a	48,2 a	34,8 b	33,6 a	39,8 b
5	27,5 a	53,5 a	47,3 a	39,2 a	38,5 c
6	31,7 a	50,2 a	44,0 b	33,0 a	39,4 b
CV%	22,7	20,5	17,4	15,1	16,6

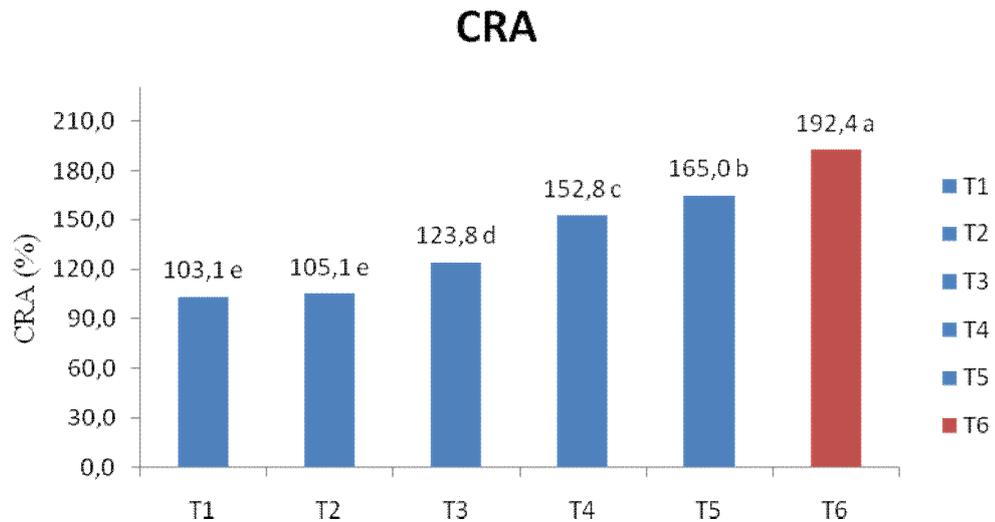
Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% ( $p < 0,05$ ). Os tratamentos variam as proporções de material vegetal (MV) e resíduos de alimentos (RA); T1= 100% (MV), T2= 90% (MV) e 10% (RA), T3= 80% (MV) e 20% (RA), T4= 70% (MV) e 30% (RA), T5= 60% (MV) e 40% (RA), T6= 50% (MV) e 50% (RA).

## 7. Capacidade de Retenção de Água (CRA)

A capacidade de retenção de água é a porcentagem de absorção de água em relação a massa de um composto orgânico. (Gráfico 1) Os tratamentos T1 e T2 não diferiram estatisticamente entre si, já os tratamentos T3, T4, T5 e T6 apresentaram diferenças significativas, possivelmente pela diferença de material nas pilhas. Quanto maior a proporção de resíduo de alimentos maior a capacidade do composto em reter água. Segundo KIELH (2004), a medida que a matéria orgânica vai se decompondo e formando o húmus a capacidade de retenção de água aumenta, portanto a CRA está interligada à quantidade de matéria orgânica e sua humificação.

A maior CRA observada ocorreu no tratamento T6, possivelmente por ser o composto melhor humificado e mais rico em matéria orgânica. CARLI (2010) observou valores próximos ao do presente estudo, %CRA= 190,0. Valores acima de 100% são aceitáveis, pois a capacidade de retenção de água pode chegar até ao dobro da capacidade inicial.

**Gráfico 1. Capacidade de retenção de água (CRA%) no composto final, aos 120 dias do processo de compostagem.**



Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% ( $p < 0,05$ ). Os tratamentos variam as proporções de material vegetal (MV) e resíduos de alimentos (RA); T1= 100% (MV), T2= 90% (MV) e 10% (RA), T3= 80% (MV) e 20% (RA), T4= 70% (MV) e 30% (RA), T5= 60% (MV) e 40% (RA), T6= 50% (MV) e 50% (RA).

## 8. Volume mássico

O rendimento final das pilhas de compostagem apresentou resultados já esperados (Tabela 11). O rendimento final da compostagem deve estar entre 30% a 50% do volume inicial, dependendo do material de origem e umidade (KIEHL, 1998). Os tratamentos T1, T2, T3 e T4 estão dentro da margem estabelecida, enquanto os tratamentos T5 e T6 apresentaram rendimentos inferiores a 30%, provavelmente pela maior adição de resíduos de alimentos e consequentemente maior umidade.

Os tratamentos T1 e T2 apontaram menor massa inicial, por esse motivo a diferença em massa foi menor. O tratamento T3 apresentou maior massa final e por consequência maior rendimento e menor percentual de redução.

Estudos realizados por Garcez et al. (2008) indicaram rendimento final da massa de compostagem em torno de 44%. Segundo Carli (2010) o rendimento final deve estar a cerca de 40%, resultados semelhantes ao encontrado neste presente estudo.

**Tabela 11. Comportamento da massa seca final e inicial nas pilhas, sob diferentes proporções de material vegetal (MV) e restos de alimentos (RA).**

Tratamentos <sup>1</sup>	Volume mássico (Kg) Rendimento (%)			
	MS-i (Kg)	MS-f (Kg)	RD (%)	Df (Kg)
1	20,3 e	9,1 b	44,8 b	11,2 e
2	20,5 e	9,0 c	43,9 c	11,5 e
3	22,6 d	10,3 a	45,5 a	12,3 d
4	25,4 c	8,4 d	33,0 d	17,0 c
5	29,1 b	6,3 e	21,6 e	22,8 b
6	31,7 a	6,1 e	19,2 e	25,6 a
CV%	1,19	10,0	2,33	3,41

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey

a 5% ( $p < 0,05$ ). MS-i: Massa seca inicial; MS-f: Massa seca final; RD: Rendimento; DF:

Diferença; P.R: Percentual de redução.

<sup>1</sup>Os tratamento variam as proporções de material vegetal (MV) e resíduos de alimentos (RA); T1= 100% (MV), T2= 90% (MV) e 10% (RA), T3= 80% (MV) e 20% (RA), T4= 70% (MV) e 30% (RA), T5= 60% (MV) e 40% (RA), T6= 50% (MV) e 50% (RA).

## 9. CONCLUSÃO

A adição de resíduos de alimentos aos resíduos de limpeza de parques e jardins acelerou o processo de decomposição e estabilização do composto orgânico

O tratamento com 50% de resíduos de alimentos produziu, ao final do processo de compostagem, o composto com menor relação C/N e maior capacidade de retenção de água.

Porém, como a disponibilidade de restos de alimentos é limitada, a adição de 20% de resíduos de alimentos aos resíduos de limpeza urbana apresentou-se como a proporção ótima de mistura, pois atingiu a estabilização no mesmo tempo que os tratamentos com maior proporção de restos de alimentos e demandou menos tempo (e, conseqüentemente, menos mão-de-obra e água) que os tratamentos com menor proporção de restos de alimentos.

Independente das proporções testadas no presente estudo, ao final do processo, aos 120 dias de compostagem, todos os tratamentos estudados atenderam as exigências legais do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, **Classificação de resíduos sólidos: NBR10,004**. Rio de Janeiro: 2004.

ABRAMOVAY, R.; SPERANZA, S.J.; PETITGAND, C. **Lixo zero, gestão de resíduos sólidos para uma sociedade mais próspera**. Instituto Ethos de Empresas e Responsabilidade Social. São Paulo. 77 p. 2013.

ABRELPE, **Panorama dos Resíduos sólidos no Brasil**, p. 28. 2014

BIDONE, A. R. C; POVINELLI, J. **Conceitos básicos de resíduos sólidos**. 1º edição. EESC-USP, São Carlos- SP. p.9. 1999.

BRASIL, Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010 institui a Política Nacional de Resíduos sólidos; altera a lei nº 9.605 de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, n.147.3, p.03. 2010.

CARLI, T.S. **Uso de degradadores biológicos na aceleração do processo de compostagem dos resíduos orgânicos vegetais e palhas de embalagens- Estudo de caso na CEASA-CURUTIBA**. (Dissertação de Mestrado) Departamento de Engenharia Ambiental. Faculdade de Ciências Exatas da Universidade Tuiuti do Paraná. P.23-42. 2010.

DEMAJOROVIC, J. Da política tradicional de tratamento do lixo, à política de gestão de resíduos sólidos, as novas prioridades, **Revista de Administração de Empresas**. São Paulo v.35 n.3 p.88-93. 1995.

DEON et al. Avaliação da qualidade de composto orgânico na Universidade Comunitária Regional CHAPECÓ. **Revista Brasileira de Agroecologia**. v.2, n.2, p.1443, 2007.

DUTRA, D. E, MENEZES, C.S.R, PRIMO, C.D. Adições de nutrientes na compostagem de podas de árvores naregião semiárida do NE do Brasil, **Revista Scientia Plena**.v.11 n.7 p.1-10. 2013.

DUTRA, D. E, MENEZES, C.S.R, PRIMO, C.D. Aproveitamento de biomassa residual agrícola para produção de compostos orgânicos, **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**.v.7, n.3, p.465-472. 2012

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes**. Brasília, p. 627, 2009.

FERREIRA, D. S. SISVAR: versão 4.6. Lavras: DEX/UFLA, 2003. **Software**

FIORI, S. G. M; SHOENHALS, M.F; FALLADOR, C. A. F, **Revista Engenharia Ambiental**. Análise da Evolução Tempo-Eficiência de duas Composições de Resíduos Agroindustriais no Preprocesso de Compostagem Aeróbia v. 5, n-3 p. 172-190, 2008.

GODOY, H. **Notas de aula**- Disciplina Ciências do solo. UTP Curitiba. 2009.

INÁCIO, T.C.; MILLER, M.R.P.; **Compostagem ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos**. Embrapa Solos, Universidade Federal de Santa Catarina. Rio de Janeiro. p.15-54. 2009.

JUNHO, A.P.; ROMERO, M. de A.; BRUNA, G.C. **Curso de gestão ambiental: Manole**, São Paulo, p. 386, 2004.

KIEHL, J. E.; **Fertilizantes orgânicos**, Editora agronômica Ceres Ltda, São Paulo. P. 229-284. 1985.

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. 3ª Edição. Piracicaba, p. 171, 2002.

LIMA, M. J. H; OLIVEIRA, S. N. E.; CAJAZEIRAS, P. J. **Uso da compostagem em sistemas agrícolas orgânicos**. Embrapa Agroindústria Tropical. Fortaleza CE. 2004.

LÓPEZ, M.; et al. Intelligent composting assisted by a wireless sensing network waste management. **Waste Management**.V.34. p. 738-746. 2014.

OLIVEIRA, A. C. E.; SARTORI, H. R.; GARCEZ, B. T. **Compostagem**, Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Programa de Pós Graduação em Solos e Nutrição de Plantas. Piracicaba- SP. 2008.

MAGALHÃES, M.A; MATOS, A.T; DENICULI, W; TINOCO, I. E. F. Compostagem de bagaço de cana de açúcar triturado utilizado como material filtrante de águas residuárias da suinocultura. **Revista Brasileira Agrícola e Ambiental**, v.10, n.2, p.466-471, 2011.

MARTINS, R. C. J; DUTRA, D. E; MENEZES, C. S. R; PRIMO, C. D. Adições de nutrientes na compostagem de podas de árvores na região semiárida do NE no Brasil, XXXIII Congresso Brasileiro de Ciências do Solo. **Anais** - Uberlândia/Minas Gerais, p. 1-5, 2012.

MAUCHLY, J.W. **Significance test for sphericity of a normal n-variate distribution**. The Annals of Mathematical Statistics, v.11, n.2, p.204-209, 1940.

PEREIRA-NETO, T. J. **Manual de compostagem, processo de baixo custo**, Editora UFV, Universidade de Viçosa Minas Gerais. Segunda edição, 2010.

POLAZ, M. N. C.; TEIXEIRA, N. A. B. Indicadores de sustentabilidade para a gestão municipal de resíduos sólidos urbanos: Um estudo para São Carlos São Paulo. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v.14 n.3, p. 411-420, 2009.

PRIMO, D. C; FADIGAS F. S; CARVALHO, R. C. J; SHMIDT, S. D. C; FILHO, B. S. C. A. Avaliação da qualidade nutricional de composto orgânico produzido com resíduos de fumo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande- PB, v.14, n.7, p.742-746, 2010.

PRIMO, D. C; FADIGAS F. S; CARVALHO, R. C. J; SHMIDT, S. D. C; FILHO, B. S. C. A. Manejo racional de resíduos da cultura do fumo (*Nicotianatabacum*L.) para obtenção do

composto orgânico. **Revista Semina Ciências Agrárias**. Londrina, v.32, n.4, p 1275-1286, 2011

PRIMO, D. C; FADIGAS F. S; PEREIRA R. DE C.; SANTOS, L. G. Uso de composto orgânico da cultura do fumo (*Nicotianatabacum*L.) na composição de substrato para produção de mudas arbóreas. **Revista Scientia Plena**, v.9, n.6, p. 2-7, 2013.

PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO - PROSAB. **Manual prático para a compostagem de biossólidos**. Londrina: UEL, p.8, 1999.

QIAN, X.; et al. Co-composting of livestock manure with rice straw; Characterizarion and establishment of maturity evaluation system.**Waste Management**. p. 305-8772. Japan, 2013.

RINK, R. **Composting methods**. In: On-form composting handbook. Ithaca: Northeast Regional Agricultura Engineering Servic/Coopeative Extension, 1992. p. 47.

RUSSO, T. A. M. **Tratamento de resíduos sólidos**, Universidade de Coimbra, Faculdade de Ciências e Tecnologia Departamento de Engenharia Civil. Portugal, 2003.

SAMPAIO, E.V.S.B.; SALCEDO, I.H.; SILVA, F.B.R. Fertilidade de solos do semi-árido do nordeste. In: Reunião Brasileira de Fertilidade dos Solos e Nutrição de Plantas, 21, 1995.**Anais-** Petrolina: Embrapa - CPATSA/SBCS, p.51-72,1995.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT user's guide**. Version 9.1 Cary: SAS Institute, 2001.

SANTOS, D. L. J. **Caracterização física e biológica em diferentes laboratórios de produtos a partir da compostagem de residues orgânicosbiodegradáveis**. (Dissertação de Mestrado) Departamento de Zoologia e Antropologia, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. P.83. 2008.

SILVA, G. A. **Métodos de produção de composto orgânico a partir da material prima vegetal e animal**, Muzambinho, EAGFM, p.21-30, 2008.

SINGH, R. W.; KALAMDHAD, S. A. Potential for composting of green phumdi biomass of loktak lake. **Ecological Engineering**.v.67 p.119-126. Indian, 2014.

SOARES, E. L. S. F. **Estudo da caracterização gravimétrica e poder calorífico dos resíduos**. 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) ó COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

SPINELLI, M.G.N; CALI, L.R. Avaliação de resíduos sólidos em uma unidade de alimentação e nutrição. **Revista Simbio-Logias**, v.2. n.1. 2009.

THOMAS, R. L.; SHEARRD, R. W.; MOYER, J. R. (1967) Comparasion of conventional and automated procedures for N, P and K analysis of plant material using a single digestion. *Agronomy Journal*. 1967.

WANG,Y.; HUANG, G,. JHANG, A.; HAN, A.; GE, J. Estimating thermal balance during composting of swine manure and wheat straw; A simulation method. **International Journal of heat and mass transfer**. China agricultural university, college of Engineering. PR China. 2014.

WANGEN, D.R.B; FREITAS, I.C.V. Compostagem doméstica: alternativa de aproveitamento de resíduos sólidos orgânicos. **Revista Brasileira de Agroecologia**,v.5 n.2 p.81-88, 2010.

Espinosa, V.; et al.; et al. Resources conservation, **Soctedad Mexicana de Ciencia y Tecnologia aplicada a residuos sólidos**. Mexico, 2014.

ZHANG, L.; SUN, X. Effects of rhamnolipid and initial compost particle size on the two-stage composting of green wast. **Biorsourcetechology**. 2014.

# ANEXO A 6 Planta campus Recife UFPE

