



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL
CÂMPUS DE POMBAL-PB**

**COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS: UM ESTUDO
DE CASO NA REGIÃO DE POMBAL - PB**

TALITA DANTAS PEDROSA

**POMBAL – PB
ABRIL, 2013**

TALITA DANTAS PEDROSA

**COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS: UM ESTUDO
DE CASO NA REGIÃO DE POMBAL – PB**

Monografia submetida à Unidade Acadêmica de Ciências e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de BACHAREL EM ENGENHARIA AMBIENTAL.

ORIENTADOR

Prof. Dr. Camilo Allyson Simões de Farias

Pombal – PB

Abril, 2013

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação - (CIP)
Denize Santos Saraiva Lourenço - Bibliotecária CRB/15-1096
Cajazeiras - Paraíba

P372c Pedrosa, Talita Dantas
Compostagem de resíduos agroindustriais: um estudo de caso na região de Pombal – PB/Talita Dantas Pedrosa, Pombal, 2013.
39f. : il.

Orientador: Camilo Allyson Simões de Farias.
Monografia (Graduação) – UFCG/CCTA

1. Meio ambiente - dano causado pelo homem.
2. Resíduos sólidos. 3. Resíduos agroindustriais – compostagem. I. Farias Camilo Allyson Simões. II. Título.

UFCG/CFP/BS

CDU- 504.61:628.312.1

Talita Dantas Pedrosa

**COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS: UM ESTUDO
DE CASO NA REGIÃO DE POMBAL – PB**

Monografia aprovada em 04/04/2013

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Camilo Allyson Simões de Farias

Orientador - UACTA/CCTA/UFCG

Prof. Dr. Valmir Cristiano Marques de Arruda

Examinador Interno - UACTA/CCTA/UFCG

Prof. M. Sc. Rosângela Gomes Tavares

Examinadora Externa - DTR/UFRPE

Pombal – PB

Abril, 2013

Dedico aos meus pais José Mendes Pedrosa e Sandolene Dantas Pedrosa por ter acreditado em mim, sempre me dando força nos momentos mais difíceis de minha vida e acima de tudo pelo amor incondicional, dedico esta conquista com a minha mais profunda admiração.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por todas as conquistas realizadas e pelo dom precioso da vida.

Ao meu noivo pela paciência e compreensão nos dias de estudo.

A Universidade Federal de Campina Grande, por ter me proporcionado a oportunidade de iniciar um curso de graduação e por ter fortalecido a conclusão do mesmo.

A todos os professores da Unidade Acadêmica de Ciências e Tecnologia Ambiental, que direta ou indiretamente contribuirão para a realização deste sonho.

Aos meus amigos de curso pelo companheirismo e presença nos momentos mais difíceis da nossa luta acadêmica.

Aos amigos Rafaela Alves e Emanuel Farias, pelo companheirismo e ajuda durante as atividades desenvolvidas no laboratório de Resíduos Sólidos.

Ao meu orientador Camilo Allyson Simões de Farias, pela paciência e confiança, orientando-me com dedicação para a realização dos meus ideais.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Condições ambientais ótimas para realização da compostagem.....	15
Figura 2 -	Curva padrão da variação da temperatura.....	17
Figura 3 -	Pátio de compostagem utilizado para realização experimento.....	22
Figura 4 -	Fluxograma com etapas da pesquisa.....	23
Figura 5 -	Resíduos orgânicos utilizados na compostagem: (a) casca de banana, (b) esterco ovino, (c) podas de jurema-preta, (d) podas de marmeleiro.....	24
Figura 6 -	Triturador de resíduos orgânicos.....	25
Figura 7 -	Pilha com 500 kg de resíduos triturados.....	26
Figura 8 -	Termômetro digital para verificação da temperatura da pilha.....	27
Figura 9 -	Medidor de pH utilizado durante o processo de compostagem.....	28
Figura 10 -	Mufla utilizada durante o processo de compostagem para determinação dos sólidos voláteis.....	28
Figura 11 -	Balança determinadora de umidade.....	29
Figura 12 -	Evolução da temperatura média da pilha ao longo do tempo.....	30
Figura 13 -	Evolução do pH em função do tempo.....	31
Figura 14 -	Evolução dos sólidos voláteis em função do tempo.....	32
Figura 15 -	Composto finalizado aos 73 dias de compostagem.....	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Caracterização físico-química dos resíduos agroindustriais.....	24
Tabela 2.	Caracterização da mistura de resíduos agroindustriais.....	25
Tabela 3	Massa de resíduos utilizados na pilha de compostagem de resíduos agroindustriais.....	26
Tabela 4.	Características físico-químicas da mistura de resíduos, do composto final e os valores de referência para os parâmetros analisados especificados pela Portaria n.º 01/1983 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.....	33

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1. OBJETIVOS.....	12
1.1.1. Objetivo Geral.....	12
1.1.2. Objetivos Específicos.....	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1. VISÃO GERAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS.....	13
2.2. COMPOSTAGEM.....	14
2.2.1. Breve Histórico.....	15
2.2.2. Fases da Compostagem.....	16
2.2.3. Fatores Intervenientes no Processo.....	17
2.2.3.1. Umidade.....	17
2.2.3.2. Temperatura.....	18
2.2.3.3. pH.....	18
2.2.3.4. Relação C/N.....	19
2.2.3.5. Granulometria.....	19
2.2.3.6. Aeração.....	19
2.2.3.7. O papel dos Microorganismos.....	20
2.3. ASPECTOS LEGAIS.....	20
2.4. COMPOSTAGEM NA AGROINDÚSTRIA.....	21
3. MATERIAIS E MÉTODOS	22
3.1. CARACTERIZAÇÃO DA AGROINDÚSTRIA DE DOCE DIANA.....	22
3.2. LOCAL DE REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO.....	22
3.3. COLETA E CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS.....	23
3.4. MONTAGEM DA PILHA DE RESÍDUOS ORGÂNICOS.....	25
3.5. MONITORAMENTOS DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS.....	26
3.5.1. Temperatura.....	27
3.5.2. pH.....	27
3.5.3. Sólidos Voláteis.....	28
3.5.4. Aeração e Umidade.....	29
3.5.5. Relação C/N.....	29
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	30
4.1. MONITORAMENTO DO PROCESSO DE COMPOSTAGEM.....	30
4.2. CARACTERIZAÇÃO DO COMPOSTO FINAL.....	33
5. CONCLUSÕES	35
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

RESUMO

O uso dos recursos naturais tem aumentado nos últimos anos, ocasionando uma maior geração de resíduos sólidos. Neste sentido, a compostagem aparece como ferramenta capaz de transformar os resíduos orgânicos em húmus, podendo contribuir com benefícios econômicos e aliviando as pressões ambientais causadas pela disposição inadequada dos mesmos. Neste trabalho, uma pilha de compostagem foi montada em um pátio com piso impermeabilizado em concreto, que é anexo do Laboratório de Resíduos Sólidos do Câmpus de Pombal da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Para tanto, foram utilizados resíduos provenientes da indústria de Doce Diana (casca de banana verde), do próprio Câmpus da UFCG (restos da poda de jurema-preta e marmeleiro), e ainda de propriedades rurais vizinhas ao Câmpus (esterco bovino). A casca da banana e a poda foram trituradas de modo a uniformizar os diâmetros das partículas. Ao longo do estudo foram monitorados parâmetros como: temperatura, pH, sólidos voláteis, oxigenação, umidade e relação carbono/nitrogênio. O composto produzido à base de resíduos agroindustriais alcançou praticamente todos os requisitos mínimos exigidos pela legislação brasileira. O processo de compostagem conduzido mostrou-se eficiente para o tratamento de resíduos agroindustriais no semiárido paraibano.

Palavras-Chaves: Resíduos sólidos, compostagem, agroindústria, semiárido.

ABSTRACT

The use of natural resources has increased in recent years, resulting in a higher generation of solid wastes. In view of that, composting appears as a tool capable of transforming organic waste into humus, being able to contribute to economic benefits and relieving environmental pressures caused by the improper disposal of such residues. In this work, a compost pile was mounted on a concrete floor that belongs to the Solid Waste Laboratory of Pombal Campus of the Federal University of Campina Grande. In order to conduct this study, it was used waste from the Diana sweet industry (green banana peels), from the own Pombal Campus (remains of jurema-preta and marmeleiroprunings), and from rural properties surrounding Pombal Campus (ovine manure). The banana peels and vegetation prunings were ground so that to uniform particle diameters. Along this study, the following parameters were monitored: temperature, pH, volatile solids, oxygenation, moisture content and carbon/nitrogen ratio. The compost produced based on agro-industrial residues reached most of the minimum requirements established by Brazilian law. The carried out composting process showed to be effective for the treatment of agro-industrial wastes in semiarid Paraiba.

Key-words: Solid waste, composting, agribusiness, semiarid.

1. INTRODUÇÃO

Um dos grandes problemas enfrentados pela sociedade moderna é a alta geração de resíduos orgânicos, sejam eles de origem domiciliar, comercial ou industrial (LOUREIRO *et al.*, 2007). O tratamento e disposição destes resíduos é uma das preocupações dos profissionais que lidam com a área de saneamento ambiental.

Grande parte dos resíduos gerados pelo homem é de natureza orgânica, e resultante de processos industriais, agrícolas, comerciais, domiciliares etc. Do ponto de vista agrônomo, o termo materiais orgânicos é usado para definir restos vegetais, animais, sobras de alimentos, frutas e legumes, folhas, gramas e restos de culturas (PEREIRA NETO, 2007).

A degradação biológica de materiais orgânicos consiste na decomposição desses resíduos por microrganismos e, se controlada adequadamente, viabiliza sua estabilização de modo a evitar a ocorrência de problemas ambientais, sanitários e econômicos. Se o controle não for adequado, o processo de degradação poderá causar danos ao meio ambiente pela liberação de gases e chorume, além de atrair e proliferar insetos e animais roedores (PEREIRA NETO, 2007). Desta forma, a compostagem surge como uma forma eficiente para se obter a biodegradação controlada dos resíduos de natureza orgânica (PEREIRA NETO, 2007).

Este trabalho é de grande importância no que concerne a temática ambiental, ao partirmos do pressuposto que há por parte das agroindústrias no município de Pombal – PB alta geração de resíduos sólidos sem o devido tratamento e disposição final.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

O presente trabalho tem como principal objetivo realizar a compostagem de resíduos orgânicos oriundos da agroindústria de doce Diana localizada no município de Pombal – PB, de modo a viabilizar um tratamento adequado para estes resíduos.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Monitorar e avaliar o comportamento dos parâmetros físico-químicos (temperatura, pH, sólidos voláteis, oxigenação, umidade e relação C/N) durante o processo de compostagem;
- Caracterizar o composto final;
- Avaliar se o composto produzido encontra-se em conformidade com os padrões estabelecidos pela Portaria n.º 01/1983 do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Visão Geral dos Resíduos Sólidos

O consumo de bens tem aumentado nos últimos anos ocasionando uma maior geração de resíduos sólidos.

Para Pereira Neto (2007), o principal fator que contribui para maior geração de resíduos é o desenvolvimento industrial, por criar bens de consumo que em sua grande maioria são utilizados nas mais diversas atividades desempenhadas pelo homem.

Segundo a Norma ABNT NBR 10.004 os resíduos sólidos classificam-se em:

- a) Resíduos de Classe I – Perigosos: Resíduos com propriedades físico-químicas e infecto-contagiosas. Devem apresentar ao menos uma das seguintes características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade;
- b) Resíduos de Classe II – Não Perigosos. Os resíduos não perigosos são classificados em:
 - **Não Inertes:** Não se enquadram nas classificações de resíduos classe I ou classe II. Apresentam propriedades tais como: combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água.

- **Inertes:** Quaisquer resíduos que submetidos a um contato estático ou dinâmico com água, não tenham nenhum de seus componentes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água definidos pelo Anexo H da Norma NBR 10.004.

Assim, os resíduos de natureza orgânica utilizados durante este estudo são resíduos de Classe II – Não Inertes, devido ao seu potencial de biodegradabilidade.

No Brasil, o cenário atual é alarmante, uma vez que os lixões ou aterros controlados infelizmente ainda se caracterizam como sendo a maneira mais utilizada e menos custosa de dispor os resíduos pelos municípios (IBGE, 2008). Boa parte destes resíduos é passível de reciclagem e este tipo de atividade pode reduzir bastante os volumes enviados aos lixões e aterros controlados (BARREIRA *et al.*, 2006).

O volume de lixo vem crescendo rapidamente tanto em países desenvolvidos como em países em desenvolvimento, ocasionando um dos maiores problemas da sociedade moderna, e, à medida que os anos passam, sua composição vem se alterando ainda mais (PEREIRA NETO, 2007).

Diante da realidade que vivenciamos, cabe a sociedade o comprometimento com a proteção do meio ambiente, de modo a controlar a poluição e reduzir os usos de energia e de recursos naturais. Para tanto, existem algumas ações que atualmente vêm ganhando espaço na sociedade. Quando estas ações são executadas com base em um planejamento integrado colaboram minimizando os impactos sanitários, ambientais e econômicos (PEREIRA NETO, 2007).

2.2. COMPOSTAGEM

A compostagem é uma técnica de tratamento biológico de resíduos sólidos capaz de trazer benefícios econômicos, sociais e ambientais para região onde é utilizada. Hoje, o processo de compostagem é a forma mais eficaz de reciclagem de resíduos de composição orgânica, onde a massa de resíduo é tratada e transformada em adubo orgânico, o qual poderá ser utilizado na agricultura melhorando a qualidade ambiental e a qualidade de vida das pessoas (PEREIRA

NETO, 2007). A Figura 1 ilustra as condições necessárias para um bom desempenho do processo de compostagem.

Figura 1. Condições ambientais ótimas para realização da compostagem. Fonte. Santos, 2011.



De acordo com a Fundação Nacional da Saúde (FUNASA, 2009), a compostagem é:

O processo de decomposição ou degradação de materiais orgânicos pela ação de microrganismos em um meio aerado naturalmente.

A decomposição da matéria orgânica depende do tempo e ainda de diversos fatores. Quanto maior o controle da compostagem, maior será a rapidez do processo. Com base na prática, o composto será bioestabilizado no período de 30 a 60 dias e curado entre 90 a 120 dias, dependendo do comportamento da pilha/leira e desde que as necessidades nutricionais destas sejam satisfatórias, os materiais adicionados sejam de pequenas dimensões, seja mantida a umidade adequada e a leira/pilha seja sempre revolvida todas as semanas (FUNASA, 2009).

2.2.1. Breve Histórico

A compostagem não é uma prática recente, pelo contrário, é uma das técnicas mais antigas empregadas no tratamento dos resíduos sólidos (ALMEIDA *et al.*, 2005; ORRICO *et al.*, 2007). Na agricultura, os primeiros registros da utilização da compostagem data do período do Império de Akkad, na Mesopotâmia. Desde

aquela época, outros povos, como os chineses, egípcios, gregos e romanos, começaram a fazer uso de tal técnica, de modo que deixavam os resíduos a decompor e estabilizar até alcançarem condições para serem devolvidos ao solo (ALMEIDA *et al.*, 2005).

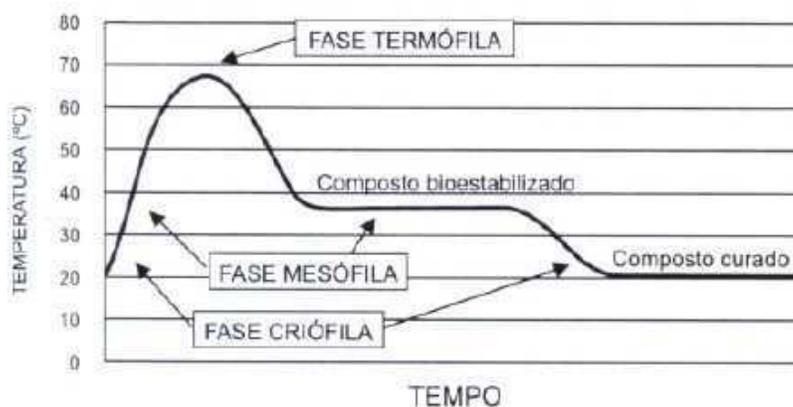
As usinas de compostagem em sua maioria apresentam o processo de compostagem natural, processo este em que após a separação dos materiais que não possuem significância para a compostagem, o material orgânico é disposto em montes nos pátios, de modo a receber revolvimentos periódicos para garantir a aeração. Em contrapartida, há alguns casos em que o processo é acelerado por meio da injeção de ar nas leiras (BARREIRA *et al.*, 2006). Os reduzidos custos bem como a facilidade de condução para o desenvolvimento do processo justificam a sua adoção (ORRICO *et al.*, 2007).

2.2.2. Fases da Compostagem

A compostagem de modo geral divide-se em quatro fases conforme cita Pereira Neto (2007), sejam elas: uma fase de aquecimento (primeiras 24 horas), uma fase de degradação ativa, uma de resfriamento e posteriormente uma fase de maturação. Com o empilhamento dos resíduos inicia-se através da flora mesofílica o processo degradativo dos mesmos. A energia liberada na forma de calor fica retida na massa de compostagem ocasionando o aumento da temperatura. Com condições favoráveis (umidade, aeração, nutrientes etc.), os microrganismos mesofílicos multiplicam-se aumentando a atividade de degradação e, conseqüentemente, a temperatura atinge rapidamente a faixa termofílica, onde ocorrerá a destruição de microrganismos patogênicos. Em seguida inicia-se a fase de resfriamento e maturação, onde ocorrem reações predominantemente de ordem química, com a formação do húmus e disponibilização de nutrientes minerais. A temperatura aqui se encontra próxima à temperatura ambiente e a atividade microbiológica é restringida (PEREIRA NETO, 2007).

A Figura 2 ilustra basicamente as fases de temperatura alcançadas pela massa de resíduos agroindustriais.

Figura 2. Curva padrão da variação da temperatura. Fonte: Kiehl, 2001.



2.2.3. Fatores Intervenientes no Processo

Existem muitos fatores que influenciam na decomposição, maturação e na qualidade do produto final da compostagem. Alguns destes fatores podem ser controlados durante o processo, contudo de acordo com diversos autores, a qualidade do produto final depende totalmente da qualidade do material de origem utilizado (MERILLOT, 1996).

Entretanto, a compostagem por se tratar de um processo biológico acaba sofrendo grande influência de todos os parâmetros que intervêm na atividade microbiana, tais como umidade, temperatura, pH, relação carbono/nitrogênio (C/N), aeração e granulometria (PEREIRA NETO, 2007).

2.2.3.1. Umidade

No que tange a umidade, sabe-se que a mesma é de grande importância para a compostagem, uma vez que para a formação do composto é necessário que se busque o equilíbrio entre água e ar (FUNASA, 2009). Do ponto de vista microbiológico o ideal seria que o teor de umidade fosse 100%, no entanto, é necessário manter um espaço adequado para propiciar a passagem do ar. Segundo Pereira Neto (2007), um teor de umidade ideal situa-se em torno de 60%. Umidades muito baixas reduzem a atividade dos microrganismos enquanto teores muito altos contribuem no sentido de dificultar a difusão do oxigênio, facilitando a anaerobiose e,

consequentemente, a produção de chorume, gases e a emissão de maus odores (BRUNI 2005). O ideal é adicionar água sempre que o composto apresentar-se seco (FUNASA, 2009).

A falta de conhecimento sobre o controle adequado da umidade poderá ocasionar problemas desagradáveis, tais como:

- geração de chorume;
- emissão de odores fétidos;
- atração de vetores (moscas, mosquitos, baratas, ratos etc.); e
- desaceleração e/ou paralisação da atividade metabólica durante o processo de compostagem, levando à produção de um composto orgânico de baixa qualidade.

A legislação brasileira delimita o teor de umidade para o composto final em 40%, tolerando até 44% (BARREIRA *et al.*, 2006).

2.2.3.2. Temperatura

A temperatura é um dos fatores mais indicativos da eficiência no processo de compostagem. Seu controle é de fundamental importância para garantir a destruição térmica dos microrganismos patogênicos, além da identificação das fases decorrentes do processo (FUNASA, 2009; PEREIRA NETO, 2007). Segundo Silva (2009), as faixas de temperatura que definem a predominância de determinados grupos de organismos podem ser classificadas em: criófilas (temperatura ambiente), mesófilas (até 45°C) e termófilas (acima de 45°C). Neste sentido, manter a temperatura na faixa considerada ótima é vital para que se possa alcançar a eficiência do processo (LEAL, 2006; BRITO, 2008).

2.2.3.3. pH

O pH também é um dos fatores de grande importância para o processo de compostagem. Todavia, não é um fator crítico no processo (CESTONARO, 2010). Normalmente, no início da compostagem, o pH dos resíduos apresenta-se ácido (entre 5 e 6), no decorrer do processo é elevado para valores superiores a 8 (meio

alcalino), em função das reações que ocorrem entre ácidos orgânicos reagindo com as bases liberadas pela matéria orgânica (FUNASA, 2009).

Elevadas temperaturas associadas a pH alcalino indicam maior atividade microbiana e presença de nitrogênio, enquanto que, pH menor que 6 indica baixa atividade microbiana e, conseqüentemente, reduzida temperatura durante o processo (LEAL, 2006).

2.2.3.4. Relação C/N

Outro importante fator que influencia diretamente na velocidade do processo de compostagem é a relação C/N da matéria prima a ser compostada, uma vez que se a relação não for considerada ideal, ou seja, de 25:1 a 35:1, poderá haver aumento no tempo do período de compostagem (PEREIRA NETO, 2007). Casos em que a relação é, por exemplo, de 40:1, a maior parte do carbono será perdida como CO₂, já casos em que a relação estabelecida é baixa, o N será perdido na forma de amônia, devendo-se introduzir materiais ricos em carbono para corrigir a relação (FUNASA, 2009; LEAL, 2006). Ao término da compostagem, a relação C/N pode variar entre valores de 10:1 e 20:1 (FERNANDES & SILVA, 1999).

2.2.3.5. Granulometria

A velocidade do processo de compostagem aumenta à medida que o tamanho da partícula seja tal que forneça condições suficientes para aumentar a superfície de exposição ao oxigênio e microrganismos. Em contrapartida, quando o tamanho das partículas é exageradamente pequeno, poderá ocorrer à compactação da massa o que dificultará a aeração, causando problemas como à anaerobiose (FUNASA, 2009).

2.2.3.6. Aeração

Para que o processo de compostagem aeróbio ocorra de maneira eficiente, faz-se necessário a presença de oxigênio de modo a garantir o metabolismo dos

microrganismos. Assim, alguns parâmetros como umidade, temperatura e granulometria são fatores preponderantes para disponibilidade deste elemento. A ausência de oxigênio na matéria orgânica tornará o processo anaeróbio, de modo a ocorrer geração de odores desagradáveis e outros processos indesejados (FUNASA, 2009).

2. 2.3.7. . O Papel dos Microrganismos

Bactérias, actinomicetos e fungos são os principais microrganismos responsáveis pelo processo de compostagem, predominando em diferentes fases do mesmo, sendo estes responsáveis por mais de 95% de toda atividade microbiológica decorrente da compostagem (BRITO 2008; FUNASA, 2009; SIQUEIRA, 2006). Ao realizar o controle adequado da umidade e da aeração, estes microrganismos multiplicam-se rapidamente e distribuem-se pela massa de resíduo utilizada (FUNASA, 2009).

2. 3. ASPECTOS LEGAIS

A Lei Nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e possui grande importância porque regulamenta os processos de compostagem, conforme o seu art. 3.º, inciso VII, e 36.º, inciso V:

Destinação final ambientalmente adequada: destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a **compostagem**, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sistema Nacional de Meio Ambiente (Sisnama), do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS) e do Sistema Único de Atenção à Saúde Agropecuária (Suasa), entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos.

É dever do titular dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, observado, se houver o plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos: implantar sistema de compostagem para resíduos sólidos orgânicos e articular com os agentes econômicos e sociais formas de utilização do composto produzido.

Existem ainda neste campo de atuação outros mecanismos legais que servem como eixo de orientação no acesso e uso dos recursos naturais, tais como: o Decreto-Lei de Portugal n.º 366-A/97, de 20 de dezembro, que revela que a reciclagem orgânica pode ser levada a cabo através de um tratamento aeróbio (compostagem) ou anaeróbico (biometanização), o Decreto-Lei de Portugal n.º 178/2006, de 05 de setembro, que trata de definição de resíduos urbanos, como “resíduos provenientes de habitações bem como outros resíduos que pela sua natureza e composição seja semelhante aos resíduos provenientes das habitações”.

No Brasil, o Decreto nº 86.955/82 é a primeira legislação específica que regulamentou os mecanismos de inspeção, fiscalização, produção e comércio de fertilizantes e corretivos agrícolas destinados a agricultura. Algumas especificidades relacionadas aos parâmetros físicos, químicos e granulometria e as características dos compostos comercializados devem ser respeitadas de acordo com a Portaria nº 01, de 04 de março de 1983 da Secretaria de Fiscalização Agropecuária do Ministério da Agricultura.

2.4. COMPOSTAGEM NA AGROINDÚSTRIA

As agroindústrias, mesmo quando são de pequeno porte, geram grandes quantidades de resíduos, podendo ocasionar problemas sanitários e ambientais. A reciclagem de resíduos orgânicos provenientes desses estabelecimentos industriais por meio do processo de compostagem constitui-se em uma alternativa econômica e de fácil execução.

Fernandes *et al.*(1993) relatam que as agroindústrias, quando situadas próximas aos centros urbanos, produzem quantidade considerável de resíduos sólidos, gerando problemas sanitários e ambientais, uma vez que tais resíduos são somente em alguns casos dispostos em aterros sanitários. Em muitos dos casos, estes resíduos podem ser transformados em insumo agrícola e utilizados por agricultores, considerando que podem se tornar condicionadores de solo de boa qualidade e de baixo custo.

No Brasil as agroindústrias produzem quantidade considerável de resíduos orgânicos. No Município de Pombal – PB, a realidade não difere, ao partirmos do

pressuposto que a agroindústria de Doce Diana gera diariamente cerca de 1.000 kg de resíduos do processamento de goiabas e bananas.

Dentro desta percepção, a compostagem se apresenta como uma alternativa privilegiada de tratamento, permitindo oco-processamento de vários resíduos.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. CARACTERIZAÇÃO DA AGROINDUSTRIA DE DOCE DIANA

A agroindústria de doce Diana localiza-se no Município de Pombal – PB e o seu processo produtivo baseia-se na fabricação de doce de goiaba e banana.

A agroindústria produz em média 1.000 kg de resíduos por dia, sendo estes cascas de goiaba e de banana. Os resíduos gerados são somente doados para fins de alimentação animal, o que justifica a necessidade de novas alternativas de tratamento e disposição final para estes resíduos.

3.2. LOCAL DE REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

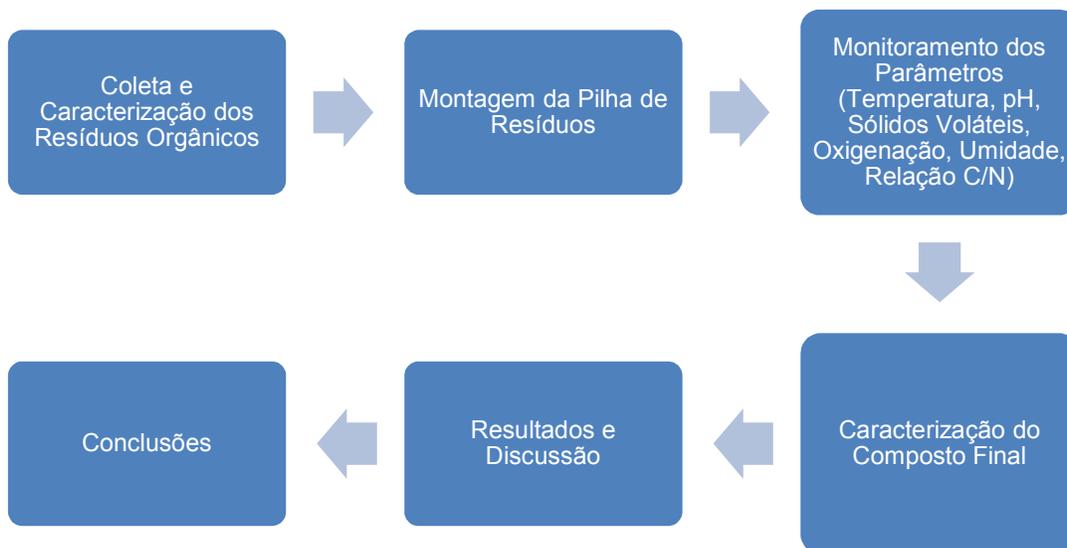
O experimento foi conduzido no pátio de compostagem anexo do Laboratório de Resíduos Sólidos (LABRES) da Universidade Federal de Campina Grande, Câmpus de Pombal, entre os meses de abril e julho de 2012. A Figura 3 mostra o local de realização do experimento.

Figura 3. Pátio de compostagem utilizado para realização do experimento.



A Figura 4 mostra o fluxograma com as etapas de execução desse trabalho.

Figura 4. Fluxograma com etapas da pesquisa.



3.3. COLETA E CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS

A coleta dos resíduos orgânicos foi realizada na Indústria de Doce Diana, no Câmpus universitário da UFCG, Câmpus Pombal, e em um sítio próximo ao Câmpus. Os resíduos utilizados na compostagem foram casca de banana, esterco ovino, e poda de jurema-preta e marmeleiro, como podem ser observados na Figura 5.

Os resíduos foram assim escolhidos em função de sua disponibilidade, visto que a geração dos mesmos na cidade é considerável e que nem sempre possuem um destino final adequado.

Após a coleta, os resíduos foram previamente caracterizados por meio de análises físico-químicas de Nitrogênio Total, Fósforo, Potássio, Relação C/N, Umidade e Matéria Orgânica, conforme ilustrado abaixo na Tabela 1.

Figura 5. Resíduos orgânicos utilizados na compostagem: (a) casca de banana, (b) esterco ovino, (c) podas de jurema-preta e (d) podas de marmeleiro.

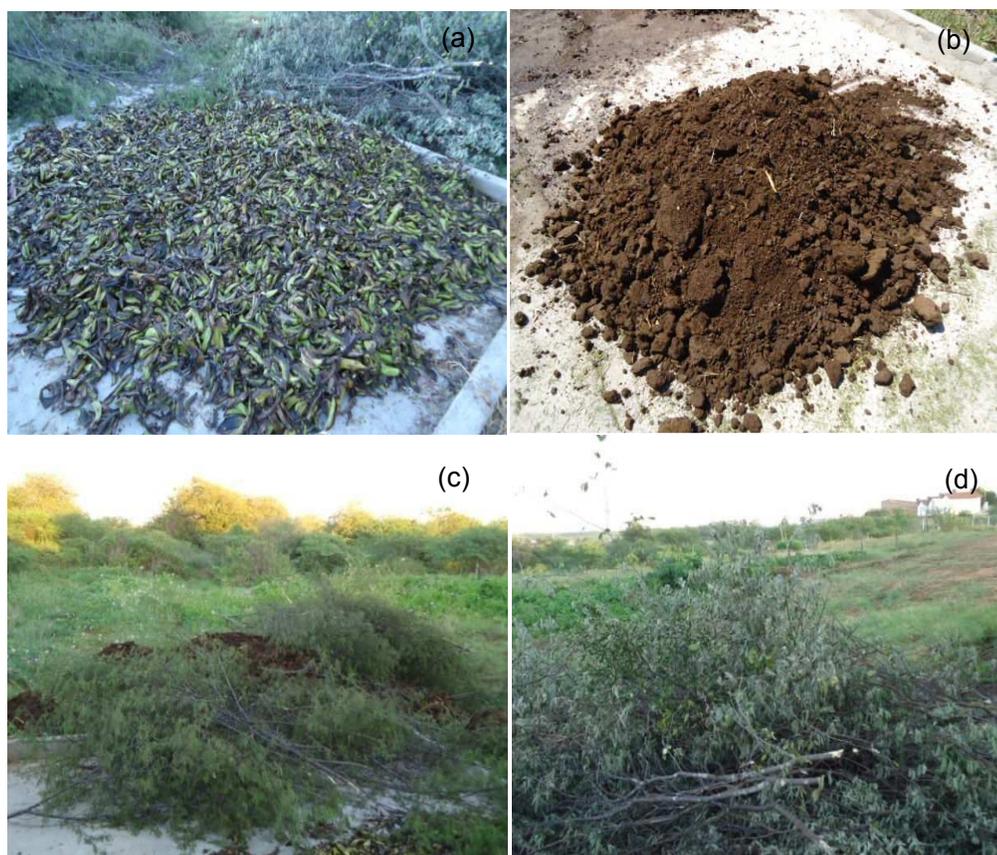


Tabela 1. Caracterização físico-química dos resíduos agroindustriais.

Parâmetros	Casca de Banana	Esterco Ovino	Marmeleiro	Jurema-Preta
Nitrogênio Total (%)	0,52	1,07	1,23	0,89
Fósforo (%)	0,15	0,52	0,18	0,17
Potássio (%)	2,32	1,5	0,30	0,20
Relação C/N*	49:1	26,6: 1	20,7: 1	32,7: 1
Umidade (%)	85,36	36,18	36,47	34,30
Matéria Orgânica (%)	43,9	39,82	43,96	50,17

*Relação carbono/nitrogênio.

Tabela 2. Caracterização da Mistura de resíduos agroindustriais.

Parâmetros	Mistura de resíduos
Nitrogênio Total (%)	0,94
Relação de C/N	28:1
Umidade (%)	55,0

Todas as análises realizadas foram baseadas na metodologia da Embrapa 2009.

3.4. MONTAGEM DA PILHA DE RESÍDUOS ORGÂNICOS

Os resíduos sólidos orgânicos foram triturados com vistas a adequar os diâmetros das partículas (para cerca de 10 mm) e permitir maior superfície de contato para atuação dos microrganismos. Durante esta etapa, utilizou-se o triturador de resíduos orgânicos, conforme ilustra a Figura 6.

Figura 6. Triturador de resíduos orgânicos.



A mistura dos resíduos foi feita após a trituração e, em seguida, montou-se uma pilha totalizando 500 kg de resíduos triturados, com diâmetro e altura de 1,5 m e 0,8 m, respectivamente. A Figura 7 ilustra a pilha montada.

Figura 7. Pilha com 500 kg de resíduos triturados.



As massas utilizadas para cada tipo de resíduo, mostradas na Tabela 3, foram estabelecidas de modo que fosse possível obter uma relação C/N da mistura igual a 28:1. Este valor encontra-se dentro da faixa (25:1 a 35:1) dos valores recomendados na literatura por Pereira Neto (2007).

Tabela 3. Massa de resíduos utilizados na pilha de compostagem de resíduos agroindustriais.

Casca de Banana	Esterco Ovino	Marmeleiro	Jurema-Preta
150,0 kg	325,0 kg	12,5 kg	12,5 kg

3.5. MONITORAMENTO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

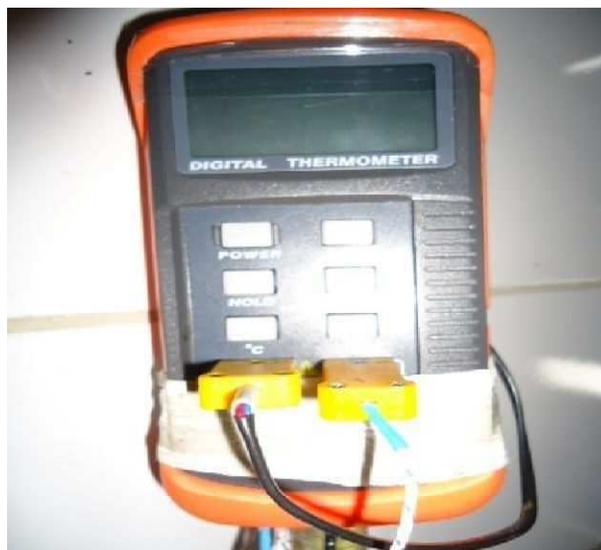
O monitoramento dos parâmetros físico-químicos se deu por meio de análises das amostras de resíduos da pilha, com exceção do monitoramento da temperatura, que era realizado na própria pilha. As amostras eram coletadas apenas nos dias de

reviramento, sempre às 07h00min da manhã, eram armazenadas em sacos de papel com identificação e encaminhadas para análise.

3.5.1. Temperatura

O monitoramento da temperatura foi realizado diariamente durante o período de abril a julho de 2012 com o auxílio de um termômetro digital, conforme apresentado na Figura 8. A leitura era realizada em três pontos diferentes: topo, centro e base respectivamente. Procurou-se efetuar a coleta desses dados sempre às 07h00min da manhã, de modo que a temperatura média obtida foi dada pela média das temperaturas obtidas nos três pontos determinados para leitura.

Figura 8. Termômetro digital para verificação da temperatura da pilha.



3.5.2.pH

O pH foi determinado a cada três dias, sempre nos dias de reviramento da pilha. As amostras foram coletadas e analisadas em laboratório por meio de um medidor de pH, ilustrado na Figura 9.

Figura 9. Medidor de pH utilizado durante o processo de compostagem.



3.5.3. Sólidos Voláteis

As análises de sólidos voláteis foram realizadas no LABRES sempre a cada três dias, permitindo a obtenção dos dados de sólidos voláteis com base na quantidade de cinzas que restavam após a combustão da amostra, que era realizada na mufla apresentada na Figura 10.

Figura 10. Mufla utilizada durante o processo de compostagem para determinação dos sólidos voláteis.



3.5.4. Aeração e Umidade

A aeração da pilha foi realizada a cada três dias, por meio de um revolvimento manual, com o intuito de proporcionar a entrada de oxigênio no interior da massa de resíduos. Ao fim do revolvimento, era coletada uma amostra do resíduo e encaminhada ao LABRES para posterior determinação da umidade.

A umidade era determinada com o auxílio de uma balança determinadora de umidade, que mostra em percentagem o teor de água presente na amostra analisada. A Figura 11 mostra uma fotografia da balança determinadora de umidade.

Figura 11. Balança determinadora de umidade.



3.5.5. Relação C/N

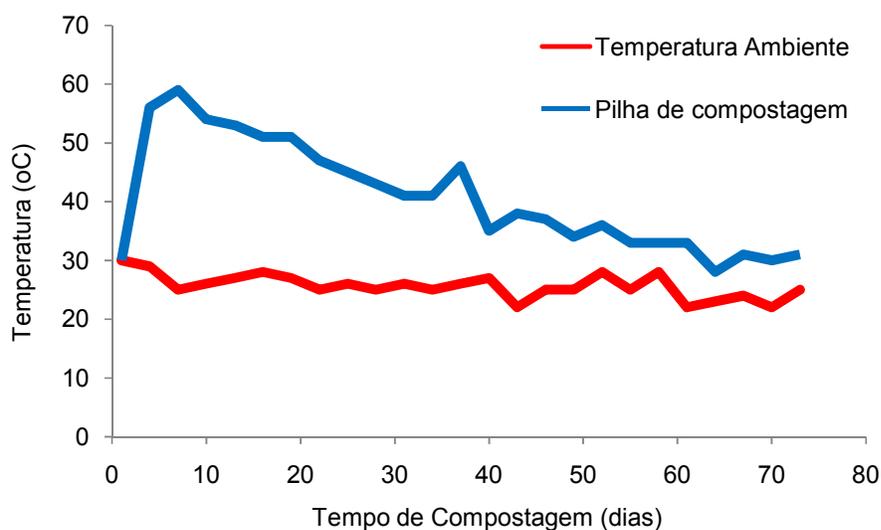
Para a análise da relação C/N foram coletadas amostras e encaminhadas ao laboratório de Solos e Nutrição de Plantas da UFCG, Câmpus de Pombal, para posterior análise. Este processo foi realizado no 1º e 73.º dia de compostagem, de modo que, por meio da obtenção e análise destes dados, fosse possível observar o comportamento da relação C/N inicial e final da mistura.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. MONITORAMENTO DO PROCESSO DE COMPOSTAGEM

Ao avaliar o comportamento da temperatura durante o processo de compostagem, observa-se que a pilha de resíduos passou pelas quatro fases citadas por Pereira Neto (2007), sejam elas: uma fase de aquecimento (primeiras 24 horas), uma fase de degradação ativa, uma de resfriamento e posteriormente uma fase de maturação. A Figura 12 ilustra o comportamento da temperatura da pilha ao longo dos 73 dias de compostagem.

Figura 12. Evolução da temperatura média da pilha ao longo do tempo.



De acordo com a Figura 12, observa-se que nas primeiras 24h a compostagem de resíduos agroindustriais já se encontrava na faixa mesofílica, na qual a temperatura registrada foi de 47°C. Segundo Sharma *et al.*(1997), as bactérias mesofílicas são, inicialmente, as responsáveis pela decomposição.

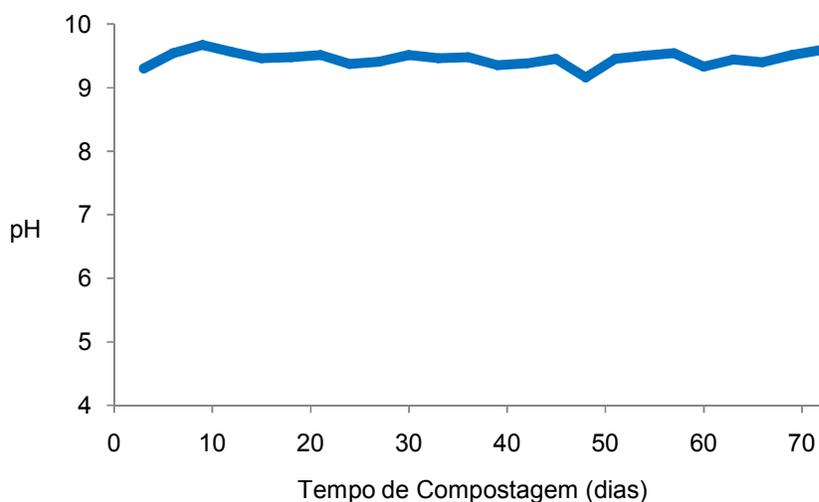
Posteriormente o resultado da atividade microbiana elevou a temperatura do composto atingindo a fase termofílica (>45°C), registrando-se um pico de temperatura de 59°C, como pode ser observado na Figura 12. Esta faixa de temperatura é de grande importância na eliminação ou redução de microorganismos

patogênicos, devendo se manter acima de 55°C de 3 a 15 dias, dependendo do método de compostagem utilizado (PEREIRA NETO, 2007; SHARMA *et al.*, 1997).

Após a ação das bactérias termofílicas a temperatura foi se reduzindo de forma que os organismos mesofílicos deram continuidade à decomposição do material. Em seguida, iniciou-se a fase de resfriamento do composto a partir da redução da atividade microbiana dando início a fase de maturação ou cura do composto.

Outro parâmetro avaliado foi o pH da massa compostada. Pode-se observar que durante todo o processo o mesmo manteve-se na faixa alcalina, registrando valores entre 9,16 e 9,67, como pode ser observado na Figura 13.

Figura 13. Evolução do pH em função do tempo.



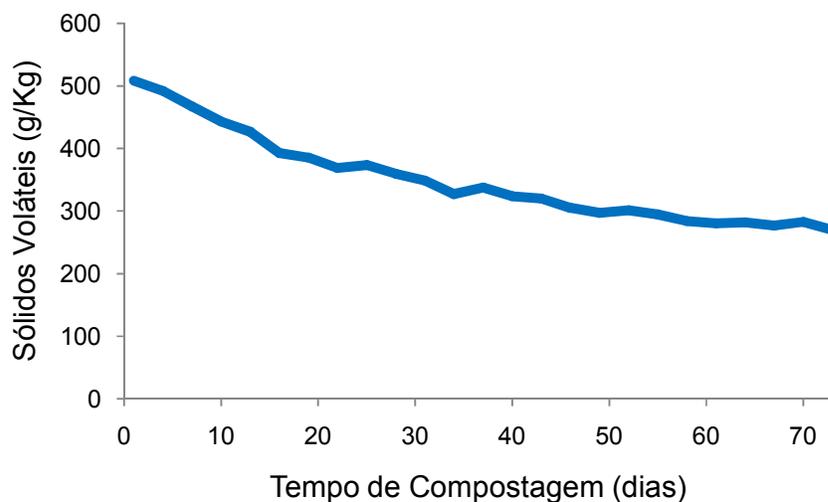
Para Tejada *et al.*(2001), altos valores de pH registrados durante a compostagem podem indicar maior disponibilidade de nitrogênio, que no decorrer do processo transforma-se de nitrogênio orgânico para nitrogênio amídico e depois em nitrogênio amoniacal, dando a massa em decomposição um pH mais elevado. O pH pode ser corrigido a partir da utilização de aditivos ou da escolha de matérias primas com diferentes reações de pH.

Costa *et al.* (2005) e Kumar *et al.*(2007) encontraram valores de pH acima da neutralidade (faixa alcalina). Pereira Neto (2007) afirma que valores altos de pH nos

compostos podem ser vistos como um grande benefício, uma vez que existe a possibilidade de serem aplicados na correção de solos ácidos.

Os sólidos voláteis foi outro parâmetro de interesse para monitoramento neste trabalho. A quantificação deste parâmetro é bastante utilizada na avaliação da degradação da matéria orgânica, uma vez que tende a diminuir à medida que a matéria orgânica é degradada. A Figura 14 esquematiza o comportamento dos sólidos voláteis ao longo dos 73 dias de compostagem.

Figura 14. Evolução de sólidos voláteis em função do tempo.



A redução média do teor de sólidos voláteis na pilha de compostagem foi bastante significativa com valor igual a 46,9%%, com uma redução de 508,18 g/kg para 269,93 g/kg. Pereira Neto (2007), em seu manual de compostagem, revela que um processo de compostagem eficiente deve apresentar uma redução média do teor inicial de sólidos voláteis de pelo menos 40%. Logo, a média obtida no estudo encontra-se em conformidade com valores citados por Pereira Neto (2007), indicando ainda que o processo de degradação da massa de compostagem ocorreu de maneira satisfatória.

4.2. CARACTERIZAÇÃO DO COMPOSTO FINAL

Com o fim do monitoramento do processo de compostagem, foi possível determinar a caracterização do composto final. A figura 15 ilustra o composto final produzido com resíduos agroindustriais.

Figura 15. Composto finalizado aos 73 dias de compostagem.



A Tabela 4 apresenta as características físico-químicas do composto orgânico.

Tabela 4. Características físico-químicas da mistura de resíduos, do composto final e os valores de referência para os parâmetros analisados especificados pela Portaria n.º 01/1983 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Parâmetros	Mistura de resíduos	Composto Final	Valor de referência da Portaria n.º 01/83 do MAPA para composto final
Nitrogênio (%)	0,94	0,47%	Mínimo de 1,0%
Umidade (%)	55,0	30%	Máximo de 40%
Relação C/N	28:1	3,55: 1	Máximo de 18:1

A Portaria n.º 01/1983 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, revela que o nitrogênio total deve ser maior que 1%. Entretanto, Pereira Neto (2007) cita que a média de nitrogênio total em compostos orgânicos é em torno de 0,76%. No processo de compostagem a mistura inicial dos materiais orgânicos apresentou um teor de nitrogênio total igual a 0,94%, enquanto que a mistura final, apresentou teor igual a 0,47%, indicando que houve uma redução de 50% no teor de nitrogênio total durante o processo. Isso se deve provavelmente à volatilização da amônia, uma vez que durante todo o processo o pH apresentou-se acima de 9,0. Esta condição é reforçada pela identificação de odores característicos de amônia durante os primeiros revolvimentos.

Da mesma forma Tiquia e Tam (2000), ao realizarem a compostagem de cama de frango com aeração forçada, verificaram perdas significativas de nitrogênio e atribuíram essas perdas ao pH, que acima de 7,0 favorece a sua volatilização na forma de amônia.

Outro parâmetro monitorado durante a compostagem de resíduos agroindustriais foi a umidade, que, para Kiehl (2001), possui grande importância na sobrevivência dos microorganismos bem como na manutenção da temperatura e na aeração do composto.

Os teores de umidade deve se manter entre 40% e 60%. Contudo, procurou-se ao longo deste processo corrigir a umidade para 55%, de modo a garantir condições favoráveis a proliferação dos microorganismos. Casos em que a umidade é muito elevada podem reduzir a disponibilidade de oxigênio, fazendo com que se desenvolva um processo de decomposição anaeróbia dos materiais orgânicos e podendo ocasionar a emissão de odores desagradáveis e perdas de nutrientes.

Tiquia *et al.* (1997) e Tiquia *et al.* (1998), estudando a compostagem de esterco suíno, observaram que o controle da umidade pode reduzir o tempo de decomposição e que a manutenção da umidade em 70% aumentou o tempo necessário para a estabilização do composto respectivamente.

A umidade do composto final foi de 30% atendendo as especificações do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, uma vez que ficou abaixo do valor máximo permitido.

A relação existente entre C e N dos resíduos utilizados como matéria prima para compostagem foi outro parâmetro de interesse para este estudo. Pode-se

perceber que a relação C/N reduziu de 28:1, no início da compostagem, para 3,55: 1, ao término do processo, demonstrando a eficiência dos microorganismos na degradação da matéria orgânica.

Bernardi (2011), testando várias proporções de resíduos de incubatórios e agroindustriais, também verificou uma relação C/N final da ordem de 3:1.

5. CONCLUSÕES

Esta pesquisa buscou realizar a compostagem de resíduos agroindustriais, monitorar e avaliar o comportamento dos parâmetros físico-químicos durante o processo de compostagem, caracterizar o composto final e por fim avaliar se o mesmo encontra-se em conformidade com padrões estabelecidos pela Portaria n.º 01/83 do MAPA.

O monitoramento e correção dos parâmetros físico-químicos ocorreram de maneira satisfatória e se mostraram bastante importantes para um adequado desempenho dos processos de degradação.

Quanto às características do composto final, pode-se perceber que o teor de nitrogênio se apresentava abaixo do valor requisitado desde o início do processo de compostagem com valor abaixo de 1,0%. A escolha de matérias-primas com um maior teor de nitrogênio e a condução de um processo de compostagem adequado certamente será capaz de produzir compostos que atendam a exigência mínima estabelecida pela lei brasileira. A umidade do composto final se deu da maneira satisfatória apresentando-se com um valor de 30%, atendendo, portanto, às especificações da Portaria do MAPA. Da mesma forma, o resultado da relação de C/N também foi considerado adequado, uma vez que esta relação reduziu de 28:1 para 3,55: 1 e ficou dentro do limite máximo de 18:1 estabelecido pela Portaria do MAPA.

Além disso, constatou-se que foi possível realizar a compostagem em regiões semiáridas com uma pilha de diâmetro e altura menores que aquelas indicadas por Pereira Neto (2007), viabilizando o tratamento destes resíduos. Por fim, pode-se concluir que o processo de compostagem realizado neste estudo mostrou-se eficiente para o tratamento de resíduos agroindustriais no semiárido paraibano,

sugerindo que novos experimentos com diferentes matérias-primas devem ser investigados.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, C. *et al.* **Guia da Reciclagem Orgânica. Resíduos Orgânicos, compostagem e digestão anaeróbica.** Gabinete de Estudos Ambientais Universidade Católica Portuguesa, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 10.004 **Resíduos Sólidos: Classificação.** Rio de Janeiro, 2004.

BARREIRA, L. P. *et al.* Usinas de compostagem do Estado de São Paulo: qualidade dos compostos e processos de produção. **Eng. sanit. ambient**, São Paulo, Vol.11, nº 4, 2006.

BERNARDI, F. H. **Uso do processo de compostagem no aproveitamento de resíduos de incubatório e outros de origem agroindustrial.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel – PR, 2011.

BRASIL. Decreto nº 86.955, de 18 de fevereiro de 1982. **Regulamenta os mecanismos de inspeção, fiscalização, produção e comércio de fertilizantes e corretivos agrícolas destinados a agricultura.** Diário Oficial da União - Seção 1 – 24 de Fevereiro, 1982.

BRASIL. **Política Nacional de Resíduos Sólidos.** Lei 12.305. Brasília, DF: Congresso Nacional, 2010.

BRASIL. Portaria nº 01, de 04 de março de 1.983. **Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento.** Diário Oficial da União, 09 de março de 1983.

BRITO, M. J. C. **Processo de compostagem de resíduos urbanos em pequena escala e potencial de utilização do composto como substrato**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) - Universidade Tiradentes, Aracajú, 2008.

BRUNI, V. **Avaliação do processo operacional de compostagem aerada de lodo de esgoto e poda vegetal em reatores fechados**. Dissertação, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2005.

CESTONARO, T. *et al.* Desempenho de diferentes substratos na decomposição de carcaça de frango de corte. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.12, 2010.

COSTA, M. S. S. de M. *et al.* Compostagem de resíduos da indústria de desfibração de algodão. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n.2, 2005.

FERNANDES, F. *et al.* Produção de fertilizante orgânico por compostagem do lodo gerado por estações de tratamento de esgoto. **Pesq. agropec. bras.**,v. 28, nº 5,1993.

FERNANDES, F.; SILVA, S. M. C. P.Da. **Manual prático para a compostagem de biossólidos**. Rio de Janeiro: ABES 1999.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. **Compostagem familiar**. Brasília, 2009.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**. Rio de Janeiro, 2008.

KIEHL, J. C. Produção de composto e vermicomposto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 212, 2001.

KUMAR, V. R. S. *et al.* Chemical Changes During Composting of Dead Birds With Caged Layer Manure. **Journal of Applied Sciences Research**, 3(10): 1100- 1104 INSI net Publication, 2007.

LEAL, M. A. de. A. **Produção e eficiência agrônômica de compostos obtidos com palhada de gramínea e leguminosa para o cultivo de hortaliças orgânicas.** Tese (Doutorado em Ciência em Agronomia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

LISBOA (PT). Decreto-Lei nº 366–A/97 de 20 de Dezembro. Ministério do Ambiente. Diário da República – I Série – A, nº 293, 1997.

LISBOA (PT). Decreto-Lei n.º 178/2006 de 05 de Setembro. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento regional. Diário da República, I série - nº. 171, 2006.

LOUREIRO, D. C. *et al.* Compostagem e vermicompostagem de resíduos domiciliares com esterco bovino para a produção de insumo orgânico. **Pesq. agropec. bras.** Brasília, v.42, n.7, 2007.

MERILLOT, J.M. Perspectives and state of the art of composting in France. In: Marco de Bertoldi, Paolo Sequi, Bert Lemmes, Tiziano Papi. **Science of Composting Part 2.** 1ªed. England: Chapman& Hall (Edit), 1996.

ORRICO, A. C. A. *et al.* Alterações físicas e microbiológicas durante a compostagem dos dejetos de cabras. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.3, 2007.

PEREIRA NETO, J. T. **Manual de Compostagem:** Processo de baixo custo. Viçosa: editor UFV, 81p, 2007.

SANTOS, T. A. P. dos. **Compostagem: Aproveitamento do lixo orgânico.** Minas Gerais, Set, 2011. Disponível em: <http://www.maesso.wordpress.com/2011/09/22/compostagem-aproveitamento-do-lixo-organico-2/>>. Acesso em: 17/04/2013.

SHARMA, V. K. *et al.* Processing off urban and agro-industrial residues by aerobic composting: a review. **Energy Conversion and Management**, Elmsford, v. 38, n. 5, 1997.

SILVA, L. M. S. e. **Compostagem de resíduos sólidos urbanos em locais contemplados com coleta seletiva**: Influência da triagem e da frequência de revolvimento. 2009. 126 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento) – Universidade Estadual de Londrina – UEL, Londrina, 2009.

SIQUEIRA, F. G. **Efeito do Teor de Nitrogênio Inoculantes e Métodos de Compostagem para Cultivo de *Agaricus blazei***. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras – UFLA Lavras, 2006.

TEJADA, M. Study of composting of cotton residues. **Bioresource Technology** , Essex, v. 79, 2001.

TIQHIA, S. M.; TAM, N. F. Y. Fate of nitrogen during composting of chicken litter. **Environmental pollution**. V. 110, n. 3, 2000.

TIQHIA, S. M. *et al.* Effects of bacterial inoculums and moisture adjustment on composting of pig manure. **Environmental Pollution**, Oxford, v. 96, n. 2, 1997.

TIQUIA, S. M. *et al.* Changes in chemical properties during composting of spent pig at different moisture contents. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 67, 1998.