

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**COMPOSTAGEM EM PEQUENA ESCALA E USO DO COMPOSTO COMO
SUBSTRATO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE TOMATE (*Lycopersicum
esculentum*)**

RAFAELA ALVES PEREIRA

**POMBAL – PB
2013**

RAFAELA ALVES PEREIRA

**COMPOSTAGEM EM PEQUENA ESCALA E USO DO COMPOSTO COMO
SUBSTRATO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE TOMATE (*Lycopersicum
esculentum*)**

Orientador: Prof. Dr. Camilo Allyson Simões Farias

Co-orientadora: Prof^a Dr^a.Caciana Cavalcante Costa

**POMBAL-PB
2013**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS

RAFAELA ALVES PEREIRA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Sistemas Agroindustriais da Universidade Federal de Campina Grande (CCTA/UFCG), como requisito para obtenção do grau de Mestre em Sistemas Agroindustriais.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Camilo Allyson Simões Farias
Orientador

Prof. Dr. José Cleidimário Araújo Leite
Examinador interno

Prof. Dr. Valmir Cristiano Marques de Arruda
Examinador externo

Ao meu pai (*in memoriam*) pelo
amor incondicional.

OFEREÇO

À minha mãe, Rita Alves, pelo
esforço para minha formação e
a ajuda para superar cada
obstáculo em meu caminho.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela sua infinita bondade e misericórdia. Por ter dado a mim a capacidade de realização deste trabalho e principalmente por estar sempre presente nos meus momentos mais difíceis.

À minha família que esteve sempre comigo durante esses dois anos de dificuldades.

Ao professor Camilo Allyson Simões Farias pela orientação deste trabalho, mas, sobretudo pela paciência e disposição em partilhar seus conhecimentos.

À professora Caciana Cavalcante Costa pela co-orientação deste trabalho.

Aos professores Alexandre Paiva da Silva e José Cleidimário Araújo Leite pelas contribuições no meu Exame de Qualificação.

Ao professor Valmir Cristiano Marques de Arruda pela disposição em participar da minha dissertação.

A todos aqueles que foram mestres quando poderiam ser apenas professores; àqueles, que acima de tudo, se tornaram meus amigos; e aos que foram apenas professores, mas que repassaram seus conhecimentos da melhor maneira possível, contribuindo para a minha formação profissional. Em especial aos professores: Adriana Lima, Josinaldo Lopes e Patrício Maracajá.

Ao técnico do Laboratório de Resíduos Sólidos, Emanuel Tarcísio, pela fundamental participação na execução deste trabalho, a quem devo muito pela paciência e humildade.

Aos colegas: Alan Del Carlos e Talita Pedrosa pela contribuição.

A Helton Silva, pelo auxílio nesse trabalho e, sobretudo pelo incentivo.

Aos amigos de mestrado: Joice, Roberta, Karoline, Vitória e Débora Samara pelo carinho e atenção.

Enfim, a todos que de alguma forma contribuíram para realização deste trabalho. Sem a ajuda de todos jamais teria chegado até aqui.

Muito obrigada!!

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 13 |
| 2. OBJETIVOS | 15 |
| 2.1. Objetivo geral | 15 |
| 2.2. Objetivos específicos..... | 15 |
| 3. REVISÃO DE LITERATURA..... | 16 |
| 3.1. Os Resíduos Sólidos | 16 |
| 3.2. Compostagem: O Processo..... | 17 |
| 3.2.1. Compostagem em Pequena Escala | 18 |
| 3.2.2. Parâmetros Intervenientes no Processo | 20 |
| 3.2.2.1. Temperatura..... | 20 |
| 3.2.2.2. pH | 20 |
| 3.2.2.3. Aeração..... | 20 |
| 3.2.2.4. Umidade | 20 |
| 3.2.2.5. Relação C/N..... | 21 |
| 3.2.2.6. Sólidos Voláteis..... | 21 |
| 3.2.2.7. Granulometria..... | 21 |
| 3.2.2.8. Nutrientes..... | 22 |
| 3.3. Qualidade do Composto Orgânico Final | 22 |
| 3.4. O Composto Orgânico como Substrato para Germinação de Hortaliças | 23 |
| 4. MATERIAL E MÉTODOS..... | 25 |
| 4.1. Processo de Compostagem..... | 25 |
| 4.1.1. Local do Experimento..... | 25 |
| 4.1.2. Matéria prima utilizada..... | 27 |
| 4.1.3. Montagem e Característica das Pilhas | 28 |
| 4.1.4. Caracterização Físico-Química dos Resíduos Utilizados | 29 |
| 4.1.5. Monitoramento dos Parâmetros Intervenientes no Processo | 31 |
| 4.1.5.1. Temperatura..... | 31 |
| 4.1.5.2. pH | 32 |
| 4.1.5.3. Umidade | 32 |
| 4.1.5.4. Sólidos Voláteis..... | 33 |
| 4.1.5.5. Redução de Massa Seca..... | 34 |
| 4.2. Maturação dos Compostos Orgânicos | 34 |

| | |
|---|-----------|
| 4.3. Qualidade do Composto Final | 35 |
| 4.4. Desempenho de Compostos Orgânicos na Germinação de Tomateiro (<i>Lycopersicum esculentum</i>)..... | 37 |
| 4.4.1. Local do Experimento..... | 37 |
| 4.4.2. Caracterização da Área de Cultivo | 37 |
| 4.4.3. Preparo de Substratos | 37 |
| 4.4.4. Granulometria dos Compostos Orgânicos Utilizados na Formulação dos Substratos | 37 |
| 4.4.5. Condução do Experimento e Tratos Culturais | 38 |
| 4.4.6. Tratamentos e Delineamento Utilizados..... | 39 |
| 4.4.7. Variável Analisada: | 39 |
| 4.4.8. Análises Estatísticas: | 39 |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 40 |
| 5.1. Avaliação do Processo de Compostagem:..... | 40 |
| 5.1.1. Monitoramento da Temperatura..... | 40 |
| 5.1.2. Monitoramento dos Sólidos Voláteis | 41 |
| 5.1.3. Avaliação dos Índices de pH..... | 42 |
| 5.1.4. Estimativa da Redução de Massa dos Tratamentos..... | 44 |
| 5.1.5. Maturidade dos Compostos Orgânicos..... | 45 |
| 5.1.5.1. Condutividade elétrica..... | 45 |
| 5.1.5.2. DQO | 45 |
| 5.1.5.3. Relação C/N: | 46 |
| 5.1.6. Avaliação da Qualidade dos Compostos Finais | 47 |
| 5.2. Avaliação de Compostos Orgânicos como Substrato na Germinação de Tomateiro (<i>Lycopersicum esculentum</i>): | 48 |
| 6. CONCLUSÕES..... | 51 |
| 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 52 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|-----|
| Figura 1. Curva padrão de temperatura com alterações comuns a todo processo de compostagem. Fonte: KIEHL (1985) | 18 |
| Figura 2. Processos de compostagem em pilhas (à esquerda) e em leira (à direita). | 19 |
| Figura 3. Estrutura em solo compactado para realização da compostagem..... | 25 |
| Figura 4. Estrutura em piso de concreto para realização da compostagem..... | 26 |
| Figura 5. Fluxograma representativo do processo de compostagem de resíduos sólidos agroindustriais | 27 |
| Figura 6. Resíduos utilizados no processo de compostagem, sendo (a) mistura de marmeleiro e jurema-preta; (b) cascas de banana; e (c) esterco ovino. | 288 |
| Figura 7. Montagem da pilha de resíduos orgânicos agroindustriais sobre solo compactado. | 30 |
| Figura 8. Termômetro digital utilizado para o monitoramento das temperaturas médias e ambiente. | 31 |
| Figura 9. Peagâmetro utilizado para o monitoramento dos índices de pH. | 32 |
| Figura 10. Balança Determinadora de Umidade utilizada na avaliação dos valores de umidade das pilhas. | 33 |
| Figura 11. Balança comercial para pesagem da massa seca. | 34 |
| Figura 12. Temperaturas médias ao longo do processo de compostagem. | 40 |
| Figura 13. Valores médios de sólidos voláteis para a pilha do solo e do pátio. | 42 |
| Figura 14. Variação do pH da pilha do solo e do pátio em função dos dias de compostagem | 43 |
| Figura 15. Redução da massa seca da pilha do solo e do pátio..... | 44 |
| Figura 16. Valores da granulometria dos compostos orgânicos produzidos no solo e no pátio..... | 48 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1. Garantias mínimas exigidas para que um composto seja comercializado de acordo com a IN n.º 23 de 31 de agosto de 2005. | 22 |
| Tabela 2. Caracterização físico-química dos resíduos agroindustriais utilizados, Pombal-PB, 2012. | 29 |
| Tabela 3: Massa de resíduos utilizados em cada pilha de compostagem de resíduos agroindustriais, Pombal-PB, 2013. | 31 |
| Tabela 4: Caracterização química dos substratos formulados a base de compostos orgânicos produzidos..... | 38 |
| Tabela 5. Redução da massa de compostagem no período de 73 dias. | 42 |
| Tabela 5. Valores finais de condutividade elétrica dos compostos produzidos..... | 44 |
| Tabela 6. Valores de carbono orgânico e demanda química de oxigênio..... | 45 |
| Tabela 7. Valores de Carbono Orgânico e Demanda Química de Oxigênio..... | 46 |
| Tabela 8. Relação C/N inicial e final dos compostos produzidos. | 46 |
| Tabela 9. Características físico-químicas dos compostos finais e valores de referência para os parâmetros analisados especificados pela IN n.º 23/2005..... | 49 |
| Tabela 10. Valores de pH e condutividade elétrica dos substratos avaliados. | 49 |
| Tabela 11. Porcentagem de germinação de mudas de tomateiro em função de diferentes substratos à base de composto orgânico..... | 50 |

RESUMO

Os processos de compostagem têm se estabelecido como forma eficiente de minimizar a problemática ambiental e de reduzir o volume de resíduos sólidos orgânicos descartados. Esse trabalho tem como objetivo estudar processos de compostagem em pequena escala em uma região semiárida do estado da Paraíba, como uma alternativa para a problemática dos resíduos sólidos orgânicos agroindustriais. Para isso, duas pilhas de compostagem foram montadas, sendo uma diretamente em solo batido e outra em pátio pavimentado, e monitoradas observando-se os parâmetros temperatura, umidade, pH, redução de massa seca e sólidos voláteis, durante 73 dias. A maturação foi avaliada por meio da relação C/N, DQO e condutividade elétrica. Para caracterização do composto final, foram utilizados o nitrogênio total, pH, umidade e relação C/N. Os compostos produzidos foram também usados para verificar a germinação de tomate considerando várias proporções (0%; 10%, 20% e 40%) de compostos misturados a um solo regional. Assim como na compostagem realizada sobre o pátio, o tratamento no solo também atingiu temperaturas entre 55 e 60°C. O composto produzido diretamente no solo apresentou um melhor desempenho com relação aos sólidos voláteis, com redução do seu valor inicial em 69,94%. As análises sobre maturação indicam que os compostos orgânicos estudados estavam maturados aos 73 dias de cura, indicando que a aplicação de métodos simples é considerada segura para verificação de processos de compostagem. Os compostos à base de resíduos agroindustriais alcançaram praticamente todos os requisitos exigidos pela legislação brasileira. Os substratos obtidos com o composto produzido no solo alcançaram um melhor desempenho na germinação do tomate quando comparado com os substratos que utilizaram o composto produzido no pátio. Os processos de compostagem em pequena escala mostraram-se eficazes para o tratamento de resíduos agroindustriais no semiárido paraibano e os substratos derivados revelaram-se adequados para germinação do tomateiro.

Palavras-chave: resíduos sólidos orgânicos, substrato alternativo, produção de mudas.

ABSTRACT

Composting processes have established themselves as efficient procedures for minimizing environmental issues and reducing the volume of discarded organic solid wastes. This work aims at studying small scale composting processes as a useful alternative for tackling agroindustrial residues issues in a semiarid region of Paraíba State, Brazil. For this, two compost piles were set (one placed on compacted soil and the other one on a concrete patio) and monitored by observing parameters such as temperature, moisture, pH, reduction in dry matter and volatile solids for 73 days. The maturity was assessed by the C/N ratio, electrical conductivity, and chemical oxygen demand. The characterization of the final compound was carried out by using total nitrogen, pH, moisture and C/N ratio. The produced compounds were also used to check the germination of tomato considering various proportions (0%, 10%, 20% and 40%) of compound mixed with a regional soil. As the composting process conducted on the patio, the treatment on soil also achieved temperatures between 55 and 60°C during the process. As for the volatile solids, the compounds produced directly on soil outperformed those obtained on concrete patio, with reduction of its initial value of about 69.94%. The results suggest that the studied organic compounds were matured at 73 days of cure, indicating that the application of simple methods is considered to be safe for verifying composting processes. The compounds based on agroindustrial wastes reached almost all the requirements requested by Brazilian law. Regarding to the performance of tomato germination, the substrates obtained from the soil-based compounds outperformed those using the compounds produced in concrete patio. The small scale composting processes were shown to be effective for treating agroindustrial wastes in semiarid Paraíba, Brazil, and the derived substrates have proved to be suitable for germination of tomato.

Keywords: organic wastes, alternative substrate, seedling production.

1. INTRODUÇÃO

Um dos maiores desafios da sociedade contemporânea é o estabelecimento de um sistema amplo e eficaz de gerenciamento de resíduos sólidos. O acentuado crescimento populacional faz com que os sistemas agropecuários e agroindustriais aumentem sua produção a fim de suprir o grande consumo por parte da população. Dessa forma, o aumento da produção tem gerado uma grande quantidade de resíduos, constituindo assim um problema de ordem social, econômica e ecológica (VERAS & POVINELLI, 2004).

A atividade agropecuária, por ser uma das fontes geradoras de matéria-prima para sociedade, origina uma importante quantidade de resíduos, os quais nem sempre possuem uma destinação adequada. Dentre os diversos resíduos gerados pelas atividades agropecuárias, o manejo de dejetos de animais gerados em regime de pastejo se faz necessário não só nos grandes setores agropecuários, como também nas pequenas propriedades, pois em muitas delas a falta de estrutura para reter e tratar os dejetos transforma um problema particular de gerenciamento em um grande problema ambiental.

As atividades agroindustriais também originam diversos resíduos e subprodutos ao longo da sua cadeia produtiva. Entre os resíduos gerados, existe uma grande diversidade de resíduos sólidos orgânicos, como, por exemplo: palhadas de culturas, capins, restos de frutas e podas, resíduos provenientes do beneficiamento da produção agrícola e outros (SILVA, 2007).

Pressões ambientais e sociais têm incentivado a busca imediata por soluções para os resíduos sólidos orgânicos, visto que a sua taxa de geração é bem superior a sua taxa de degradação no meio ambiente (FIORI et al., 2008).

Em 2010 foi sancionada a Lei 12.305, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos no Brasil. Uma das diretrizes fundamentais estabelecidas por esta lei foi à ordem de prioridade para a gestão dos resíduos sólidos, que passou a seguir a seguinte sequência: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010).

Para o tratamento biológico de resíduos orgânicos, há um destaque especial para compostagem, por diminuir o potencial poluidor e contaminante dos resíduos e convertê-los em um composto orgânico capaz de repor os nutrientes no solo (DOMÍNGUEZ E GÓMEZ, 2010).

De acordo com Inácio e Miller (2009), a compostagem pode ser definida como um processo controlado, caracterizado pela decomposição aeróbica dos materiais orgânicos por meio de microrganismos, que utilizam a matéria orgânica como fonte de energia para o seu crescimento e, conseqüentemente, transforma compostos químicos complexos em estruturas mais simples.

Segundo Kumyia et al. (2009), a compostagem não atende somente aos aspectos sanitários e à diminuição de resíduos enviados aos aterros, mas também aos aspectos sociais, ecológicos e econômicos, tornando-se a melhor alternativa para o gerenciamento e transformação dos resíduos orgânicos.

Como a compostagem em grande escala exige um investimento significativo em transporte, energia, instalações, entre outros, a compostagem em pequena escala se torna uma alternativa importante, principalmente para pequenas propriedades agrícolas ou agroindústrias que muitas vezes não dispõem da quantidade de resíduos necessária para a realização do processo em grande escala (FUREDY, 2001).

Apesar da compostagem ser uma alternativa útil para a problemática dos resíduos orgânicos, ainda são necessários estudos sobre os parâmetros intervenientes no processo em pequena escala. Sendo assim, é importante demonstrar que a compostagem em pequena escala também atende aos requisitos necessários para obtenção de um produto final de boa qualidade em um período adequado.

Neste trabalho apresenta-se um estudo de processos de compostagem em pequena escala em uma região semiárida do estado da Paraíba, como uma alternativa para a problemática dos resíduos sólidos orgânicos agroindustriais.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar o potencial de diferentes processos de compostagem em pequena escala para as condições do sertão paraibano bem como o uso dos compostos orgânicos no desempenho de substratos, na germinação de sementes de tomate.

2.2. Objetivos específicos

- Caracterizar os processos de compostagem em pequena escala por meio de parâmetros físico-químicos.
- Avaliar a maturidade dos compostos orgânicos.
- Avaliar a qualidade final dos compostos de acordo com a legislação vigente.
- Avaliar a eficiência dos processos realizados sob duas superfícies diferentes, um diretamente em solo compactado e outro sobre um pátio de concreto.
- Avaliar o desempenho de substratos a base dos compostos orgânicos na germinação do tomateiro.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Os Resíduos Sólidos

Dentre as grandes preocupações do mundo moderno, uma das que estão sendo primordialmente discutidas é a geração descontrolada de resíduos sólidos. Diariamente é produzido no Brasil cerca de 240 mil toneladas de lixo, um total de 87,6 milhões de toneladas ao ano (SANTOS et al., 2008).

Segundo a NBR 10.004 (ABNT, 2004), *Residum*, do latim, significa o que sobra de determinadas substâncias, e *Sólido* é utilizado para diferenciá-lo de líquidos e gases. Sendo assim, resíduos sólidos são todos aqueles no estado sólido ou semissólido, que resultam da atividade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola e outros. Entretanto, apesar dessa definição etimológica, alguns gases e líquidos também são considerados resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

Em geral, os resíduos são divididos em materiais orgânicos (papel, restos de culturas e sobras diversas) e inorgânicos (vidro, metal e plástico). Quando os resíduos orgânicos são descartados no meio ambiente de forma indiscriminada e sem qualquer tipo de controle, passam por uma bioestabilização aeróbia ou anaeróbia, propiciando o surgimento do chorume, um líquido de cor escura com elevada DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), concentração de ácidos graxos voláteis e, em alguns casos, concentração de metais pesados (LUNA et al., 2009).

De acordo com a NBR 10.004 (ABNT, 2004), os resíduos podem ser enquadrados quanto aos riscos potenciais de contaminação do meio ambiente nas seguintes classes:

- a) **Resíduos classe I** - perigosos: são aqueles que apresentam inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade. Esses resíduos apresentam risco à saúde pública, provocando mortalidade, incidência de doenças ou acentuando seus índices ou riscos ao meio ambiente quando gerenciados de forma inadequada.
- b) **Resíduos classe II** – não perigosos: subdividem-se em classe II A – não inertes e classe II B – inertes.

- **Resíduos classe II A** - não perigosos e não inertes: apresentam propriedades como combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água, podendo acarretar riscos à saúde ou ao meio ambiente.
- **Resíduos classe II B** - não perigosos e inertes: são os resíduos que, quando submetidos a um contato dinâmico ou estático com água destilada ou ionizada, à temperatura ambiente, não tenham nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, excetuando-se, aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

Assim, os resíduos sólidos orgânicos utilizados nesse estudo são resíduos de Classe II A – não perigosos e não inertes, devido ao seu potencial de biodegradabilidade.

3.2. Processo de Compostagem

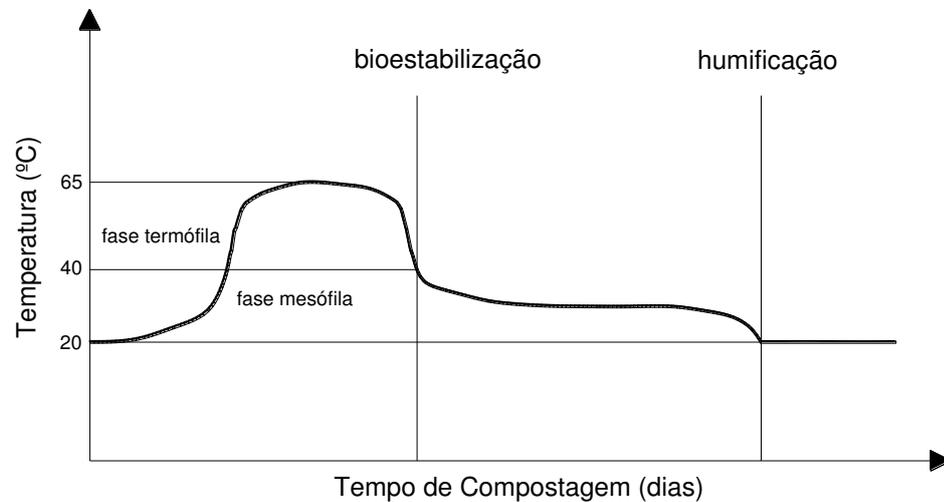
Segundo Kiehl (2002), a compostagem foi desenvolvida com a finalidade de se obter mais rapidamente e em melhores condições a estabilização dos materiais orgânicos.

De acordo com Bidone (2001), a compostagem é um processo biológico aeróbio e controlado, no qual ocorre a transformação de resíduos orgânicos em resíduos estabilizados, com propriedades e características completamente diferentes do material que lhe deu origem.

O processo de compostagem ocorre em duas fases distintas: a fase de degradação ativa ou bioestabilização e a fase de maturação. Na bioestabilização ocorre a oxidação dos materiais orgânicos e a eliminação da maioria dos microrganismos patogênicos, devido à existência de um período com temperaturas termófilas (40 a 65 °C). Na fase de maturação, o processo ocorre a temperaturas entre 35 e 40 °C. Quando o material atinge temperaturas próximas à temperatura ambiente, pode-se dizer que o material se encontra humificado e mineralizado (KIEHL, 1985).

A Figura 1 apresenta uma curva padrão onde ocorrem as alterações de temperatura comuns a todo processo de compostagem bem sucedido.

Figura 1. Curva padrão de temperatura com alterações comuns a todo processo de compostagem.



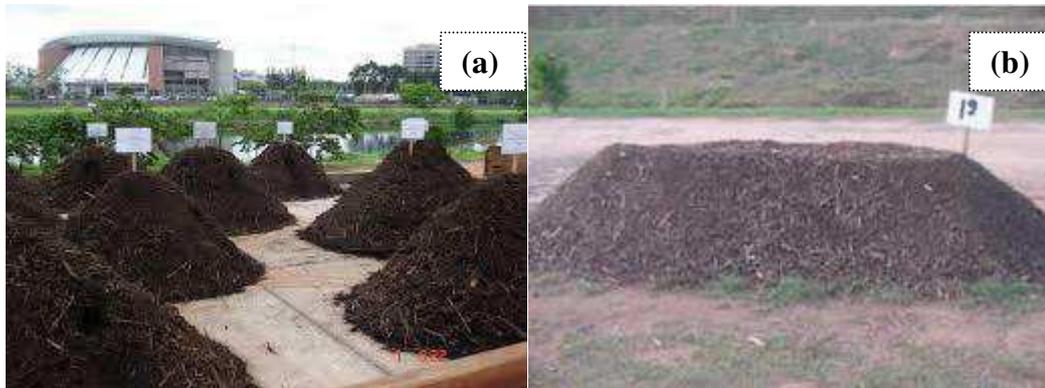
Fonte: Adaptado de KIEHL (1985).

No início da compostagem, a matéria orgânica passa rapidamente da temperatura ambiente para a fase de temperatura mesófila (35 a 40 °C), posteriormente atingindo a fase termófila. Segundo Tang et al. (2004), quando os resíduos são empilhados, inicia-se através da flora mesofílica o processo degradativo dos resíduos. Como o metabolismo dos microrganismos é exotérmico, parte do calor gerado durante a oxidação da matéria orgânica acumula-se no interior da pilha e, com condições favoráveis (umidade, aeração, nutrientes etc.), os microrganismos mesófilos multiplicam-se. A grande quantidade de microrganismos aumenta a atividade de degradação e, conseqüentemente, a temperatura atinge rapidamente a faixa termófila. Quando a temperatura retorna à faixa entre 35°C e 40°C, o composto está pronto para ser maturado (KIEHL, 1985).

3.2.1. Compostagem em Pequena Escala

Atualmente, vem sendo realizada a classificação para a compostagem de acordo com a escala em que o composto é produzido. Segundo Marques e Hogland (2002), os processos podem ser classificados como de grande (usinas de compostagem), média (leiras ou pilhas com volumes superiores a 3m³) ou pequena escala (realizadas em composteiras, leiras ou pilhas com volumes inferiores a 3m³). Na Figura 2 é possível diferenciar o processo de compostagem realizado em pilhas e leiras.

Figura 2. Processos de compostagem em pilhas (a) e em leira (b).



Fonte: www.drapn.min-agricultura.pt

A compostagem em grande escala, por meio de usinas de compostagem, muitas vezes deixa de ser praticada devido à falta de informação e à falta de recursos financeiros para sua implantação. Já a compostagem de médio porte, de forma descentralizada, torna-se limitada em ambientes urbanos, por falta de espaço, assim como em pequenas propriedades agrícolas por não disporem de uma quantidade de resíduo suficiente para montagem das leiras ou pilhas. Além de ocuparem uma área consideravelmente grande e por causa do difícil revolvimento, podem resultar na produção de um composto heterogêneo e de baixa qualidade (BRITO, 2008).

A compostagem em pequena escala, realizada de forma descentralizada, proporciona uma economia significativa de energia e custos de transporte de resíduos sólidos, assim como uma redução substancial da emissão de poluentes, uma vez que o resíduo recebe uma destinação adequada e no próprio local onde é gerado (MARQUES E HOGLAND, 2002).

Por se tratar de um processo em pequena escala, alguns parâmetros devem ser mais bem monitorados, visto que há poucas pesquisas sobre essa temática. Dessa forma, é importante a obtenção de maiores informações sobre o processo, tendo em vista que a compostagem em pequena escala tem suas particularidades.

3.2.2. Parâmetros Intervenientes no Processo

De acordo com Santos (2007), a temperatura, os valores de pH, aeração, umidade e a relação C/N são os fatores que mais interferem no processo de compostagem.

3.2.2.1. Temperatura

Constitui um dos fatores mais indicativos da eficiência do processo de compostagem. Segundo Pereira Neto (2007), a taxa de decomposição é máxima a temperaturas entre 45°C e 55°C. No entanto, é necessário que durante o processo as temperaturas atinjam valores superiores a 55°C, de forma a assegurar a higienização, ou seja, a destruição de microrganismos patogênicos e de sementes de ervas daninhas.

3.2.2.2. pH

Um pH entre 6,0 e 8,0 é o mais adequado aos microrganismos presentes na compostagem (SANTOS, 2007). O pH do composto aumenta à medida que o processo se desenvolve, atingindo, na maioria das vezes, níveis superiores a 8,0 (KIEHL, 2004). Entretanto, o valor final de pH em um composto vai depender muito das matérias-primas e do processo de compostagem adotados(SANTOS, 2007).

3.2.2.3. Aeração

O revolvimento das pilhas ou leiras de compostagem, além de fornecer oxigênio, proporciona a dissipação de altas temperaturas; favorece a degradação dos materiais orgânicos, por meio do aumento da velocidade de oxidação; diminui a liberação de odores; e reduz o excesso de umidade dos materiais em decomposição (KIEHL, 2004).

3.2.2.4. Umidade

A presença de água é fundamental para suprir as necessidades fisiológicas dos microrganismos, já que se trata de um processo biológico de decomposição dos materiais orgânicos. O processo ideal de compostagem é mantido com um teor de umidade na ordem de

55%. Umidades superiores a 60% promovem o surgimento da anaerobiose, gerando lixiviados (chorume) e odores desagradáveis. Já valores de umidade inferiores a 40% limitam a atividade microbiológica, reduzindo a velocidade de degradação dos resíduos em processos de compostagem (REIS et al., 2004).

3.2.2.5. Relação C/N

O carbono e o nitrogênio são os elementos mais importantes para a decomposição microbiológica. O carbono é fonte básica de energia para as atividades vitais dos microrganismos. Já o nitrogênio é um componente essencial das proteínas, ácidos nucleicos, aminoácidos, enzimas e coenzimas necessárias ao crescimento e funcionamento celular. Na decomposição, os microrganismos utilizam em torno de 25 a 30 partes de carbono para cada parte de nitrogênio assimilada (CASTILLO et al., 2010). Assim, uma alta proporção C/N resultará no retardamento do processo, já que os microrganismos não serão capazes de digerir todo carbono presente. E no caso de baixa C/N, ocorre anaerobiose, pois todo o oxigênio é consumido rapidamente.

3.2.2.6. Sólidos Voláteis

Segundo Pereira Neto (2007), sólidos voláteis constituem um parâmetro a partir do qual se monitora o estágio de degradação da massa de compostagem, e conseqüentemente, a eficiência do processo. Um processo considerado eficiente deve apresentar redução média do teor inicial de sólidos voláteis de 40%. A porcentagem de sólidos voláteis tende a diminuir à medida que a matéria orgânica é degradada, ocorrendo o aumento no percentual de sólidos fixos (QUEIROZ, 2007).

3.2.2.7. Granulometria

É também um fator importante e que tem forte influência na eficiência do processo de compostagem. De modo geral, o tamanho ideal das partículas estar entre 10 e 50 mm para a obtenção de resultados satisfatórios (PEREIRA NETO, 2007). Quanto mais fina é a granulometria, maior é a área exposta à atividade microbiana. Isso promove o aumento das reações bioquímicas e conseqüentemente da decomposição, visto que aumenta a área

superficial em contato com os microrganismos e o oxigênio. Entretanto, Rodrigues et al.; (2006) explicam que materiais com granulação muito fina geram poucos espaços porosos, dificultando a difusão de oxigênio no interior da pilha e favorecendo assim o surgimento de condições anaeróbias. Por outro lado, partículas muito grandes podem retardar a compostagem por reterem pouca umidade e apresentarem menor superfície de contato com os microrganismos.

3.2.2.8. Nutrientes

A variedade final de nutrientes no composto é dependente da composição dos resíduos no início do processo (CASTILLO et al., 2010). Quanto mais diversificados forem os resíduos orgânicos, mais variados serão os nutrientes, e conseqüentemente, a população de microrganismos, que influenciam diretamente na velocidade de degradação (PEREIRA NETO, 2007).

3.3. Qualidade do Composto Orgânico Final

De acordo com a IN (Instrução Normativa) n.º 23, de 31 de agosto de 2005, tendo em vista as disposições contidas no Decreto n.º 4.954, de 14 de janeiro de 2004, que regulamenta a Lei n.º 6.894, de 16 de dezembro de 1980, os compostos orgânicos devem ter as garantias mostradas na Tabela 1 para serem considerados de qualidade (BRASIL, 2010).

Tabela 1. Garantias mínimas exigidas para que um composto seja comercializado de acordo com a IN n.º 23/ 2005.

| PARÂMETROS AVALIADOS | VALORES MÍNIMOS | VALORES MÁXIMOS |
|-------------------------|--------------------|--------------------|
| Matéria orgânica total | 40% | - |
| Nitrogênio | 1% | - |
| Relação C/N | - | 18:1 |
| Índice de pH | 6 | - |
| Umidade | - | 50% |

Uma vez atendendo as especificações da legislação, o composto orgânico pode ser usado na produção de substratos agrícolas utilizados na produção de hortaliças, plantas

ornamentais e de espécies florestais; no combate à erosão; na recuperação de solos degradados, entre outros.

Um dos maiores entraves à aceitação e à disseminação de substratos alternativos está relacionado ao baixo número de informações sobre a sua caracterização e à resposta agrônômica em diferentes culturas, principalmente porque estes aspectos são diferenciados de acordo com o material e sua origem (ANTONIOLLI et al., 2009).

3.4. O Composto Orgânico como Substrato para Germinação de Hortaliças

Entre as práticas culturais que garantem uma boa produtividade de hortaliças, se destaca a produção de mudas, influenciando diretamente no desempenho final da planta, tanto do ponto de vista nutricional como do produtivo (CAMPANHARO et al., 2006).

Uma alternativa viável como forma de reduzir os custos, reutilizar e dá uma destinação correta aos resíduos gerados é a utilização de substratos formulados a partir de resíduos agroindustriais e da agropecuária. Entre os materiais com alto potencial de utilização em substratos, encontra-se o composto orgânico, que além de ser fonte de matéria orgânica e de nutrientes para as mudas, representa uma forma de reciclagem (LUSTOSA FILHO et al., 2012)

O substrato deve ser favorável para a sustentação das plantas por suas características químicas e físicas, que auxiliam na retenção de quantidades suficientes e necessárias de água e oxigênio, além de oferecer pH compatível, ausência de elementos químicos em teores tóxicos, condutividade elétrica e quantidade adequada de nutrientes (GUERRINI E TRIGUEIRO, 2004).

Percebe-se que os substratos têm sido utilizados em quantidades calculadas aleatoriamente, muitas vezes acima ou abaixo das reais necessidades das culturas. Essa falta de critério tem levado a insucessos, o que pode resultar na falta de interesse por parte dos agricultores na utilização destes materiais (TRANI et al., 2007). Contudo, alguns trabalhos são encontrados na literatura exemplificando resultados satisfatórios alcançados com composições de substratos para produção de hortaliças cultivadas com composto orgânico.

Leal et al. (2007), avaliando substratos para a produção de mudas de hortaliças, evidenciaram que compostos orgânicos produzidos com a mistura de 66% de Crotalaria (*Crotalaria juncea* L.) e 33% de capim Napier (*Pennisetum purpureum* Schum.) podem ser utilizados na composição de substratos para produção de mudas de tomate.

Rodrigues et al. (2010), ao investigar em produção de mudas de tomateiro utilizando diferentes substratos à base de solo e composto orgânico, verificaram que o substrato com 7% de composto orgânico foi a composição mais viável para o crescimento das mudas.

Campanharo et al. (2006), utilizando esterco de curral e casca de café em compostagem, indicaram a possibilidade de utilizar 33,3% de composto orgânico na formulação do substrato para a formação de mudas de tomateiro, pois além de ser uma opção econômica que reduz custos de produção, é uma alternativa para a reciclagem e emprego de subprodutos da agroindústria.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Processo de Compostagem

4.1.1. Local do Experimento

O presente estudo foi realizado no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Câmpus de Pombal-PB. O experimento foi conduzido no período de abril a julho de 2012.

O processo de compostagem foi realizado em duas superfícies: uma diretamente em solo do tipo Neossolo Flúvico, sendo batido e com declividade de 2% e outra em piso de concreto, com declividade de 2%, de forma a permitir o escoamento de lixiviados. As estruturas estão localizadas nas dependências do Câmpus de Pombal-PB, sendo considerados anexos do LABRES (Laboratório de Resíduos Sólidos), conforme as Figura 3 e 4.

Figura 3. Estrutura em solo compactado para realização da compostagem.



Fonte: LABRES, 2012

Figura 4. Estrutura em piso de concreto para realização da compostagem.



Fonte: LABRES, 2012.

Na Figura 5 mostra-se um fluxograma do processo de compostagem realizado nas duas superfícies, desde a recepção dos resíduos até a obtenção do composto final.

Figura 5. Fluxograma representativo do processo de compostagem de resíduos sólidos agroindustriais



4.1.2. Matéria prima utilizada

Os resíduos orgânicos utilizados no processo de compostagem foram: casca de banana, provenientes da fábrica de doce DIANA, Pombal - PB; esterco ovino, originado de propriedades vizinhas ao Câmpus da UFCG, Pombal - PB; e podas de marmeleiro e jurema-preta obtidas no próprio Câmpus da UFCG.

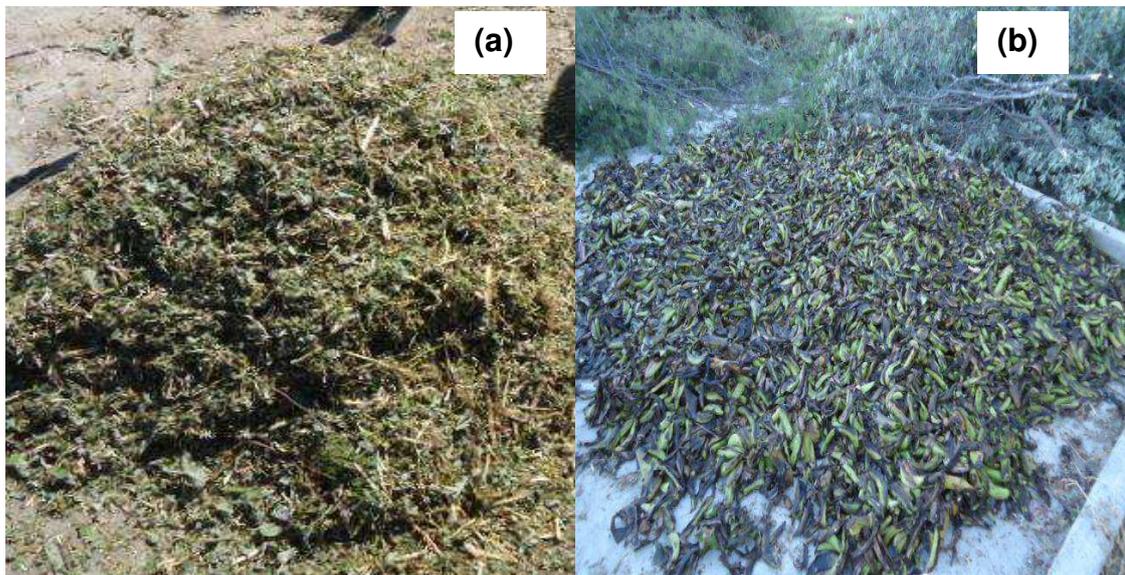
Geralmente, as cascas de bananas da fábrica DIANA são utilizadas na alimentação animal, ou são simplesmente descartadas. O esterco é um resíduo agropecuário que apresenta um grande potencial poluente. Em Pombal-PB, a criação de ovinos gera uma considerável quantidade de dejetos que normalmente é dada pouca importância ou nenhum valor comercial

pelos pequenos produtores. Já a jurema preta (*Mimosa tenuiflora* Willd. Poir) e o marmeleiro (*Croton sonderianus* Mull. Arg) são espécies arbóreas comuns da caatinga que são muito utilizadas para obtenção de forragem para os animais.

4.1.3. Montagem e Característica das Pilhas

Os resíduos coletados foram transferidos para o pátio de compostagem onde receberam um pré-tratamento (triagem e trituração com um triturador de resíduos sólidos orgânicos Modelo Tr 200). Esses resíduos foram escolhidos em função da disponibilidade, visto que as suas gerações na cidade são consideráveis e que os mesmos nem sempre possuem um destino final adequado. Os resíduos utilizados neste estudo estão apresentados na Figura 6.

Figura 6. Resíduos utilizados no processo de compostagem, sendo (a) mistura de marmeleiro e jurema-preta; (b) cascas de banana; e (c) esterco ovino.





Fonte: LABRES, 2012.

4.1.4. Caracterização Físico-Química dos Resíduos Utilizados

Todos os resíduos utilizados no processo de compostagem foram previamente caracterizados por meio de análises físicas e químicas. Os parâmetros encontram-se apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Caracterização físico-química dos resíduos agroindustriais utilizados.

| 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% |
| Mat. Orgânica (%) | 43,9% | 39,82% | 43,96% | 50,17% |

Após serem triturados, os resíduos foram misturados para montar duas pilhas com diâmetro de 1,5 m e altura de 0,8 m, acumulando-se uma massa total de 500 kg em cada, o que caracteriza os processos de compostagem como de pequena escala. As porcentagens de cada tipo de resíduo das pilhas foram estabelecidas em função da disponibilidade e de maneira que fosse possível obter uma relação C/N da mistura de 28:1 para o início do processo de compostagem, valor dentro da faixa recomendada na literatura (CASTILLO et al.,

2010). Na Figura 7 mostra-se a mistura dos resíduos durante o processo de montagem sobre solo compactado.

Figura 7. Montagem da pilha de resíduos orgânicos agroindustriais sobre solo compactado.



Fonte: LABRES

As massas de cada resíduo foram obtidas por meio do uso das Equações (1-3):

$$R = \sum_{i=1}^N \frac{\%C_i \cdot ms_i}{\%N_i \cdot ms_i} \quad (1)$$

$$h_i = \left(\frac{mh_i - ms_i}{mh_i} \right) \cdot 100 \quad (2)$$

$$mh_t = \sum_{i=1}^N mh_i \quad (3)$$

Onde:

R-relação carbono nitrogênio desejada;

%C_i e **%N_i**- porcentagens de carbono e nitrogênio no material *i*;

ms_i- massa seca do material *i* em kg;

h_i- umidade do material *i* em porcentagem;

mh_i - massa úmida do material i em kg;

mh_t - massa úmida total em kg;

N - número máximo de materiais para mistura.

Na Tabela 3 apresentam-se as massas úmidas dos resíduos utilizados em cada pilha de compostagem deste estudo, de modo a conseguir uma relação C/N igual a 28:1.

Tabela 3: Massa de resíduos utilizados em cada pilha de compostagem de resíduos agroindustriais.

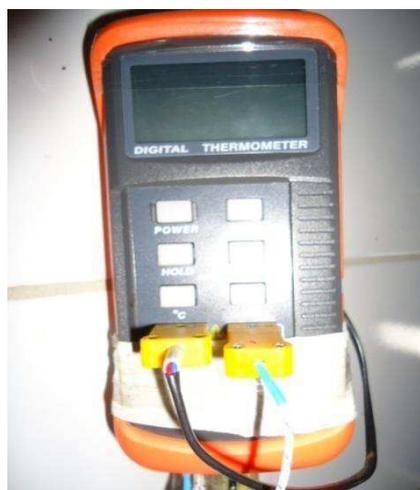
| Casca de Banana | Esterco Ovino | Marmeleiro | Jurema-Preta | Mistura |
|-----------------|---------------|------------|--------------|---------|
| 150,0 kg | 325,0 kg | 12,5 kg | 12,5 kg | 500 kg |

4.1.5. Monitoramento dos Parâmetros Intervenientes no Processo

4.1.5.1. Temperatura

Medições de temperatura foram realizadas diariamente e sempre no mesmo horário, às sete horas da manhã. A aferição das temperaturas, sempre se tomando três pontos da pilha (base, centro e topo), foi realizada utilizando-se um termômetro digital modelo EQUITHERM/DM 6802B, conforme mostrado na Figura 8.

Figura 8. Termômetro digital utilizado para o monitoramento das temperaturas médias das pilhas e do ambiente.



Fonte: LABRES

4.1.5.2.pH

O pH foi monitorado a cada três dias. Para isso, amostras foram coletadas de vários pontos da massa em compostagem e misturadas. Para determinação desse parâmetro utilizou-se a metodologia sugerida em Silva (2009), em que se pesou uma amostra *in natura* de 10 g do material e adicionou-se 50 ml em uma solução de cloreto de cálcio a 0,01 mol/L. Essa mistura foi agitada durante 10 min e deixada em repouso por 30 min. Após esse procedimento, foram feitas as medições em peagâmetro Modelo LUCADEMA/MPA-210, conforme apresentado na Figura 9.

Figura 9. Peagâmetro utilizado para o monitoramento dos índices de pH.



Fonte: LABRES

4.1.5.3. Umidade

Para a determinação do teor de umidade, amostras coletadas de vários pontos da massa em compostagem foram misturadas. Em seguida foi verificado o teor de umidade na balança determinadora de umidade, modelo MARTE/ID50. É importante frisar que as amostras foram retiradas após o revolvimento, em que há grande perda de umidade pelo processo de evaporação. Com base nos resultados de umidade, foram realizadas as devidas reposições de água considerando 55% como o valor ideal (PEREIRA NETO, 2007).

Figura 10: Balança Determinadora de Umidade utilizada na avaliação dos valores de umidade das pilhas



Fonte: LABRES

4.1.5.4. Sólidos Voláteis

A cada três dias foram retiradas três amostras de 5 g do material e postas para secar em estufa a 60-65°C. Após isso, as amostras foram colocadas em cápsulas de porcelana elevando-as a temperaturas entre 103°C e 105°C até obter-se constância de massa. Em seguida, a amostra foi levada para mufla, onde foi aquecida a uma temperatura de 550°C até obter-se massa constante. Após retirar da mufla, as amostras foram postas para esfriar em dessecador e pesadas (SILVA, 2009). Foi utilizada a Equação 4 para os cálculos dos valores de sólidos voláteis:

$$SV(\%) = 100 \cdot \frac{(m_{103^{\circ}\text{C}} - m_{550^{\circ}\text{C}})}{m_{103^{\circ}\text{C}}} \quad (4)$$

Onde:

SV (%) – Sólidos Voláteis em porcentagem;

$m_{103^{\circ}\text{C}}$ – massa a 103°C;

$m_{550^{\circ}\text{C}}$ – massa a 550°C

4.1.5.5. Redução de Massa Seca

A redução da massa seca das pilhas foi medida com base nas massas da mistura ao longo do experimento, utilizando-se uma balança Filizola Modelo 160 para a pesagem dos resíduos. Para fins de análise, sempre se considerou a massa seca da amostra de compostagem.

Figura 11: Balança comercial para pesagem da massa seca.



Fonte: LABRES, 2012.

4.2. Maturação dos Compostos Orgânicos

Para avaliação da maturidade dos compostos orgânicos finais foram consideradas a Condutividade elétrica, *DQO* e a Relação *C/N*.

- a) Condutividade elétrica: pesou-se 5 g do material e adicionou-se 50 ml de água deionizada. A amostra foi agitada por 30 segundos em agitador de movimento circular horizontal a 220 rpm. Após a agitação, a amostra foi posta em repouso por 30 minutos. Esse procedimento foi repetido por 5 vezes. Em seguida, foram feitas as medições no LABRES (CAMARGO et al., 1986 apud SILVA, 2009).

- b) *DQO*: Para a determinação da *DQO*, amostras do composto foram coletadas e determinou-se o carbono orgânico pelo método da Embrapa (1997). Foi calculado então, conforme LOSSIN (1971) apud Kiehl (1998), a *DQO* pela equação:

$$DQO = 26,6 \cdot CO \quad (5)$$

em que *CO* é o carbono orgânico em porcentagem e *DQO* é a demanda química de oxigênio em mg/g.

- c) Relação C/N: através da equação geral (1) utilizada anteriormente, sendo para o caso particular de um material.

4.3. Qualidade do Composto Final

Ao final do período de compostagem foram realizadas as seguintes determinações: nitrogênio, umidade, pH e relação C/N.

- a) Nitrogênio: Transferiu-se uma amostra de 0,5 g de composto para um tubo de digestão. Foi incluída também uma amostra padrão (branco) no bloco digestor. Adicionou-se ao tubo digestor 1 g da mistura digestora e 3 ml de ácido sulfúrico. Os tubos foram cobertos com funil de vidro e colocados em bloco digestor, aquecendo até a mistura parar de espumar. Aumentou-se a temperatura até que o conteúdo do frasco ficasse claro. Os tubos foram retirados do bloco digestor e colocados para esfriar a temperatura ambiente. Fez-se a destilação das amostras e titulou-se o conteúdo do destilado com solução padronizada de ácido sulfúrico (RAIJ et al., 2001).

O nitrogênio foi calculado pela Equação (6):

$$N(mg/kg) = ((V_{am} - V_{br}) \cdot Fac \cdot V_t \cdot 1000) / V_{dest} \cdot m_{solo} \quad (6)$$

Em que:

V_{am} e V_{br}: são os volumes de ácido sulfúrico, em ml, gastos na titulação das amostras e da prova em branco, respectivamente;

Fac: é o fator de ácido sulfúrico, em mg N/ml de ácido;

V_t: é o volume em ml do extrato da digestão;

V_{dest}: é o volume em ml da alíquota do extrato destilado;

m_{solo}: é a massa do solo em g;

1000: é o fator para converter g em kg;

Os valores estão expressos em g de N/ kg de solo e transformados em %.

- b) Umidade e pH: ambos foram determinados segundo a metodologia de SILVA (2009)
- c) Carbono orgânico: Pesou-se 0,5 g do solo triturado e colocou-se em *erlenmeyer* de 250 ml. Adicionou-se 10 ml da solução de dicromato de potássio 0,4 N. Foi incluso uma amostra em branco com 10 ml da solução de dicromato de potássio e anotado o volume de sulfato ferroso amoniacal utilizado. Aqueceu-se em placa até fervura branda por 5 minutos. Após esfriar, juntou-se 80 ml de água destilada a 2 ml de ácido ortofosfórico e 3 gotas de indicador difenilamina. Titulou-se com solução de sulfato ferroso amoniacal 0,1 N até que a cor azul desaparecesse, cedendo lugar a verde. Após a titulação, anotou-se o número de milímetros gastos (EMBRAPA, 1997). A concentração de carbono orgânico foi obtida pro meio da Equação (7).

$$C \text{ (g/kg)} = (40 - \text{volume gasto}) \cdot f \cdot 0,6 \quad (7)$$

Sendo:

$$f = 40 / \text{volume de sulfato ferroso gasto na prova em branco}$$

4.4. Desempenho de Compostos Orgânicos na Germinação de Tomateiro (*Lycopersicum esculentum*)

4.4.1. Local do Experimento

O experimento foi instalado na casa de vegetação na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Câmpus Pombal-PB, no período de janeiro a fevereiro de 2013.

4.4.2. Caracterização da Área de Cultivo

O experimento foi conduzido sob ambiente protegido com as seguintes dimensões: 5,5 m de comprimento e 0,7 m de largura e pé direito de 2,15 m, orientado no sentido Leste-Oeste e protegido com tela de polipropileno com 50% de sombreamento. O local apresentou temperatura ambiente média de 37°C e umidade relativa média de 48%.

4.4.3. Granulometria dos Compostos Orgânicos Utilizados na Formulação dos Substratos

Após o processo de compostagem ser concluído, os materiais foram inicialmente passados por uma peneira com malha de 4,8 mm para homogeneização; em seguida, foi pesado 500g de cada material seco em estufa, os quais foram peneirados em um jogo acoplado de peneiras com malha de 2,4 – 1,2 – 0,6 – 0,3 – 0,15, e agitado por cinco minutos. As frações retidas em cada peneira foram pesadas e calculadas a porcentagem sobre o peso total das amostras.

4.4.4. Preparo de Substratos

O composto orgânico utilizado no substrato foi produzido a partir de um processo de compostagem utilizando resíduos agroindustriais (cascas de banana, esterco ovino e podas de marmeleiro e jurema-preta), conforme procedimentos da seção 4.1.

Os substratos foram resultantes da mistura entre compostos orgânicos e solo em diferentes proporções, designado como: T= testemunha com 100% solo; S1 = 10% do composto produzido no solo + 90% de solo; S2 = 20% do composto produzido no solo + 80% de solo; S3 = 40% do composto produzido no solo+ 60% de solo; S4 = 10% do composto

produzido no pátio + 90% de solo; S5 = 20% do composto produzido no pátio+80% de solo, e S6= 40% do composto produzido no pátio+ 60% de solo.

Os substratos foram previamente caracterizados por meio de análises químicas. A caracterização química encontra-se apresentada na Tabela 4.

Tabela 4: Caracterização química dos substratos formulados a base de compostos orgânicos produzidos.

| Substratos | Carbono | Nitrogênio | Fósforo | Potássio |
|------------|---------|------------|---------|----------|
| T | 9,510% | 0,102% | 0,157% | 0,227% |
| S1 | 8,700% | 0,135% | 0,177% | 0,579% |
| S2 | 9,390% | 0,136% | 0,199% | 0,611% |
| S3 | 10,290% | 0,202% | 0,241% | 0,867% |
| S4 | 9,390% | 0,141% | 0,197% | 0,547% |
| S5 | 9,960% | 0,258% | 0,237% | 0,899% |
| S6 | 10,710% | 0,454% | 0,355% | 2,019% |

Os materiais utilizados para formulação dos substratos foram esterilizados em autoclave com pressão de 1atm e temperatura de 120°C, por um período de uma hora, para prevenir a ação de possíveis patógenos do solo presentes nesses materiais.

4.4.5. Condução do Experimento e Tratos Culturais

A semeadura foi realizada em janeiro de 2013. O cultivo foi realizado em bandejas de polipropileno expandido com 288 células. As sementes utilizadas foram provenientes da Topseed (Agristar) cultivar Santa Adélia Super. Cada célula recebeu três sementes da cultivar de tomate Santa Adélia Super e, 10 dias após a emergência, efetuou-se o desbaste, deixando-se apenas uma planta por célula.

Após a semeadura, as bandejas ficaram suspensas em bancadas de madeira a uma altura de um metro do solo, de modo a facilitar os tratos culturais e a poda natural das raízes.

As mudas receberam irrigação três vezes ao dia, utilizando regadores de crivos finos de forma que fosse possível manter a umidade constante, tendo-se o cuidado para não drenar o substrato.

4.4.6. Tratamentos e Delineamento Utilizados

O delineamento utilizado foi em inteiramente casualizado, com esquema fatorial 2×4, o primeiro nível representando dois tipos de composto (composto produzido em pátio de concreto e composto produzido direto em solo batido) e o segundo nível de quatro proporções de composto misturado com solo (T₁, 100% de solo; T₂, 10% de composto; T₃, 20% de composto; T₄, 40% de composto), constituindo oito tratamentos com três repetições.

4.4.7. Variável Analisada:

- a) Porcentagem de germinação (*G*): calculada de acordo com Labourial e Valadares (1976), utilizando a Equação (8):

$$G = \frac{N}{A} \cdot 100 \quad (8)$$

Em que:

G= emergência;

N= número total de sementes germinadas;

A= número total de sementes colocadas para germinar.

4.4.8. Análises Estatísticas:

Os dados de germinação foram submetidos à análise de variância e teste de *Tukey* ao nível de 5% significância.

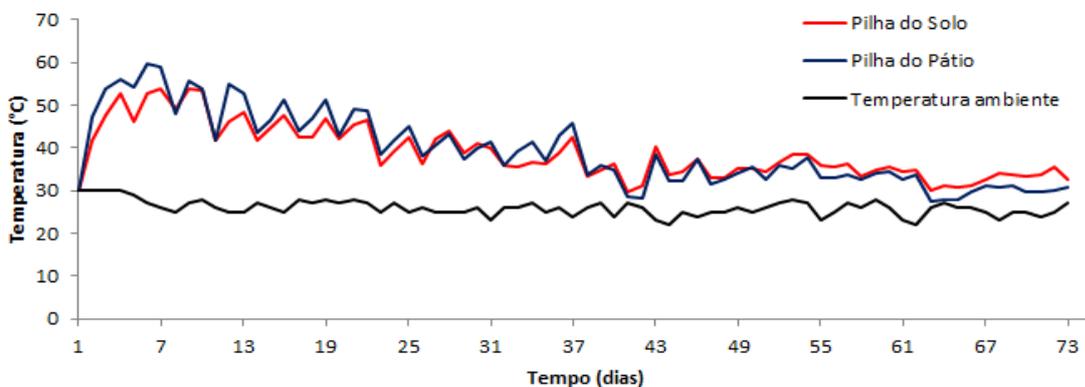
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Avaliação do Processo de Compostagem

5.1.1. Monitoramento da Temperatura

A temperatura no interior da pilha de resíduos constitui um dos fatores mais indicativos da eficiência do processo de compostagem por estar intimamente ligada a atividades metabólicas dos microrganismos (PEREIRA NETO, 2007). As evoluções das temperaturas médias registradas durante o período de compostagem realizado no solo e no pátio estão apresentadas na Figura 12.

Figura 12. Temperaturas médias ao longo do processo de compostagem.



Constatou-se pela Figura 12 que as temperaturas médias das pilhas de resíduos orgânicos atingiram a fase termófila (40 a 65°C) nas primeiras 24 horas, mantendo-se nessa faixa até o 23º dia. Segundo Rodrigues et al. (2006), a decomposição inicial é conduzida por microrganismos mesófilos, que utilizam os componentes solúveis e rapidamente degradáveis da matéria orgânica. Sendo assim, como o metabolismo dos microrganismos é exotérmico, parte do calor gerado durante a oxidação da matéria orgânica acumula-se no interior da pilha (Tang et al., 2004), elevando a temperatura de 25°C para 40-45°C. Quando a temperatura atinge valores acima dos 40°C, a atividade microbiológica mesofílica é suprimida pela implantação de uma comunidade microbiana termofílica (TIQUIA, 2005).

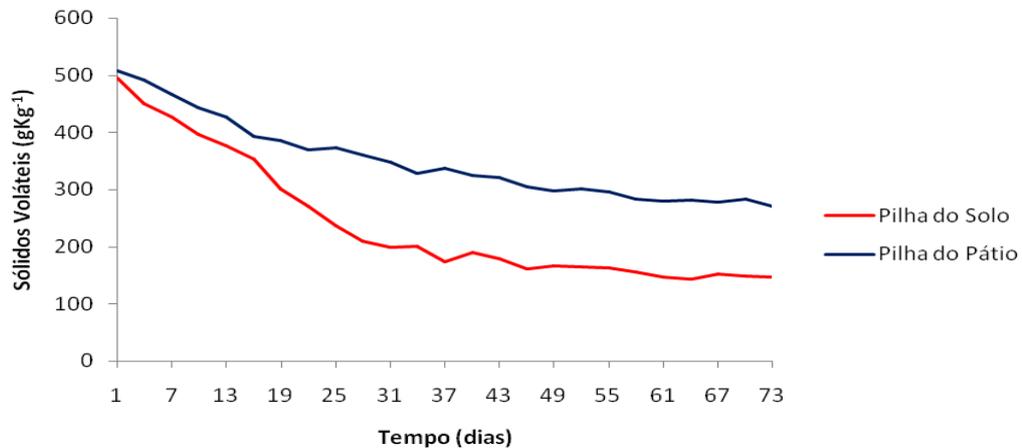
Com relação ao pico de temperatura, a pilha do pátio atingiu valor igual a 60°C no sétimo dia. Já para pilha montada no solo, não foi possível atingir valores superiores a 55°C. Silva (2005), trabalhando com a compostagem de diferentes combinações de resíduos oriundos do processamento de plantas medicinais com esterco bovino, verificou que, em todas as pilhas, a temperatura aumentou rapidamente nos primeiros dias, indicando que o processo de compostagem estava se desenvolvendo adequadamente, sendo que já na primeira semana todos os materiais também alcançaram temperaturas entre 50 e 60°C.

Percebe-se que entre o 23º e o 40º dia ocorreu uma variação entre as fases termófila e mesófila. A partir do 40º dia de compostagem, as temperaturas caíram para índices mesófilos (35 a 40°C), caracterizando a fase de maturação.

5.1.2. Monitoramento dos Sólidos Voláteis

Outro parâmetro utilizado para a avaliação da degradação da matéria orgânica é a quantificação dos sólidos voláteis, que tendem a diminuir à medida que os materiais orgânicos são degradados. Os valores iniciais da concentração de sólidos voláteis do solo (495,79 g/kg) e pátio (508,18 g/kg) diminuíram gradativamente, atingindo valores médios finais de 149,03 g/kg e 268,94 g/kg, respectivamente. Esse processo possibilitou uma redução média do teor de sólidos voláteis de 69,94% para o solo e de 47,07% para o pátio. De acordo com Pereira Neto (2007), um processo de compostagem eficiente deve apresentar uma redução média do teor inicial de sólidos voláteis de 40%. Dessa forma, percebe-se a eficiência dos dois processos de compostagem com teores acima do valor indicado por PEREIRA NETO (2007). O comportamento desse parâmetro ao longo do processo de compostagem pode ser visualizado na Figura 13.

Figura 13. Valores médios de sólidos voláteis para a pilha do solo e do pátio.



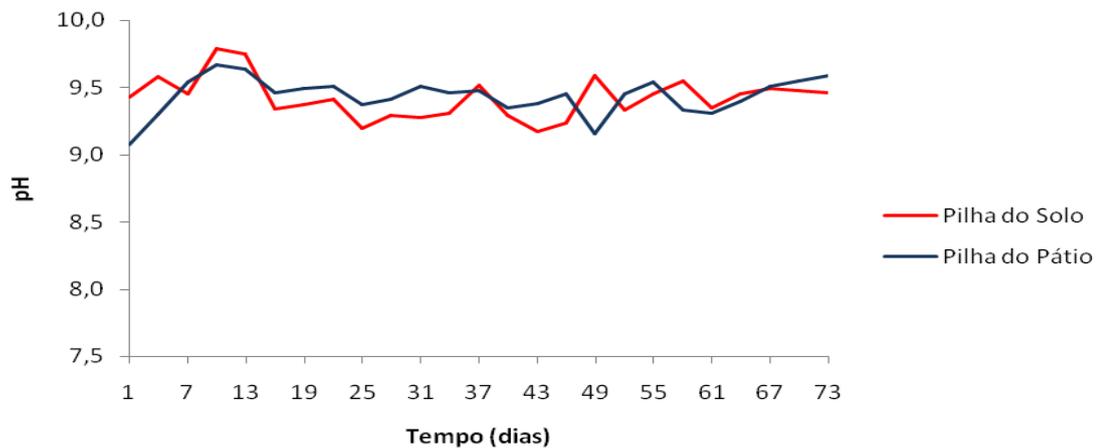
Percebe-se na Figura 13 que houve uma maior redução no teor de sólidos voláteis da pilha de compostagem sobre o solo em comparação com o valor encontrado para o pátio. Isso provavelmente indica que o composto do solo foi submetido a uma flora mais diversificada de microrganismos degradadores em função do contato com o solo batido.

5.1.3. Avaliação dos Índices de pH

Um valor de pH entre 5,5 e 8,5 é o mais adequado aos microrganismos ao longo do processo de compostagem (PEREIRA NETO, 2007). Em todo o processo, os valores de pH das duas pilhas desse estudo apresentaram-se alcalinos, com valores acima de 9,0. De acordo com Valente et al (2009), as transformações químicas e físicas, que são realizadas pela atividade microbiana, são diretamente dependentes das características físico-químicas da mistura dos resíduos utilizados no processo. Percebe-se que o comportamento do pH neste estudo diferenciou-se do padrão observado durante grande parte dos processos de compostagem.

A variação do pH em relação ao tempo de compostagem para os dois processos (solo e pátio) é apresentada na Figura 14.

Figura 14. Variação do pH da pilha do solo e do pátio em função dos dias de compostagem.



De acordo com Santos (2007), o valor final do pH de um composto depende muito das matérias primas utilizadas. Os materiais utilizados na montagem das pilhas de compostagem já apresentavam pH alcalino no início do processo, com valores de aproximadamente 9,1 para a pilha do pátio e 9,4 para a do solo. Segundo Andreoli et al. (2002), valores de pH muito baixos ou muito altos podem causar a redução ou até a inibição da atividade microbiana. Provavelmente, o pH inicial alcalino possa ter prejudicado o desenvolvimento dos microrganismos responsáveis pela diminuição do pH no início do processo. Esses microrganismos são os responsáveis pela geração de ácidos orgânicos resultantes da decomposição de substâncias facilmente degradáveis no início do processo de compostagem.

Brito (2008), avaliando diferentes proporções de misturas de resíduos orgânicos e podas, verificou também que os valores de pH foram diferenciados e que as leiras estudadas apresentaram valores de pH acima de 9,0. Segundo Pereira Neto (2007), é possível desenvolver pesquisas com compostagem na faixa de pH entre 4,5 e 9,5.

Lima et al. (2005), aplicando 10 kg de composto orgânico em parcelas de 2m² em latossolo vermelho amarelo distrófico com pH 4,7, teve resultados semelhantes à aplicação de doses de calcário dolomítico recomendadas. De acordo com esse autor, esses valores extremos são automaticamente regulados pelos microrganismos de acordo com a necessidade do meio.

5.1.4. Estimativa da Redução de Massa dos Tratamentos

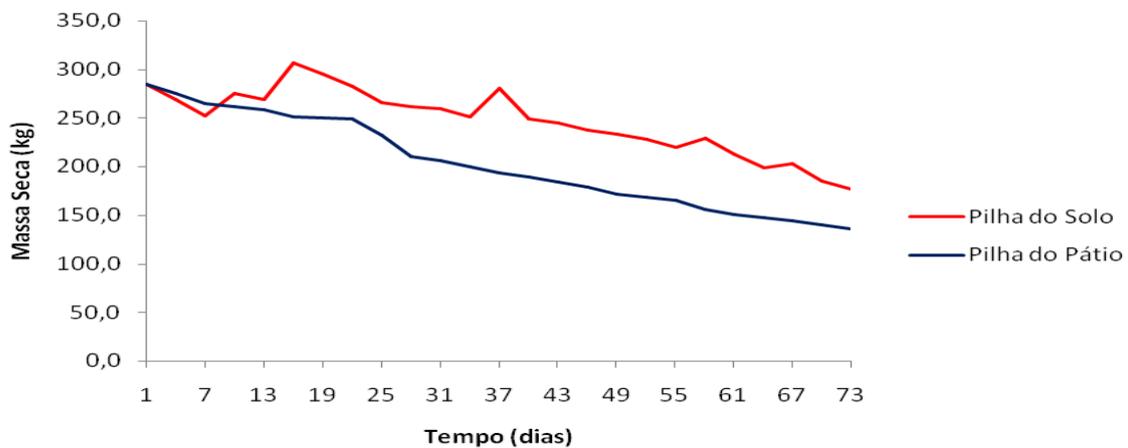
Os dados de reduções de massa durante o processo de compostagem podem ser observados na Tabela 5.

Tabela 5. Redução da massa de compostagem no período de 73 dias.

| Tratamentos | Massa seca inicial (kg) | Massa seca final (kg) | Massa seca perdida (kg) | Redução (%) |
|----------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------|
| Pilha do Pátio | 285 | 137 | 148 | 51,93 |
| Pilha do Solo | 285 | 169 | 116 | 40,70 |

Com relação à redução da massa seca da mistura de compostagem, ocorreu uma maior redução do material processado na pilha do pátio, com um percentual de 51,93%, do que na pilha do solo, com valor igual a 40,70%. Na Figura 15 faz-se um comparativo das reduções de massa das duas pilhas ao longo do período de compostagem.

Figura 15. Redução da massa seca da pilha do solo e do pátio.



A menor redução de massa observada na pilha sobre o solo compactado pode ser explicada pela incorporação de solo à massa de compostagem durante os revolvimentos periódicos, o que não acontecia na pilha sobre o pátio pavimentado. Isso é evidenciado ao analisar, na Figura 15, o comportamento da massa seca da pilha montada sobre o solo, onde houve em vários momentos o aumento da massa seca no decorrer do tempo. Uma maior compactação do local poderia reduzir a incorporação de solo nos revolvimentos.

5.1.5. Maturidade dos Compostos Orgânicos

5.1.5.1. Condutividade elétrica

De acordo com Craul e Switzenbaun (1996), a salinidade de um composto orgânico não deve exceder a 4,0 ds m⁻¹. Na Tabela 6 estão mostrados os valores de condutividade elétrica dos compostos orgânicos produzidos diretamente no solo e no pátio pavimentado.

Tabela 6. Valores finais de condutividade elétrica dos compostos produzidos

| Compostos orgânicos | Condutividade elétrica ds m ⁻¹ |
|---------------------|--|
| Produzido no solo | 4,00 |
| Produzido no pátio | 5,55 |

O composto do solo se encontra dentro da faixa tolerada de acordo com Craul e Switzenbaun (1996), com um valor de 4,0 ds m⁻¹. Por outro lado, o composto da pilha do pátio excedeu o limite citado na literatura. De forma geral, a pilha do processo de compostagem conduzido no solo exigia maiores volumes de reposição de água para o controle da umidade do que a pilha montada no pátio. Além das perdas de água por evaporação, é muito provável que a permeabilidade do solo batido tenha permitido perdas de água por infiltração e a conseqüente lixiviação de sais solúveis para o solo, reduzindo os valores de condutividade elétrica do composto final. Já na pilha do pátio pavimentado, onde não se observou a formação de lixiviados, certamente os sais ficaram retidos, justificando os valores mais altos de condutividade elétrica.

5.1.5.2. DQO

A *DQO* é a quantidade de oxigênio necessária para a realização da oxidação química de matéria orgânica de um composto (KIEHL, 2002). Na Tabela 7 apresentam-se os valores de *CO* e *DQO* para os compostos estudados.

Tabela 7. Valores de Carbono Orgânico e Demanda Química de Oxigênio

| Tratamentos | CO (%) | DQO (mg/g) |
|----------------|-----------|---------------|
| Pilha do solo | 1,47 | 39,1 |
| Pilha do pátio | 1,50 | 39,9 |

Um composto é considerado cru quando possui uma *DQO* igual ou maior que 900 mg/g. Um composto bioestabilizado é aquele com uma *DQO* inferior a 700 mg/g, enquanto um composto tomado como totalmente curado possui *DQO* abaixo de 300 mg/g (KIEHL, 2002). Como ambos os compostos orgânicos estudados apresentaram valores inferiores a 300 mg/g (Tabela 7), eles são, portanto, considerados curados de acordo com Kiehl (2002). Provavelmente, os valores baixos de carbono orgânico dos compostos avaliados sejam devidos à perda desse elemento na forma de gás carbônico durante o processo de compostagem.

5.1.5.3. Relação C/N:

É possível observar na Tabela 8, os valores da relação C/N inicial e final para cada composto orgânico estudado. Os valores de relação C/N para os compostos finais do solo e do pátio foram 6,01:1 e 3,55:1, respectivamente, estando de acordo com a IN n° 23/2005, que estabelece valores de relação C/N inferiores a 18:1. Entretanto, teoricamente o valor de relação C/N final do solo era pra ser menor, já que houve maior redução de sólidos voláteis. Provavelmente houve perda de N para o solo por lixiviação de compostos nitrogenados e/ou pela imobilização de N por microrganismos do solo. Segundo Queiroz (2007), as relações baixas de C/N são devidas, provavelmente, à perda de carbono durante o processo de compostagem na forma de gás carbônico. Bernardi (2011), testando várias proporções de resíduos de incubatórios e agroindustriais, também verificou uma relação C/N final baixa, da ordem de 3:1.

Tabela 8. Relação C/N inicial e final dos compostos produzidos

| Composto Orgânico | Relação C/N inicial | Relação C/N final |
|-------------------|---------------------|-------------------|
| No solo | 28:1 | 6,01:1 |
| No pátio | 28:1 | 3,55:1 |

Vários autores utilizaram a relação C/N como parâmetro na avaliação da maturação de compostos orgânicos (Kiehl, 1985; Rivera-Rosario, 2003; Loureiro et al., 2007). Segundo esses autores, uma relação C/N em torno de 10:1 caracteriza um composto humificado. Sendo assim, avaliando-se a relação C/N obtida para ambos os compostos estudados nesse trabalho, pode-se considerar que os compostos estão maturados de acordo com os autores citados acima.

5.1.6. Avaliação da Qualidade dos Compostos Finais

As características físico-químicas dos compostos orgânicos obtidos após o processo de compostagem, finalizados aos 73 dias, estão apresentadas na Tabela 9.

Tabela 9. Características físico-químicas dos compostos finais e valores de referência para os parâmetros analisados especificados pela IN n.º 23/2005.

| Parâmetros | Mistura de resíduos* | Composto final do solo | Composto final do pátio | Valores de referência (IN n.º 23/2005 MAPA) |
|-------------|----------------------|------------------------|-------------------------|---|
| Nitrogênio | 0,94% | 0,26% | 0,47% | Mínimo de 1% |
| Umidade | 55% | 31% | 30% | Máximo de 50% |
| Relação C/N | 28:1 | 6,01:1 | 3,55:1 | Máximo de 18:1 |
| pH | 9,1 | 9,37 | 9,97 | Mínimo de 6 |

* no início do processo de compostagem

Segundo a Instrução Normativa nº 23/2005 (Brasil, 2005), o nitrogênio total deve ser de no mínimo de 1%. A mistura inicial dos materiais orgânicos apresentou um teor de nitrogênio total igual a 0,94%, enquanto o material final, após o processo de compostagem, apresentou teor igual a 0,26% e 0,47% para os compostos do solo e pátio, respectivamente (tabela 9). O valor obtido para o nitrogênio total dos compostos finais foi abaixo do especificado pela IN nº 23/2005 e se justifica pelo baixo teor de nitrogênio observado nas massas iniciais de compostagem. Possivelmente o baixo teor do nutriente no composto do solo tenha ocorrido por causa da imobilização do nitrogênio pelos microrganismos presentes naquele meio. O uso de materiais orgânicos pobres em N faz com que os microrganismos recorram ao N inorgânico disponível nos resíduos para sustentar o crescimento da população.

Uma possível solução para este problema seria a adição de materiais com maiores teores de nitrogênio.

Os valores de teor de umidade (tabela 9) atenderam às especificações do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, estando abaixo do valor máximo requerido.

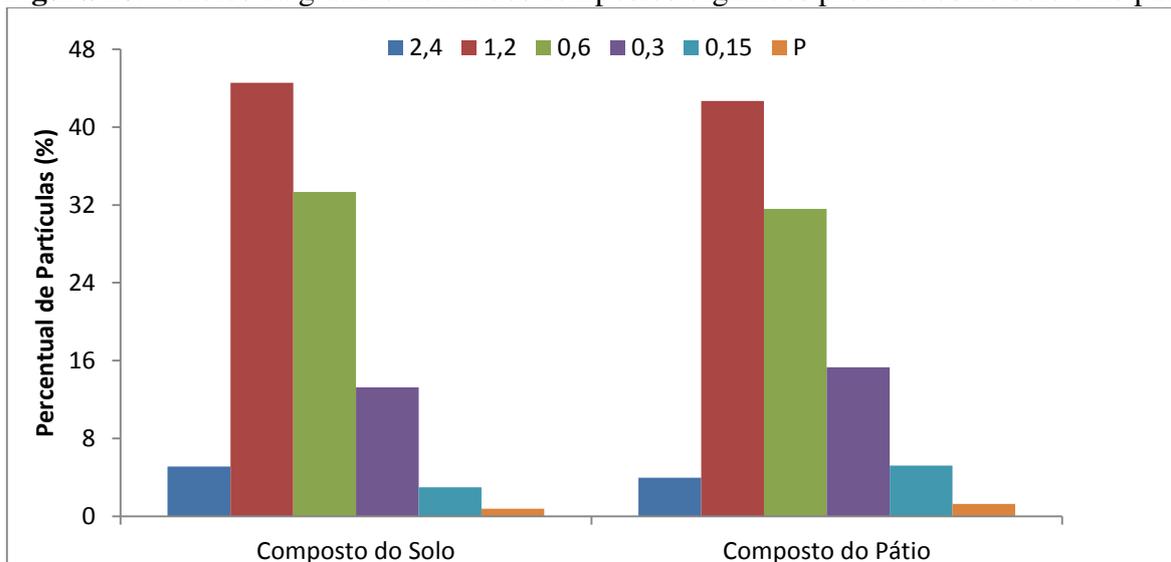
Os valores de relação C/N para os compostos finais do solo e pátio (Tabela 9) foram iguais a 6,01:1 e 3,55:1, respectivamente. Estas informações indicam que o composto está num nível de maturação adequado

O pH dos compostos finais foram da ordem de 9,5, estando dentro da faixa de valores tolerada pelo Ministério da Agricultura. Em experimentos conduzidos com composteiras, Kumar et al (2007) encontraram no composto final valores próximos aos encontrados neste estudo para a compostagem no solo, na faixa de 8,20 a 9,34. Segundo Pereira Neto (2007), valores altos de pH nos compostos podem ser vistos como um grande benefício, uma vez que têm a possibilidade de serem aplicados na correção de solos ácidos.

5.2. Avaliação de Compostos Orgânicos como Substrato na Germinação de Tomateiro (*Lycopersicum esculentum*)

Na Figura 16 apresentam-se os valores da granulometria dos compostos orgânicos utilizados na formulação dos substratos.

Figura 16. Valores da granulometria dos compostos orgânicos produzidos no solo e no pátio.



De acordo com Fermino (2003), uma maior proporção de partículas grossas no substrato em relação a partículas finas favorece maior espaço de aeração enquanto que a

menor proporção favorece a retenção de água acarretando falta de oxigenação às plantas. Sendo assim, as partículas grossas (2,0 a 0,2 mm) são responsáveis pela formação de macroporos, os quais são ocupados por ar, e, as partículas finas (0,20 a 0,05 mm), são responsáveis pela formação de microporos, ocupados por água (Zanetti et al. 2001). Ambos os compostos orgânicos avaliados apresentaram um maior percentual de partículas grossas com destaque para a granulometria de 1,2 mm, com 44,56% para o composto produzido no solo e 42,68% para o composto do pátio. Dessa forma, percebe-se uma maior contribuição dos compostos orgânicos aos substratos estudados em relação à aeração.

Na Tabela 10 apresentam-se os valores de pH e condutividade elétrica dos substratos estudados.

Tabela 10. Valores de pH e condutividade elétrica dos substratos avaliados.

| Substratos | pH | Ce ds/m |
|------------|------|------------|
| T | 7,65 | 0,23 |
| S1 | 7,67 | 0,55 |
| S2 | 7,78 | 0,89 |
| S3 | 8,27 | 1,89 |
| S4 | 8,02 | 0,88 |
| S5 | 8,37 | 1,55 |
| S6 | 8,78 | 2,95 |

Verifica-se que os valores de pH se encontram fora da faixa adequada indicada por Verdonck (1983) que é de 4,0 a 6,5 para substratos. Provavelmente, os altos valores de pH sejam em função dos resíduos utilizados no início do processo de compostagem, que eram em torno de 9,0. Segundo Santos et al. (2000), o valor de pH tem efeito na disponibilidade de nutrientes presentes nos substratos. Benito et al. (2006), estudando compostos orgânicos, também encontraram valores superiores às faixas ótimas para meios de crescimento de plantas e sugeriram a mistura desses produtos a outros materiais que favoreçam a diminuição do pH na formulação dos substratos.

Em relação à condutividade elétrica, a maioria dos substratos estiveram dentro da faixa de 0,36 a 0,89, que é considerada ideal por Calvins et al. (2000) , se destacando os substratos S1, S2 e S4. O substrato S6 apresentou a maior condutividade elétrica, 2,95 ds m⁻¹. Provavelmente esse aumento se deve a uma maior dose de composto orgânico ao substrato, já que foi possível observar que à medida que aumentava a dose de composto orgânico havia um significativo aumento na condutividade elétrica dos substratos.

Na Tabela 11, observa-se a porcentagem de germinação de tomateiro em diferentes substratos à base de composto orgânico.

Tabela 11. Porcentagem de germinação de mudas de tomateiro em função de diferentes substratos à base de composto orgânico.

| Tratamentos | Proporções de Composto Orgânico | | | |
|----------------|---------------------------------|----------|----------|----------|
| | 0% | 10% | 20% | 40% |
| Composto Solo | 95.14 aA | 97.45 aA | 95.83 aA | 82.41 aA |
| Composto Pátio | 95.14 aA | 91.20 aA | 80.32 bA | 48.84 bB |

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula, na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. CV= 9,07; DMS= 6,73

Não houve diferença significativa para porcentagem de germinação de tomateiro nos diferentes substratos do composto do solo. Para o composto produzido no pátio, na proporção de 40%, a porcentagem de germinação foi menor que as proporções 0, 10 e 20%. Provavelmente, essa redução na germinação na proporção de 40% se deve ao alto valor de condutividade elétrica que corresponde ao S6, 2,95 ds m⁻¹. De acordo com Donovan e Day (1969), as plantas são mais sensíveis à salinidade durante a germinação e emergência. A porcentagem de germinação nas proporções 20 e 40% foram maiores para o composto produzido no solo quando comparado ao composto produzido no pátio.

6. CONCLUSÕES

Neste trabalho foram os resultados de dois processos de compostagem em pequena escala conduzidos no sertão paraibano, considerando-se uma mistura de resíduos agroindustriais, e o desempenho desses compostos orgânicos na germinação de tomateiro.

Assim como na compostagem realizada sobre o pátio, o tratamento no solo também atingiu temperaturas entre 55 e 60° C durante o processo. Os resultados do comportamento do parâmetro sólidos voláteis indicam que o composto produzido diretamente no solo apresentou um melhor desempenho com uma redução média do teor de sólidos voláteis iniciais de 69,94%.

A partir dos parâmetros: relação C/N, condutividade elétrica e a demanda química de oxigênio foram possíveis indicar a maturação dos compostos estudados.

Os compostos finais produzidos à base de resíduos agroindustriais, tanto para o processo de compostagem do pátio como para o solo, alcançaram praticamente todos os requisitos exigidos pela legislação brasileira, com exceção do teor de nitrogênio, que já se apresentava abaixo do valor requisitado desde o início do processo.

O composto produzido no solo obteve um melhor desempenho na germinação de tomate em relação ao composto produzido no pátio. A porcentagem de germinação nas proporções 20 e 40% foram maiores para o composto produzido no solo quando comparado ao composto produzido no pátio.

Por fim, pode-se concluir que os processos de compostagem em pequena escala abordados neste estudo mostraram-se eficazes para o tratamento de resíduos agroindustriais no semiárido paraibano e que os substratos derivados dos compostos orgânicos produzidos revelaram-se adequados para germinação do tomateiro.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDREOLI, C; ANDRADE, R.V; ZAMORA, D; GORDON, M. Influência da qualidade da semente e da densidade de semeadura no estabelecimento e na produtividade de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 24, n. 2, p. 1 – 5. 2002.
- ANTONIOLLI, Z. I; STEFFEN, G. P. K; STEFFEN, R. B. Utilização de casca de arroz e esterco bovino como substrato para a multiplicação de *Eisenia fétida* Savigny (1826). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 3, p. 824-830, 2009.
- ARAÚJO, D. B. **Produção de mudas de espécies ornamentais em substratos a base de resíduos agroindustriais e agropecuários**. Dissertação (Mestrado em Nutrição de Plantas), Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: Resíduos Sólidos - Classificação. Rio de Janeiro, 2004.
- BENITO, M.; MASAGUER, A.; MOLINER, A.; ANTONIO, R. de. Chemical and physical properties of pruning waste compost and their seasonal variability. **Bioresource technology**, Madrid-Spain, n. 97, p.2071-2076. 2006.
- BERNARDI, F. H. **Uso do processo de compostagem no aproveitamento de resíduos de incubatório e outros de origem agroindustrial**. (Dissertação de Mestrado). Universidade Estadual do Oeste do Paraná. 78p. 2011.
- BIDONE, F. R. A. **Resíduos Sólidos Provenientes de Coletas Especiais: Eliminação e Valorização**. Rio de Janeiro: ABES, 2001.
- BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Instrução Normativa n. 23, de 31 de agosto de 2005. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 08 de dezembro de 2005. Seção 1, p.12.
- BRASIL. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**, Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010. Diário oficial. Brasília, DF, 23 de dezembro de 2010.
- 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 Processo). Universidade Tiradentes. Aracaju, 2008.
- CAMPANHARO, M.; RODRIGUES, J. J. V.; LIRA JÚNIOR, M. A.; ESPINDULA, M. C.; COSTA, J. V. T. Características físicas de diferentes substratos para produção de mudas de tomateiro. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.19, n.2, p.140-145, 2006.
- CAVINS, T.J.; WHIPKER B. E.; FONTENO, W.C.; HARDEN, B.; MCCALL, I.; GIBSON, J. L. Monitoring and managing pH and EC using the PourThru Extraction Method. Horticulture Information Leaflet / NCSU, Raleigh, n.590, 2000. Disponível em: <<http://www2.ncsu.edu/unity/lockers/project/hortsublab/>>. Acesso em maio de 2013.

CASTILLO, H.; HERNÁNDEZ, A.; DOMINGUEZ, D.; OJEDA, D. Effect of californian red worm (*Eisenia foetida*) on the nutrient dynamics of a mixture of semicomposted materials. **Bioresource Technology**, v. 102, p. 4171 – 4178.2010.

CRAUL, P. J; SWITZABAUM, M. S. Developing biosolids compost specifications. **Biocycle**, v.37, p.44-47, 1996.

DOMÍNGUEZ, J; GÓMEZ-BRANDÓN, M. Ciclos de vida de las lombrices de tierra aptas para El vermicompostaje. **Acta Zoológica Mexicana**, México, n. 2: p. 309 – 320. 2010.

DONOVAN, T.J; DAY, A.D. Some effects of high salinity on germination and emergence of barley (*Hordeum vulgare* L. emend Lani.). **Agronomy Journal**, v. 61.p. 236-238, 1969.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Rio de Janeiro, p. 212. 1997.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes** / editor técnico, Fábio Cesar da Silva. – 2. Ed. Ver. Ampl. – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 627 p. 2009.

FIORI, M. G. S., SCHOENHALS, M.; FOLLADOR, F. A. C. Análise da evolução tempo-eficiência de duas composições de resíduos agroindustriais no processo de compostagem aeróbia. **Engenharia Ambiental**, v.5, n.3, p. 178-191.2008.

FUREDY, C. Reduzindo os Riscos para a Saúde do Uso do Lixo Orgânico Sólido Urbano. **Revista Agricultura Urbana**, n.3, 2001.

GUERRINI, I. A.; TRIGUEIRO, R. M. Atributos físicos e químicos de substratos compostos por biosólidos e casca de arroz carbonizada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, p.1069-1076, 2004.

INÁCIO, C. T.; MILLER, P. R. M. **Compostagem: Ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos**. Embrapa Solos. Rio de Janeiro, 156p. 2009.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. 1 ed. São Paulo. Ceres. 492 p. 1985.

_____. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 326p. 1998.

_____. **Manual de compostagem maturação e qualidade do composto**. São Paulo: Agronômica Ceres, 171p. 2002.

_____. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. 4ed. Piracicaba.173 p. 2004.

KUMAR, V.R.S., SIVAKUMAR, K., PURUSHOTHAMAN, M.R., NATARAJAN, A.; AMANULLAH, M.M. **Chemical Changes During Composting of Dead Birds With Caged Layer Manure**. Journal of Applied Sciences Research, 3(10). P. 1100- 1104, 2007.

KUMIYA, S. Q.; VENCESLAU, E. A. J.; SILVA, F. T.; Estruturação da Unidade de Compostagem e Produção de Composto Orgânico no Projeto Volta a Terra/PVT. **Revista Brasileira de Agroecologia**, vol.4, n.2, 2009.

LABORIAL, L. G.; VALADARES, M. B. On the germination of seeds of *Calotropis procera*. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, São Paulo, n.48, 174-186, 1976.

LEAL, M. A. A.; GUERRA, J. G. M.; PEIXOTO, R. T. G.; ALMEIDA, D. L. Utilização de compostos orgânicos como substratos na produção de mudas de hortaliças. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.25, p.392-395, 2007.

LIMA, C. R. C.; LIMA, J. S.; AGUIAR, A. C. Estudo comparativo entre adubação orgânica e inorgânica através de indicadores de sustentabilidade. In: Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental, 23, 2005, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande-RJ. ABES, 2005.

LOUREIRO, D.C.; AQUINO, A. M.; ZONTA, E.; LIMA, E. Compostagem e vermicompostagem de resíduos domiciliares com esterco bovino para a produção de insumo orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.7, p.1043-1048, jul. 2007.

LUNA, M. L. D; LEITE, V. D; LOPES, W. S.; SOUSA, J. T; SILVA, S. A. Tratamento anaeróbio de resíduos orgânicos com baixa concentração de sólidos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n.1, p.113-121, 2009.

LUSTOSA FILHO, J. F.; SOUSA, L. B.; AMORIM, S. P. N.; AMARAL, F. H. C.; NÓBREGA, R. S. A.; NÓBREGA, J. C. A.; PRAGANA, R. B. Produção de mudas de tamboril com substratos constituído de composto orgânico e terra de subsolo. XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. **Anais...** Uberlândia/MG. 2012

MARQUES, M.; HOGLAND, W. Processo descentralizado de compostagem em pequena escala para resíduos sólidos domiciliares em áreas urbanas. XVIII Inter american Congress of Sanitary and Environmental Engineering, **Anais...**Cancun, Mexico, 2002.

PEREIRA FILHO, J. M.; VIEIRA, E. L.; SILVA, A. M. A.; CÉZAR, M. F.; AMORIM, F. U. Efeito do tratamento com hidróxido de sódio sobre a fração fibrosa, digestibilidade e tanino do feno de jurema preta (*Mimosa tenuiflora*, Wild). **Revista Brasileira de Zootecnia**. v 32. n. 1. p.70-76. 2003.

PEREIRA NETO, J. T. **Manual de Compostagem: processo de baixo custo**.Viçosa, MG; UFV, 2007.

PORTUGAL, **Ministério da Agricultura e do Mar**. Direção Regional de Agricultura e Pescas do Norte.<www.drapn.min-agricultura.pt> 20 jul.2013.

QUEIROZ, F. F.; **Avaliação do aproveitamento de resíduos vegetais por meio da compostagem em leiras revolvidas. Estudo de caso de Londrina**. (Dissertação de Mestrado). Universidade Estadual de Londrina. 66p.2007.

RAIJ, B. VAN.; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; ANDRADE, J. C. **Análise química para avaliação para fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo. 284 p. 2001.

REIS, M. F. P.; ESCOSTEGUY, P. V., SELBACH, P. **Teoria e Prática da Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos**. Passo Fundo, UPF, 2004.

RIVERA-ROSARIO, R. A. **Determinacion de indicadores de madurez en la producción de composta**. Universidad de Puerto Rico, (Dissertação de Mestrado). 127p.2003.

RODRIGUES, M. S., F. C. DA SILVA, L. P. BARREIRA, KOVACS, A. **Compostagem: reciclagem de resíduos sólidos orgânicos**. In: Spadotto, C. A.; Ribeiro, W. Gestão de Resíduos na agricultura e agroindústria. FEPAF. Botucatu. p. 63-94. 2006.

RODRIGUES, E. T.; LEAL, P. A. M.; PAULA, T. S.; GOMES, V. A. Produção de mudas de tomateiro em diferentes substratos e recipientes em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 4, p. 483-488, 2010.

SANTOS, C. B.; LONGHI, S. J.; HOPPE, J. M. et al. Efeito do volume de tubetes e tipos de substratos na qualidade de mudas de *Cryptomeria japonica* (L.F.) D. Don. **Ciência Florestal**, Santa Maria. v.10, n.2, p.1- 15, 2000.

SANTOS, G. O.; ZANELLA, M. E.; SILVA, L. F. F. S. Correlações entre Indicadores Sociais e o Lixo Gerado em Fortaleza, Ceará, Brasil. Rede – **Revista Eletrônica do Prodepa**. Vol. 2, n. 1, p. 45-63. ISSN. 19. 82-5528.2008.

SANTOS, J. L. D. **Caracterização físico-química e biológica em diferentes laboratórios de produtos obtidos a partir da compostagem de resíduos orgânicos biodegradáveis**. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada), Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Porto, 2007.

SILVA, F. A. DE M. **Qualidade de compostos orgânicos produzidos com resíduos do processamento de plantas medicinais**. Tese (Doutorado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrônomicas. Campus Botucatu. Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho". Botucatu/SP. 92 p. 2005.

SILVA, L. N. **Processo de Compostagem com Diferentes Porcentagens de Resíduos Sólidos Agroindustriais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2007.

TANG, J. C.; KANAMORI, T.; INQUE, Y. Changes in the microbial community structure during thermophilic composting of manure as detected by quinone profile method. **Process Biochem**.v. 39.p.1999-2006. 2004.

TIQUIA, S.M. 2005. Microbiological parameters as indicators of compost maturity. **Journal Applied Microbiology**. v.99: 816-828.

TRANI, P. E.; F. D. M.; P, C. A.; S, M. Avaliação de substratos para produção de mudas de alface. **Horticultura Brasileira**. v. 25, p. 256-260, 2007.

VALENTE, B. S.; XAVIER, E.G.; MORSELLI, D. S.; JAHNKE, D. S; BRUM JR, B. DE S.; CABRERA, B. R.; MORAES, P. DE O; LOPES, D. C. N. Fatores que afetam o

desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. **Archivos de Zootecnia**. v. 58.p. 60. 2009.

VERAS, L. R. V & POVINELLI, J. A vermicompostagem do lodo de lagoas de tratamento de efluentes industriais consorciada com composto de lixo urbano. **Revista Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Rio de Janeiro, v. 9, n. 3, 7 p. 2004.

VERDONK, O.; Reviewing and evaluation of new material used as substrates. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n.150, p.467-473, 1983.