

631.8

Kitn

Ext. R-32



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**

FACULDADE DE AGRONOMIA E ENGENHARIA FLORESTAL

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA RURAL



**Análise do processo de Produção de um Composto a Base de Resíduos Vegetais  
e Estrume de Animais**

Tese submetida ao Departamento de Engenharia Rural  
como requisito para obtenção do grau académico de Licenciatura.

*Autor:* King, António F. Siro

*Supervisor:* Eng. Chongo, Daniel A.

*Co - Supervisor:* Eng Massingue, Felicidade

Maputo, Março de 2005

## **Resumo**

O domínio do processo de compostagem e o conhecimento das suas características químicas e microbiológicas definem a larga aplicabilidade do produto resultante deste processo (composto). É uma das soluções para a redução de muitos problemas que afectam o meio ambiente no geral e a parte agrícola em particular.

O presente trabalho tem como objectivos compreender o processo de produção de um composto com base no uso de resíduos vegetais e estrumes de animais disponíveis nas zonas rurais; Identificar os indicadores da maturidade do processo e analisar os factores que afectam o processo da produção do composto.

Para se atingir os objectivos traçados foram montados cinco cúmulos que diferiam proporcionalmente em termos de conteúdo de materiais ligno-celulósicos (milho) e nitrogénio (estrupe de galinha, feijão nhemba e ureia).

Os principais resultados mostram que diferenças proporcionais em termos de materiais que fazia parte dos cúmulos determinaram a maior ou a menor estabilização e a qualidade do composto produzido; E o melhor composto apresenta a cor mais escura e melhor aroma. Os resultados mostram ainda que o teor de humidade define o ambiente em que o processo ocorre e a evolução de temperatura está directamente relacionada com a biodegradação do substrato.

As principais conclusões sobre o estudo apontam a temperatura e a humidade como os principais factores que afectam o processo. A eficiência do processo depende da natureza dos materiais envolvidos e da época de execução.

As conclusões mostram ainda que o principal indicador da maturidade do composto é o aspecto físico (textura e cor).

***Dedicatória***

***Dedico ao meu pai Alfredo Siro King e a minha mãe Josefa A. Fernando.***

***Aos meus irmãos Jacinta, Cristina, Natalia, Beto, Chico, Didinho e Nelinho.***

## **Agradecimentos**

A todos docentes da FAEF, em especial ao Departamento de Engenharia Rural que directa ou indirectamente contribuíram para que este sonho se tornasse realidade, o meu muito obrigado.

Ao Eng Daniel Chongo e a Eng Felicidade Massingue pela supervisão do meu trabalho, a minha profunda gratidão.

A toda família King pelo todo tipo de apoio que me deram durante todo este periodo da minha formação, que Deus lhes abençoe.

Aos meus colegas do curso, em especial Palege, Ragú, Abel Joia, Chilundo, Noé, Salência, e Lipangue, pelo acompanhamento, críticas, sugestões e sobretudo pela solidariedade académica prestada, o meu forte abraço.

Um agradecimento especial a minha cunhada Manita, minhas sobrinhas e sobrinhos.

Ao pessoal do laboratório de ciência do solo da FAEF, em especial ao Eng Tomo, Sr Machava, Romano, o meu muito obrigado.

Aos meus amigos dr. Almeida, eng. Dalte, eng Palege, eng. Rifath, Ferro, Jú, Lito chapungo, Tonito, Moises, Bento Domingos, Razão, Dique, Machavela, Muguio, Guta, Ibras, Tenório, Ranito, Chivale, Ramiro, Nascimento, Mussivame, Aquiles Dimene.

Por ultimo a todos que duma maneira directa ou indirecta tiveram a sua contribuição na realização deste curso.

Índice	Página
Resumo -----	1
Dedicatória -----	2
Agradecimentos -----	3
Índice -----	4
Lista de abreviaturas -----	6
Lista de figuras e tabelas -----	7
Lista de anexos -----	8
<b>1. INTRODUÇÃO -----</b>	<b>9</b>
1.1 Justificação -----	9
1.2 Objectivos -----	10
<b>2. REVISÃO BIBLIORÁFICA-----</b>	<b>11</b>
2.1 A compostagem -----	11
2.1.1 Objectivos da compostagem -----	11
2.1.2 Métodos e instalações de compostagem -----	11
2.1.2.1 Métodos decompostagem -----	11
2.1.2.2 Instalações de compostagem -----	12
2.1.3 Procedimentos da compostagem -----	13
2.1.4 Factores físico-químicos e biológicos que influenciam o processo de compostagem -----	14
2.1.5 Fases da compostagem -----	17
2.2 Composto -----	18
2.2.1 Indicadores da maturidade do composto -----	18
2.2.2 Benefícios do uso do composto -----	18
<b>3. METODOLOGIA -----</b>	<b>20</b>
3.1 Descrição do local de compostagem -----	20
3.2 Selecção dos materiais -----	21
3.2.1 Milho -----	21
3.2.2 Feijão nhemba -----	21
3.2.3 Estrume de galinha -----	21
3.2.4 Ureia -----	21
3.3 Método de compostagem -----	21
3.4 Montagem dos cúmulos na composteira -----	22
3.5 Monitoria do processo -----	23
3.5.1 Revolvimento -----	23
3.5.2 Rega -----	23
3.6 Variáveis medidas -----	23
3.6.1 Temperatura -----	23
3.6.2 Maturação do composto -----	24
3.7 Análise laboratorial -----	24
3.7.1 Humidade das pilhas -----	24
3.7.2 Determinação do nitrogénio total -----	25
3.7.3 Determinação do carbono orgânico total -----	25

<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>26</b>
4.1 Factores que afectam o processo de compostagem .....	26
4.1.1 <i>Temperatura</i> .....	26
4.1.2 <i>Humidade das pilhas</i> .....	27
4.1.3 <i>Nitrogénio total</i> .....	28
4.1.4 <i>Matéria orgânica</i> .....	29
4.1.5 <i>Relação C/N</i> .....	30
4.2 <i>Maturação do composto</i> .....	31
<b>5. CONCLUSÕES</b> .....	<b>32</b>
<b>6. LIMITAÇÕES DE ESTUDO</b> .....	<b>33</b>
<b>7. RECOMENDAÇÕES</b> .....	<b>34</b>
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>35</b>
Anexos .....	37

### Lista de abreviaturas

CAP ----- Censo Agro-Pecuário

C<sub>i</sub> ----- cúmulo i; i = 1,2,....,5

C-org ----- carbono orgânico

C/N ----- razão carbono nitrogénio

°C ----- graus centígrafos

FAEF ----- Faculdade de Agronomia e de Engenharia Florestal

FAO ----- Fundo das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação

g ----- grama

Kg ----- quilograma

m ----- metro

MADER ----- Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural

M.O. ----- matéria orgânica

NH<sub>3</sub> ----- amoníaco

N<sub>tot</sub> ----- nitrogénio total

PS ----- peso da amostra seca

PU ----- peso da amostra húmida

<b>Lista de figuras e tabelas</b>	<b>Página</b>
Figura 3.1 : Composteira da FAEF -----	20
Figura 4.1 : Evolução da temperatura nas pilhas em compostagem -----	26
Figura 4.2 : Evolução da humidade nas pilhas em compostagem -----	27
Figura 4.3 : Relação tempo de compostagem e nível de Ntot nos cúmulos -----	28
Figura 4.4 : Relação tempo de compostagem e nível de C-org nos cúmulos -----	32
Figura 4.5 : Relação C/N vs tempo de compostagem -----	33
Tabela 3.1 : Composição dos cúmulos ou pilhas -----	22

**Lista dos Anexos**

**Página**

Anexo-1 : Temperatura média registado nos cinco cúmulos -----	41
Anexo-2 : Humidade observada nos diferentes cúmulos ao longo do processo de compostagem -	42
Anexo-3 : Relação tempo de compostagem e percentagem de matéria orgânica nos cúmulos ----	43
Anexo-4: Relação tempo de compostagem e nível de carbono orgânico (%) nos cúmulos -----	44
Anexo-5 : Relação entre tempo de compostagem e nível de nitrogénio total (%) nos cúmulos ---	45
Anexo-6 : Relação C/N (%) e tempo de compostagem -----	46

## **1 Introdução**

A compostagem é um modo natural de reciclar o lixo. Tecnicamente, a compostagem é a decomposição controlada de materiais orgânicos por parte de vários microorganismos e invertebrados, tais como ácaros, centopeias, joaninhas, forficolas, minhocas, lesmas e caracóis. Por outras palavras, o húmus é formado quando as bactérias, fungos e esses invertebrados consomem e decompõem os materiais orgânicos (Mailto, 2003).

A compostagem tem como objectivos principais a valorização e o reaproveitamento da matéria orgânica contida nos resíduos, dando origem a um produto suficientemente estabilizado, designado composto, que pode ser aplicado no solo com várias vantagens sobre os fertilizantes inorgânicos de síntese (Silva, et al., 2003).

A compostagem apresenta-se actualmente, como alternativa viável e de baixo custo para o processamento de restos de cultura após colheita e estrume de animais. Para a viabilização do processo de compostagem é importante o aproveitamento de restos de cultura e estrumes de animais provenientes de fontes locais, preferencialmente com origem na propriedade rural (FAO, 1993).

Portanto, este trabalho consistiu na realização de um ensaio no qual analisou-se o processo de produção de compostos com a utilização de resíduos vegetais e estrumes de animais, sobre o qual fizeram-se análises químicas para a avaliação da sua qualidade e que poderá ser usado com adubo orgânico, correctivo de solos diminuindo o uso de adubos sintéticos.

### **1.1 Justificação**

Nos últimos anos, tem-se verificado a um aumento acentuado da produção de resíduos vegetais, devido a uma vida de elevado consumo, produto do avanço tecnológico. Isso, lamentavelmente, se afasta de um modelo de desenvolvimento sustentável. Como consequência desse fenómeno, o tratamento e destino final dos resíduos sólidos tornou-se um processo de grande importância nas políticas sociais e ambientais dos países mais desenvolvidos. Regra geral, a maior fracção destes resíduos é ocupada pela matéria orgânica e um dos processos mais utilizados para lidar com esse material é a compostagem (Russo, 2003).

## 2 Revisão Bibliográfica

### 2.1 Compostagem

A compostagem é um processo biológico de decomposição controlada da fracção orgânica contida nos resíduos de modo a resultar num produto estável, similar ao húmus. Este processo envolve transformações extremamente complexas de natureza bioquímica, promovida por milhões de microorganismos que têm na matéria orgânica a sua fonte de energia, nutrientes minerais e carbono (De Oliveira, 2001).

#### 2.1.1 Objectivos da Compostagem

Na agricultura agroecológica a compostagem têm como objectivo transformar a matéria orgânica muito fibrosa como palhas de cereais, sabugo de milho, cascas de café, arroz, etc, em produto estável que não seja susceptível a repentina evolução biológica, maturado e que seja compatível (não fitotóxico) com o seu emprego na agricultura, como correctivo orgânico dos solos; deve permitir também a eliminação de maus odores, a redução de volume e de massa e a desactivação de microorganismos patogénicos (higienização) da matriz inicial (Queda, 1999).

#### 2.1.2 Métodos e instalações de Compostagem

##### 2.1.2.1 Métodos de Compostagem

O processo de compostagem pode ocorrer de duas maneiras : Método natural e método acelerado (Kiehl, 1980).

- Método natural - onde a fracção da matéria orgânica é levada para um pátio e disposta em leiras. A aeração é feita por revolvimentos periódicos para o desenvolvimento do processo de decomposição biológica. Este processo ocorre em prazo indeterminado, ficando a mercê das condições em que ela se encontra.

- Método acelerado - a aeração é forçada por tubulações perfuradas, sobre as quais se colocam as leiras, ou em reactores dentro dos quais são colocados os resíduos, avançando no sentido contrário ao da corrente de ar. O ar é injectado sobre pressão, este processo pode variar de 15 a 30 dias.

A consciencialização das pessoas quanto a degradação do meio ambiente ainda é para muitas delas um assunto desconhecido, os métodos de regeneração do solo e bioalternativas ainda são pouco divulgados (Russo, 2003).

Salienta-se que esta prática é desenvolvida em todo o mundo e utiliza o lixo orgânico com os seguintes propósitos : Devolver a terra os nutrientes por ela perdido adubando-a naturalmente, pela acção de microorganismos com vantagem de economia de espaço físico em aterro sanitário; reaproveitamento agrícola da matéria produzida; reciclagem dos nutrientes contidos no solo; eliminação de patogénos de forma ambientalmente seguro (Mailto, 2003).

Em Moçambique os custos de aquisição de fertilizantes inorgânicos são bastante elevado, o que torna difícil o acesso dos mesmos pelos agricultores com poucos recursos financeiros. Como alternativa viável e de baixo custo aos fertilizantes inorgânicos torna-se necessário conhecer quais os resíduos e combinações de resíduos serão mais eficazes para produzir um adubo orgânico que vai garantir o abastecimento de nutrientes no solo por forma a que perdas de rendimento devido a insuficiência de nutrientes no solo sejam reduzidas ao máximo.

Portanto este trabalho contribuiu de uma forma concreta e científica no processo todo de produção do composto a partir de resíduos vegetais, estrumes de animais e ureia e a análise química deste para a identificação de elementos produzidos deste material que são muito importante para a qualidade do solo e consequentemente para a nutrição das plantas, proporcionando uma melhor produtividade agrícola.

## **1.2 Objectivos**

### **Objectivo Geral**

Compreender o processo de produção de composto com base no uso de resíduos vegetais e estrumes de animais.

### **Objectivos Específicos**

- Identificar os indicadores da maturidade do processo.
- Analisar os factores que afectam o processo.

### 2.1.2.2 Instalações de Compostagem

No reaproveitamento de resíduos vegetais e estrume de animais para a produção do composto três tipos de instalações têm sido usadas :

- Grandes instalações centralizadas - são instalações com características industriais para o processamento da fracção fermentável de resíduos sólidos urbanos. No interior destas instalações podem ser produzidos compostos com qualidades distintas dependendo do tipo de resíduo introduzido; Para resíduos recolhidos de forma selectiva vai-se obter composto com qualidade, e no caso dos resíduos serem recolhidos todos misturados obter-se-à compostos de má qualidade. A degradação dos substratos dentro destas instalações é pelo método acelerado (Russo, 2003).

- Explorações agrícolas ou agro-pecuárias - são instalações reduzidas com características artesanais. Dentro destas instalações a compostagem é natural (Russo, 2003).

- Pequenas unidades de carácter familiar (compostagem doméstica) - processo também com características artesanais. A diferença com as explorações agrícolas é que dentro destas instalações também se usam pequenos recipientes, com aberturas laterais que permitam o arejamento da massa em compostagem, e aberturas na superfície que vão permitir o escoamento dos líquidos (Silva, 2003).

Segundo a FAO (1993), no interior de qualquer uma destas instalações o material pode ser sujeito a duas categorias de estabilização:

a) Estabilização na presença de oxigénio, isto é, um processo aeróbio em que a estabilização de substratos orgânicos é levado, tendo em conta, o abastecimento máximo de oxigénio. Em prática, técnicas de estabilização aeróbica deve providenciar bastante oxigénio para os substratos orgânicos, por exemplo, através da introdução de ar por revolvimentos frequentes do substrato.

b) Estabilização na ausência de oxigénio, isto é, fermentação anaeróbia ou digestão anaeróbia. Idealmente o processo ocorre em ambiente fechado. Em prática, o ambiente fechado é originado por uma camada de água que inunda os materiais em decomposição e interrompe o abastecimento de oxigénio à massa em decomposição.

### 2.1.3 Procedimentos da Compostagem

#### a) Escolha do Local

Deverão ser preferidos locais planos ou levemente inclinados, que tenham boa drenagem, não permitindo o empoçamento de água, construindo as pilhas de composto com comprimento no sentido da queda do terreno (Kiehl, 1980).

Segundo Jodice (1989), na compostagem usa-se um compostor que é um recipiente onde se coloca a matéria orgânica em que intervêm diversos tipos de organismos. Portanto este recipiente deve estar sob certos cuidados:

- O compostor deve ser colocado num local protegido do sol, pois pode provocar a secagem dos materiais, bem como do vento e da chuva, já que as condições de temperatura e humidade são fundamentais para que se dê uma correcta decomposição da matéria orgânica.
- O Compostor deve ser colocado sobre o solo de modo a permitir que os pequenos organismos possam entrar uma vez que eles ajudam a transformação da matéria orgânica em húmus.

#### b) Escolha do Resíduo

Materiais tratados com pesticidas químicos podem ter efeitos negativos sobre o processo de decomposição e sobre a qualidade do composto. Além disso, é necessário que o material orgânico tenha menos germes patogénicos tais como ferrugem ou vírus. Muitos dos germes patogénicos não podem ser destruídos no decurso da fase de aquecimento e o ciclo continuaria se espalhássemos este composto pelo solo (Inckel *et al.*, 1990).

Para uma compostagem eficaz é necessário que estejam misturados na mesma pilha materiais degradáveis facilmente, constituídos por açúcares e hemiceluloses, e materiais dificilmente degradáveis, constituídos por celuloses e lenhinas.

A relação C/N é importante para o início do processo, mas contudo, não existe consenso quanto a relação óptima, sabendo-se apenas que a presença do carbono orgânico e do nitrogénio são indispensáveis para o início do processo. Segundo Kiehl (1980), a relação C/N superior a 35 torna

torna o processo mais demorado ao passo que a relação C/N entre 26 a 35 torna o processo mais rápido.

Segundo Mustin (1987), quanto mais elevada é a relação materiais dificilmente biodegradáveis /materiais facilmente degradáveis, mais difícil é a degradação do substrato.

### c) Sistema de Mistura

De acordo com Kiehl (1980), caso não se disponha de análise laboratorial dos resíduos a serem utilizados, mostrando principalmente os seus teores de carbono e nitrogénio, geralmente as pilhas de composto são feitas utilizando-se 3 a 4 kilogramas de resíduo fibroso (rico em carbono) para um kilograma de esterco fresco (resíduo mais rico em nitrogénio).

Quando se dispõe de informações necessárias (teores de nitrogénio e carbono), calcula-se as quantidades das partes de resíduos vegetais ricos em carbono para cada parte de resíduo rico em nitrogénio, através da *Equação 2.1*. (Kiehl, 1980).

$$Pmrc = 30 * \% N - \% C \quad (2.1)$$

Onde :

Pmrc = Partes do material rico em carbono

% N = Quantidade de nitrogénio em percentagem

% C = Quantidade de carbono em percentagem

### 2.1.4 Factores físico – químicos e biológicos que influenciam o processo de compostagem

#### a) Temperatura

Quanto maior for o calor, mais rápido se processa a decomposição. Considera-se que uma faixa óptima para a compostagem é a que vai de 50 a 70° C. Neste processo o aumento da temperatura surge como resultado da libertação do calor na degradação biológica dos resíduos orgânicos ( Silva, *et al.*, 2003).

O processo se inicia a temperatura ambiente, mas com o passar do tempo e à medida que a acção microbiana se intensifica a temperatura se eleva podendo atingir valores acima de 60° C. Esta fase do processo é chamada termófila e é importante para a eliminação/inativação dos micróbios patogénicos e sementes de ervas daninhas. Depois que a temperatura atinge 70° C inicializa-se um processo de abaixamento de temperaturas chegando à temperaturas próximas de 30° C. É nesta fase que ocorre a bioestabilização da matéria orgânica (Lopes-Real, 1975).

#### **b) Aeração**

A Compostagem deve ser feita em ambiente aeróbio, pois com abundância do ar a decomposição além de ser mais rápida e melhor conduzida, não produz mau cheiro, nem proliferação de moscas.

A aeração é necessária para que a actividade biológica entre em acção, possibilitando a decomposição da matéria orgânica de forma mais rápida.

#### **c) Humidade**

Também um factor importante dado a compostagem ser um processo biológico de decomposição de matéria orgânica, a presença da água é imprescindível para as necessidades fisiológicas dos microorganismos, os quais não vivem na ausência de humidade.

Segundo (Mustin, 1987), o teor de humidade deve ser o mais elevado possível para garantir a estabilização biológica dos materiais orgânicos mas de forma que não seja prejudicial para a manutenção dos interstícios contendo ar. O teor óptimo de humidade para a compostagem aeróbia varia entre 45 a 65 %. Para teores de humidade menores de 40 %, a actividade microbiológica decresce, e para teores de humidade acima de 65 % a água expelle o ar da maior parte dos interstícios entre partículas, dificultando a difusão do oxigénio o que poderá originar zonas de anaerobiose. Além disso, acima de 65% de humidade forma-se um chorume, que é um liquido negro de odor ocre.

O ajuste de humidade pode ser feito por mistura de componentes. Na prática também se verifica que depende da eficácia de arejamento (manual ou mecânica) da massa em compostagem, das características físicas dos resíduos (estrutura, porosidade) e da carência microbiológica da água.

#### **d) Microorganismos**

Os microorganismos têm a sua acção na conversão da matéria orgânica crua, biodegradável, a o estado de matéria prima orgânica humificada. Estes microorganismos são principalmente as bactérias, fungos, e actinomicetes (FAO, 1993).

#### **e) Relação Carbono/Nitrogénio**

Segundo De Wit (2001), os microorganismos absorvem os elementos carbono e nitrogénio em uma proporção de trinta partes de carbono para cada parte de nitrogénio. O carbono é utilizado como fonte de energia, sendo dez partes incorporadas ao protoplasma celular e vinte partes eliminadas como gás carbónico. O nitrogénio é assimilado na estrutura celular na proporção de dez partes de carbono para uma parte de nitrogénio. Assim, o húmus, produto resultante da acção desses organismos, tem também uma relação C/N igual a 10.

Segundo Rameh (1981), citado por De Oliveira (2001), o equilíbrio da relação C/N é um factor de fundamental importância na compostagem, cujo principal objectivo é criar condições para fixar os nutrientes, de forma que possam ser posteriormente libertados por meio do composto. Dessa forma, para o início do processo, aceita-se como óptima uma relação C/N de 30:1, o que influenciará a boa actividade biológica, diminuindo o período de compostagem; atingindo uma relação C/N de 10:1 no final do processo.

#### **f) Dimensões das Partículas**

A granulometria é um factor que deve ser levado em consideração no início do processo de compostagem. Para o início do processo da compostagem deve-se fraccionar os restos de cultura de modo que as partículas resultantes atinjam dimensão de 5.0 a 12 cm. Por forma a se controlar esse parâmetro deverão ser usadas malhas (Silva, *et al.*, 2003).

Segundo Pereira (1992), quanto menor o tamanho das partículas de matéria orgânica mais rápido será o processo de compostagem ou processo de degradação.

### **2.1.5 Fases da Compostagem**

Segundo Lopes-Real (1975), existem duas fases de compostagem : Fase activa e fase de maturação ou cura.

**a) Fase activa de degradação ou de bioestabilização** – esta fase dura normalmente 60 a 70 dias e a temperatura atinge valores elevados. Desde que existam condições favoráveis nos primeiros dois a três dias, a temperatura alcança entre 50° a 60° C, atingindo valores de 60° a 75° C antes dos quinze dias. O processo mantém esses valores por um certo período e depois decresce para 40° C ou menos, por dois à cinco dias, indicando o final da fase de bioestabilização e o início da fase de maturação.

Ainda segundo Lopes-Real (1975), durante a fase activa a temperatura deve ser verificada diariamente a uma profundidade de 40 – 60 cm, através de um termómetro, de preferência digital, introduzindo-o em um ponto médio da leira ou pilha. A medição da temperatura nesta fase indica a necessidade ou não de medidas correctivas. A correção é feita se a temperatura for maior que 75° C ou menor que 30° C. Altas temperaturas no interior da leira (pilha) eliminam/inactivam organismos patogénicos, larvas de insectos, ovos de helminthes, e sementes de ervas daninhas.

Na fase activa ocorre a decomposição dos constituintes facilmente degradáveis em condições aeróbias, como por exemplo (simples, di e tri-ssacarídeos), ácidos gordos, gorduras, aminoácidos e proteínas. Outras moléculas orgânicas, como hemiceluloses, celulosas, e quitina sofrem uma degradação mais lenta, sendo lenhina a mais resistente.

**b) Fase de maturação ou cura** - é uma fase com duração 70 a 60 dias e temperaturas a oscilarem no intervalo de 30° C a 45° C. No final do processo, que é o final desta fase, quando a matéria orgânica encontra-se humificada, a temperatura mantém-se igual ou próxima a temperatura ambiente. A fase de maturação é caracterizada pela lenta e progressiva diminuição da temperatura, perda da fitotoxicidade residual da biomassa, equilíbrio dinâmico da população microbiana e ocorrência da síntese de substâncias húmicas.

## **2.2 Composto**

Segundo Zucconi & Bertoldi (1987), citados pela FAO (1993), Composto é um produto condicionador do solo, obtido de uma degradação de substratos orgânicos, classificado pela facto da materia orgânica humificada encontrar-se em maior proporção relativamente a não humificada (Lindeberg 1990 citado por De Oliveira, 2001). Ainda segundo a mesma autora, o composto é um adubo biológico, onde a sua aplicação permite aumentar o rendimento da adubação mineral.

### **2.2.1 Indicadores da maturidade do composto**

O grau de decomposição ou de degradação de material submetido ao processo de compostagem é acompanhado levando em consideração três factores : cor, humidade e odor. A cor inicial é verde e a final é preta. No início do processo a humidade dos resíduos é elevada e o odor é ocre passando para o da terra mofada no final do processo (Juste, 1980).

Ainda para avaliação da qualidade do composto é necessário avaliar os parâmetros :

- C/N final e C/N inicial.

De acordo com Juste (1980), na maturação dos compostos a razão (C/N) final / (C/N) inicial (<0.75).

### **2.2.2 Benefícios do uso do composto**

De acordo com Pereira (1992), o uso do composto orgânico tem vários benefícios tais como:

- Melhoria da estrutura física do solo;
- Pode ser utilizado como excelente matéria prima no processamento de fertilizantes industriais;
- Melhoria no aproveitamento dos fertilizantes minerais;
- Aumento da capacidade de retenção de água e do ar no solo;
- Activação substancial da vida microbiana, e estabelecimento de colónias de minhocas, besouros e outros que revolvem e adubam o solo;
- Incremento de micro e macronutrientes;
- Efeitos favoráveis pela presença de micronutrientes e de certas substâncias antibióticas;
- Acção agregadora em solos com baixo teor de argila;

- Aumento da estabilidade de pH;
- Promoção do desenvolvimento do sistema radicular;
- Auxílio na recuperação de solos degradados;
- Utilização também, em parques e jardins, na protecção de encostas, na produção de ração animal, na produção de artefactos para a construção civil.

### 3 METODOLOGIA

A metodologia usada teve cinco fases :

- Fase 1 : Selecção dos materiais para a compostagem;
- Fase 2 : Escolha do método e da forma de compostagem;
- Fase 3 : Montagem dos cúmulos na composteira;
- Fase 4 : Monitoria do processo;
- Fase 5 : Análise laboratorial.

#### 3.1 Descrição do local de compostagem

A composteira da FAEF é uma instalação do tipo agrícola ou agro-pecuária, figura 3.1, com a seguinte descrição : Tanque isolado do chão até aos 1.20 m por uma parede de bloco e cimento de altura e aberto entre os 1.20 m aos 2.50 m, apresenta uma cobertura de palha e lona que impede a entrada da chuva e da radiação solar. O espaço aberto dos 1.20 até aos 2.50 metros favorece a circulação de ar no interior do tanque e também permite a entrada água nos dias chuvosos, que imediatamente é drenada por gravidade, e recolhida pelos colectores localizados nas extremidades do tanque. O chão e a parede de cimento sem aberturas ao nível do solo não facilitam a entrada da organismos do solo como as minhocas e térmites.

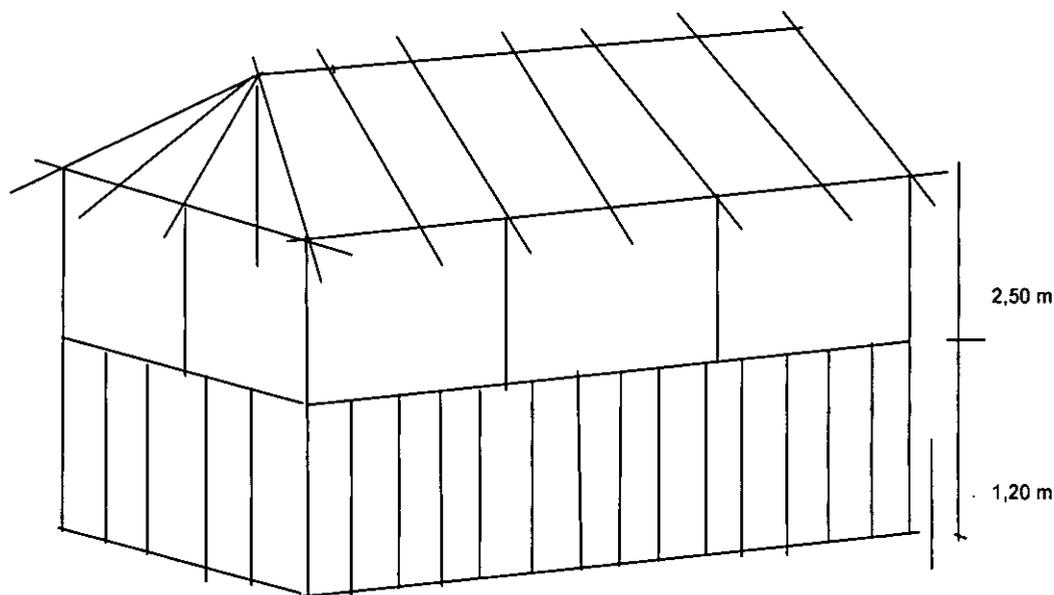


Figura 3.1 : Composteira da FAEF

### 3.2 Seleção dos Materiais

Os materiais usados no ensaio foram seleccionados em função da disponibilidade na época de colheita das culturas, e da concentração dos elementos, carbono e nitrogénio nas mesmas, que segundo vários autores favorecem o processo de compostagem. Com base nestas características os materiais seleccionados são:

**3.2.1 Milho (*Zea Mays L.*)** – restos da cultura do milho estão disponíveis em quase todo o meio rural da superfície de Moçambique, uma vez ser esta cultura a mais cultivada (INE, 2002), principalmente em áreas onde esta cultura não é usada como material para alimentação do gado.

Este material apresenta-se a vista bastante lignificada e é usado como fonte rica em carbono e também para melhorar a estrutura física da pilha.

Os restos da cultura do milho foram obtidas no campo experimental da FAEF.

**3.2.2 Feijão nhemba (*Vigna Unguiculata L.*)** – Material rico em nitrogénio e a semelhança do milho foi obtido no campo experimental da FAEF.

Segundo o INE (2002), em Moçambique, esta cultura ocupa a maior área em termos de produção no grupo das culturas oleaginosas.

**3.2.3 Estrume de galinha** – Este material é uma fonte rica em nitrogénio, apresenta um elevado conteúdo de substâncias orgânicas e de elementos nutritivos e é facilmente degradável.

O estrume de galinha utilizado para adicionar ao cúmulo foi obtido num pequeno aviário na periferia da cidade de Maputo.

**3.2.4 Ureia** – Fertilizante mineral rico em azoto. O uso deste material teve como objectivo aumentar o nível do nitrogénio, de forma a favorecer o aquecimento da pilha e acelerar a degradação da massa.

### 3.3 Método de compostagem

O método usado neste ensaio foi natural, pois, segundo Zicconi *et al* (1987), citados pela FAO (1993), é o mais apropriado, isto é, o responsável pela produção do composto, que é uma biodegradação aeróbia de resíduos sólidos, procedendo uma elevação de temperatura durante a primeira (1ª) fase termofílica (1 a 3 dias) do processo.

### 3.4 Montagem dos cúmulos na composteira

Cinco pilhas foram instaladas atendendo a disponibilidade de espaço físico dentro da composteira.

Para a montagem das pilhas obedeceu-se aos seguintes procedimentos :

1) - Cortaram-se os restos de cultura de milho e de feijão – nhemba em pedaços reduzidos de cerca de 10 cm.

2) - Pesou-se as quantidades dos materiais necessários para montagem de cinco (5) pilhas (Tabela 3.1).

3) - Em seguida a montou-se o material a compostar, dando-lhe a forma de pilha/pirâmide ou cúmulo aproximadamente 1 m de diâmetro na base e meio metro de altura, sobrepondo camadas dos materiais a compostar, iniciando em baixo com uma camada de milho.

4) - As camadas foram sobrepostas em ordem de material facilmente degradável (feijão-nhemba e estrume de galinha) alternando com camadas de material dificilmente degradavel (milho).

- Por fim adicionou-se ureia e regou-se a pilha até atingir humidade adequada. Considerou-se adequado o teor de humidade que ao exprimir uma pequena quantidade de material a compostar ficou-se com a mão húmida mas não a pingar.

Tabela 3.1 : Composição dos cúmulos ou pilhas

	Milho ( kg )	Feijão – Nhemba ( kg )	Estrume galinha ( kg )	Ureia ( kg )
Pilha 1	12.5	5.0	2.5	0.2
Pilha 2	10.0	2.5	5.0	0.2
Pilha 3	12.5	5.0	5.0	0.2
Pilha 4	15.0	0.0	5.0	0.2
Pilha 5	15.0	5.0	0.0	0.2

### **3.5 Monitoria do Processo**

Os cúmulos foram remexidos a cada dois dias e antes do remeximento eram efectuadas medições de temperatura e em seguida eram colhidas amostras do material da pilha para a determinação da humidade. A monitoria do processo arrancou no dia da montagem dos cúmulos (T0) e arrastou-se até ao centésimo dia.

A colheita de amostras para a determinação foi feita no primeiro dia, no quinto, no decimo e por fim passou a ser observada por década até o centésimo dia do experimento. A temperatura foi medida diariamente durante os primeiros quinze dias, começando pelo dia da instalação das pilhas, depois mediu-se no vigésimo dia e por fim passou a ser observada por década até ao centésimo dia.

#### **3.5.1 Revolvimento**

Esta operação foi realizada com uso de forquilhas. O substrato orgânico foi remexido cada 2 dias, do primeiro dia até ao centésimo dia, para homogeneizar a mistura e favorecer uma maior degradação aeróbica.

#### **3.5.2 Rega**

Esta operação foi efectuada a cada dois dias em simultâneo com revolvimento. A quantidade de água aplicada em cada cúmulo variava em função da observação das pilhas na composteira, e da leitura efectuada no laboratório com ajuda da diferença dos pesos seco e humido da amostra obtido após secar na estufa.

### **3.6 Variáveis Medidas**

#### **3.6.1 Temperatura**

Antes de efectuar a operação de revolvimento foi medida a temperatura da massa, utilizando um termómetro de mercúrio. Estas medições foram feitas em três (3) pontos significativos : duas em proximidades dos lados do cúmulo e uma outra no seu centro, para se obter um valor médio representativo da temperatura.

### 3.6.2 Maturação do composto

Segundo Russo (2003), Composto maduro têm um cheiro agradável de terra húmida (terra de floresta) e os materiais usados formam uma massa escura na qual não se diferencia um material do outro.

Numa pilha, quando a temperatura no interior da mesma fica próxima ao da temperatura ambiente (composto frio por dentro, num período de 110 a 120 dias após o início do processo), pode-se considerar que o composto está maduro. Uma forma simples de se verificar a maturação do composto é misturando uma porção dele em um copo de água. Vai ocorrer um destes fenómenos: O líquido após revolvido fica escuro como se de uma tinta preta se tratasse, e fica ainda com partículas em suspensão, mostrando que o composto está curado, pronto para o uso. Para o caso da água não ficar colorida pelo material colocado e este se depositar no fundo do copo, isto significa que o processo não terminou e terá de se aguardar por mais algum tempo (Inckell *et al.*, 1990).

Após 90 dias de compostagem, amostras de composto seleccionadas em função ao aspecto físico foram misturadas em água e observou-se a cor que estas produziam.

### 3.7 Análise Laboratorial

Amostras dos cúmulos foram recolhidas de 10 em 10 dias começando do primeiro (T0), até ao centésimo vigésimo dia (T120), ao longo do processo de compostagem e foram usadas na determinação da humidade, nitrogénio total e matéria orgânica.

#### 3.7.1 Humidade das pilhas

Taras de porcelana foram colocadas em estufa a temperatura de 105° C por uma noite; Após terem sido deixadas arrefecer cerca de 20 minutos ao ar livre, foram devidamente pesadas (Tara = T); Em seguida, pesou-se 3 g de amostra, colocou-se na tara e deixou-se secar na estufa a 105° C. 24 horas depois procedeu-se a mais uma pesagem da tara com a amostra seca.

A humidade nas pilhas (U%) foi calculada segundo a Equação 3.1.

$$U = \frac{[(T + PU) - (T + PS * 100)]}{PU} = \frac{PU - PS}{PU} * 100 \quad (3.1)$$

Onde :

U: humidade da pilha (%).

T : peso da tara de porcelana em gramas (g).

PU : Peso da amostra húmida em gramas (g).

PS : Peso da amostra seca em gramas (g).

### 3.7.2 Determinação do Nitrogénio total

Na determinação do nitrogénio total usou-se o método de Kjeldahl. Este é o método usado no laboratório de solos da FAEF e encontra-se devidamente descrito no guião de laboratório por Menete (1994).

### 3.7.3 Determinação do carbono orgânico total

O conteúdo de matéria orgânica em percentagem foi determinada usando o método de combustão via seca. Este método encontra-se descrito no guião de laboratório por Menete (1994). Os valores de matéria orgânica obtidos foram convertidos em carbono orgânico através da Equação 3.2.

$$M.O = C-org * 1.724 \text{ (De Wit, 2001).} \quad (3.2)$$

Onde :

M.O : matéria orgânica (%).

C-org : carbono orgânico (%).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Factores que afectam o processo de compostagem

#### 4.1.1 Temperatura

A figura 4.1 mostra os valores de temperatura observados durante os primeiros 16 dias de compostagem nas cinco (5) pilhas.

Da figura 4.1 nota-se um aumento da temperatura do primeiro até ao oitavo dia e um decréscimo a partir do oitavo até ao decimo sexto dia. A temperatura máxima observada nas cinco pilhas varia de 30 a 37° C. O valor máximo (37° C) foi observado na pilha 4, no terceiro dia de compostagem.

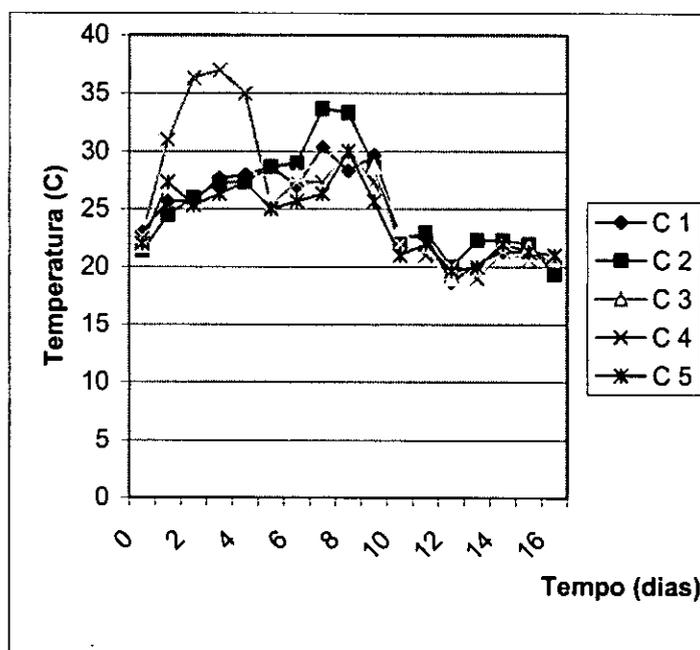


Figura 4.1 : Evolução da temperatura nas pilhas em compostagem

A partir do decimo sexto dia até ao final do processo a temperatura manteve-se próximo da temperatura ambiente.

Os valores observados não são característicos de um bom processo de compostagem. Segundo Silva (2003), num processo normal de compostagem a temperatura mínima da faixa optima situa-se em cerca de 50° C durante a primeira fase (primeiras duas semanas).

As temperaturas registadas são baixas para o início dum processo normal e rápido de decomposição onde a biodegradação dos substratos ocorre com elevação da temperatura da massa em degradação. As baixas temperaturas no interior das pilhas ou das massas em degradação devem-se:

- Regas e revolvimentos constantes (a cada 2 dias);
- Época do ensaio – época fresca;
- Erros de leitura originados pelo uso de termómetro não recomendado.

As temperaturas baixas durante o processo significaram uma lenta decomposição do material, pois, tomando em conta o nível de humidade nas cinco pilhas que foi alto a actividade dos microorganismos diminuiu grandemente.

#### 4.1.2 Humidade das pilhas

A figura 4.2 descreve as oscilações de humidade registadas durante os primeiros 70 dias de compostagem. Da figura 4.2, pode ver-se que os níveis de humidade nas cinco (5) pilhas em compostagem superam em certos períodos, e em outros períodos não atingem o intervalo óptimo recomendado para um normal processo de compostagem, que normalmente varia de 45 – 65 %. Em situações em que a humidade supera os 65 %, criam-se zonas de anaerobiose, a actividade microbiológica reduz e a relação C/N aumenta. Nessas condições a temperatura abranda.

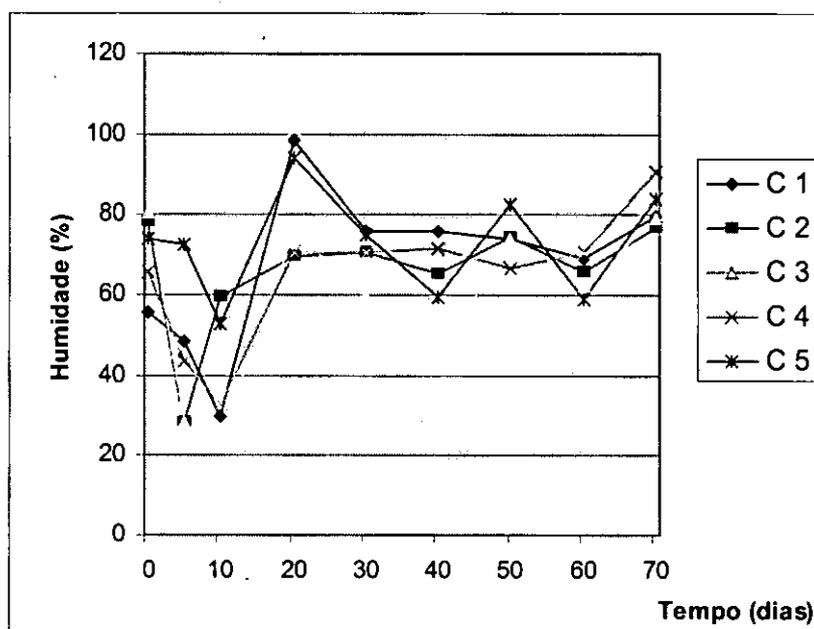


Figura 4.2 : Evolução da humidade nas pilhas em compostagem.

Quando a humidade dos cúmulos encontram-se no intervalo óptimo, maior é a actividade biológica, maior é a degradação dos substratos orgânicos e a relação C/N decresce. Da figura 4.2 pode-se notar que a partir do vigéssimo dia a humidade das pilhas é superior a 65° C. Isto quer que durante muito tempo as pilhas permaneceram em situação de anaerobiose. Nestas condições a relação C/N aumenta, a actividade microbiana reduz, a temperatura baixa e conseqüentemente o processo de decomposição cada vez mais lento.

Oscilações de humidade nos cúmulos justificam-se por regas e revolvimentos frequentes ( 2 em 2 dias) e adição de água aos cúmulos sem volume definido.

Dificuldade no controlo da humidade deve-se segundo Mustin (1997), as variações na capacidade de conservação de água por parte dos substratos em decomposição. Ainda segundo o mesmo autor a capacidade de conservação da humidade difere em função dos materiais que constituem a matriz.

#### 4.1.3 Nitrogénio total

A figura 4.3 apresenta a evolução do nitrogénio total (Ntot) ao longo dos 120 dias do processo. Da figura 4.3 pode-se observar que a pilha 3 recebeu maiores inputs de nitrogénio no início do processo.

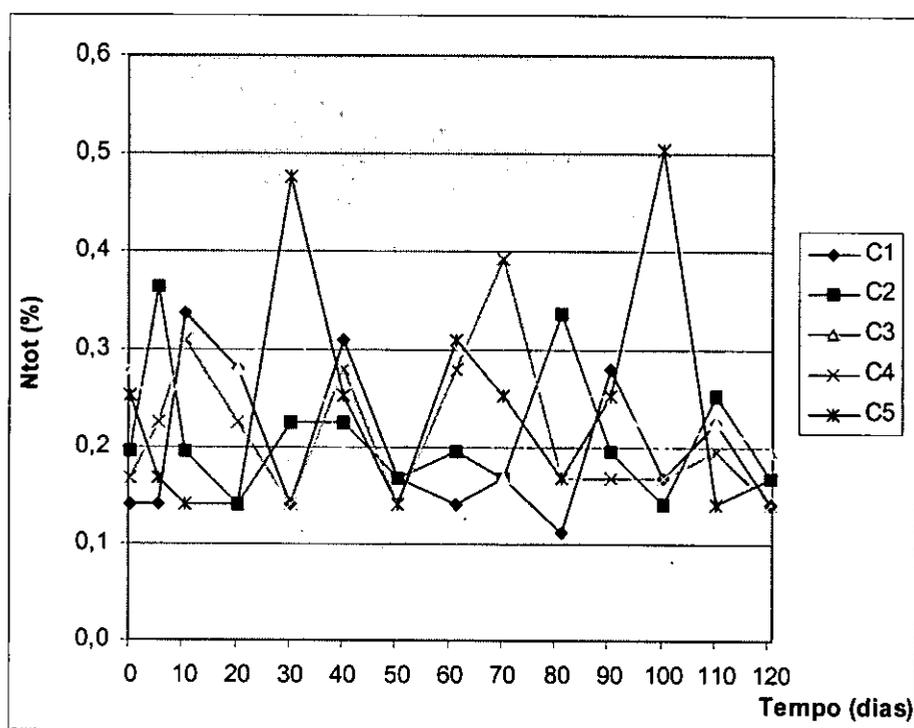


Figura 4.3 : Relação tempo de compostagem e nível de Ntot nos cúmulos.

Oscilações constantes de nível do nitrogénio total (N<sub>tot</sub>) explica-se por variação constante de ambiente aeróbio – anaeróbio - aeróbio resultado do controle deficiente da humidade dos cúmulos e também pela lavagem ocasionadas pelas regas e revolvimentos dos cúmulos.

No ambiente de anaerobiose, a actividade dos microorganismos é reduzida resultando no maior fornecimento de nitrogénio e fraca degradação dos carboidratos existentes no material em decomposição. Por outro lado, no ambiente aeróbio a decomposição dos substratos é eficiente e os níveis de nitrogénio fornecido são reduzidos.

#### 4.1.4 Matéria orgânica

A figura 4.4 mostra os valores da evolução do carbono orgânico durante o processo de compostagem. Da figura 4.4 pode-se ver que a maior variação no nível da matéria orgânica ocorreu na pilha 4 (C 4) e a menor variação na pilha 5 (C 5). No geral o conteúdo da matéria orgânica tende a diminuir com o decorrer do processo de compostagem. A redução da matéria orgânica deve-se a oxidação desta pelos microorganismos ou contínua decomposição desta pelos microorganismos.

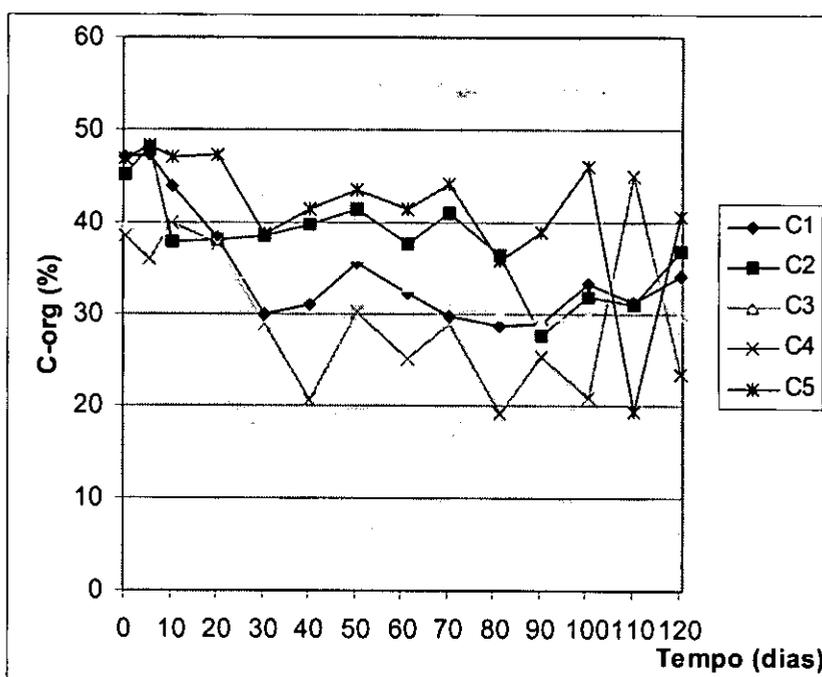


Figura 4.4 : Relação tempo de compostagem e nível de C-org nos cúmulos.

#### 4.1.5 Relação C/N

Nos anexos 4, 5 e 6 são apresentados os valores de C-orgânico e N-total e a relação C/N respectivamente, durante todo o processo de compostagem e na figura 4.5 o aumento do teor do nitrogénio implica diminuição da relação C/N.

A elevada razão C/N pode ser justificada pela baixa quantidade de nitrogénio no material a compostar, os métodos usados no ensaio bem como a finalidade do ensaio.

Oscilações do nível de nitrogénio pode-se justificar como sendo resultado de lavagens constantes ocasionadas pelas regas e revolvimentos frequentes dos cúmulos.

A relação C/N diminui ao longo do processo, uma vez que o teor de N-total quando comparado ao teor de carbono, tende a aumentar, devido segundo Vallini et al (1995), á mineralização parcial da matéria orgânica e a consequente perda de matéria orgânica e de água.

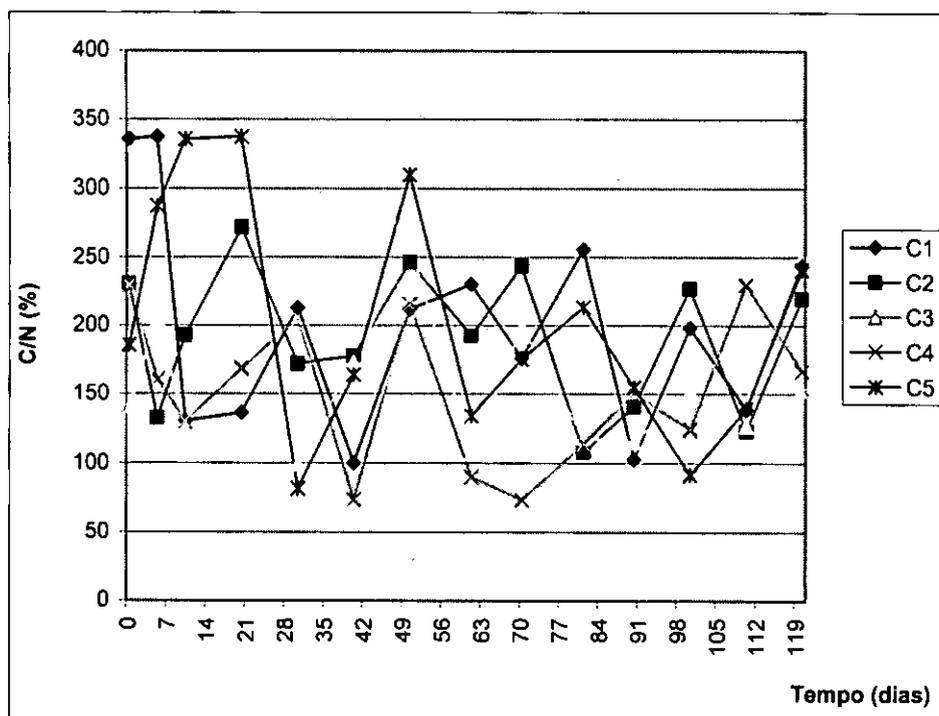


Figura 4.5 : Relação C/N vs tempo de compostagem

#### **4.2 Maturação do composto**

As pilhas foram instaladas no dia 20/05/03 e permaneceram por 120 dias no local em compostagem. Transcorridos 120 dias observaram-se as seguintes variações em termos de cor e da dissolução em água.

Em termos de cor, observou-se que a cor mais negra correspondeu ao composto 4, e a cor menos negra ao composto 5. Para os compostos 1, 2 e 3 a cor negra foi nitidamente inferior ao composto 4, e relativamente menores ao composto 5, com alguma aproximação. Em si os compostos 1, 2 e 3 não apresentaram diferenças nitidas de cor.

Na dissolução em água, a situação observada nos cinco (5) compostos foi idêntica. Composto 4 melhor se dissolveu e mais tingiu a água ao passo que composto 5 menor se dissolveu e menos tingiu a água.

Compostos 1, 2 e 3 entre si não apresentaram diferenças nitidas. Relativamente ao composto 4 a diferença foi pouco nitida, ao contrario do composto 5 em que a diferença foi nitida.

Partindo dos parametros cor e dissolução em água pode-se afirmar que o composto 4 apresentou a melhor maturação e o composto 5 apresentou a pior maturação. Os compostos 1, 2 e 3 apresentaram maturação média não se diferindo entre si. Segundo Kiehl (1980), o composto 4 apresentou a melhor maturação porque foi constituída de 15 kg de resíduos de milho (material fibroso rico em carbono) mais 5 kg de estrume de galinha (esterco fresco mais rico em nitrogénio), isto é, ou por outra, 3 kg de milho para cada kg de estrume de galinha, isto é, proporção de 3 : 1 (material fibroso rico em carbono : esterco fresco mais rico em nitrogénio).

O composto 5 apresentou a pior maturação porque na sua composição apresentou a menor quantidade de nitrogénio, comparativamente aos outros quatro compostos, e não apresentou estrume de galinha.

## 5 CONCLUSÕES

Tendo em conta os parâmetros cor negra mais intensa, melhor dissolução em água e maior dificuldade em reconhecer os materiais iniciais que constituíram as pilhas pode-se afirmar que o composto mais estabilizado foi o composto 4 e o composto menos estabilizado foi o composto 5. Quanto aos compostos 1, 2 e 3 pode-se afirmar que tiveram uma estabilização menor que do composto 4 e maior que do composto 5, e entre eles não apresentaram diferenças nitidas de estabilização.

Os factores que afectam o processo de compostagem são a temperatura, e a humidade, isto é, a temperatura variou entre 30 a 37° C e manteve-se próximo da temperatura ambiente (25° C) no fim do processo de compostagem.

A temperatura durante todo o processo, para todos os cúmulos, esteve abaixo do intervalo recomendado para um ideal processo de compostagem. A temperatura baixa ( $T < 30^{\circ} \text{C}$ ) na primeira fase de compostagem (primeiros 15 dias) esteve relacionada com adição frequente à água (de dois em dois dias). Os níveis de humidade nas cinco pilhas de compostagem variaram entre de 45 – 65 %

O conteúdo da matéria orgânica tende a diminuir com o decorrer do processo de compostagem devido a oxidação dos microorganismos. A relação C/N diminui ao longo do processo, uma vez que o teor de N-total quando comparado ao teor de carbono, tende a aumentar.

O composto 4 apresentou a cor mais negra e o composto 5 foi a menos negra enquanto que os compostos 1, 2 e 3 não apresentaram diferenças nitidas de cor. O composto que apresentou o melhor aspecto físico (cor e textura) foi o C 4 e pior aspecto C 5.

## **6 LIMITAÇÕES DE ESTUDO**

Avaliação da qualidade do composto em termos de parâmetros de humificação tais como grau, índice e razão de humificação não foi possível pelo facto do laboratório de ciência do solo da FAEF não estar preparado para realização de testes de ácido húmico.

A falta de equipamento para separar materiais em decomposição dos materiais frescos não permitiu conhecer a tendência real do comportamento da relação C/N ao longo do tempo.

Condução do estudo em apenas uma época, época fresca, leva-nos a concluir que a época não é a melhor para realização do processo de compostagem. A instalação do ensaio na época quente poderia nos conduzir a conclusões mais fiáveis.

## **7 RECOMENDAÇÕES**

Elaborar um estudo para se conhecer o volume de água a adicionar a pilha em compostagem, em função a humidade no interior da mesma e se possível ao volume da pilha.

Na medição de temperatura deve-se usar um termómetro apropriado de preferência digital para se evitar erros de leitura.

Para se conhecer quais são os substratos mais indicados para produção de composto de melhor qualidade, seria necessária a elaboração de um estudo envolvendo diferentes restos de cultura e também, estrume de diferentes animais.

Para se efectuar análises no laboratório deve-se ter em conta a constituição do material em compostagem ou substratos, ou os métodos e tipo de material existente no laboratório.

Que se façam mais estudos sobre o tema para permitir uma maior contribuição para desenvolvimento da agricultura sustentável, aumento da renda familiar e melhoramento do ambiente.

## **8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Aquino, A. (1999). Vermicompostagem de esterco bovino e bagaço de cana-de-açúcar inoculados com bactéria fixadora de nitrogénio, revista de microbiologia, São paulo, Brasil.

De Oliveira, S. (2001). Compostagem. Em <http://www.bocatu.sp.gov.br/artigos/artigos/aulavermicompost.pdf> (15/04/2003).

De Wit, Hugo (2001), Apontamentos de Fertilidade de Solo, FAEF, Maputo.

FAO (1993), Integrated plant nutrition system, Bulletin 12, Roma, Italia.

Greco, S., Bucci, D. Corredeni and E. Mincione, 2000, Changes in Apolar Organic Fraction Through the Composting Process.

Inckel, M., Smet, P., Tersmette, T., Veldkamp, T. (1990). Fabrico e utilizacao de estrume curtido, agrobok 8, agromisa, Wageningen, Holanda.

INE/MADER (2002), Resultados definitivos, Censo Agro-pecuário-1999, Maputo, Moçambique.

Jodice, R. (1989). Parametri chemici e biologici per la valutazione della qualità del compost. Em <http://www.geocites.com.com/oambientalista/index.htm.htm>(20/01/03).

Katia, Liburdi (2002), Relatório do projecto girassol/feijão nhemba, do programa UEM – Cooperação Itália/Moçambique – FAEF, Maputo.

Kiehl, E. J. (1980). Preparo do composto na fazenda. Embrater 2ed. Brasília, Brasil.

Lopez-Real, J. (1975). Parametros de controle del compostaje y aplicacion del compostaje de residuos organicos. In : Gestion utilizacion de residuos urbanos para la agricultura. Fundacion “ la caixa”, Ed. Aedos : 61 – 67.

Em (<http://www.isa.utl.pt/def/gemf/Cadeiras/RP02-03/compostagem-> 21/7/2003).

Mailto, P. (2003), Compostagem : Ambiente para jovens europeus.

Em [http : europa.eu.int/comm/environment/youth/waste/contest 8 – pt.html](http://europa.eu.int/comm/environment/youth/waste/contest_8_pt.html) (22/06/2003).

Menete, Z. (1994). Guia de Aulas Práticas de Fertilidade do Solo. FAEF. Maputo

Mustin, M. (1997). Le compost : gestion de la matiere organique. Editions francois, dubusc, paris.

Pelazer, M. J. and R. D. Reid, 1965, Microbiology, 2<sup>nd</sup> Edition.

Pereira, N. (1992). Manual de Compostagem; processo de baixo custo, Belo horizonte, Brasil.

Queda, A. C. (1999). Dinâmica do azoto durante a Compostagem de materiais biológicos putrescíveis. Tese de doutoramento em engenharia agro-industrial, Universidade Técnica de Lisboa, Instituto superior de Agronomia, Lisboa.

Silva, C., Sonia, M., Silva, J., Gomes, T. (2003). Preparo do composto na pequena propriedade rural, embrapa, Brasil.

Russo, R. (2003), métodos de compostagem, em: <http://www.planetaorganico.com.br/compost.htm>, (21/07/03).

Vallini, G., Bertini, I., Cipollini, R., Tundo, P. (1995). II Compostaggio. In: La protezione dell'ambiente in Italia. Societa chimica italiana, Bologna, Italia.

# Anexos

Anexo -1 : Temperatura média registado nos cinco cúmulos.

Dia	Temperatura média				
	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5
0	23	21,33	21,83	22,67	22
1	25,67	24,5	27	31	27,33
2	25,67	26	28,33	36,33	25,33
3	27,67	27,33	29,33	37	26,33
4	28	27,33	29,33	35	27,33
5	28,67	28,67	26	25,33	25
6	27	29	28	27,33	25,67
7	30,33	33,67	29,33	27,33	26,33
8	28,33	33,33	30,67	30	30
9	29,67	28,67	28,67	27,33	25,67
10	22,67	22,33	23,33	22	21
11	22,67	23	21	21	22
12	18,67	20	19	20	19,67
13	20,33	22,33	21	19	20
14	21,33	22,33	22	21,33	22
15	21,33	22	21,67	20,67	21,33
16	20,33	19,33	20,67	20,67	21

**Anexo - 2 : Humidade observada nos diferentes cúmulos ao longo do processo de compostagem**

Dia	Humidade (%)				
	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5
0	55,48262	78,11111	80,66089	65,7845	73,89381
5	48,29317	28,4965	28,18533	43,8961	72,43523
10	29,61957	59,31099	24,04412	32,53425	52,58216
20	98,32898	69,60514	75,69214	70,66667	94,13538
30	75,60433	70,62035	59,47551	70,32393	74,97143
40	75,61779	65,34521	44,05507	71,39423	59,45205
50	74,00685	74,42348	74,01786	66,50123	82,73411
60	69,1916	65,77236	62,24628	70,67039	59,12698
70	79,45545	76,87861	78,9675	90,62765	83,99855

Anexo - 3

Relação tempo de compostagem e percentagem de matéria orgânica nos  
cúmulos

Dias	M.O. (%)				
	C1	C2	C3	C4	C5
0	81,0	78,0	68,0	66,4	80,6
5	81,4	83,0	79,0	62,0	83,2
10	75,6	65,2	60,8	69,0	81,0
20	65,8	65,6	59,2	65,0	81,4
30	51,4	66,4	57,6	49,6	66,8
40	53,2	68,6	58,6	35,6	71,2
50	61,4	71,4	62,6	52,0	74,8
61	55,6	65,0	56,8	43,4	71,2
70	51,0	70,6	57,6	49,6	76,2
81	49,4	62,6	51,4	33,0	61,8
90	49,6	47,6	50,2	43,6	67,2
100	57,4	54,8	51,2	36,0	79,4
110	53,6	53,4	49,0	77,6	33,6
120	58,8	63,6	51,6	40,2	69,8

Anexo-4

Relação tempo de compostagem e nível de carbono orgânico (%) nos cúmulos

Dias	Cúmulo				
	C1	C2	C3	C4	C5
0	46,984	45,244	39,443	38,515	46,752
5	47,216	48,144	45,824	35,963	48,260
10	43,852	37,819	35,267	40,023	46,984
20	38,167	38,051	34,339	37,703	47,216
30	29,814	38,515	33,411	28,770	38,747
40	30,858	39,791	33,991	20,650	41,299
50	35,615	41,415	36,311	30,162	43,387
61	32,251	37,703	32,947	25,174	41,299
70	29,582	40,951	33,411	28,770	44,200
81	28,654	36,311	29,814	19,142	35,847
90	28,770	27,610	29,118	25,290	38,979
100	33,295	31,787	29,698	20,882	46,056
110	31,090	30,974	28,422	45,012	19,490
120	34,107	36,891	29,930	23,318	40,487

Anexo - 5

Relação entre tempo de compostagem e nível de nitrogénio total (%) nos cúmulos

Dia	Nitrogénio total (%)				
	C1	C2	C3	C4	C5
0	0,140	0,196	0,280	0,168	0,252
5	0,140	0,364	0,224	0,224	0,168
10	0,336	0,196	0,280	0,308	0,140
20	0,280	0,140	0,280	0,224	0,140
30	0,140	0,224	0,336	0,140	0,476
40	0,308	0,224	0,196	0,280	0,252
50	0,168	0,168	0,140	0,140	0,140
61	0,140	0,196	0,308	0,280	0,308
70	0,168	0,168	0,168	0,392	0,252
81	0,140	0,336	0,252	0,168	0,168
90	0,280	0,196	0,252	0,168	0,252
100	0,168	0,140	0,196	0,168	0,504
110	0,224	0,252	0,224	0,196	0,140
120	0,112	0,168	0,196	0,140	0,168

Anexo -6

Relação C/N (%) e tempo de compostagem

Dia	C/N				
	C1	C2	C3	C4	C5
0	335,598	230,835	140,868	229,256	185,523
5	337,256	132,263	204,57	160,549	287,261
10	130,51	192,954	125,953	129,945	335,598
20	136,311	271,793	122,638	168,317	337,256
30	212,96	171,942	99,4365	205,502	81,4015
40	100,19	177,639	173,422	73,7488	163,886
50	211,993	246,52	259,364	215,446	309,911
61	230,361	192,362	106,97	89,9072	134,089
70	176,086	243,758	198,873	73,3936	175,395
81	255,842	108,068	118,311	113,938	213,374
90	102,751	140,868	115,549	150,536	154,679
100	198,183	227,047	151,522	124,296	91,3803
110	138,797	122,915	126,885	229,651	139,211
120	243,619	219,589	152,706	166,556	240,995