

Outubro de 2014
Publicação periódica de difusão científica e tecnológica editada pelo Instituto Mato-grossense do Algodão (IMAMT) e dirigida a profissionais envolvidos com o cultivo e beneficiamento do algodão.

Diretor executivo
Álvaro Salles

Contato
www.imamt.com.br

Email
imamt@
imamt.com.br

Tiragem
2000 exemplares



Armazenamento da casquinha de algodão nos pátios das algodoceiras no estado de Mato Grosso.
(Foto: Elio R. de la Torre)

Compostagem de subprodutos das algodoceiras

Elio Rodríguez de la Torre¹ e Marcelo Sebastião da Silva²

A cultura do algodoeiro no Brasil encontrou na região Centro-Oeste as condições ótimas de relevo e clima para a produção em grande escala da fibra, além de outros subprodutos de interesse estratégico para a agroindústria, a pecuária e a geração de energia.

Os subprodutos resultantes do beneficiamento do algodão em caroço vêm ganhando relevante importância, condicionados pelos variados usos nos diferentes setores da economia. Entre eles, se destaca o caroço de algodão, que pode ser utilizado na alimentação animal ou ser beneficiado para a produção de óleo, farelo e a casca do caroço (*Figura 1, na página seguinte*).

Numerosas pesquisas têm sido realizadas para conhecer a forma mais correta de utilização desses subprodutos, porém são escassos os relatos na literatura nacional sobre a utilização da casquinha do algodão

procedente das algodoceiras.

A casquinha do algodão é o material resultante do beneficiamento do algodão em caroço, composta pelas "cascas" do capulho (carpelas secas), brácteas misturadas com pequenas partes de ramos ou de talos, junto com um pouco de algodão em caroço ou de fibra. Este subproduto apresenta pouco interesse para a alimentação animal, devido ao seu baixo valor nutritivo quando comparado com o caroço de algodão.

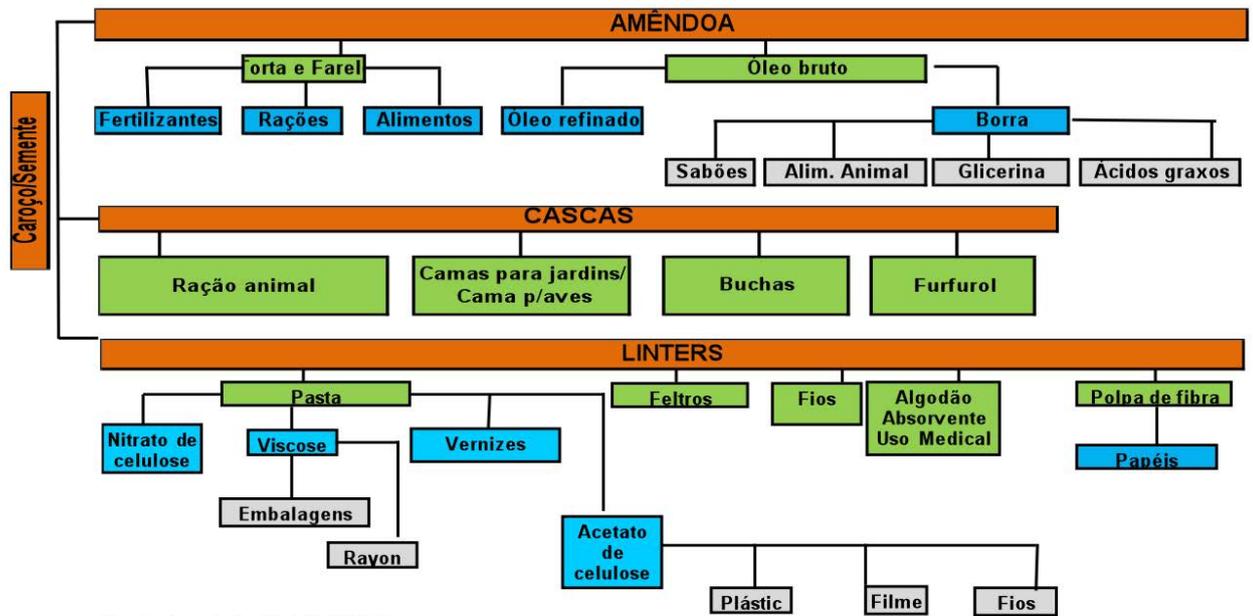
Assim, os subprodutos gerados pelas algodoceiras e também pelas usinas de deslintamento de sementes apresentam-se como fontes de matérias primas potenciais para a produção de novos insumos agrícolas, seja como corretivos, adubos organo-minerais e/ou recondicionadores do solo.

Entre as tecnologias disponíveis para transformar os subprodutos agroindustriais

(1) Pesquisador do Instituto Mato-grossense do Algodão, Primavera do Leste-MT.
Email: eliotorre@imamt.com.br

(2) Técnico do Instituto Mato-grossense do Algodão, Primavera do Leste-MT.

Figura 1. Produtos obtidos do caroço de algodão e suas múltiplas aplicações.



Fonte: Agroindustrial Multi Cotton

em nutrientes assimiláveis para as plantas estão os processos biológicos de transformação inerentes da **compostagem**, reconhecidos como uma das práticas mais eficientes e funcionais para restituir ao solo parte dos elementos nutritivos e propriedades extraídas ou alterados pelas práticas agrônômicas.

O IMAmt, a partir do ano 2011, começou a trabalhar em parceria com as empresas envolvidas no beneficiamento do algodoeiro e deslinteramento da semente, com objetivo de procurar soluções viáveis para transformar os resíduos com alto potencial contaminante em matérias primas de novos processos de produção, como a fabricação de substratos ou adubos orgânicos (Figura 2) com a capaci-

dade de recuperar o equilíbrio nutricional do solo, além de poder ser produzido e utilizado nas fazendas.

A compostagem é uma tecnologia adequada ao tratamento, à reciclagem e à valorização de biomassas como, por exemplo, a fração orgânica dos resíduos orgânicos agropecuários, agroindustriais e florestais.

MATERIAL UTILIZADO NA FABRICAÇÃO DE COMPOSTOS

De maneira geral, todos os restos orgânicos vegetais ou animais encontrados poluindo o meio ambiente nas propriedades agrícolas podem ser utilizados na fabricação dos compostos. Atualmente, os materiais mais

Figura 2. Ensaio experimental com diferentes subprodutos das agroindústrias algodoeiras, no Campo Experimental de IMAmt em Primavera do Leste-MT. (Foto: Elio R. de la Torre)



utilizados são: restolho de culturas; palhas e cascas (espiga de milho, arroz, palhada do feijão; vagem; bagaço de cana; palha de carnaúba; palha de café; serragem; sobra de coqueiras e camas de animais). Essas associações devem, se possível, ser utilizadas na proporção de 70% de material rico em hidratos de carbono (restos vegetais) e 30% de material pobre em carbono (esterco de animais - *Figura 3*), mas rico em nitrogênio. Os materiais ricos em nitrogênio são de fácil decomposição e prestam-se como fonte de micronutrientes para o composto. O esterco, além de fornecer nitrogênio, é o material inoculante de bactérias e fungos.

A casquinha de algodão (*Figura 4*) é rica em carbono e proteínas, com quantidades significativas de macro e micronutrientes essenciais para as plantas (*Tabela 1*).

No processo de compostagem, ela constitui uma fonte de alimento superior para organismos encarregados de transformar os elementos constituintes em nutrientes assimiláveis para as plantas, para assim manter a vida no solo. Logo após finalizado o processo de transformação, estes organismos também se convertem em nutrientes assimiláveis para as plantas.

O linter (*Figura 5*) proveniente das unidades de deslinteramento químico de sementes pode ser usado também para compostagem.

PREPARO DO COMPOSTO

Considerações técnicas para a recepção de resíduos agroindustriais:

Escolha do local

Geralmente, os pátios das algodozeiras apresentam boa topografia (plana ou levemente inclinada), o que facilita a escolha do lugar onde se posicionará



Figura 3. Esterco de galinha usado na compostagem em uma fazenda. (Foto: Elio R. de la Torre)



Figura 4. Casquinha de algodão em decomposição no pátio das algodozeiras. (Foto: Elio R. de la Torre)

Tabela 1: Caracterização química de subprodutos das algodozeiras e usinas de deslinteramento, com cama de frango e outros resíduos agroindustriais. (Fonte: IMAmt, 2011)

| No | Resíduos Org. | MOS (%) | C/N | pH | Macronutrientes (%) | | | | | |
|----|-----------------------------|---------|-------|-----|---------------------|------|------|------|------|------|
| | | | | | N | P | K | S | Ca | Mg |
| 1 | Est. Galinha (EG) | 10,2 | 1,6/1 | 6,2 | 4,1 | 1,2 | 0,8 | 0,1 | 2,4 | 0,1 |
| 2 | Casq. Algodão velha (CA1) | 61,9 | 41/1 | 7,3 | 1,20 | 0,54 | 3,81 | 2,31 | 1,06 | 0,23 |
| 3 | Casq. Algodão nova (CA2) | 57,8 | 30/1 | 5,2 | 1,76 | 0,25 | 2,76 | 0,14 | 0,21 | 0,09 |
| 4 | Linter velho (Li1) | 60,9 | 57/1 | 1,4 | 0,98 | 0,40 | 1,59 | 0,67 | 0,16 | 0,15 |
| 5 | Linter novo (Li2) | 60,9 | 60/1 | 1,5 | 0,92 | 0,37 | 1,57 | 0,30 | 0,14 | 0,12 |
| 6 | Terra Filtrante velha (TF1) | 37,3 | 154/1 | 3,3 | 0,14 | 0,43 | 1,31 | 0,62 | 0,62 | 0,56 |
| 7 | Terra Filtrante nova (TF2) | 31,1 | 161/1 | 4,0 | 0,11 | 0,43 | 1,48 | 0,72 | 0,70 | 0,53 |
| 8 | Cinza Cargill (CC) | 55,1 | 127/1 | 8,7 | 0,25 | 1,34 | 2,69 | 0,08 | 3,07 | 0,90 |

Figura 5
Linter proveniente de usina de deslinteramento (Foto: Elio R. de la Torre)



as leiras. O solo deve ter certo grau de compactação que limite percolações de chorume induzidas pelas aplicações de água. Também nos períodos chuvosos deve-se controlar o escoamento superficial da água, que pode provocar erosão nas pilhas mediante a formação prévia de canaletas ao redor da área. Igualmente, o local escolhido deve ser de fácil acesso para entrada e saída de caminhões e, como condição indispensável, deve dispor de água suficiente e de qualidade (livre de agentes contaminantes).

Escolha dos resíduos a compostar

De acordo com o volume e a dinâmica de produção das algodozeiras, é necessário considerar o estado de degradação da casquinha a ser usada como fonte de carbono. Trabalhos de pesquisa realizados pelo IMAmt em 2011, demonstraram que existem diferenças químicas e microbiológicas notáveis entre a casquinha recém saída da algodozeira em comparação com aquela que está no pátio por algum tempo. Ademais da composição química (*Tabela 1*), indicadores visuais como cor, tamanho do resíduo e temperatura da casquinha locada no pátio são características a se considerar para iniciar com sucesso o processo de compostagem.

Caso exista a possibilidade de incorporar alguma fonte de nitrogênio orgânico ou mineral, seja esterco animal ou ureia, isso estimulará o processo de compostagem da

casquinha agregando nutrientes e diversificando a biologia do composto final.

Sistemas de mistura: importância da relação C/N

Os micro-organismos são os encarregados de realizar o trabalho de transformação dos subprodutos. Ao preparar os resíduos para compostar, deve-se considerar a relação entre os materiais ricos em carbono (C) e em nitrogênio (N), parâmetro importante para a atividade microbiana. Para se obter uma alta eficiência do processo, é importante que a relação C/N seja balanceada, devendo apresentar, no início do processo, valores da ordem de 30 a 60/1.

Quanto mais diversificados forem os resíduos orgânicos que compõem a massa de compostagem, mais diversificados serão os nutrientes e, conseqüentemente, melhor a qualidade do composto produzido. Quando não se disponha de análise laboratorial que caracterize os resíduos a serem utilizados, mostrando principalmente os teores de carbono e nitrogênio, as pilhas de resíduos deverão geralmente ser feitas utilizando-se de 3 a 4 partes de material fibroso (rico em carbono) para 1 parte de esterco fresco (resíduo mais rico em nitrogênio), em seu volume inicial no processo.

Atendendo à relação C/N, os trabalhos realizados pelo IMAmt constataram que tanto a casquinha como o linter de algodão

proveniente de usinas de deslincamento de sementes podem ser usados como fontes de carbono para a produção de composto, sem chegar a afetar sua qualidade devido ao tempo de armazenagem no pátio (Tabela 1).

Dimensionamento de uma unidade de compostagem

Imagine, por exemplo, que a quantidade de resíduos na unidade (estabelecimento agrícola, entre outros) seja de 2.000 kg/mês e admitindo-se que a densidade da mistura desses materiais seja de 450 kg/m³. Para exemplificar, na Tabela 2 serão adotadas leiras com seção reta triangular, com 1,5 m de altura e 3,0 m de largura.

Efetando os cálculos:

a) Cálculo do comprimento da leira (L):

- Área de seção reta: $AS = 3 \times 1,5 / 2 = 2,25 \text{ m}^2$
- densidade de massa do composto (d)
- $d = 450 \text{ kg/m}^3$ (dado do problema)

b) Volume da leira de compostagem (V):

- $V = 2.000 \text{ kg} / 450 \text{ kg/m}^3 = 4,4 \text{ m}^3$

c) Comprimento da leira (L):

- $L = V / AS = 4,4 \text{ m}^3 / 2,25 \text{ m}^2 = 1,97 \text{ m}$
- Comprimento adotado: $L = 2 \text{ m}$

Assim sendo, as dimensões da leira são:
1,5 x 3,0 x 2,0 m

d) Cálculo da área do pátio de compostagem:

- Área da base da leira (Ab):
 $Ab = 3,0 \times 2,0 = 6,0 \text{ m}^2$
- Área de folga para reviramento da leira = Af
 $= 6 \text{ m}^2$
- cada leira ocupará: $Ab + Af = 12 \text{ m}^2$

Observação: Supondo-se tratar de um material cujo período de compostagem (fase ativa e fase de maturação) seja de 120 dias, e que seja montada uma leira por mês, tem-se que a área útil (Au) do pátio de compostagem será:
 $Au = 6 \text{ m}^2 \times 120 = 720 \text{ m}^2$.

PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS A CONTROLAR NA COMPOSTAGEM

Os principais fatores que influenciam o processo de compostagem são os que afetam, direta ou indiretamente, o metabolismo da flora microbiana encarregada pela decomposição dos resíduos e sua transformação em um produto estável e rico em substâncias húmicas (Figura 7).



Casquinha de algodão, linter e outros subprodutos submetidos a processos de transformação aeróbicos controlados. (Foto: Elio R. de la Torre)

Tabela 2: Dimensões de uma unidade de compostagem.

| Comprimento (L) | Volume (V) | Comprimento (L - V / AS) | Área do Pátio (Ab) | Área de Folga (Af) |
|-----------------|--------------------|--------------------------|--------------------|--------------------|
| AS = 2,25 | 4,4 m ³ | 1,97 m | 6 m ² | 6 m ² |



Montagem de leira em uma fazenda (Foto: Elio R. de la Torre)

Umidade

O teor de umidade considerado ótimo encontra-se na faixa que vai de 40% a 60%, dependendo da granulometria e da capacidade de retenção de água de cada material. A correção do teor de umidade deve ser realizada durante os revolvimentos ou sempre que o material se apresentar muito seco.

No caso particular da casquinha e do linter de algodão, estes não apresentam limitações em relação ao grau de umidade, pois a granulometria facilita a dessecação e drenagem do material exposto no pátio.

Aeração ou oxigenação

A oxigenação (ou aeração) tem por finalidade suprir a demanda de oxigênio requerida pela atividade microbiana e atuar como agente de controle da temperatura. Pode ser obtida através de processos de aeração mecânica.

Existem diversos implementos, que permitem realizar essa operação mecanicamente, em função da potência do trator (*Figura 8*).

Temperatura

Os microrganismos que fazem a decomposição da matéria orgânica produzem calor. A temperatura é considerada o principal parâmetro indicativo do processo de compostagem. A faixa ótima de temperatura para o processo de compostagem situa-se entre 50°C e 60°C, devendo ser mantida em torno

de 55°C e superior 45°C pelo maior período possível, ou de acordo com requerimentos de desinfecção.

Embora a elevação da temperatura seja necessária e interessante para a eliminação de microrganismos patogênicos (*Tabela 3*), alguns pesquisadores observaram que a ação dos microrganismos sobre a matéria orgânica aumenta com a elevação da temperatura até 65°C e que, acima deste valor, o calor limita as populações aptas, havendo um decréscimo da atividade biológica.

Poucos dias após a formação das leiras, a temperatura deve oscilar entre 40°C a 45°C. Em seguida, o calor interno irá subir para 40°C a 60°C, podendo se estabilizar nessas temperaturas durante mais de 20 dias (*Figura 9*), o que faz com que o substrato começa a mudar de cor, ficando mais escuro.

Temperaturas muito altas devem ser controladas. Para isso, deve-se introduzir um vergalhão de ferro na pilha e retirá-lo após cinco minutos. Se ele estiver quente a ponto de não se conseguir segurá-lo, a pilha deverá ser re-

Figura 7. Fatores que participam na transformação da MO durante o processo de compostagem. (Fonte: Adaptado de Cunha Queda, 1999)

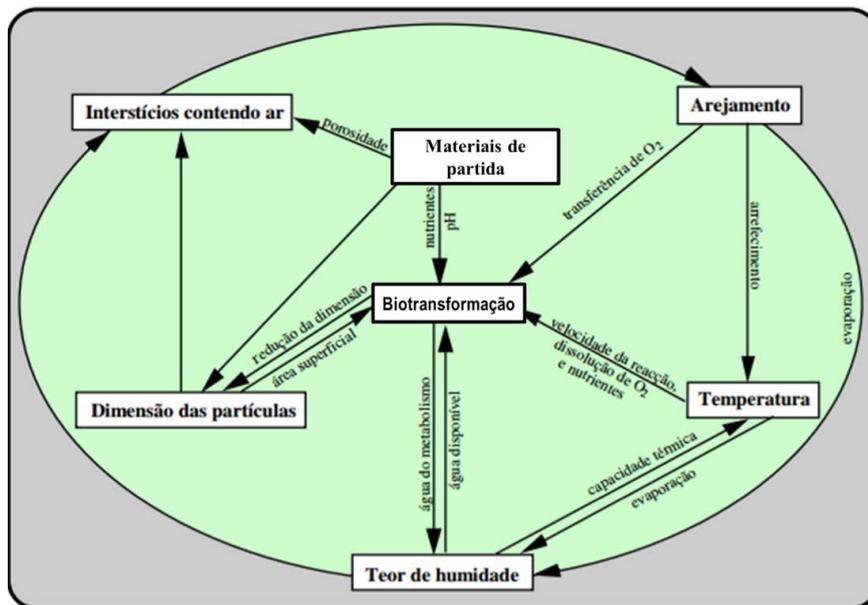


Figura 8. Implementos para a realização da aeração mecânica (Foto: Elio R. de la Torre)



Tabela 3: Temperatura e tempo para destruição dos patógenos e parasitas mais comuns. (KIEHL, 1985).

| Organismos | Temperatura e Tempo para Destruição |
|--|---|
| <i>Salmonella typhi</i> | Não se desenvolve acima de 46°C; morre dentro de 30 minutos entre 55 e 60°C |
| <i>Shigella spp</i> | Morre dentro de 1 hora a 55°C |
| <i>Escherichia coli</i> | A maior parte morre dentro de 1 hora a 55°C ou dentro de 15 a 20 minutos a 60°C |
| <i>Entamoeba histolytica (cistos)</i> | São destruídos a 68°C |
| <i>Taenia saginata</i> | Morre dentro de 5 minutos a 71°C |
| <i>Necator americanus</i> | Morre dentro de 50 minutos a 45°C |
| <i>Brucella abortus</i> ou <i>B. suis</i> | Morre dentro de 50 minutos a 45°C |
| <i>Micrococcus pyogenes var. aureus</i> | Morre dentro de 10 minutos a 50°C |
| <i>Streptococcus pyogenes</i> | Morre dentro de 10 minutos a 54°C |
| <i>Mycobacterium tuberculosis var. hominis</i> | Morre dentro de 15 a 20 minutos a 66°C |
| <i>Corynebacterium diphtheriae</i> | Morre dentro de 45 minutos a 55°C |

virada e molhada. Da mesma maneira, em caso de temperatura baixa, sinal de que a atividade microbiana não é suficiente, se deve revolver o composto para ativar a biotransformação.

Resultados de ensaios com diferentes combinações de subprodutos agroindustriais realizados pelo IMAMt (2011) apontam que tanto o línter quanto a casquinha do algodão podem ser utilizados como fonte de matérias primas para a produção de composto. A Figura 10 (página seguinte) mostra como a temperatura registrou diferentes variações durante o ciclo de transformação nas diferentes combinações de subprodutos. Particular destaque apresentaram o línter e a casquinha de algodão, que expuseram valores ótimos de calor em cada uma das fases da compostagem, necessários e suficientes na degradação da matéria orgânica, controle de patógenos e estabilização de nutrientes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao final do processo, o composto obtido deve apresentar, em média, uma adequada composição química, sempre considerando que o mais importante na compostagem é a relação proporcional de todos os nutrientes, e não a quantidade máxima de um elemento específico, de modo que, quando se aplique uma dosagem, os nutrientes minerais que aportem sejam suficientes para o desenvolvimento de qualquer cultura, sem ter a necessidade de fazer correções de fertilizantes minerais (página seguinte).

Para caracterizar a qualidade do composto obtido, além de fazer as análises químicas, devem ser considerados os seguintes parâmetros:

Umidade: No caso dos adubos orgânicos, quanto mais baixa a umidade, melhor a qualidade. Sendo

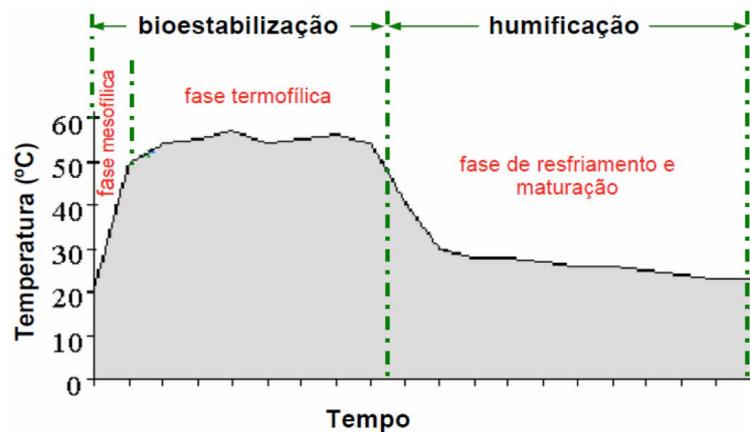


Figura 9. Curva padrão da temperatura registrada durante o processo de compostagem. Fonte: KIEHL (1985)



Medição de temperatura numa leira de compostagem (Foto: Elio R. de la Torre)

aceitáveis valores iguais ou menores que 40%.

Relação C/N: É um indicador da eficiência do processo de compostagem e de transformação do substrato inicial, sendo recomendados valores inferiores a 25/1 no composto final.

Conteúdo de MO: constitui a base de todo adubo orgânico, sendo importante que seu conteúdo seja igual ou superior a 50% em base seca.

Além desses indicadores, é necessário considerar a matéria seca, o pH e o conteúdo de carbonatos livres.

Granulometria: Quanto mais fina é a granulometria, maior é a área exposta à atividade microbiana, o que promove o aumento das reações bioquímicas, visto que aumenta a área superficial em contato com o oxigênio.

pH: Ao final do processo, o composto apresentará pH em torno de 6,5 a 7,5.

O material obtido pela compostagem a partir da casquinha de algodão deve apresentar cor escura, é rico em húmus e contém de 50% a 70% de matéria orgânica.

Pode ser considerado adubo orgânico se estiver em conformidade com o Decreto nº 86.955, de 19 de fevereiro de 1982, que define o **Fertilizante Composto** como produto obtido por processo bioquímico, natural ou controlado com mistura de resíduos de origem vegetal ou animal. Na Portaria nº 1 de 4 de março de 1983, os **Fertilizantes Orgânicos** (os "Fertilizantes Organominerais" e o "Composto") deverão atender às especificações e garantias mínimas seguintes:

| Parâmetro | Organomineral | "Composto" |
|--|---------------------|----------------|
| Matéria orgânica total | Mínimo de 25% | Mínimo de 40% |
| Nitrogênio total | Conforme Registrado | Mínimo de 1,0% |
| Umidade | Máximo de 20% | Máximo de 40% |
| Relação C/N | ----- | Máximo de 18/1 |
| Índice pH | ----- | Mínimo de 6,0 |
| P ₂ O ₅ e K ₂ O | Conforme registrado | ----- |
| Soma de NPK, NP, PK, NK | ----- | ----- |

(Fonte: Portaria nº 1 de 4 de março de 1983)

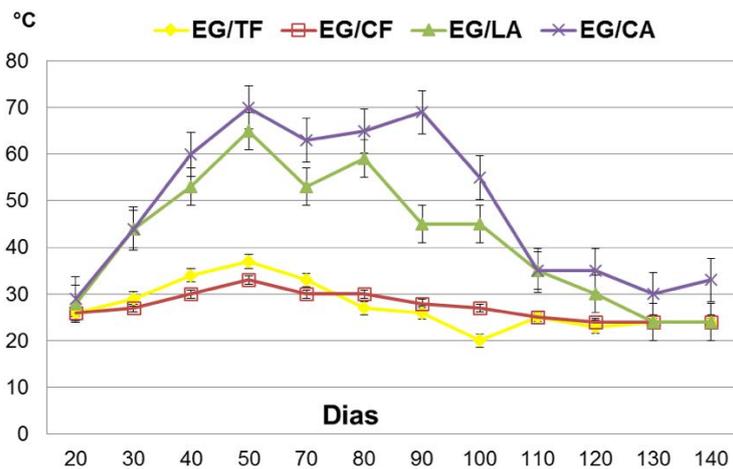


Figura 10: Dinâmica da temperatura em função do tempo nas diferentes combinações de subprodutos: EG: Esterco de galinha; TF: Terra filtrante; CF: Cinza dos fornos; LA: Linter de algodão e CA: Casquinha de algodão. Fonte: IMAmt (2011)

Composição química média do composto pronto para uso Fonte: Embrapa Hortaliças (2008):

| Macronutrientes | Teor (g.kg ⁻¹) |
|-----------------|----------------------------|
| Calcio (Ca) | 63,2 |
| Magnésio (Mg) | 10,2 |
| Nitrogênio (N) | 14,9 |
| Potássio (K) | 16,6 |
| Fósforo (P) | 17,5 |
| Enxofre (S) | 6,91 |

| Micronutrientes | Teor (mg.kg ⁻¹) |
|-----------------|-----------------------------|
| Cobre (Cu) | 240 |
| Zinco (Zn) | 295 |
| Ferro (Fe) | 28.032 |
| Manganês (Mn) | 700 |
| Boro (B) | 59,8 |

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CUNHA QUEDA, A.C.F. Dinâmica do azoto durante a compostagem de materiais biológicos putrescíveis. Dissertação de doutoramento em Engenharia Agro-Industrial. Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, 1999. Portugal. 257pp.

EMBRAPA HORTALIÇAS. Instruções práticas para produção de composto orgânico em pequenas propriedades. **Comunicado Técnico 53**, SSN 1414-9850 Junho, 2008, Brasília, DF.

KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Ceres, 1985. 482p.

REALIZAÇÃO



PARCEIROS



APOIO FINANCEIRO

