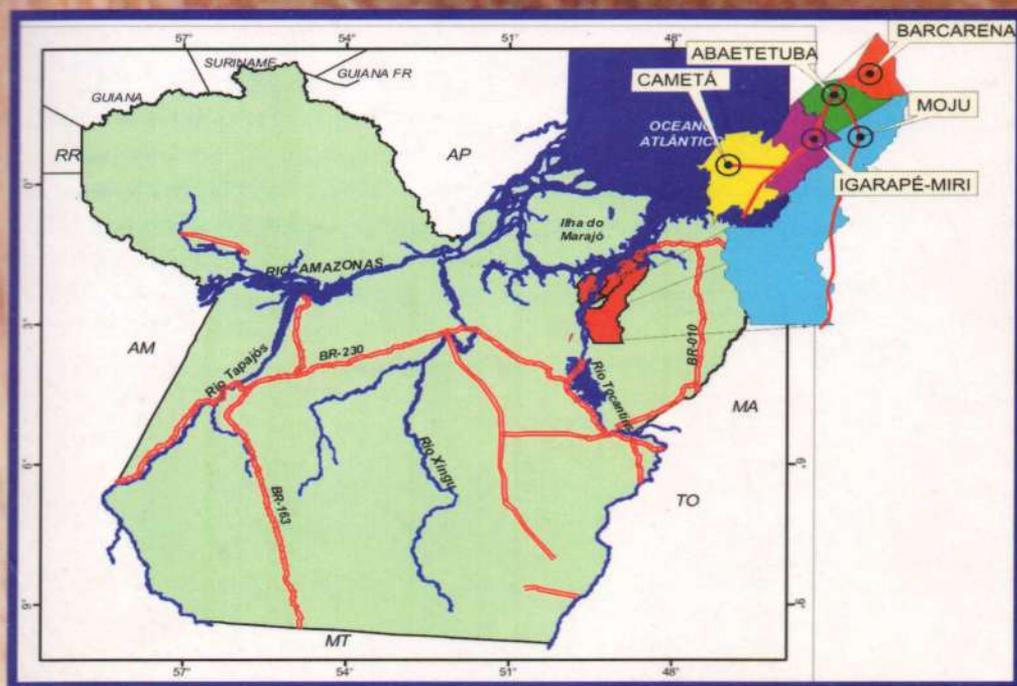


COMPOSTAGEM

LIXO ORGÂNICO URBANO E RESÍDUOS
DA AGROINDÚSTRIA DO AÇAÍ



Leopoldo Brito Teixeira, Raimundo Freire de Oliveira,
José Furlan Júnior, Paulo Ivan de Faria Campos
e Vera Lúcia Campos Germano

COMPOSTAGEM

**LIXO ORGÂNICO URBANO E RESÍDUOS
DA AGROINDÚSTRIA DO AÇAÍ**

República Federativa do Brasil

Luiz inácio Lula da Silva

Presidente

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Roberto Rodrigues

Ministro

Empresa Brasileira de pesquisa Agropecuária

Conselho de Administração

Luis carlos Guedes Pinto

Presidente

Silvio Crestana

Vice-Presidente

Alexandre Kalil Pires

Ernesto Paterniani

Helio Tollini

Cláudia Assunção dos Santos

Membros

Diretoria-Executiva da Embrapa

Silvio Crestana

Diretor-Presidente

José Geraldo Eugênio de França

Kepler Euclides Filho

Tatiana Deane de Abreu Sá

Diretores-executivos

Embrapa Amazônia Oriental

Jorge Alberto Gazel Yared

Chefe-geral

Oriel Figueira de Lemos

Gladys ferreira de souza

João Baía Brito

Chefes Adjuntos



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Amazônia Oriental
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

*Albras – Alumínio Brasileiro S.A.
Companhia Vale do Rio Doce
Nippon Amazon Aluminium Co. Ltd.*

COMPOSTAGEM

LIXO ORGÂNICO URBANO E RESÍDUOS DA AGROINDÚSTRIA DO AÇAÍ

Leopoldo Brito Teixeira, Raimundo Freire de Oliveira,
José Furlan Júnior, Paulo Ivan de Faria Campos
e Vera Lúcia Campos Germano

Belém, PA
2006

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos nas Empresas:

ALBRAS - Alumínio Brasileiro S.A.

Rodovia PA 483, Km 21
Distrito de Murucupí
CEP: 68447-000 - Barcarena - PA
Fone: (91) 3754-6586
Fax: (91) 3754-6597
www.albras.net

Embrapa Amazônia Oriental

Trav. Dr. Enéas Pinheiro, s/n
Caixa Postal, 48 CEP: 66095-100 - Belém, PA
Fone: (91) 3204-1000
Fax: (91) 3276-9845
E-mail: sac@cpatu.embrapa.br

Comitê de Publicações

Presidente: Gladys Ferreira de Souza
Supervisor editorial: Guilherme Leopoldo da Costa Fernandes
Revisor de texto: Regina Alves Rodrigues
Normalização bibliográfica: Célia Maria Lopes Pereira
Editoração eletrônica: Elias Teles dos Santos

Capa: Genildo Mota e Elias Teles dos Santos

Fotos: Leopoldo Brito Teixeira

Figura capa: Antonio Guilherme S. Campos

1ª edição

1ª impressão (2006): 2.000 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Teixeira, Leopoldo Brito

Compostagem: lixo orgânico e resíduos da agroindústria do açaí /
Leopoldo Brito Teixeira [et al.]. – Belém: Embrapa Amazônia Oriental :
Albras, 2006.

85p. : il. ; 22,9cm x 16,3cm.

ISBN 85-87690-48-5

1. Compostagem – Baixo Tocantins – Pará – Brasil. 2. Processamento.
3. Composto orgânico. I. Teixeira, Leopoldo Brito [et al.]. II. Título.

CDD 663.72

Autores

José Furlan Júnior

Eng. Agrôn., M.Sc., Pesquisador da Embrapa
Amazônia Oriental, Caixa Postal 48, CEP 66017-
970, Belém, PA Fone: (91) 3204-1162, e-mail:
jfurlan@cpatu.embrapa.br

Leopoldo Brito Teixeira

Eng. Agrôn., D.Sc., Pesquisador da Embrapa
Amazônia Oriental, Caixa Postal 48, CEP 66017-
970, Belém, PA Fone: (91) 3204-1067, e-mail:
leopoldo@cpatu.embrapa.br

Paulo Ivan de Faria Campos

Administrador de Empresas, MBA. Assessor de
Relações Externas da Albras, Rodovia PA 483, km
21, CEP 66447-000, Barcarena, PA, Fone: (91)
3754-6586, e-mail: pauloivan@albras.net.

Raimundo Freire de Oliveira

Eng. Agrôn., M.Sc., Pesquisador da Embrapa
Amazônia Oriental, Caixa Postal 48, CEP 66017-
970, Belém, PA Fone: (91) 3204-1117, e-mail:
freire@cpatu.embrapa.br

Vera Lúcia Campos Germano

Assistente Social, Consultora Técnica da Coopsai,
Rodovia PA 483, km 21, CEP 66447-000,
Barcarena, PA, Fone: (91) 3754-6562, e-mail:
vgermano@albras.net.

Agradecimentos

Aos Técnicos em Agropecuária Valéria Maria Carvalho Marques e Elenilson da Costa Santos, responsáveis pelo acompanhamento e coleta de dados nos processos de compostagem; e aos Bolsistas do PIBIC/CNPq/Embrapa Charles Ferreira Brito e Lucivaldo Serrão Costeira Junior, pelo apoio técnico na condução dos trabalhos.

Apresentação

O conteúdo deste livro agrupa os resultados obtidos pela parceria Embrapa Amazônia Oriental, Albras – Alumínio Brasileiro S.A., Cooperativa de Serviços Agroflorestais e Industriais – Coopsai e as prefeituras municipais de Abaetetuba, Barcarena, Igarapé-Miri e Moju. Estão disponíveis dados sobre as unidades de compostagem e reciclagem, a caracterização gravimétrica do lixo urbano, os processos de compostagem e resultados de pesquisa.

A importância do trabalho se torna maior, pois a informação está concentrada em um só documento, facilitando o entendimento e a comparação dos resultados encontrados. Os dados, de forma clara, permitem ao leitor conhecer a qualidade dos adubos orgânicos produzidos com lixo orgânico urbano e resíduos da agroindústria do açaí, como também sua resposta biológica.

A demonstração da grande possibilidade de equacionamento e solução do problema como o tratamento dos resíduos sólidos, mostra que as pesquisas realizadas podem oferecer para a região alternativas de importância social, econômica, sanitária e de bem-estar, pela melhoria da qualidade de vida, geração de empregos e eliminação de habitat para vetores de diversas doenças.

Jorge Alberto Gazel Yared
Chefe Geral da Embrapa
Amazônia Oriental

Luís Jorge Pinheiro Leal Nunes
Diretor da Albras

Sumário

Parte 1	15
Unidades de reciclagem e compostagem de lixo urbano	17
Caracterização gravimétrica do lixo urbano	19
Substratos orgânicos usados no processo de compostagem	21
Processos de compostagem	27
<i>Processo de compostagem em leira por revolvimento</i>	28
<i>Processo de compostagem em leira estática com ventilação natural</i>	30
<i>Montagem e dimensões da leira</i>	32
<i>Aeração</i>	33
<i>Temperatura</i>	34
<i>Umidade</i>	35
<i>Maturação ou cura do composto</i>	36
<i>Peneiramento do composto</i>	37
Parte 2	39
Característica química e físico-química de composto de lixo orgânico urbano	41
Comparação da composição química de compostos com 30% e 70% de caroço de açaí	47
Comparação de composto orgânico com adubos orgânicos tradicionais	53
Maturação de composto orgânico produzido em Barcarena	57
Maturação de composto orgânico produzido em Moju	61
Parte 3	65
Avaliação biológica de composto orgânico produzido em Barcarena	67
Avaliação biológica de composto orgânico produzido em Moju	73
Aplicação cumulativa de composto orgânico na produção de alface	77
Referência Bibliográfica	81

Introdução

A compostagem vem sendo utilizada há bastante tempo para estabilização dos variados resíduos agrícolas e apresentando-se, atualmente, como uma alternativa viável e de baixo custo para o processamento da parte orgânica do lixo urbano.

Segundo Silva (2000), a produção de lixo, em algumas cidades, tem aumentado muito mais rapidamente do que o índice de crescimento populacional. Em média, uma pessoa adulta produz o equivalente a 600 gramas de lixo por dia, correspondendo em uma cidade com 20 mil habitantes à produção de cerca de 12.000 kg/dia. Alves (1996) cita que em cidades de pequeno porte é estimado que a quantidade de lixo domiciliar produzida por habitante esteja entre 400 e 600 gramas diárias e que nos grandes centros esta quantidade pode chegar a 1,5 kg/habitante/dia.

A transformação do lixo orgânico urbano em composto orgânico uniforme, para ser utilizado na produção de alimentos, principalmente na agricultura familiar, constitui uma alternativa viável. O desenvolvimento de técnicas apropriadas para a compostagem, além de solucionar os problemas econômicos, ecológicos e até de saúde causados pelo acúmulo de lixo urbano, resulta na produção de matéria orgânica pronta para ser utilizada na agricultura.

O reaproveitamento agrícola da matéria orgânica depende de alguns fatores variáveis e de outros que devem ser observados e controlados durante o processo de compostagem, tais como umidade, oxigenação e temperatura. No entanto, a origem do material determinará a qualidade (nutrientes, relação C/N e granulometria) e o tempo de decomposição do material.

Uma boa análise tanto do resíduo orgânico, matéria-prima a ser empregada para se obter o fertilizante orgânico, quanto do próprio adubo orgânico maturado e humificado, deve conter, no mínimo, os parâmetros a seguir: umidade natural, umidade na base de matéria seca, matéria orgânica, carbono, resíduos minerais, nitrogênio e relações indicativas da

maturação (Kiehl, 2002). A partir de tais parâmetros pode-se acompanhar o processo de compostagem e, assim, verificar em quanto tempo o mesmo alcança as fases de bioestabilização e maturação.

Segundo Kiehl (2002), a maturidade do composto não deve ser confundida com qualidade do composto. Maturidade é o resultado de uma correta decomposição da matéria orgânica, originando nutrientes e húmus. Um composto de qualidade, além de ter perfeita maturidade, deve apresentar características e propriedades que não torne o produto inadequado para o uso agrícola.

Quase a totalidade do nitrogênio (cerca de 98%) encontrada nos resíduos orgânicos, tanto de origem animal quanto vegetal está na forma orgânica. Com a decomposição da matéria orgânica o nitrogênio orgânico passa à forma amoniacal e depois para a de nitrato. Fazendo-se o teste de nitrogênio amoniacal e de nitrato pode-se estimar a fase de decomposição: se existe nitrogênio amoniacal, o material ainda está na fase de bioestabilização; se não se encontra nitrogênio amoniacal, só nitrato, o fertilizante orgânico está maturado (Kiehl, 2002).

Os materiais orgânicos com relação C/N menor decompõem-se mais rapidamente do que aqueles onde essa relação é maior. Na literatura é recomendado que a relação inicial seja de cerca de 30/1. Quando a relação é muito superior a 30/1 o crescimento dos microrganismos é retardado pela falta de nitrogênio e, conseqüentemente, a degradação da massa de compostagem é mais demorada. Se, por outro lado, a relação C/N for muito baixa, o excesso de nitrogênio acelera o processo de decomposição e cria áreas anaeróbias no sistema. O excesso de nitrogênio é liberado na forma de amônia, causando maus odores, além da perda de nitrogênio.

O trabalho objetiva prestar informações sobre o processo de compostagem a partir de lixo orgânico urbano e resíduos da agroindústria de açaí (caroço de açaí e capa de palmito), em leira com aeração por revolvimento e leira estática com ventilação natural, em unidade de reciclagem e compostagem de lixo urbano, a fim de reintroduzir a fração orgânica do lixo no meio ambiente, como um produto que beneficia o solo e evita o uso de fertilizantes químicos na agricultura familiar.

Parte 1

Unidades de reciclagem e compostagem de lixo urbano no Baixo Tocantins

No Estado do Pará, estão implantadas seis Unidades de Reciclagem e Compostagem de Lixo Urbano, sendo quatro já em funcionamento nos Municípios de Barcarena (Barcarena-Vila dos Cabanos), Abaetetuba, Igarapé-Miri e Moju e duas com toda a infra-estrutura concluída nos Municípios de Barcarena (Barcarena-Cidade) e Cametá, instaladas pela empresa Albras. A unidade de Barcarena-Vila dos Cabanos iniciou sua atividade em 1999, a de Moju em 2002, as de Abaetetuba e Igarapé-Miri em 2003. Todas as unidades são mantidas e acompanhadas tecnicamente pela parceria entre a Albras, Cooperativa de Serviços Agroflorestais e Industriais – Coopsai, prefeituras municipais e Embrapa Amazônia Oriental.

Os Municípios de Abaetetuba, Barcarena, Cametá, Igarapé-Miri e Moju localizam-se na região do Baixo Tocantins, a nordeste do Estado do Pará. O clima é tropical chuvoso do tipo Am, pela classificação de Köppen, com temperatura média oscilando em torno de 26,5 graus centígrados. A precipitação é elevada, acima de 2.500 mm/ ano, com maior concentração nos meses de janeiro a junho, chuvas menos intensas nos últimos 6 meses do ano e evaporação média anual em torno de 1.000 mm. As áreas dos cinco municípios são cortadas por vários rios e furos e têm como principal acidente hidrográfico a Baía de Marajó. O acesso aos municípios é feito tanto por via fluvial quanto rodoviária, através de rodovias estaduais (Teixeira et al., 2004a).

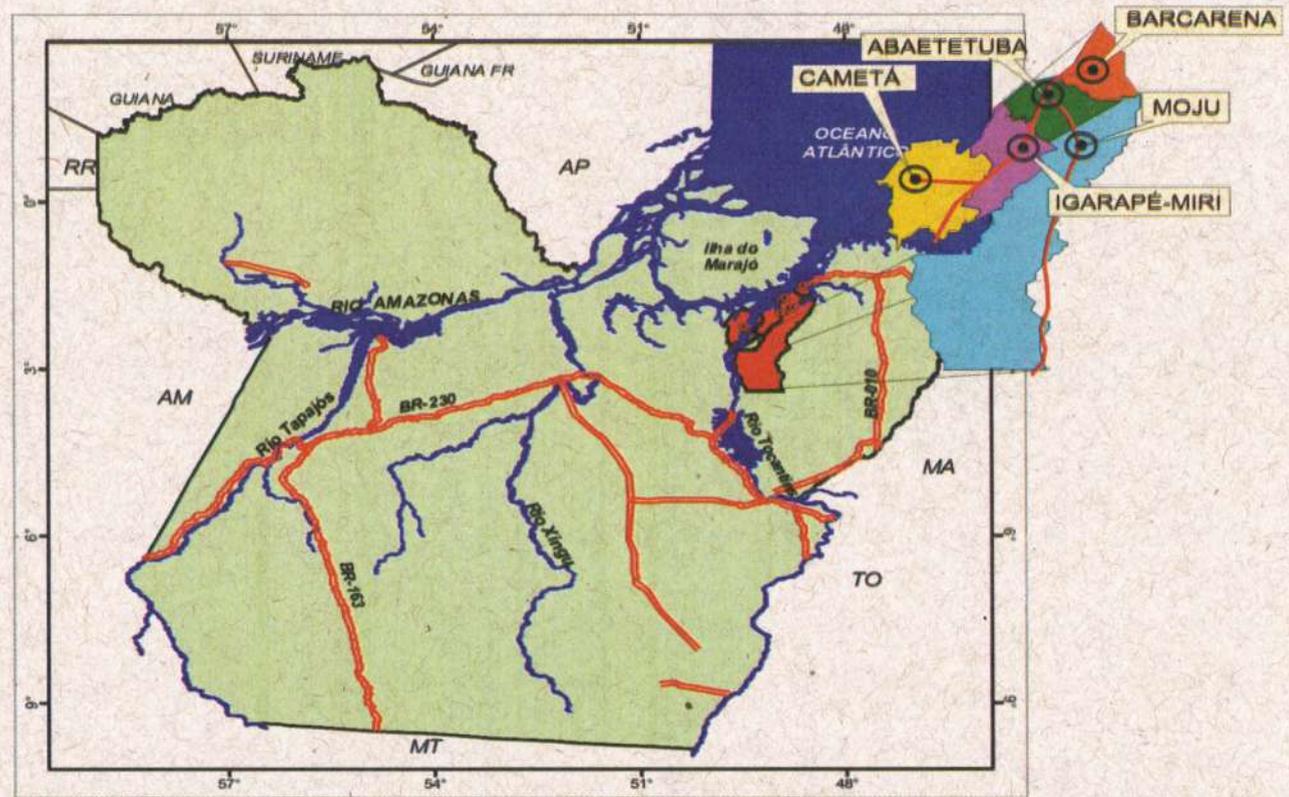


Ilustração: Antonio Guilherme S. Campos

Mapa de localização dos Municípios de Barcarena, Moju, Abaetetuba, Igarapé-Miri e Cametá, no Estado do Pará.

Caracterização gravimétrica do lixo urbano

Além da separação do lixo para a produção de composto orgânico, selecionam-se também os materiais recicláveis, tais como papel, papelão, plástico, alumínio e metais ferrosos, que são prensados nas unidades de reciclagem e compostagem, e comercializados na praça de Belém.

Na Tabela 1, são mostrados os dados da caracterização gravimétrica do lixo urbano do ano de 2000, na comunidade de Vila dos Cabanos do Município de Barcarena, e nas cidades de Igarapé-Miri (Igarapé-Miri, 2000), Moju e Abaetetuba.

Tabela 1. Composição do lixo urbano, em porcentagem, na comunidade de Vila dos Cabanos, em Barcarena e nas cidades de Moju, Abaetetuba e Igarapé-Miri.

Tipo de resíduo	Peso em % (base úmida)			
	Vila dos Cabanos	Moju	Abaetetuba	Igarapé-Miri*
Matéria orgânica	61,50	61,00	51,20	74,00
Plástico	9,65	14,00	16,10	9,00
Trapo	6,79	3,00	9,90	-
Casca de coco	5,36	-	7,70	-
Papel	4,96	5,00	3,90	4,80
Metais ferrosos	3,19	5,00	2,40	5,00
Papelão	2,63	4,00	3,40	3,20
Vidro	1,99	2,00	2,20	0,50
Borracha	0,36	1,00	0,80	-
Madeira	0,17	1,00	0,80	-
Alumínio	0,48	-	0,30	-
Alumínio (lata)	0,18	-	-	-
Couro	0,03	-	-	3,00
Terra	-	3,00	-	-
Outros	2,72	1,00	2,20	0,50

* Fonte: Igarapé-Miri (2000).

Do lixo urbano que chega à Unidade de Vila dos Cabanos, em média, 61,50% é de matéria orgânica e 20,43% de materiais recicláveis (papel, papelão, plástico e metais ferrosos), na Unidade de Moju, 61,00% é de matéria orgânica e 28,00% de materiais recicláveis, na Unidade de Abaetetuba 51,20% de matéria orgânica e 25,80% de materiais recicláveis e na Unidade de Igarapé-Miri, 74,00% de matéria orgânica e 22,00% de materiais recicláveis.



Container com material reciclável.

Substratos orgânicos usados no processo de compostagem

O lixo orgânico constituído de restos de alimentos, bagaços e cascas de frutas e legumes é o principal material usado na formação da leira. Essa matéria-prima contém concentração adequada de nutrientes, principalmente o nitrogênio, para a compostagem. Além do lixo orgânico, adicionam-se o caroço de açaí e o capim, fontes ricas em carbono, com a finalidade de elevar a relação carbono/nitrogênio, como também melhorar a estrutura física da leira.

No processo de compostagem usando-se matérias-primas ricas em carbono, encontrados facilmente em nossa região, tais como, caroço de açaí e capa de palmito, é recomendado o uso de materiais para corrigir a relação C/N, que está acima de 46/1. Várias combinações de substratos orgânicos podem ser usadas no processo de compostagem, desde que colocados, na formação da massa de compostagem, de 30% a 35% de lixo orgânico urbano, ou cama de aviário ou esterco de animais domésticos, que apresentam relação C/N abaixo de 15/1. A massa de compostagem resultante da mistura de substratos orgânicos ricos em carbono e substratos com teores elevados de nutrientes garante o equilíbrio nutricional e a melhor ação dos microrganismos, reduzindo o tempo de compostagem.

O caroço de açaí é um material de difícil decomposição em virtude de apresentar elevado teor de lignina. Esse teor varia de 11,5% segundo dados de LNA/UFMS, 2000, citado por Townsend et al. (2001) a 24,7% em pesquisa de Rodrigues et al. (1993). Além do alto teor de lignina, esse resíduo apresenta sabor adstringente fortemente característico da presença de taninos (Altman, 1956), que afeta as bactérias e inibe a digestão da celulose (Soest & Feldman, 1984), o que o torna inadequado para uso em preparo de rações, sem

fornecedor de carbono (material orgânico) no processo de compostagem.



Caroço de açaí.

São materiais de fácil decomposição: sobras de frutas e legumes, resíduos de frutos suculentos, como cascas e bagaços de banana, abacaxi, laranja, mamão, folhas tenras e restos de alimentos. São materiais de decomposição lenta: folhas fibrosas, ramos, capins e capa de palmito. Classificam-se como materiais de difícil decomposição: caroço de açaí, serragem (pó), bagaços de cana-de-açúcar e casca de coco.

A qualidade final do composto orgânico pode variar em decorrência das características de cada material utilizado na compostagem. O lixo orgânico é rico em nutrientes e fornece ambiente favorável para o desenvolvimento de bactérias e fungos, responsáveis pela humificação da matéria orgânica. No processo de compostagem, a matéria orgânica passa pelas fases de bioestabilização e maturação.



Lixo orgânico urbano.

Algumas combinações de substratos orgânicos, percentual em peso, tendo como base o caroço de açaí e a capa de palmito, isoladamente ou combinados, para a formação da massa de compostagem, levando-se em consideração os valores das relações C/N do caroço de açaí e da capa de palmito de açazeiro na Tabela 2, são sugeridas a seguir:

- 30% de caroço de açaí, 40% de capim e 30% de lixo orgânico urbano.
- 30% de caroço de açaí, 40% de capa de palmito e 30% de lixo orgânico urbano.
- 40% de capa de palmito, 30% de capim e 30% de lixo orgânico urbano.
- 50% de capa de palmito, 20% de capim e 30% de lixo orgânico urbano.
- 70% de capim e 30% de lixo orgânico urbano.
- 70% de capa de palmito e 30% de cama de aviário ou de esterco.
- 30% de caroço de açaí, 40% de capa de palmito e 30% de cama de aviário ou esterco.

- 35% de caroço de açaí, 30% de capa de palmito e 35% de cama de aviário ou esterco.

Tanto o caroço de açaí quanto a capa de palmito devem ser triturados para uma melhor ação dos microrganismos e conseqüentemente redução do tempo de compostagem, além de resultar em um composto com melhor aspecto.

Foto: Oscar L. Nogueira



Capa de palmito de açaizeiro.

Na Tabela 2, são apresentados os valores médios, em base seca a 65 °C, de matéria orgânica, relação C/N, pH, nitrogênio total, fósforo total, potássio, cálcio e magnésio em amostras de substratos orgânicos que podem ser empregados no preparo de composto orgânico.

Tabela 2. Valores médios, em base seca a 65 °C, de matéria orgânica (M.O.), relação C/N, pH, nitrogênio total (N), fósforo total (P_2O_5), potássio (K_2O), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), em amostras de substratos orgânicos.

Material	M.O. %	C/N	pH	N %	P_2O_5 %	K_2O %	Ca %	Mg %
Caroço de açaí	95,58	48,27	5,00	1,10	0,15	0,48	0,05	0,02
Capa de palmito de açaí	90,33	47,34	5,70	1,06	0,34	1,95	0,87	0,28
Capim (mistura)	93,47	35,33	5,70	1,47	0,31	2,18	0,23	0,07
Engaço de dendê	92,10	38,00	6,3	1,38	0,50	1,90	0,43	0,18
Serragem	98,03	123,77	5,45	0,44	0,06	0,18	0,10	0,03
Lixo orgânico urbano	87,68	12,65	4,66	3,85	1,54	1,01	1,85	0,07
Cama de aviário	50,93	13,53	7,37	2,09	4,12	2,60	3,94	0,78
Esterco de bovino	37,05	9,53	6,70	2,16	0,93	0,30	0,46	0,47

Obs.: Os valores citados foram obtidos de amostras de substratos orgânicos coletados pelos autores do trabalho.

Processos de compostagem

A compostagem é uma forma eficiente e rápida de se eliminar grande parte do lixo urbano enviado para aterros e lixões a céu aberto, dando-se um destino útil ao lixo orgânico. Tem como finalidade a obtenção mais rápida e em melhores condições da estabilidade da matéria orgânica. É um processo de decomposição da matéria orgânica pela ação de fungos, bactérias e outros microrganismos, que agindo em ambiente aeróbio, na presença da água, transformam matéria orgânica em composto orgânico (húmus). A decomposição da matéria orgânica, sob condições ótimas de umidade, aeração e temperatura, é rápida e resulta em um produto com boas características químicas, podendo ser usado na agricultura e em jardinagem (Teixeira et al. 2004b).

Os materiais orgânicos com relação C/N menor decompõem-se mais rapidamente do que aqueles onde essa relação é maior. Na literatura, é recomendado que a relação inicial seja de cerca de 30/1. Quando a relação é muito superior a 30/1 o crescimento dos microrganismos é retardado pela falta de nitrogênio e, conseqüentemente, a degradação da massa de compostagem é mais demorada. Se, por outro lado, a relação C/N for muito baixa, o excesso de nitrogênio acelera o processo de decomposição e cria áreas anaeróbias no sistema. O excesso de nitrogênio é liberado na forma de amônia, causando maus odores, além da perda de nitrogênio.

Processo de compostagem em leira por revolvimento

O processo de compostagem, mais usual na produção de composto orgânico, é o de leira por revolvimento manual ou com pá-carregadeira, que deve ser operada por pessoa treinada para tal finalidade. A decomposição da matéria orgânica é realizada pelo processo aeróbio e a introdução do oxigênio na leira é por revolvimento periódico da massa de compostagem. As leiras são formadas distribuindo-se o material em camadas uniformes e sucessivas, para facilitar a homogeneização do material logo nos primeiros revolvimentos da massa de compostagem. A construção da leira pode ser diária quando além do caroço de açaf e da capa de palmito coloca-se, como fonte de nutrientes, o lixo orgânico urbano ou em até três dias quando se usa cama de aviário e estercos de animais (Teixeira et al. 2002).



Preparo de leira com lixo orgânico, capim e caroço de açaf.



Leira formada com lixo orgânico, capim e caroço de açaí.

A partir da obtenção do composto orgânico deve-se colocar na massa de compostagem cerca de 5% de sobras de composto curado (parte do composto retido na peneira), também arrumados em camadas. Essas sobras, além de inocular bactérias e fungos no material recém-colocado, passam por nova compostagem.



Pátio de compostagem com leiras por revolvimento manual.

Processo de compostagem em leira estática com ventilação natural

No processo de compostagem em leira estática aerada, com ventilação natural, o oxigênio é fornecido à massa de compostagem pela passagem do vento através de um túnel de ventilação (estrutura em madeira). Esse processo requer homogeneidade do material para uma efetiva dissipação das altas temperaturas na fase ativa de degradação.

O túnel de ventilação deve ser construído com madeira (tábuas), no formato de trapézio, tendo dimensões de 4 m a 6 m de comprimento, podendo chegar até 8 m em regiões com alta ventilação, 0,40 m a 0,50 m de largura e 0,50 m a 0,60 m de altura, com aberturas laterais e superior para a aeração da massa de compostagem. Outros materiais podem ser usados para a construção do túnel de ventilação como, por exemplo, estipe (tronco) de açazeiro, colmo de bambu, etc (Teixeira et al. 2004b).

O processo de compostagem em leira estática, com aeração natural, apresenta como vantagens, em relação ao processo usual de compostagem, não necessitar de revolvimento, a cada 5 dias, na fase de bioestabilização, com redução de mão-de-obra nessa atividade e uso de menor área de pátio de compostagem. Além disso, incrementa em cerca de 30% a produção de composto orgânico, com o reaproveitamento da mão-de-obra na triagem do lixo orgânico, na unidade de compostagem.



Túnel de ventilação (estrutura em madeira).



Pátio de compostagem com leiras estáticas aeradas com ventilação natural.

Montagem e dimensões da leira

Leira por revolvimento: Recomenda-se a montagem das leiras, no processo de revolvimento manual, com largura de 2,0 m a 2,5 m na parte inferior ou base da leira e de 1,5 m a 2,0 m na parte superior, com altura de aproximadamente 1,2 m a 1,3 m. O comprimento é variável e depende da quantidade de material e da área do pátio de compostagem. Em leiras com a participação de lixo orgânico urbano o comprimento é de quatro a seis metros. Quando existem grandes quantidades de substratos orgânicos essas dimensões podem ser aumentadas, ficando a base com 3,5 m a 4,0 m e até 2,5 m de altura e o comprimento pode atingir até 50 m ou mais. Neste caso deve-se fazer a montagem da leira e o revolvimento periódico com pá-carregadeira.

Leira estática com ventilação natural: A montagem da leira no processo de leira estática com ventilação natural deve ocorrer em duas fases, a seguir:

Fase 1 - Homogeneização da massa de compostagem: Prepara-se a leira inicialmente com uma camada uniforme de capim, em seguida, coloca-se uma camada de lixo orgânico e uma camada de caroço de açaí triturado. Dessa maneira, distribui-se o material em camadas uniformes e sucessivas até atingir altura de 1,2 m a 1,3 m. O mesmo deve ser seguido quando usado outros substratos orgânicos. Em camadas intermediárias e na parte superior da leira, colocam-se sobras de composto peneirado. Para a homogeneização do material devem-se fazer dois revolvimentos da massa de compostagem, sendo um aos cinco e outro aos dez dias após a montagem da leira.

Fase 2 - Montagem definitiva da leira: Após o segundo revolvimento, na fase 1, arruma-se a massa de compostagem sobre o túnel de ventilação deixando-se desimpedida a passagem de circulação do ar de uma extremidade a outra da

leira. Recomenda-se a largura de 1,8 m a 2 m na parte inferior ou base da leira e comprimento variando de 4 m a 6 m (uma estrutura) e 4 m a 8 m (duas estruturas seguidas). Na montagem da leira, dependendo da granulometria do material, coloca-se capim, tela ou saco trançado de polietileno sobre o túnel, para evitar o entupimento da passagem de ar.

Aeração

O processo de compostagem é aeróbio e a aeração tem a função de fornecer oxigênio para a atividade dos microrganismos e atua no controle da temperatura. Realiza-se a aeração da leira de compostagem por revolvimento, de 5 em 5 dias, por toda a fase de degradação com duração aproximada de 70 dias, permitindo o bom arejamento da massa em decomposição, fornecendo o oxigênio requerido pelos microrganismos. Em leiras revolvidas com pá-carregadeira, usando-se caroço de açaí e/ou capa de palmito e cama de aviário ou esterco de animais, a aeração pode ser feita a cada sete dias. O revolvimento contribui ainda para a homogeneização da massa de decomposição, misturando as matérias-primas ricas em carbono com aquelas ricas em nitrogênio, como também regula a temperatura interna da leira.

Em leira estática, com ventilação natural, a aeração da massa de compostagem, inicialmente, ocorre pelo revolvimento e, posteriormente, por meio da circulação natural do ar, pelo túnel de ventilação, por toda a fase ativa ou de bioestabilização, permitindo o bom arejamento da massa em decomposição e regulando a temperatura interna da leira. O processo de compostagem aeróbio evita o mau cheiro e a proliferação de moscas.

Temperatura

A temperatura é um fator indicativo da eficiência do processo de compostagem, o calor provém da oxidação biológica da matéria orgânica, principalmente pela oxidação do carbono. Na primeira fase do processo, fase de degradação, com duração de cerca de 70 dias, a temperatura atinge valores elevados. Desde que existam condições favoráveis nos primeiros 2 a 3 dias a temperatura alcança entre 50°C a 60°C, atingindo valores de 60°C a 75°C antes dos 15 dias. A Temperatura ideal para o processo de compostagem é de 55°C. Quando a temperatura decresce para 45°C ou menos, por alguns dias, indica o final da fase de degradação e o início da fase de maturação ou cura. Na fase de cura (segunda fase do processo), a temperatura oscila entre 35°C e 45°C. Após a maturação ou cura completa do composto, quando a matéria orgânica estará humificada, a temperatura mantém-se igual ou próxima à temperatura ambiental.

Na fase ativa de degradação, a temperatura deve ser verificada diariamente, em uma profundidade de 40 cm a 60 cm, por meio de termômetro apropriado, de preferência digital, introduzindo-o em um ponto médio da leira. Na ausência de termômetro utiliza-se uma vara de ferro (vergalhão de construção), que deve ficar cerca de 20 minutos para medir a temperatura de forma grosseira. A vara deve ser encostada na parte inferior do braço logo acima do cotovelo, parte sensível do corpo. Se sentir calor intolerável indica que a temperatura está elevada, caso a sensação de calor seja suportada pelo contato então a temperatura está em nível normal. Por outro lado, se a vara não aquecer indica que o processo necessita de medidas corretivas.

A medição da temperatura orienta se há necessidade de medidas corretivas, caso a temperatura esteja excessivamente elevada ($> 70\text{ }^{\circ}\text{C}$) ou baixa ($< 45\text{ }^{\circ}\text{C}$).

- a) Se a temperatura ficar acima de 70 °C, o composto perde nitrogênio. Nesse caso, revolve-se a leira.
- b) O não aquecimento da massa de degradação, até o quinto dia, pode ser causado por deficiência de nitrogênio, ou por excesso ou por falta de umidade.
- Na deficiência ou falta de nitrogênio, adiciona-se frações orgânicas do lixo urbano ou cama de aviário ou esterco de animais misturando com a massa de decomposição.
 - Quando houver excesso de umidade, deve-se revirar a leira, misturando-se as camadas externas, mais secas, com as internas ou, ainda, adiciona-se uma parte de caroço de açaí ou capa de palmito na massa de degradação.
 - Na falta de umidade deve-se irrigar a leira, revolvendo ao mesmo tempo a massa de degradação.
- c) A queda da temperatura da leira após período de aquecimento, dando a falsa impressão do final da fase ativa de degradação.
- O material pode estar muito molhado: revirar a leira, misturando-se as camadas externas, mais secas, com as internas ou, ainda, adiciona-se uma parte de capim na massa de degradação.
 - A umidade pode estar muito baixa: irrigar a leira, revolvendo ao mesmo tempo a massa de degradação.
 - Quando a massa de decomposição está compactada, adiciona-se material rico em carbono, como caroço de açaí ou capa de palmito.

Umidade

Na época chuvosa, a umidade mantém-se entre 50% e 70%, não havendo a necessidade de se regar as leiras. Entretanto, na época de pouca chuva, regam-se as leiras durante o revolvimento, para manter o teor de cerca de 55% de umidade, desejável para os microrganismos. A faixa ideal

de umidade para a ação dos microrganismos benéficos à compostagem é de 50% a 60%.

Durante a rega da leira, evita-se o excesso de umidade, que geralmente elimina o oxigênio da massa de compostagem, reduzindo a ação dos microrganismos. Manter a leira em uma umidade adequada é indispensável para um bom processo de compostagem.

Se a leira ficar molhada demais ela apresentará cheiro desagradável por causa da compactação ou pelo encharcamento da massa de degradação, além de produzir chorume em excesso.

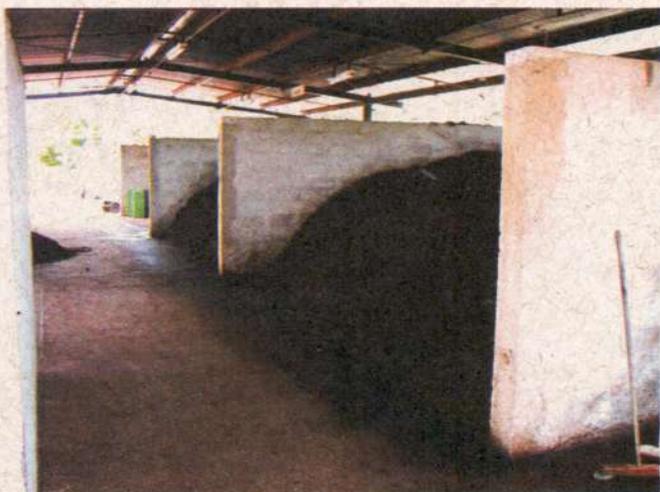
- Quando houver compactação areja-se a leira, pelo reviramento da massa;
- Na falta de oxigênio por encharcamento, adiciona-se material rico em carbono, como o caroço de açaí ou a capa de palmito, revolvendo-se a massa de decomposição.

Se a leira está seca não ocorre a decomposição. A temperatura demora a subir ou não sobe.

- A leira deve ser molhada uniformemente.

Maturação ou cura do composto

Após a fase ativa de degradação, que leva cerca de 70 dias, coloca-se o material em área coberta, em montes de até 2,5 m de altura, para a maturação ou cura do composto. A cura completa do composto se dá quando o composto atinge o ponto de humificação, apresentando coloração negra. A colocação do composto em área coberta, na fase de maturação, facilita o controle da umidade na faixa de 40% a 45%, além de facilitar o peneiramento do mesmo.



Vista interna do pavilhão de maturação de composto.

O processo de compostagem usando-se apenas o caroço de açaf (65% a 70%) como fonte de carbono e lixo orgânico urbano ou cama de aviário ou esterco de animais (35% a 30%) como fonte de nutrientes, retarda o processo, até a fase final de maturação ou cura do composto, em pelo menos 50 dias e resulta em composto orgânico com relação C/N maior e índice pH e CTC menores que os encontrados com a inclusão de outros substratos no processo como, por exemplo, a capa de palmito ou o capim.

Peneiramento do composto

Para uso em horta, jardinagem, produção de mudas e plantio em cova, recomenda-se passar o produto em peneira manual ou rotativa motorizada. O composto passado em peneira com malha de 10 mm apresenta granulometria média. Para obtenção de composto com granulometria fina, deve-se peneirar o produto em peneira com malha de 3 mm a 5 mm. O rejeito da peneira, que representa cerca de 15% a 20%, deve ser utilizado na formação de novas leiras, para sofrer nova compostagem, sendo também útil para inocular microrganismos benéficos ao processo de compostagem.

Para uso em adubação de culturas perenes em fundação (cova) o composto orgânico pode ser utilizado sem o peneiramento. A adubação em cova deve ser feita misturando-se o composto orgânico com uma parte da terra retirada da própria cova, juntamente com o adubo químico recomendado para cada cultura e torna-se a encher a cova, colocando na parte de baixo a mistura de terra com o composto.



Vista do peneiramento do composto.

Parte 2

Característica química e físico-química de composto de lixo orgânico urbano

Estudaram-se as características químicas e físico-químicas e os níveis de metais pesados de composto orgânico produzido a partir de lixo orgânico urbano, nas Unidades de Reciclagem e Compostagem de Lixo Urbano de Vila dos Cabanos no Município de Barcarena e Municípios de Moju, Abaetetuba e Igarapé-Miri, PA.

Em Barcarena as leiras de compostagem foram formadas com lixo orgânico urbano (30%), caroço de açaí triturado (30%) e capim (40%), percentual em peso. Os materiais foram arrumados em camadas, até atingir altura de cerca de 1,3 m. Iniciou-se com uma camada uniforme de capim em toda a área da leira, com mais ou menos 0,25 m de espessura e em seguida se colocou uma camada de lixo orgânico de cerca de 0,15 m e outra camada de caroço de açaí triturado, de cerca de 0,10 m. Dessa maneira, distribuiu-se o material em camadas uniformes e sucessivas.

Na unidade de Moju as leiras de compostagem foram formadas com lixo orgânico urbano (30%), caroço de açaí triturado (55%) e capim (15%), e nas unidades de Abaetetuba e Igarapé-Miri as leiras de compostagem foram formadas com lixo orgânico urbano (30%) e caroço de açaí triturado (70%), percentual em peso.

A oxigenação das leiras foi controlada pelo revolvimento manual. O ciclo de revolvimento foi de cinco em cinco dias, permitindo o bom arejamento da massa em decomposição e o controle da temperatura. No término da compostagem, a umidade do composto foi reduzida para valores próximos de 40%. A temperatura foi medida em diferentes partes da leira de compostagem, com utilização de termômetro digital. A primeira fase foi encerrada com cerca de 70 dias, quando a temperatura máxima atingiu valores inferiores a 45 °C, por alguns dias. Em seguida, o material foi transportado para uma área coberta e deixado em montes de até 2,50 m de

altura para maturação ou cura, por cerca de 60 dias em Barcarena e 110 a 130 dias nas unidades de Moju, Abaetetuba e Igarapé-Miri.

No período de agosto de 2003 a setembro de 2005, foram realizadas análises químicas dos compostos orgânicos, produzidos em diferentes épocas do ano, no laboratório Unithal, em Campinas, SP, seguindo os métodos oficiais do Laboratório Nacional de Referência Vegetal – LANARV do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Na tabela 3, são apresentados os dados das características químicas e físico-químicas de composto orgânico a partir de lixo orgânico urbano, produzido no período de agosto de 2003 a setembro de 2005 na unidade de Barcarena.

Dos resultados médios dos macronutrientes obtidos das análises do processo de compostagem a partir de lixo orgânico urbano, caroço de açaí e capim, constatou-se que o N foi o elemento com menor variação em torno da média (8,19%), vindo a seguir o P_2O_5 com variação de 17,04%, sendo o Mg o de maior variação com 30,57%.

Observou-se ainda que o composto orgânico apresentou características químicas vantajosas para uso na agricultura, com médias de 3,57 % de N; 2,84 % de P_2O_5 e 0,99 % de K_2O (Tabela 3). Cada tonelada de composto orgânico apresentou, em média, 74,0 kg de $N + P_2O_5 + K_2O$, 32,8 kg de Ca, 3,0 kg de Mg e 7,8 kg de S, além dos micronutrientes.

Os micronutrientes, nas avaliações realizadas, apresentaram grandes variações em torno da média, sendo o Mn o de menor (14,52%) e o Cu o de maior variação (70,53%).

Os teores médios de matéria orgânica variaram de 56,1% a 83,5%, com baixa variação em torno da média (10,02%) ao longo do período de observação. O pH pouco variou de uma avaliação para outra (4,8%). A variação da relação C/N foi de 16,9%, enquanto que, a CTC variou 23,5% em torno

da média.

Os resultados médios das análises químicas e físico-químicas dos compostos orgânicos produzidos nas unidades de reciclagem e compostagem de lixo orgânico urbano de Moju, Abaetetuba e Igarapé-Miri são mostrados na Tabela 4.

O processo de compostagem usando-se lixo orgânico urbano como fonte de nutrientes e apenas caroço de açaí triturado (processo usado em Abaetetuba e Igarapé-Miri) ou caroço de açaí e serragem (processo usado em Moju) como fontes de carbono, retarda o processo em pelo menos 50 dias e resulta em composto orgânico com relação C/N, pH e CTC inferiores aos encontrados com a inclusão de outros substratos no processo como, por exemplo, capim ou capa de palmito (processo usado em Barcarena). Para a obtenção de um composto orgânico com boas características físico-químicas e em menor tempo, deve-se limitar o uso de caroço de açaí ao máximo em 30% e o de serragem em 15%.

Tabela 3. Características químicas e físico-químicas médias de composto orgânico a partir de lixo orgânico urbano, produzido em Barcarena no período de agosto de 2003 a setembro de 2005.

Característica	Amostragem do composto											Média	Desvio padrão
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11		
Matéria orgânica (%)	69,3	83,5	65,3	67,8	71,4	75,4	65,4	56,1	74,7	69,2	66,8	69,5	6,98
pH (CaCl ₂)	6,9	5,9	6,6	6,4	6,3	7,0	6,8	6,8	6,5	6,7	6,8	6,6	0,32
Relação C/N	9	14	10	11	12	14	9	9	10	11	10	10,8	1,83
CTC (cmol _c /dm ³)	29,3	32,3	24,0	22,8	35,5	34,3	42,9	42,0	39,5	38,4	51,0	35,6	8,40
Macronutrientes													
Nitrogênio (%)	3,68	3,34	3,78	3,45	3,30	3,00	4,00	3,55	3,95	3,62	3,56	3,57	0,29
Fósforo (% de P ₂ O ₅)	2,52	2,32	2,50	2,36	3,85	2,65	2,90	3,37	2,55	2,95	3,27	2,84	0,48
Potássio (% de K ₂ O)	0,96	0,68	1,43	1,10	0,95	0,70	0,72	0,80	1,19	1,20	1,20	0,99	0,25
Cálcio (%)	3,10	2,30	4,30	4,23	3,05	2,85	3,20	3,60	2,56	3,35	3,55	3,28	0,62
Magnésio (%)	0,28	0,16	0,50	0,35	0,20	0,23	0,26	0,32	0,35	0,35	0,35	0,30	0,09
Enxofre (%)	1,00	0,73	1,00	0,67	0,45	0,48	0,50	0,95	0,90	0,96	0,92	0,78	0,22
Micronutrientes													
Ferro (%)	0,90	0,30	0,95	0,83	1,30	0,70	0,97	-	-	-	-	0,85	0,30
Manganês (mg/kg)	400	350	274	385	345	275	330	-	-	-	-	337	48,94
Cobre (mg/kg)	74	40	189	134	42	32	195	-	-	-	-	101	71,13
Zinco (mg/kg)	270	120	288	165	172	180	240	-	-	-	-	205	61,75
Boro (mg/kg)	310	110	280	305	70	85	75	-	-	-	-	176	115,10

C1, C2.....C11 = amostras do composto orgânico no período de agosto de 2003 a setembro de 2005.

Tabela 4. Características químicas e físico-químicas médias de composto orgânico, produzido nas unidades de Moju, Abaetetuba e Igarapé-Miri, no período de agosto de 2003 a setembro de 2005.

Característica	Composto orgânico		
	Moju	Abaetetuba	Igarapé-Miri
Matéria orgânica (%)	87,0	83,7	86,4
pH (CaCl ₂)	6,0	6,1	6,1
Relação C/N	15,4	14,0	15,7
CTC (cmol _c /dm ³)	16,6	16,4	14,7
Macronutrientes			
Nitrogênio (%)	3,31	3,02	3,04
Fósforo (% de P ₂ O ₅)	1,31	0,99	0,95
Potássio (% de K ₂ O)	0,69	0,34	0,30
Cálcio (%)	1,91	1,57	1,76
Magnésio (%)	0,19	0,16	0,15
Enxofre (%)	0,53	0,54	0,53
Micronutrientes			
Ferro (%)	0,34	0,28	0,21
Manganês (mg/kg)	361	385	356
Cobre (mg/kg)	22	32	46
Zinco (mg/kg)	85	83	72
Boro (mg/kg)	110	103	107

Na tabela 5, são mostrados os resultados médios das análises de metais pesados encontrados em composto orgânico produzido na Unidade de Reciclagem e Compostagem de Lixo Urbano de Vila dos Cabanos, em Barcarena, PA. Os teores de metais pesados estavam abaixo dos limites estabelecidos pela NBR 10004 – Resíduos Sólidos, da Associação Brasileira de Normas Técnicas. O resultado já era esperado, devido ao processo de separação do lixo orgânico, usado na compostagem, feito por catação manual em plataforma fixa.

Tabela 5. Resultados médios das análises de metais pesados encontrados em composto orgânico produzido na Unidade de Reciclagem e Compostagem de Lixo Urbano de Vila dos Cabanos, em Barcarena, (NBR 10004 – Resíduos Sólidos).

Elementos	Unidade	Resultado	Limite máximo
Cádmio	mg/kg	4,08	n.a.
Chumbo	mg/kg	25,90	100
Mercúrio	mg/kg	0,90	100

n.a. = não aplicável (não descrito o limite na NBR 10004 – resíduos sólidos).

Comparação da composição química de compostos com 30% e 70% de caroço de açaí

Desenvolveu-se o trabalho nas Unidades de Reciclagem e Compostagem de Lixo Urbano dos Municípios de Barcarena, Abaetetuba e Igarapé-Miri, PA.

Estudaram-se compostos orgânicos produzidos com lixo orgânico urbano (30%), caroço de açaí triturado (30%) e capim (40%) e lixo orgânico urbano (30%) e caroço de açaí triturado (70%), percentual em peso.

A oxigenação das leiras foi controlada pelo revolvimento manual. O ciclo de revolvimento foi de cinco em cinco dias, permitindo o bom arejamento da massa em decomposição e o controle da temperatura. A umidade e a temperatura das leiras foram controladas periodicamente e as medidas corretivas, quando necessárias, foram aplicadas.

A temperatura foi medida em diferentes partes da leira de compostagem com a utilização de termômetro digital. A primeira fase (decomposição) foi encerrada aos 70 dias quando se usou apenas 30% de caroço de açaí, quando a temperatura máxima atingiu, por alguns dias, valores inferiores a 45 °C, e aos 90 dias quando se usou 70% de caroço de açaí na composição da leira e a temperatura alcançou valores inferiores a 50 °C. Em seguida, o material foi transportado para uma área coberta e deixado em montes de até 2,50 m de altura, para completar a fase de maturação do composto.

A duração do processo de compostagem variou em função dos substratos usados. Na compostagem com lixo orgânico urbano, caroço de açaí e capim o processo ocorreu em 130 dias, e na compostagem usando-se apenas lixo orgânico e caroço de açaí o processo encerrou com mais de 180 dias.

Na Tabela 6, são apresentados valores médios, na base seca a 65 °C, de matéria orgânica (%), cinza (%), relação C/N e pH de substratos orgânicos usados na produção do composto orgânico.

Tabela 6. Composição média de matéria orgânica, cinza, relação C/N e pH, em base seca a 65 °C, de substratos orgânicos usados na produção de composto orgânico.

Característica	Substrato orgânico		
	Lixo orgânico	Capim	Caroço de açaí
Matéria orgânica (%)	87,11	93,47	95,58
Cinza (%)	12,90	6,54	4,42
Relação C/N	12,50	36,50	46,33
pH (CaCl ₂)	4,63	5,70	5,00

Na Figura 1, são apresentados os valores médios de nutrientes (N, P, K, Ca e Mg), na base seca a 65 °C, de substratos orgânicos usados na produção do composto orgânico. A composição química do caroço de açaí mostra que os valores de N, P, K, Ca e Mg são bem menores que os encontrados no lixo orgânico e no capim, indicando que o caroço de açaí é bastante pobre em nutrientes.

Na Tabela 7, são apresentados valores médios, na base seca a 65 °C, de matéria orgânica, cinza, relação C/N, pH e CTC em compostos orgânicos produzidos com lixo orgânico urbano, caroço de açaí e capim (L + CA + C) e lixo orgânico urbano e caroço de açaí (L + CA).

A relação C/N indica que o composto com relação 18/1 ou um pouco menor está semicurado ou bioestabilizado, podendo ser utilizado sem risco de causar danos às plantas (Kiehl, 2002). Ressalta-se, que o composto orgânico com

30% de caroço de açaí na massa de compostagem apresenta relação C/N de 11,67 contra 15,08 no composto orgânico produzido com 70% de caroço de açaí.

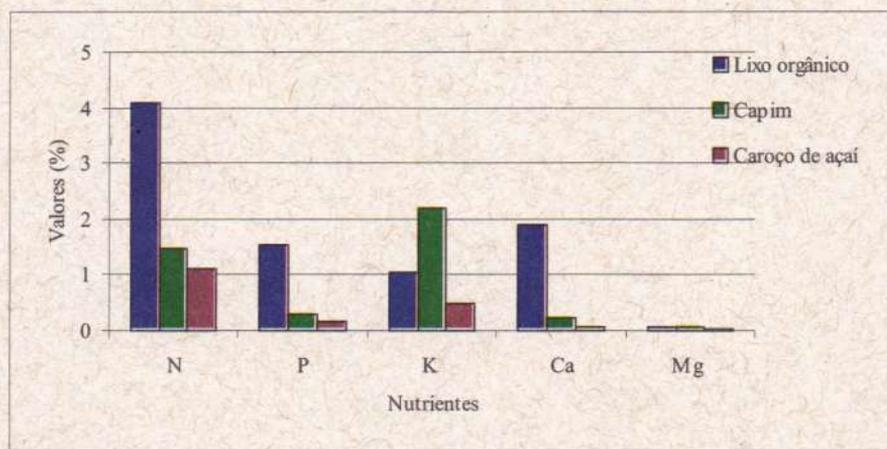


Figura 1. Valores médios de nutrientes (N, P, K, Ca e Mg), na base seca a 65° C, em substratos orgânicos usados na produção de composto orgânico.

Tabela 7. Valores médios, na base seca a 65°C, de matéria orgânica, cinza, relação C/N, pH e CTC em compostos orgânicos produzidos com lixo orgânico urbano, caroço de açaí e capim e lixo orgânico urbano e caroço de açaí.

Característica	Composto Orgânico	
	L + CA + C ¹	L + CA ²
Matéria orgânica (%)	74,90	87,66
Cinza (%)	25,1	12,34
Relação C/N	11,67	15,08
pH (CaCl ₂)	6,70	6,18
CTC (cmol _c /dm ³)	37,57	15,53

¹ Lixo orgânico (30%) + caroço de açaí (30%) + capim (40%).

² Lixo orgânico (30%) + caroço de açaí (70%).

Comparando-se os valores de CTC encontrados nos compostos orgânicos, observa-se que no composto orgânico com a menor participação de caroço de açaí o valor da CTC é cerca de duas vezes maior que o encontrado no composto produzido com caroço de açaí e lixo orgânico (Tabela 7).

Na Figura 2, são apresentados valores médios de nutrientes (N, P, K, Ca e Mg), na base seca a 65°C, de compostos orgânicos produzidos com lixo orgânico urbano, caroço de açaí e capim (L + CA + C) e lixo orgânico urbano e caroço de açaí (L + CA).

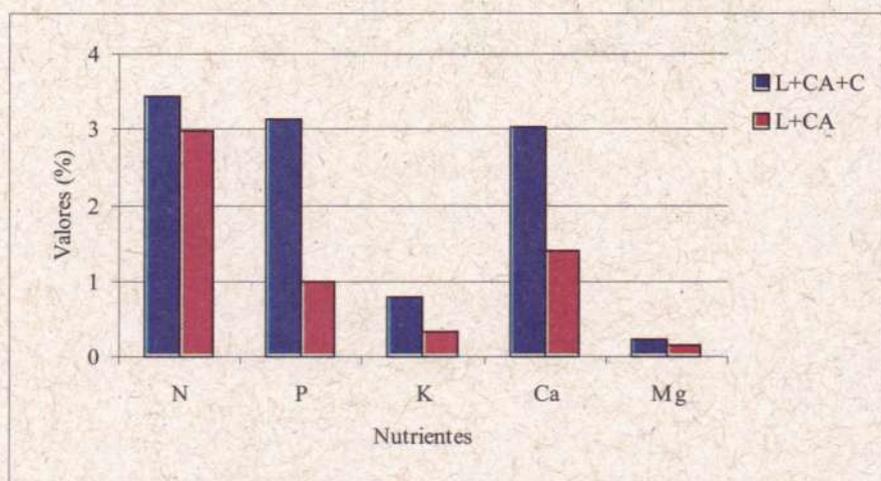


Figura 2. Valores médios de nutrientes (N, P, K, Ca e Mg), na base seca a 65°C, em compostos orgânicos produzidos com lixo orgânico urbano, caroço de açaí e capim (L + CA + C) e lixo orgânico urbano e caroço de açaí (L + CA).

As mais altas concentrações de fósforo e cálcio encontram-se no composto produzido com 30% de caroço de açaí e 40% de capim, chegando a ser 3 vezes superiores aos valores encontrados nos compostos produzidos com 70% de caroço de açaí. Estes resultados estão de acordo com a composição do substrato orgânico, em que o capim aparece com valores acima dos encontrados no caroço de açaí (Fig. 1), mostrando ser uma fonte de carbono para compostagem superior ao caroço de açaí, quanto ao conteúdo de nutrientes.

Transformado-se as concentrações de N, P e K em equivalência de adubos químicos, observa-se que cada tonelada de composto orgânico corresponde a 159 kg da soma de uréia, superfosfato triplo e cloreto de potássio, no composto com 30% de lixo orgânico, 30% de caroço de açaí e 40% de capim e 94 kg no composto com 30% de lixo orgânico e 70% de caroço de açaí (Tabela 8).

Tabela 8. Equivalência dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) em adubos químicos por tonelada de compostos orgânicos produzidos com lixo orgânico, caroço de açaí e capim e lixo orgânico e caroço de açaí.

Característica	kg t ⁻¹ de composto orgânico	
	L + CA + C ¹	L + CA ²
Uréia	76,2	66,4
Superfosfato triplo	69,6	22,0
Cloreto de potássio	13,2	5,3
Carbonato de cálcio	75,7	35,2
Sulfato de magnésio	24,2	15,8

¹ Lixo orgânico (30%) + caroço de açaí (30%) + capim (40%).

² Lixo orgânico (30%) + caroço de açaí (70%).

Considerando-se os dados analíticos dos compostos orgânicos produzidos com lixo orgânico urbano (30%), caroço de açaí (30%) e capim (40%) e lixo orgânico urbano (30%) e caroço de açaí (70%), conclui-se que na compostagem, usando-se como fonte de carbono basicamente o caroço de açaí, produz-se composto orgânico com características químicas e físico-químicas inferiores às encontradas com a inclusão de capim substituindo parte do caroço de açaí, além de retardar o processo de compostagem.

Comparação de composto orgânico com adubos orgânicos tradicionais

Os esterco animais, em virtude da sua grande disponibilidade e resposta no crescimento das plantas e no aumento da produção, são considerados como importantes adubos orgânicos. O esterco de bovino e a cama de frango de corte são os adubos orgânicos mais utilizados na região, principalmente na produção de hortaliças e mudas de fruteiras. O fator limitante no uso desses insumos é a necessidade de grandes quantidades e sua produção ser distante das propriedades agrícolas.

A compostagem vem sendo utilizada há bastante tempo para estabilização dos variados resíduos agrícolas e apresenta-se, atualmente, como uma alternativa viável para o processamento da parte orgânica do lixo urbano. A produção de composto orgânico a partir de lixo orgânico urbano, surge como nova fonte de adubo de alta qualidade para as plantas, principalmente para agricultura familiar.

Os adubos orgânicos apresentam características diferentes quanto aos teores de nutrientes, em face, principalmente, da origem do mesmo. A aplicação de adubos orgânicos em solos, além do efeito direto no suprimento de nutrientes para as plantas, melhora as condições físicas e biológicas desses solos e contribui para baixar os teores de alumínio trocável (Costa, 1983; Mazur et al. 1983a; Mazur et al. 1983b; Gibson, 1992).

O trabalho teve como objetivo estudar as características químicas e conhecer as diferenças entre composto orgânico de lixo orgânico urbano produzido em Barcarena, PA, com cama de frango de corte e esterco de bovinos.

A análise estatística foi realizada usando-se os resultados analíticos de quatro amostras de cada adubo orgânico, sendo as médias comparadas pelo teste t - Student, a 5% de probabilidade.

Utilizaram-se quatro análises de composto orgânico produzido na Unidade de Compostagem e Reciclagem de Lixo Urbano, instalada na Vila dos Cabanos, Município de Barcarena, PA. O trabalho foi realizado em parceria com a Albras, a Coopsai, a Prefeitura Municipal de Barcarena e a Embrapa Amazônia Oriental.

A cama de frango de corte foi obtida de quatro produtores tradicionais do Estado do Pará, sendo duas do Município de Santa Isabel, uma de Castanhal, e uma de Tomé-Açu. Foi produzida em aviário a partir do esterco das aves misturado com lastro de maravalha (resíduo de serraria). Antes das análises, a cama de frango ficou a céu aberto, em sacos de polietileno de 60 kg, por um período de 4 meses. Na região, é usual a cama de frango de corte passar pelo processo de decomposição, a céu aberto.

Obteve-se o esterco de bovino em quatro fontes: sendo duas de fazendas dos Municípios de Castanhal e Igarapé-Açu, PA, de bovinos para leite e carne, criados a campo, com suplementação diária de ração e pernoite em estábulo, e duas de fazendas do Município de Santa Maria, PA, de bovinos para corte, criados em regime a campo com pernoite em curral descoberto e piso em concreto.

O composto orgânico, o esterco de bovino e a cama de frango de corte foram analisados segundo os métodos oficiais do Laboratório Nacional de Referência Vegetal – LANARV, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária.

As análises evidenciaram que o teor de nitrogênio no composto orgânico foi superior, estatisticamente, aos encontrados na cama de frango de corte e no esterco de bovino. Os teores de fósforo e cálcio no composto orgânico foram iguais aos da cama de frango de corte e superiores aos observados no esterco de bovino. Entretanto, os teores de potássio, magnésio e enxofre foram iguais, estatisticamente, nos três adubos orgânicos estudados (Tabela 9).

No que se refere aos micronutrientes, constata-se pelos dados da Tabela 9, que os três adubos orgânicos não diferiram entre si quanto aos teores de boro, cobre e ferro. A cama de frango e o esterco bovino se apresentaram semelhantes quanto aos teores de manganês, porém, estatisticamente superiores ao composto orgânico. Na cama de frango, o teor de zinco apresentou-se significativamente maior do que nos outros dois adubos, que não diferiram entre si nas quantidades deste micronutriente.

Os três adubos orgânicos foram, estatisticamente iguais tanto nos teores de matéria orgânica quanto nos valores da relação C/N e de pH. Com base nos resultados analíticos, as três fontes de adubos orgânicos apresentam boas características químicas (Tabela 9).

Constatou-se que o composto orgânico, a cama de frango de corte e o esterco de bovino contêm 86,94 kg, 81,57 kg e 42,03 kg de $N + P_2O_5 + K_2O$ por tonelada de adubo orgânico, respectivamente. A soma dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S), por tonelada de adubo orgânico, foi de 174,46 kg no composto orgânico, 128,20 kg na cama de frango de corte e de 58,50 kg no esterco de bovino. Cada kg de composto orgânico, a partir de lixo orgânico urbano, corresponde, em quantidade de macronutrientes, a cerca de 3 quilos de esterco de bovino.

Tabela 9. Composição média de diferentes tipos de adubos orgânicos, com base na matéria seca.

Característica	Composto de lixo orgânico	Cama de frango de corte	Esterco curtido de bovino
Umidade (g/kg)	94,58 ^a	144,65 ^a	136,15 ^a
Matéria orgânica (g/kg)	398,40 ^a	488,43 ^a	422,68 ^a
Relação C/N	6,87 ^a	13,20 ^a	14,97 ^a
pH (CaCl ₂)	6,62 ^a	7,22 ^a	6,47 ^a
Macronutrientes			
Nitrogênio (g/kg)	30,37 ^a	20,57 ^b	20,10 ^b
Fósforo (g de P ₂ O ₅ /kg)	25,97 ^a	35,50 ^a	6,75 ^b
Potássio (g de K ₂ O/kg)	30,60 ^a	25,50 ^a	15,18 ^a
Cálcio (g/kg)	70,88 ^a	35,08 ^{ab}	7,35 ^b
Magnésio (g/kg)	12,92 ^a	7,35 ^a	5,65 ^a
Enxofre (g/kg)	3,72 ^a	4,20 ^a	3,47 ^a
Micronutrientes			
Boro (mg/kg)	694,30 ^a	421,60 ^a	726,00 ^a
Cobre (mg/kg)	98,00 ^a	223,50 ^a	30,50 ^a
Ferro (mg/kg)	6918,00 ^a	4801,00 ^a	5486,00 ^a
Manganês (mg/kg)	251,50 ^b	471,25 ^a	316,25 ^{ab}
Zinco (mg/kg)	200,50 ^b	350,00 ^a	99,53 ^b

Médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem, estatisticamente, entre si, ao nível de 5%, pelo teste t.

Apesar de observar-se superioridade estatística para o composto orgânico e a cama de frango de corte, quando comparados com o esterco de bovinos, a matéria orgânica e a relação C/N, existentes nos três adubos orgânicos, evidenciam que os adubos devem ter o mesmo efeito nas propriedades físicas do solo, como retenção de água, aeração, agregação, etc, por apresentarem, estatisticamente, matérias orgânicas iguais.

Maturação de composto orgânico produzido em Barcarena

Desenvolveu-se o trabalho na Unidade de Reciclagem e Compostagem de Lixo Urbano de Vila dos Cabanos, no Município de Barcarena, PA.

O composto orgânico foi produzido em leiras de compostagem formadas com 30% de lixo orgânico urbano, 40% de capim e 30% de caroço de açaí triturado. Os materiais foram arrumados em camadas, até atingirem altura de cerca de 1,2 m. Iniciou-se com uma camada uniforme de capim em toda a área da leira, com mais ou menos 0,25 m de espessura e, em seguida, colocou-se uma camada de lixo orgânico de cerca de 0,15 m e outra camada de caroço de açaí, triturado, de cerca de 0,20 m. Dessa maneira, distribuiu-se o material em camadas uniformes e sucessivas.

A decomposição da matéria orgânica realizou-se em 70 dias pelo processo aeróbio e a oxigenação das leiras foi controlada pelo revolvimento manual da massa de compostagem a cada cinco dias. A temperatura foi medida periodicamente para verificação da eficiência do processo de compostagem. Após o período de decomposição colocou-se a massa de compostagem em camburões com capacidade para 200 L, para realização da fase de maturação ou cura do composto orgânico. Após períodos de 35, 56, 77, 98, 119 e 140 dias de maturação, retiraram-se três amostras compostas do composto orgânico peneirado, formadas, cada, por 20 amostras simples. Considerando-se o período de 70 dias da fase de decomposição e os períodos da fase de maturação, foram avaliados seis tempos de compostagem, ou seja, 105, 126, 147, 168, 189 e 210 dias.

Na Tabela 10, são apresentados os valores médios, na base seca, de nutrientes (N, P e K) e de matéria orgânica, pH, relação C/N e CTC, em amostras de composto orgânico produzido com lixo orgânico urbano, capim e caroço de açaí,

coletadas na Unidade de Reciclagem e Compostagem de Lixo Orgânico Urbano do Município de Barcarena, PA, aos 105, 126, 147, 168, 189 e 210 dias de compostagem.

As variáveis matéria orgânica, pH e CTC apresentaram diferenças significativas ao nível de 1%. Os valores de matéria orgânica variaram de 70,63% aos 105 dias de compostagem a 66,85% aos 210 dias. Os valores de pH e de CTC variaram de 6,53 a 6,80 e de 42,4 ($\text{cmol}_c/\text{dm}^3$) a 54,6 ($\text{cmol}_c/\text{dm}^3$) de 105 dias a 210 dias de compostagem, respectivamente. Os valores de nitrogênio, fósforo, potássio e relação C/N não apresentaram diferenças significativas, com médias gerais de 4,15%, 2,83%, 1,19% e 9,36, respectivamente.

Um composto está maturado quando a relação C/N está entre 8/1 e 12/1, média de 10/1 e o pH acima de 6,0 (Kiehl, 2002). Observando-se os valores de C/N e pH na Tabela 10, constata-se que a partir de 105 dias de compostagem, isto é, 70 dias de decomposição e 35 de maturação, os compostos orgânicos encontram-se maturados e em condições desejáveis de uso.

Com base nos dados desta pesquisa conclui-se que composto orgânico produzido com 30% de lixo orgânico urbano, 40% de capim e 30% de caroço de açaí triturado, percentual em peso, apresentam boas características físico-químicas e encontram-se maturados e em condições desejáveis de uso a partir de 105 dias de compostagem.

Tabela 10. Características de composto orgânico produzido com lixo orgânico urbano, capim e caroço de açaí aos 105, 126, 147, 168, 189 e 210 dias de compostagem, em Barcarena, PA.

Tempo de compostagem	N	P ₂ O ₅ %	K ₂ O	M.O. (%)	pH	C/N	CTC (cmolc/dm ³)
105 dias	4,18 ^a	2,62 ^a	1,17 ^a	70,63 ^a	6,53 ^c	10,00 ^a	42,40 ^b
126 dias	4,11 ^a	2,62 ^a	1,21 ^a	72,16 ^a	6,50 ^c	9,67 ^a	39,70 ^b
147 dias	4,28 ^a	2,86 ^a	1,20 ^a	69,43 ^{abc}	6,60 ^{bc}	9,03 ^a	44,00 ^{ab}
168 dias	4,11 ^a	2,82 ^a	1,20 ^a	70,43 ^{ab}	6,70 ^{ab}	9,67 ^a	41,30 ^b
189 dias	4,22 ^a	2,86 ^a	1,22 ^a	66,50 ^c	6,80 ^a	8,67 ^a	49,30 ^{ab}
210 dias	4,05 ^a	3,22 ^a	1,18 ^a	66,85 ^{bc}	6,80 ^a	9,33 ^a	54,60 ^a

Valores seguidos pela mesma letra, nas colunas, não diferem, estatisticamente, entre si, ao nível de 5%.

Maturação de composto orgânico produzido em Moju

Desenvolveu-se o trabalho na Unidade de Reciclagem e Compostagem de Lixo Urbano do Município de Moju, PA, em parceria entre a Embrapa Amazônia Oriental, a empresa Albras, a Coopsai e a Prefeitura Municipal de Moju.

O composto orgânico foi produzido em leiras de compostagem formadas com 30% de lixo orgânico urbano, 20 % de capim e 50% de caroço de açaí triturado. Os materiais foram arrumados em camadas, até atingirem altura de cerca de 1,3 m. Iniciou-se com uma camada uniforme de caroço de açaí, triturado, em toda a área da leira, com mais ou menos 0,25 m de espessura e, em seguida, colocou-se uma camada de lixo orgânico de cerca de 0,15 m e outra camada de capim de cerca de 0,10 m. Dessa maneira, distribuiu-se o material em camadas uniformes e sucessivas.

A decomposição da matéria orgânica realizou-se em um período de 70 dias pelo processo aeróbio e a oxigenação das leiras foi controlada pelo revolvimento manual da massa de compostagem a cada 5 dias. A temperatura foi medida periodicamente para verificação da eficiência do processo de compostagem. Após o período de decomposição colocou-se a massa de compostagem em camburões com capacidade para 200 L, para realização da fase de maturação ou cura do composto orgânico. Após períodos de 35, 56, 77, 98, 119 e 140 dias de maturação, retiraram-se três amostras compostas do composto orgânico peneirado, formadas, cada, por 20 amostras simples. Considerando-se o período de 70 dias da fase de decomposição e os períodos da fase de maturação, foram avaliados 6 tempos de compostagem, ou seja, 105, 126, 147, 168, 189 e 210 dias.

Na Tabela 11, são apresentados os valores médios, na base seca, de nutrientes (N, P e K) e de matéria orgânica, pH,

relação C/N e CTC, em amostras de composto orgânico produzido com lixo orgânico urbano, capim e caroço de açaí, coletadas na Unidade de Reciclagem e Compostagem de Lixo Orgânico Urbano do Município de Moju, PA, aos 105, 126, 147, 168, 189 e 210 dias de compostagem.

As variáveis nitrogênio, fósforo, potássio, relação C/N e CTC apresentaram diferenças significativas ao nível de 1% e as variáveis matéria orgânica e pH apresentaram diferenças significativas ao nível de 5%, com médias gerais de 4,06% de N, 2,43% de P, 0,80% de K, 82,44% de M.O., 6,40 para pH, 11,44 para C/N e CTC de 15,09 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$.

Observando-se os valores de C/N e pH na Tabela 11, constata-se que a partir de 105 dias de compostagem, isto é, 70 dias de decomposição e 35 de maturação, os compostos orgânicos encontram-se maturados e em condições de uso. Observa-se média geral de 11,44 para a relação C/N e 6,40 para pH. Segundo Kiehl (2002), um composto está maturado quando a relação C/N está entre 8/1 e 12/1, média de 10/1 e o pH acima de 6,0.

Com base nos dados desta pesquisa conclui-se que composto orgânico produzido com 30% de lixo orgânico urbano, 20% de capim e 50% caroço de açaí triturado, percentual em peso, encontra-se maturado e em condições de uso a partir de 105 dias de compostagem.

Tabela 11. Características de composto orgânico produzido com lixo orgânico urbano, capim e caroço de açaí aos 105, 126, 147, 168, 189 e 210 dias de compostagem, em Moju, PA.

Tempo de compostagem	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	M.O.	pH	C/N	CTC (cmol _c /dm ³)
	%			(%)	(CaCl ₂)		
105 dias	3,95 ^{ab}	2,27 ^b	0,80 ^{ab}	85,29 ^a	6,40 ^{ab}	12,00 ^{ab}	13,53 ^b
126 dias	3,53 ^b	2,14 ^b	0,73 ^b	82,67 ^{ab}	6,47 ^{ab}	13,00 ^a	13,17 ^b
147 dias	3,78 ^b	2,32 ^b	0,84 ^a	82,91 ^{ab}	6,43 ^{ab}	12,33 ^{ab}	15,40 ^a
168 dias	3,98 ^{ab}	2,47 ^{ab}	0,88 ^a	79,27 ^b	6,53 ^a	11,33 ^{abc}	15,87 ^a
189 dias	4,42 ^{ab}	2,88 ^a	0,74 ^b	81,75 ^{ab}	6,33 ^{ab}	10,33 ^{bc}	16,13 ^a
210 dias	4,73 ^a	2,57 ^{ab}	0,82 ^{ab}	82,79 ^{ab}	6,27 ^b	9,67 ^c	16,47 ^a

Valores seguidos pela mesma letra, nas colunas, não diferem, estatisticamente, entre si, ao nível de 5%.

Parte 3

Avaliação biológica de composto orgânico produzido em Barcarena

O trabalho foi conduzido em casa de vegetação, na sede da Embrapa Amazônia Oriental, em Belém, PA, no delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram formados pela mistura de terriço e composto orgânico, com 105, 126, 147, 168, 189 e 210 dias de compostagem, na dose volumétrica de 25%. Utilizaram-se vasos de plástico com capacidade para 2,5 L.

O composto foi produzido com 30% de lixo orgânico urbano, 40% de capim e 30% de caroço de açaí triturado, percentual em peso, na Unidade de Reciclagem e Compostagem de Lixo Urbano de Barcarena. O terriço foi retirado da camada de 0 a 20 cm de um Latossolo Amarelo, textura média, coletado em área de capoeira com mais de 30 anos de pousio. Uma amostra desse terriço foi analisada e apresentou as seguintes características químicas: 7,63 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ de Capacidade de Troca de Cátion (CTC); 5,58% de saturação por bases (V); 23,59 g/dm^3 de matéria orgânica; 1,18 g/dm^3 de nitrogênio; 1,6 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ de alumínio; 7,2 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ de hidrogênio + alumínio (H + Al); pH 3,5 (CaCl_2); 0,4 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ de cálcio + magnésio (Ca + Mg); 0,03 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ de potássio; 1,51 mg/dm^3 de fósforo; 10,55 mg/dm^3 de enxofre; 2,28 mg/dm^3 de manganês; 364,9 mg/dm^3 de ferro; 0,42 mg/dm^3 de cobre; 1,22 mg/dm^3 de zinco; e 1,01 mg/dm^3 de boro.

A composição química média do composto orgânico usado no experimento, nas diversas fases de maturação se encontra na Tabela 12.

Tabela 12. Características químicas de composto orgânico com diferentes tempos de maturação, produzido com lixo orgânico urbano, capim e caroço de açaí na Unidade de Reciclagem e Compostagem de Barcarena, PA.

Tempo de compostagem (dias)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg
%				
105	4,18	2,62	1,17	2,76	0,34
126	4,11	2,62	1,21	3,11	0,36
147	4,28	2,86	1,20	3,11	0,35
168	4,11	2,82	1,20	3,05	0,35
189	4,22	2,86	1,22	3,14	0,36
210	4,05	3,22	1,18	3,12	0,34

Após a mistura do composto ao solo e colocação nos vasos, estes receberam água para elevar a umidade da mistura a 80% da capacidade de retenção. Durante a condução do experimento, a umidade do substrato foi mantida em torno desse percentual, por regas diárias.

Em cada vaso, colocaram-se cinco sementes de milho da cultivar BR 5102. O desbaste foi efetuado uma semana após, deixando-se três plantas por vaso. O corte das plantas de milho foi efetuado aos 35 dias após a semeadura, rente ao substrato. A parte aérea das plantas foi secada em estufa durante 72 horas, a 65° C, pesando-se esse material em seguida.

Após o corte das plantas, foram retiradas duas amostras compostas de substrato de cada tratamento. As repetições 1 e 2 formaram uma amostra composta, enquanto a outra foi formada a partir das repetições 3 e 4.

A avaliação estatística dos dados de matéria seca da parte aérea, bem como dos resultados da análise do substrato foi efetuada por análise de variância, sendo considerado o teste F. Revelada a significância pelo teste F, foram ajustadas curvas de regressão para os tempos de compostagem, adotando-se o

modelo polinomial que melhor se ajustou aos dados.

Na Tabela 13, são mostrados os resultados da análise de variância e estatísticas simples referentes aos dados de matéria seca da parte aérea e de resultados da análise química de amostras do substrato coletadas depois do cultivo de milho. Nesta tabela, observa-se que o tempo de compostagem influenciou significativamente, ao nível de 1% de probabilidade, a produção de matéria seca da parte aérea. No que diz respeito à análise química do substrato, apenas o teor de matéria orgânica foi influenciado significativamente pelo tempo de compostagem.

A produção de matéria seca da parte aérea das plantas de milho em virtude do tempo de compostagem se ajustou a uma curva quadrática, que é mostrada na Figura 3. A produção máxima de matéria seca foi estimada em 28,4 g/vaso e foi obtida com o tempo de compostagem de 192,7 dias. A produção ótima (90% da produção máxima) correspondeu a 25,6 g/vaso, sendo obtida com 140 dias de compostagem. Esses resultados indicam que na prática esse composto pode ser utilizado com excelentes resultados no crescimento das plantas de milho com o tempo de compostagem de 140 dias. O ganho de eficiência que é obtido com a maturação plena (192 dias), provavelmente não compense em virtude do espaço ocupado no pátio de compostagem por mais 52 dias, além da mão-de-obra necessária para manter a umidade do composto estocado.

Na Tabela 14, se encontram os dados da análise das amostras do substrato. A adição de 25% de composto no volume do substrato, independente do tempo de compostagem, aumentou a fertilidade original do terriço utilizado no experimento. Observa-se que o fósforo se apresenta com teores altos em todos os tempos de compostagem, enquanto os de potássio variam de médio a alto. Quanto aos teores de cálcio e de magnésio são médios. Todos esses nutrientes se encontravam com baixos teores no terriço utilizado. No entanto, também houve aumento do pH e eliminação do alumínio trocável, como consequência da adição do adubo orgânico, o que tem sido observado em outros trabalhos (Gibson, 1992; Trindade, 2001).

Tabela 13. Quadrados médios obtidos da análise de variância e estatísticas simples referentes às respostas de matéria seca (MS) da parte aérea e da análise do substrato, depois do cultivo de milho, em vasos, composto orgânico produzido em Barcarena, PA.

Fonte de variação	MS (g/vaso)	pH (CaCl ₂)	M.O. (g/dm ³)	P (mg/dm ³)	K (mg/dm ³)	Ca (cmolc/dm ³)	Mg (cmolc/dm ³)
Tratamento	39,8**	0,0095 ns	72,2**	90,7 ns	0,0027 ns	0,17 ns	0,0120 ns
Resíduo	1,94	0,0058	4,2	73,3	0,0019	0,11	0,0067
Média geral	25,8	5,9	43,4	88,2	0,22	3,4	0,9
Coef. de variação	5,4	1,3	4,4	9,7	19,8	9,9	9,1

ns = não significativo; ** = significativo ao nível de erro de 0,01.

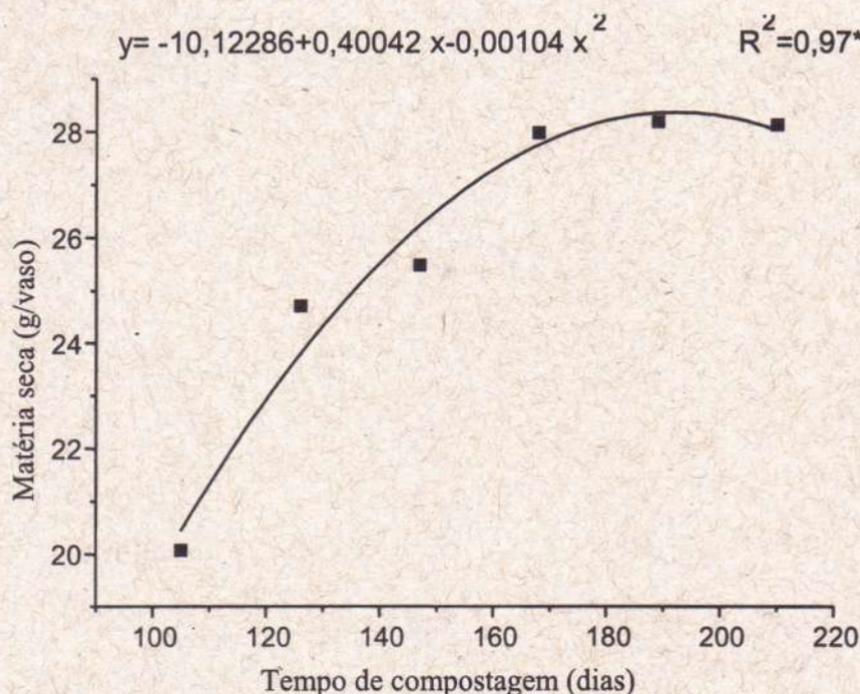


Figura 3. Produção de matéria seca da parte aérea de plantas de milho cultivadas em vasos tratados com 25% (v/v) de composto orgânico produzido em Barcarena, PA, com diferentes tempos de maturação.

Tabela 14. Resultados de análises de substratos com 25% (v/v) de composto de lixo orgânico urbano, de Barcarena, PA, em vários estádios de maturação, de amostras coletadas após o cultivo de milho.

Tempo de compostagem (dias)	pH (CaCl ₂)	M.O. g/dm ³	P	K	Ca	Mg	Al
			--- mg/dm ³ ---	---	-----cmol _c /dm ³ -----	-----	
105	6,0	36,0	78	102	3,0	0,8	0,0
126	5,9	41,0	87	74	3,2	0,8	0,0
147	5,9	46,5	92	74	3,2	0,8	0,0
168	6,0	53,6	98	70	3,9	1,0	0,0
189	6,1	43,0	89	94	3,4	0,9	0,0
210	6,1	40,5	85	102	3,4	0,9	0,0

Os teores de matéria orgânica no substrato se ajustaram ao modelo quadrático, como pode ser observado na Figura 4, sendo que a concentração máxima foi estimada em 48,9 g/dm³ e foi obtida com 162,3 dias de maturação do composto.

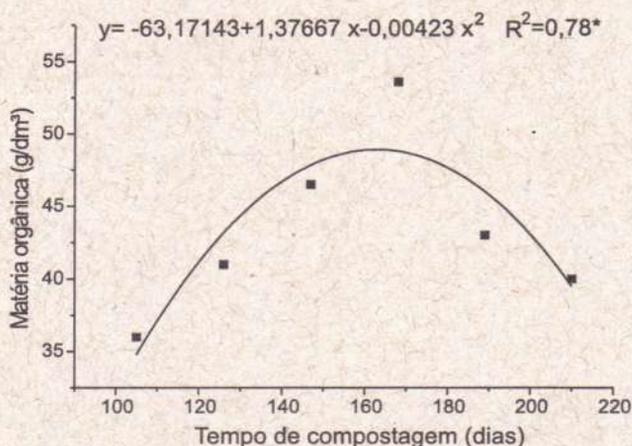


Figura 4. Teor de matéria orgânica no substrato tratado com 25% (v/v) de composto orgânico produzido em Barcarena, PA, com diferentes tempos de maturação.

A diminuição do teor da matéria orgânica com o aumento do tempo de compostagem é decorrente da sua mineralização, processo este que libera os nutrientes para as plantas (Kiehl, 2002). Este autor afirma que independente do material utilizado na compostagem, os benefícios do composto orgânico relativos às propriedades físicas, químicas, físico-químicas e biológicas só serão expressos plenamente a partir da fase de compostagem conhecida como maturação, que ocorre no período que varia de 90 a 120 dias, desde o início do processo.

Conclui-se que o tempo de compostagem é importante para a maturação do composto orgânico produzido com 30% de lixo orgânico urbano, 40% de capim e 30% de caroço de açaí triturado, podendo ser utilizado aos 140 dias, quando o efeito na produção de matéria seca da parte aérea da planta de milho atinge 90% do obtido com 192 dias de compostagem.

Avaliação biológica de composto orgânico produzido em Moju

O trabalho foi conduzido em casa de vegetação, na sede da Embrapa Amazônia Oriental, em Belém, PA, no delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram formados pela mistura de terriço e composto orgânico, com 105, 126, 147, 168, 189 e 210 dias de compostagem, na dose volumétrica de 25%. Utilizaram-se vasos de plástico com capacidade para 2,5 L.

O composto foi produzido com 30% de lixo orgânico urbano, 20% de capim e 50% de caroço de açaí triturado. O terriço foi retirado da camada de 0 a 20 cm de um Latossolo Amarelo, textura média, coletado em área de capoeira com mais de 30 anos de pousio. Uma amostra desse terriço foi analisada e apresentou as seguintes características químicas: 7,63 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ de Capacidade de Troca de Cátion (CTC); 5,58% de saturação por bases (V); 23,59 g/dm^3 de matéria orgânica; 1,18 g/dm^3 de nitrogênio; 1,6 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ de alumínio; 7,2 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ de hidrogênio + alumínio (H + Al); pH 3,5 (CaCl_2); 0,4 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ de cálcio + magnésio (Ca + Mg); 0,03 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ de potássio; 1,51 mg/dm^3 de fósforo; 10,55 mg/dm^3 de enxofre; 2,28 mg/dm^3 de manganês; 364,9 mg/dm^3 de ferro; 0,42 mg/dm^3 de cobre; 1,22 mg/dm^3 de zinco; e 1,01 mg/dm^3 de boro. As análises de solo e de composto foram efetuadas de acordo com a metodologia descrita por Silva (1999).

A composição química média do composto orgânico usado no experimento, nas diversas fases de maturação se encontra na Tabela 15.

Tabela 15. Características químicas de composto orgânico com diferentes tempos de maturação, produzido com lixo orgânico urbano, capim e caroço de açaí na Unidade de Reciclagem e Compostagem de Moju, PA.

Tempo de compostagem (dias)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg
 %				
105	3,95	2,27	0,80	2,95	0,25
126	3,53	2,14	0,73	2,83	0,23
147	3,78	2,32	0,84	2,89	0,25
168	3,98	2,47	0,88	3,27	0,27
189	4,22	2,88	0,74	3,63	0,28
210	4,73	2,57	0,82	3,28	0,28

Após a mistura do composto ao solo e colocação nos vasos, estes receberam água para elevar a umidade da mistura a 80% da capacidade de retenção. Durante a condução do experimento, a umidade do substrato foi mantida em torno desse percentual, por meio de regas diárias.

Em cada vaso, foram colocadas cinco sementes de milho da cultivar BR 5102. O desbaste foi efetuado uma semana após, deixando-se três plantas por vaso. O corte das plantas de milho foi efetuado aos 35 dias após a sementeira, rente ao substrato. A parte aérea das plantas foi secada em estufa durante 72 horas, a 65° C, pesando-se esse material em seguida.

A avaliação estatística dos dados de matéria seca da parte aérea foi efetuada por análise de variância, sendo considerado o teste F. Revelada a significância pelo teste F, foram ajustadas curvas de regressão para os tempos de compostagem, adotando-se o modelo polinomial que melhor se ajustou aos dados.

Na Tabela 16, são mostrados os resultados da análise de variância e estatísticas simples referentes aos dados de matéria seca da parte aérea das plantas de milho. Nesta tabela, observa-se que o tempo de compostagem influenciou significativamente, ao nível de 1% de probabilidade, a produção de matéria seca da parte aérea da planta de milho.

Tabela 16. Análise de variância e estatísticas simples referentes aos dados de matéria seca da parte aérea de milho, cultivado em vasos com substrato contendo composto de Moju, com diferentes tempos de maturação.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Tratamento	5	66,110	13,222	14,40**
Resíduo	18	16,524	0,918	
Média geral			21,84	
Coef. de variação (%)			4,39	

GL = Graus de liberdade.

** = Significativo ao nível de erro de 0,01.

Na Figura 5, é mostrada a curva de resposta da produção de matéria seca da parte aérea das plantas de milho ao tempo de maturação do composto. Essa resposta se ajustou a uma curva quadrática ascendente, indicando que este tipo de composto requer um tempo maior para atingir a plena maturação, superior ao tempo máximo a que foi submetido, ou seja, 210 dias.

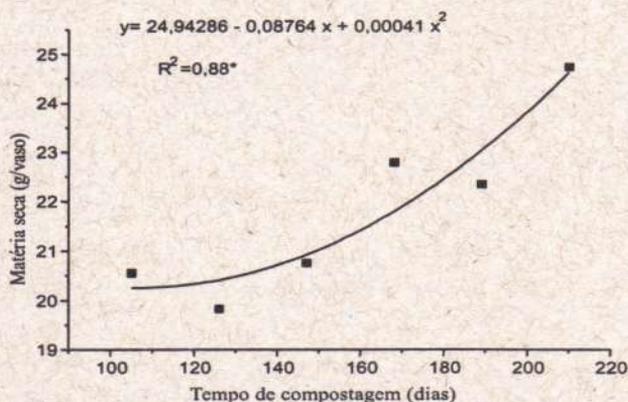


Figura 5. Produção de matéria seca da parte aérea de plantas de milho cultivadas em vasos tratados com 25% (v/v) de composto orgânico de Moju, com diferentes tempos de maturação.

Teixeira et al. (2004b), observaram que o aumento da porcentagem de caroço de açaí triturado na participação do composto aumenta o tempo necessário para a maturação do composto, em decorrência desse material apresentar relação C/N bem maior que o capim. Os materiais orgânicos com relação C/N menor decompõem-se mais rapidamente do que aqueles onde essa relação é maior.

Com a maturação do composto aumenta a liberação de nutrientes, o que pode ser observado na Tabela 15, onde há a tendência de aumento nas concentrações de nitrogênio, fósforo, cálcio e magnésio.

Os resultados obtidos neste trabalho permitem concluir que o composto orgânico produzido com 30% de lixo orgânico urbano, 20% de capim e 50% de caroço de açaí triturado exigirá um tempo de compostagem superior a 210 dias para propiciar o efeito máximo como adubo orgânico.

Aplicação cumulativa de composto orgânico na produção de alface

A utilização de adubos orgânicos é de grande importância para o cultivo das hortaliças folhosas em geral, estando a alface entre aquelas que mais se beneficiam com o efeito positivo causado por esses adubos na fertilidade do solo. Esse efeito tem sido observado tanto no aumento da produção quanto no acúmulo dos nutrientes das plantas de alface (Rodrigues, 1990; Vidigal et al. 1995a, 1995b).

A matéria orgânica adicionada ao solo não disponibiliza, de imediato, as quantidades totais dos nutrientes para as plantas. Desse modo, com a aplicação continuada dos fertilizantes orgânicos tende a haver um acúmulo gradual dos nutrientes no solo, propiciando um efeito residual para os cultivos seguintes. Santos et al. (2001), encontraram que a adubação com composto orgânico proporcionou efeito residual sobre a produção de alface, cultivada de 80 a 110 dias após a aplicação do composto. Esses autores constataram, ainda, que o aumento de adubo orgânico aumenta os teores de bases e de fósforo, e a CTC do solo.

Pelo efeito positivo que apresenta no crescimento e produtividade das plantas, a utilização do composto de lixo orgânico urbano já é comum em algumas regiões do Brasil e se constitui em mais uma fonte alternativa de matéria orgânica a ser adotada pelos produtores de alface, como constatado por Costa et al. (1994).

Este trabalho objetivou avaliar, em casa de vegetação, o efeito cumulativo do composto de lixo orgânico urbano de Vila dos Cabanos sobre a produção de matéria seca de plantas de alface.

A pesquisa foi conduzida em casa de vegetação da Unidade de Reciclagem e Compostagem de Lixo Urbano da Vila dos Cabanos, no Município de Barcarena, PA, em parceria entre a Embrapa Amazônia Oriental, a Albras, a Coopsai e a

Prefeitura Municipal.

Adotou-se o delineamento de blocos casualizados, com seis tratamentos e duas repetições. Foram utilizados canteiros de 3 m² (1m x 3m), que no período de fevereiro de 2001 a abril de 2003 receberam diferentes doses de composto orgânico a partir de lixo orgânico urbano, caroço de açaí e capim, produzido conforme processo mencionado por Teixeira et al. (2000). Esses canteiros foram preparados em fevereiro de 2001 utilizando-se a mistura volumétrica de 80% de terriço de Latossolo Amarelo, textura média, com 20% de composto orgânico, correspondendo a 160 litros de terriço e 40 litros de composto orgânico por m² na camada superficial de 0,20 m. A partir daí, foram efetuados cultivos sucessivos com novas aplicações de composto conforme os tratamentos a seguir:

- Tratamento A – 22,5 L/m² de composto aplicado: Pimentinha - 0 L/m²; melão - 7,5 L/m²; milho híbrido - 8 L/m²; melão - 2 L/m²; e alface - 5 L/m².
- Tratamento B – 33,0 L/m² de composto aplicado: Milho doce - 10 L/m²; melão - 10 L/m²; milho híbrido - 8 L/m²; melão - 0 L/m²; e alface - 5 L/m².
- Tratamento C – 37,0 L/m² de composto aplicado: Melão - 10 L/m²; Melão - 4 L/m²; milho híbrido - 8 L/m²; Melão - 10 L/m²; e alface - 5 L/m².
- Tratamento D – 43,0 L/m² de composto aplicado: Melão - 10 L/m²; melão - 10 L/m²; milho híbrido - 8 L/m²; melão - 10 L/m²; e alface - 5 L/m².
- Tratamento E – 49,0 L/m² de composto aplicado: Milho doce - 10 L/m²; melão - 20 L/m²; milho híbrido - 8 L/m²; melão - 6 L/m²; e alface - 5 L/m².

A sementeira da alface foi feita em bandejas de isopor com substrato de terriço de capoeira e composto orgânico, utilizando-se a variedade "Regina de verão". Quando as plantas tinham de 5 a 6 folhas foram transplantadas para o local definitivo, no espaçamento de 0,30m x 0,30m e aos 70 dias após a sementeira foram colhidas. Retiraram-se 10 plantas

centrais de cada canteiro e colocou-se em estufa na temperatura de 65°C, até atingirem peso constante. Retiraram-se, também, amostras compostas do substrato de cada tratamento para determinação das quantidades totais de macronutrientes.

Na adubação da alface utilizou-se composto orgânico com as características químicas a seguir: 593,4 g/kg de M.O., pH 6,9, relação C/N 9/1 e concentrações de nutrientes de 36,8 g/kg de N; 25,2 g/kg de P_2O_5 ; 9,6 g/kg de K_2O ; 31,0 g/kg de Ca; 2,8 g/kg de Mg; 10,0 g/kg de S; 310,0 mg/kg de B; 74,0 mg/kg de Cu; 9,0 g/kg de Fe; 400,0 mg/kg de Mn; e 270,0 mg/kg de Zn.

Os rendimentos médios de matéria seca de plantas de alface e quantidades totais médias de macronutrientes dos substratos, logo após a colheita da alface, se encontram na Tabela 17.

As produções de matéria seca, da parte aérea de plantas de alface, não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos, observando-se que o rendimento no tratamento A, com a menor dose cumulativa (22,5 L/m²), é semelhante àquele do tratamento E, que recebeu a maior dose cumulativa (49,0 L/m²), estando ambos ao redor da produção média dos tratamentos, que é de 12,73 g/planta de alface. Vidigal et al. (1995b), trabalhando com composto orgânico a partir de esterco bovino, obtiveram resposta linear até a dose cumulativa de 40 L/m², com produção de matéria seca de alface em torno de 6 g/planta, em ensaio conduzido em vasos.

Tabela 17. Rendimentos médios de matéria seca (MS) de plantas de alface e quantidades totais médias de macronutrientes dos substratos, logo após a colheita da alface.

Tratamento (L/m ²)	MS (g/planta)	Nutrientes (g/kg)					
		N	P	K	Ca	Mg	S
A (22,5)	12,93	1,70	6,15	10,80	5,50	2,60	5,40
B (33,0)	12,98	2,20	4,65	11,10	5,70	2,40	3,75
C (37,0)	12,27	2,45	4,75	7,50	4,55	2,20	9,65
D (43,0)	12,56	1,70	5,10	8,10	5,90	2,55	11,05
E (49,0)	12,93	1,95	6,55	12,90	5,80	2,90	7,00
CV%	10,5	15,1	25,6	13,8	13,0	13,4	29,9

Médias sem letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Os teores totais dos macronutrientes nos substratos são altos em todos os tratamentos e não diferem entre si estatisticamente. O nitrogênio apresentou concentração média de 1,99 g/kg, o fósforo de 5,31 g/kg, o potássio de 10,40 g/kg, o cálcio 5,38 g/kg, o magnésio de 2,49 g/kg e o enxofre de 7,43 g/kg. Melhorias nas propriedades químicas dos substratos são comuns em trabalhos de cultivos com alface utilizando adubos orgânicos (Vidigal et al. 1995a; Santos et al. 2001).

Os dados de análise do substrato indicam que doses cumulativas de composto orgânico de lixo em torno de 22 L/m² são suficientes para elevar os teores dos macronutrientes no solo a níveis tais que garantem boa produção de alface. No entanto, as doses mais elevadas, ao redor de 43 L/m², não parecem prejudicar o rendimento dessa hortaliça, mas poderiam ser antieconômicas, uma vez que essa dose não contribuiu para o aumento de produção de alface.

Conclui-se que o efeito cumulativo de composto orgânico de lixo urbano na dose de 22 L/m² é eficiente para aumentar os teores de macronutrientes do substrato e atender as necessidades de plantas de alface.

Referências Bibliográficas

ALTMAN, R. F.A. O caroço de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). Belém: Instituto Agrônômico do Norte, 1956. p. 109-111. (IAN. Boletim de Pesquisa, 31).

ALVES, W.L. Compostagem e vermicompostagem no tratamento do lixo urbano. Jaboticabal-SP: FUNEP, 1996. 47p.

COSTA, C. A. de; CASALI, V. W. D.; LOURES, E. G.; CECON, P. R.; JORDÃO, C. P. Teor de metais pesados em alface (*Lactuca sativa* L.) adubada com composto orgânico de lixo urbano. Revista Ceres 41(238):629-640.1994.

COSTA, M.P. da. **Efeito da matéria orgânica em alguns atributos do solo.** 1983. 137f. Tese (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

CRAVO, M.S.; MURAOKA, T.; Caracterização de composto de lixo urbano de algumas usinas brasileiras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 22:547-553, 1998.

FREITAS, S.P.; SEDIYAMA, T.; SEDIYAMA, M.A.N.; SILVA, A.A. Efeito de composto orgânico na produção da batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) lam., na incidência de plantas daninhas e na eficiência do diuron. **Revista Ceres**, 46(265):251-265, 1999.

GIBSON, C. da P. **Efeito do composto no Latossolo Amarelo: produtividade e alterações químicas.** 1992. 99f. Tese (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém.

IGARAPÉ-MIRI. Prefeitura Municipal. **Projeto de elaboração do plano de gerenciamento integrado de resíduos sólidos e implantação de aterro sanitário, para o Município de Igarapé-Miri, Estado do Pará, Brasil.** Igarapé-Miri, 2000. 351p

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Anuário Estatístico do Brasil. Rio de Janeiro, RJ – Brasil. 2003.

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

MACIEL, M.A.R. **Lixo reciclagem e compostagem**. Viçosa: CPT, 1997. 34p. (CPT, Manual, 02).

MAZUR, N.; SANTOS, G. de A.; VELLOSO, A.C.X. Efeito do composto de resíduo urbano na disponibilidade de fósforo em solo ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.7, p.153-156, 1983a.

MAZUR, N.; VELLOSO, A.C.X.; SANTOS, G. de A. Efeito do composto de resíduo urbano no pH e alumínio trocável em solo ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.7, p.157-159, 1983b.

OLIVEIRA, R.F. de; TEIXEIRA, L.B.; CRUZ, E. de S. **Comparação entre composto de lixo orgânico, esterco de curral e húmus de minhoca**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002. 15p. (Embrapa Amazônia Oriental. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 7).

OLIVEIRA, R.F. de; TEIXEIRA, L.B.; GERMANO, V.L.C. **Composto orgânico de lixo e adubos orgânicos tradicionais na produção de matéria seca de milho e na fertilidade do solo**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2004. 18p. (Embrapa Amazônia Oriental. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 27).

PEREIRA NETO, J.T. **Um sistema de Reciclagem e Compostagem, de baixo custo, de Lixo Urbano para Países em Desenvolvimento**. Viçosa, MG. UFV. 1995. 16p. (Conselho de Extensão, UFV. Informe Técnico, 74)

PEREIRA NETO, J.T. **Manual de compostagem processo de baixo custo**. Belo Horizonte UNICEF, 1996. 56p.

RODRIGUES FILHO, J. A.; CAMARÃO, A. P.; LOURENÇO JÚNIOR, J. de B. **Avaliação de subprodutos agroindustriais**

para alimentação de ruminantes. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1983. 15p. (EMBRAPA-CPATU). Documentos, 71.

RODRIGUES, E. T. Efeitos das adubações orgânica e mineral sobre o acúmulo de nutrientes e sobre o crescimento da alface (*Lactuca sativa* L.). Viçosa, UFV:1990. 60p. (Tese Mestrado).

RODRIGUES, E.T. e CASALI, V.W.D. Resposta da alface à adubação orgânica. II. Teores, conteúdos e utilização de macronutrientes em cultivares. **Revista Ceres** 45(261):437-449, 1998.

SANTOS, R. H. S.; SIVA, F. da; CASALI, V. W. D.; CONDE, A. R. Efeito residual da adubação com composto orgânico sobre o crescimento e produção de alface. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 36, n.11, p. 1395-1398, nov. 2001.

SILVA, E.B. e. Compostagem de lixo na Amazônia: insumos para a produção de alimentos. In: **RECICLAGEM DO LIXO URBANO PARA FINS INDUSTRIAIS E AGRÍCOLAS**, 1998, Belém, PA. **Anais**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental/SECTAM/Prefeitura Municipal de Belém, 2000. p.57-64. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 30).

SOEST, P. J. Van; FELDMAN, B. M. Criterios para la evaluacion nutritiva. In: RAIZ, M. E.; RUIZ, A.; PEZO, O. Estrategia para el uso de residuos de cosecha em la alimentacion animal: Memorias de uma reunion de trabajo efectuada en el Centro Agronomico Tropical de Investigacion y Ensenansa, Turrialba, Costa Rica, 19-21 marzo 1980. Ottawa: CIID, 1984. 159p. p. 7-23.

TEIXEIRA, L.B.; CAMPOS, P. I. de F.; GERMANO, V.L.C.; OLIVEIRA, R.F. de. **Unidades de Reciclagem e Compostagem de Lixo Urbano no Baixo Tocantins, Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental / Albras, 2004a. 48p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 191).

TEIXEIRA, L.B.; GERMANO, V.L.C.,; OLIVEIRA, R.F. de; FURLAN JUNIOR, J. **Processo de compostagem a partir de lixo orgânico urbano e caroço de açaí**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002. 8p. (Embrapa Amazônia Oriental. Circular Técnica, 29).

TEIXEIRA, L.B.; GERMANO, V.L.C.,; OLIVEIRA, R.F. de; FURLAN JUNIOR, J. **Processo de compostagem a partir de lixo orgânico urbano em leira estática com ventilação natural**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2004b. 7p. (Embrapa Amazônia. Circular Técnica, 33)

TEIXEIRA, L.B.; GERMANO, V.L.C.,; OLIVEIRA, R.F. de; FURLAN JUNIOR, J. **Processo de Compostagem usando Resíduos das Agroindústrias de Açaí e de Palmito do Açaizeiro**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2005. 6p. (Embrapa Amazônia Oriental. Circular Técnica, 41).

TEIXEIRA, L.B.; OLIVEIRA, R.F. de. FURLAN JÚNIOR, j.; CRUZ, E. de S.; GERMANO, V.L.C. **Compostagem de lixo orgânico urbano no município de Barcarena, Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. 25p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 59).

TEIXEIRA, L.B.; OLIVEIRA, R.F. de; GERMANO, V.L.C.,; FURLAN JUNIOR. **Composição química de composto de lixo orgânico urbano de Barcarena**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002. 4p. (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado Técnico, 71).

TOWNSEND, C. R.; COSTA, N. de L.; PEREIRA, R. G. de A.; SENGHER, C. C. D. **Características químico-bromatológica do caroço de açaí**. Porto Velho: Embrapa-CPAF Rondônia, 2001. 5p. (Embrapa-CPAF Rondônia. Comunicado Técnico, 193).

TRINDADE, A. V.; MUCHOVEJ, R. M. C.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Crescimento e nutrição de mudas de *Eucalyptus grandis* em resposta a composto orgânico ou

adubação mineral. **Revista Ceres**, v. 48, n. 276, p.181-194, 2001.

VIDIGAL, S. M.; RIBEIRO, A. C.; CASALI, V. W. D.; FONTES, L. E. F. Resposta da alface (*Lactuca sativa* L.) ao efeito residual da adubação orgânica. I- Ensaio de campo. **Revista Ceres** 42(239):80-88.1995a.

VIDIGAL, S. M.; RIBEIRO, A. C.; CASALI, V. W. D.; FONTES, L. E. F. Resposta da alface (*Lactuca sativa* L.) ao efeito residual da adubação orgânica. II- Ensaio em casa de vegetação. **Revista Ceres** 42(239):89-97.1995b.