

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DO PARÁ**

**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DE HÚMUS PRODUZIDO POR
MINHOCA VERMELHA DA CALIFÓRNIA (*Eisenia foetida*)**

PAULO SÉRGIO MELO DAS CHAGAS

**BELÉM
2000**

ID

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DO PARÁ**

**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DE HÚMUS PRODUZIDO POR
MINHOCA VERMELHA DA CALIFÓRNIA (*Eisenia foetida*)**

PAULO SÉRGIO MELO DAS CHAGAS
Engenheiro Florestal

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, como parte das exigências do Curso de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas para a obtenção do título de "Mestre"

Orientador

Eng.º Agr.º. Carlos Augusto Cordeiro Costa, Doutor

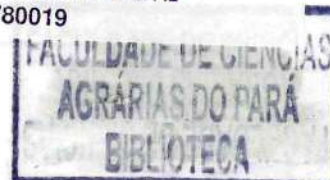
1078
tese
ex. 1



BELÉM
2000



10780019



CHAGAS, Paulo Sérgio Melo das.
**Caracterização química de húmus
produzido por minhoca vermelha da
Califórnia (*Eisenia foetida*).** Belém:
Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, 2000. 44p.
Dissertação (Mestrado em Agronomia) – FCAP,
2000.

CDD – 631.86
CDU – 631.86



PAULO SÉRGIO MELO DAS CHAGAS

**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DE HÚMUS PRODUZIDO POR
MINHOCA VERMELHA DA CALIFÓRNIA (*Eisenia foetida*)**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, como parte das exigências do Curso de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de “Mestre”.

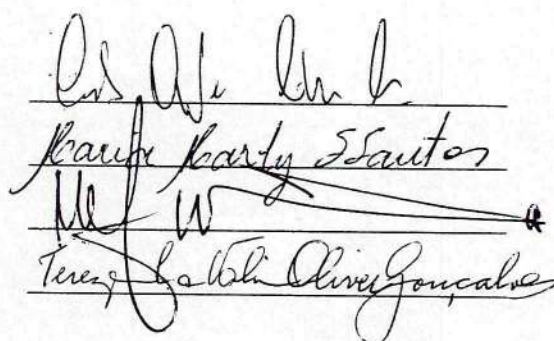
APROVADA em 29 de setembro de 2000

Prof. Dr. Carlos Augusto Cordeiro Costa (FCAP)
(Orientador)

Prof.^a. Dr.^a. Maria Marly de L. Silva Santos (FCAP)

Prof. Dr. Waterloo Napoleão de Lima (UFPA)

Prof.^a. Dr.^a. Terezinha Valin Oliver (UFPA)



Ao Senhor Jesus, toda glória, todo louvor e toda adoração.

Dedico.

À minha esposa Lenise e aos meus pais e irmãos, pela dedicação e amor dispensados, que contribuíram grandemente para a transposição de mais esta etapa de minha vida.

Agradeço.

AGRADECIMENTOS

- . A Deus, pela fidelidade do Seu amor.
- . Ao professor Carlos Augusto Cordeiro Costa, pela valorosa orientação e incentivo, sem os quais não seria possível a execução deste trabalho.
- . Ao Dr. Leopoldo Brito Teixeira, pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental, pela orientação e participação em todas as fases da pesquisa e preciosa transmissão de conhecimentos.
- . À Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, pela oportunidade do curso.
- . À EIDAI do Brasil S.A, pelo apoio no fornecimento do composto de resíduos de madeira.
- . Aos professores do Curso de Mestrado, pela transmissão de conhecimentos.
- . Ao Joelcio, Romualdo, Jorge Góes, Paulo Roberto e demais colegas de curso, pela amizade e companheirismo.
- . Ao projeto “Vegetação secundária como vegetação de pousio, na paisagem agrícola da Amazônia Oriental: função e possibilidades de manipulação” (ENV-25), componente do programa SHIFT (Studies on Human Impact on Forests and Floodplains in the Tropics, bmb+f/CNPq-MCT/IBAMA), pelo financiamento desta pesquisa.
- . Ao CNPq, pelo fornecimento de bolsa de estudo.
- . À Embrapa Amazônia Oriental, pela utilização de sua infra-estrutura na realização deste trabalho.
- . Aos funcionários da Embrapa Amazônia Oriental, Reginaldo, Eden, Eraldo, João Cláudio, João Sérgio, José Maria e Jean, pela gentil contribuição.
- . Ao engenheiro agrônomo Raimundo Parente de Oliveira, pela ajuda nas análises estatísticas.
- . A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	p.
LISTA DE FIGURAS	07
LISTA DE TABELAS	08
1- INTRODUÇÃO	10
2- REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1- IMPORTÂNCIA DA MATÉRIA ORGÂNICA	12
2.1.1- Matéria orgânica e a química do solo	13
2.1.2- Matéria orgânica e a física do solo	15
2.1.3- Matéria orgânica e a biologia do solo	16
2.2- AS MINHOCAS E SUAS RELAÇÕES COM OS SOLOS	17
2.3- CONSIDERAÇÕES SOBRE SUBSTRATOS ORGÂNICOS UTILIZADOS PELAS MINHOCAS	18
3- MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1- DESCRIÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL	20
3.2- DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	21
3.3- ANÁLISE ESTATÍSTICA	21
3.4- INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO	21
3.5- PRODUÇÃO DE HÚMUS DE MINHOCAS E COLETA DE AMOSTRAS	25
3.6- CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA	26
4- RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1- COMPORTAMENTO DOS PARÂMETROS ESTUDADOS ANTES DA DECOMPOSIÇÃO POR MINHOCA VERMELHA DA CALIFÓRNIA (TEMPO ZERO DIA)	27
4.1.1- Análise de variância	27
4.1.2- Caracterização química dos substratos	27
4.2- COMPORTAMENTO DOS PARÂMETROS ESTUDADOS APÓS DECOMPOSIÇÃO POR MINHOCA VERMELHA DA CALIFÓRNIA	28
4.2.1- Análise de variância	28
4.2.2- Caracterização química dos substratos	29
4.2.2.1- Fósforo	29
4.2.2.2- Cálcio	29
4.2.2.3- Magnésio	30
4.2.2.4- Matéria orgânica e carbono orgânico.....	30

4.2.2.5-	Relação C/N	31
4.3-	EVOLUÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DE N, K E HÚMUS NOS SUBSTRATOS EM FUNÇÃO DOS TEMPOS DE DECOMPOSIÇÃO POR MINHOCA VERMELHA DA CALIFÓRNIA	32
4.3.1-	Nitrogênio	32
4.3.2-	Potássio	33
4.3.3-	Concentração de húmus	34
5-	CONCLUSÕES	36
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
	ANEXOS	43

LISTA DE FIGURAS

	p.
Figura 1 – Vista de uma unidade experimental com esterco de curral curtido	22
Figura 2 – Vista de uma unidade experimental com composto de residuo de madeira	23
Figura 3 – Vista de uma unidade experimental com fitomassa triturada de capoeira.	23
Figura 4 – Vista de unidades experimentais em pleno processo de decomposição por minhoca vermelha da califórnia.	24
Figura 5 – Vista de minhocas vermelha da califórnia (<i>Eisenia foetida</i>), antes da colocação das mesmas nas unidades experimentais.....	25
Figura 6 – Concentrações de nitrogênio em função do tempo de decomposição dos substratos.	33
Figura 7 – Concentrações de potássio em função do tempo de decomposição dos substratos.	34
Figura 8 – Produção percentual de húmus em função do tempo de decomposição dos substratos.	35

LISTA DE TABELAS

	p.
Tabela 1 – Dados climáticos registrados em Belém em 1998	20
Tabela 2 – Comparação de médias entre substratos para as concentrações de N, P, K, Ca, Mg, Matéria Orgânica (MO), Carbono Orgânico (CO) em g kg ⁻¹ e relação C/N antes do processo de vermercompostagem (tempo zero dia).	28
Tabela 3 – Comparação de médias de teores de P, Ca, Mg, Matéria Orgânica (MO), Carbono Orgânico (CO) em g kg ⁻¹ e relação C/N encontrados nos substratos após decomposição por minhoca vermelha da califórnia (<i>Eisenia foetida</i>).	32

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo a caracterização química dos substratos orgânicos; esterco de curral curtido (ECC), composto de resíduo de madeira (CRM) e fitomassa triturada de capoeira (FTC). O experimento foi instalado em casa de vegetação pertencente ao Laboratório de Entomologia da Embrapa Amazônia Oriental, localizado no município de Belém. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com três repetições, testando três substratos como tratamentos arranjados de forma fatorial. Os tratamentos foram avaliados em três tempos: 45, 60 e 75 dias. Foram feitas análises para conhecimento da composição química dos substratos antes da decomposição (tempo 0 dia). Para sua instalação, foram utilizadas 27 caixas de madeira medindo cada uma 0,6 m de comprimento por 0,5 m de largura e 0,3 m de altura. Os substratos foram pesados e depois distribuídos nas 27 caixas, onde nove delas receberam o ECC, outras nove o CRM, e as nove restantes a FTC. Em cada uma dessas caixas foram inoculadas 300 minhocas vermelhas da califórnia. As coletas das amostras foram realizadas aos 45, 60 e 75 dias. O material humificado foi separado do restante do substrato utilizando-se peneira de malha metálica com 0,5 cm de diâmetro. Os teores de N, P, K, Ca e Mg foram determinados conforme os métodos descritos no Manual de Análise de Tecido Vegetal (Embrapa..., 1979); matéria orgânica e carbono orgânico foram analisados pelo método de Walkley & Black (1934). As análises feitas nos substratos antes da decomposição revelaram as maiores concentrações de N, P, K e Mg no ECC, enquanto que os maiores teores de cálcio foram encontrados no CRM. A relação C/N de 27,71 encontrada no ECC está dentro dos limites de C/N mais recomendadas para uma rápida e eficiente compostagem. A análise de variância feita após a decomposição dos substratos pelas minhocas mostrou que P, Ca, Mg, matéria orgânica, carbono orgânico e relação C/N não apresentaram interação significativa entre os substratos e os tempos de condução do experimento. No ECC encontraram-se as maiores concentrações de N, P, K e Mg, enquanto que no CRM foram observadas as maiores concentrações de cálcio. O ECC apresentou também os maiores teores de matéria orgânica, carbono orgânico e húmus, bem como a menor relação C/N. Os substratos ECC e CRM apresentaram uma eficiência maior na produção de húmus, porém o húmus produzido com ECC apresentou concentrações de nutrientes com valores mais altos que os obtidos no CRM. A FTC apresentou resistência à decomposição, pela minhoca produzindo húmus com baixas concentrações de nutrientes.

1- INTRODUÇÃO

Os resíduos animais e vegetais são fontes de matéria orgânica, que através da sua decomposição exercem influência sobre as propriedades do solo. A matéria orgânica, como fornecedora de nutrientes para as plantas, tem sido muito utilizada na agricultura, principalmente como uma alternativa de reduzir os gastos com fertilizantes químicos.

A matéria orgânica pode ser adicionada aos solos, mediante diversos processos. Um deles consiste na produção de composto orgânico (compostagem). Os resíduos orgânicos mais comumente utilizados na produção de adubos são os esterco animais, os restos culturais e os resíduos de agroindústria (Ricci, 1996). De maneira geral, todos os restos orgânicos, animais ou vegetais, encontrados na propriedade agrícola ou que possam ser adquiridos nas redondezas, podem ser utilizados no preparo do adubo orgânico, também denominado "composto" (Kiehl, 1980). Outro processo é através de húmus produzido pelas minhocas (vermecompostagem), utilizando-se composto ou esterco curtido puro ou misturado com outras matérias-primas.

O termo vermecompostagem é usado para o processo de transformação biológica de resíduos orgânicos, onde as minhocas atuam acelerando o processo de decomposição. No Brasil, a vermecompostagem é considerada ainda uma atividade incipiente e desconhecida do grande público (Ricci, 1996), sendo o produto, vermecomposto, conhecido popularmente por húmus de minhoca.

Na semântica popular, húmus é todo tipo de matéria orgânica contida no solo, independente do seu estado de agregação. Sob o ponto de vista pedológico, o húmus é um agregado de compostos orgânicos de composição definida, bastante uniformizado (Tibau, 1987). Quimicamente, o húmus pode ser considerado como sendo um material heterogêneo, contendo vários compostos sintetizados pelos organismos durante a fermentação biológica da matéria orgânica, complexos resultantes desta decomposição, além de tecidos vegetais mais resistentes ao ataque microbiano. O húmus é, portanto, um componente final da decomposição da matéria orgânica e essencial ao solo, uma vez que sua presença é uma característica que diferencia um solo de um simples depósito de rochas desagregadas (Kiehl, 1979).

O húmus, como fonte de nutrientes, constitui-se um excelente adubo que pode ser utilizado em hortas, pomares, viveiros fruticultura, paisagismo e na recuperação de áreas degradadas (Ricci, 1996). Contudo, o húmus não pode ser considerado apenas como uma fonte de nutrientes. Talvez tão ou mais importantes sejam as notáveis propriedades de natureza coloidal que apresenta, que são decorrentes de sua estrutura orgânica complexa aliada a uma fina subdivisão de partículas, conferindo ao solo condições favoráveis de arejamento e friabilidade (Raij, 1987).

A minhoca comum é, provavelmente, o macroanimal mais importante do solo, com mais de 200 espécies conhecidas (Brady, 1983). Existem dois tipos, que são os mais utilizados em cativeiros, a vermelha da califórnia (*Eisenia foetida*) é a que se adapta melhor, mais mansa, foge menos, produz húmus de boa qualidade em aproximadamente 45 a 60 dias, e a minhoca gigante africana (*Eudrilus eugeniae*) que é mais arisca, maior e mais usada para pesca.

Este trabalho teve como objetivo a caracterização química de húmus de minhoca vermelha da califórnia (*Eisenia foetida*) produzido com esterco de curral curtido, composto de resíduo de madeira e fitomassa triturada de capoeira.

2- REVISÃO DE LITERATURA

2.1- IMPORTÂNCIA DA MATÉRIA ORGÂNICA

A Amazônia brasileira é constituída por aproximadamente 280 milhões de hectares de florestas, com aproximadamente 200×10^9 toneladas de matéria orgânica vegetal e, desse total, mais de 50% encontra-se na parte aérea do ecossistema (Teixeira & Bastos, 1989).

Em estudos realizados por Salomão (1994), Nunez (1995), Kanashiro & Denich (1998) em capoeiras variando de sete a quatorze anos de pousio, foram registrados estoques de fitomassa de 43,9 t/ha a 94,5 t/ha. Teixeira & Oliveira (1999), estudando capoeira grossa com quatorze anos de pousio, encontraram estoque total de material orgânico de 194,3 t/ha, sendo 34,5% de fitomassa viva, 1,7% de liteira e 62,98 no solo.

Luizão & Luizão (1991), em seus estudos sobre liteira e biomassa do solo no ciclo da matéria orgânica e nutrientes em terra firme na Amazônia Central, comentam que em termos de disponibilidade de nutrientes para as plantas, os resíduos orgânicos da liteira e das raízes, os produtos de sua decomposição parcial e a biomassa microbiana do solo representam os componentes mais ativos da matéria orgânica e exercem um importante papel na ciclagem dos nutrientes.

Para Brady (1983), a matéria orgânica exerce sobre as propriedades físicas e químicas do solo uma influência muito significativa, apesar de sua pequena contribuição percentual na composição geral do solo. Corresponde pelo menos à metade da capacidade de troca de cátions do solo, sendo talvez responsável, mais do que qualquer outro fator isolado, pela estabilização dos agregados do solo. Também é fonte de energia para o crescimento dos microrganismos.

A matéria orgânica do solo foi importante em épocas passadas e na agricultura moderna assume importância ainda maior. A situação da matéria orgânica do solo torna-se crítica em alguns casos, principalmente pelo elevado índice de erosão que vem ocorrendo generalizadamente no Brasil, com grande remoção da camada de solo que contém maior teor de matéria orgânica (De-Polli et al., 1988).

Toledo (1982) comenta que embora a importância da matéria orgânica tenha sido enfatizada como fonte de nutrientes, esta participa de processos fisiológicos e bioquímicos relacionados com a respiração e o metabolismo das plantas, também participa de importantes processos geoquímicos, bioquímicos, tecnológicos e fisiológicos.

O emprego de matéria orgânica na forma de adubos verdes surge como uma alternativa viável, capaz de proporcionar melhorias nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, podendo trazer efeitos benéficos às culturas subsequentes, com sensível economia de fertilizantes industrializados, defensivos agrícolas e ganhos de produtividade (Choudhury et al., 1991).

De acordo com Trani (1981), o uso de materiais orgânicos, como restos de cultura, resíduos industriais e esterco, vem despertando cada vez mais o interesse dos agricultores e técnicos. Isso porque esses materiais são muito importantes para o aumento da fertilidade do solo. Os nutrientes encontrados no esterco de animais, dentre outros, são nitrogênio, fósforo e potássio. Conforme a espécie animal, varia a percentagem desses nutrientes.

Lopes (1998), estudando o uso do feijão-de-porco como adubação verde e cobertura de solo, relata que o uso dessa leguminosa reduz as perdas de solo, água e nutrientes por erosão, bem como o número de capinas ou roçadas mecanizadas, além de promover maior reciclagem de matéria orgânica e de nutrientes no solo. Por outro lado, o maior efeito agrônomo do manejo de solos com leguminosas deve ser considerado em relação ao aporte de matéria orgânica no solo, produzido pela sua biomassa, incorporada ou aplicada como cobertura morta, possibilitando vantagens sob os aspectos químico, físico e biológico do solo.

Os efeitos da matéria orgânica, após a decomposição e transformação em húmus, melhoram as características físicas, físico-químicas e biológicas dos solos cultivados e, com isso, aumentam a eficiência dos fertilizantes minerais. Desse modo, culturas plantadas em solo adubado com compostos orgânicos normalmente tendem a produzir plantas com nutrição mais balanceada e melhor desenvolvimento, se comparadas àquelas que foram adubadas somente com fertilizantes minerais (Oliveira & Dantas, 1995).

2.1.1- Matéria orgânica e a química do solo

De acordo com Kiehl (1985), quimicamente, a matéria orgânica além de ser fonte de nutrientes essenciais às plantas, tais como N, P, S e micronutrientes, atua indiretamente na disponibilidade dos

mesmos, devido à elevação do pH do solo; aumenta a capacidade de troca dos cátions e diminui o efeito nocivo do alumínio trocável.

Segundo Brady (1983), a matéria orgânica do solo tem elevada capacidade de adsorção de cátions e funciona como suprimento e assimilabilidade de nutrientes. Costa (1983) cita que a matéria orgânica exerce influência direta e ou indireta nos atributos do solo, aumentando a capacidade de troca de cátions e a soma de bases pela sua mineralização e posterior liberação de cátions e ânions trocáveis e adsorvidos pelos colóides do solo. A matéria orgânica tem a capacidade de formar quelatos com nutrientes da planta, contribuindo deste modo para a regularização da sua disponibilidade no solo (Malavolta, 1976).

Melo (1996) destaca que em função de seu estado coloidal, com elevada superfície específica, a matéria orgânica apresenta elevada capacidade de troca catiônica com valores de 150-300 e.mg/100g, bem acima dos 5-15 e. mg/100 g da caulinita e dos 100-150 e.mg/100g da montmorilonita.

Para Raij (1987), a matéria orgânica incorpora ao solo dois elementos químicos essenciais, que não existem no material de origem: carbono e nitrogênio, sendo o nitrogênio o mais importante do ponto de vista quantitativo. Este fato já justifica a importância da matéria orgânica como fonte de nitrogênio para o solo.

Segundo Oliveira et al. (1984), a matéria orgânica, ao ser aplicada ao solo forma complexos orgânicos estáveis, interferindo nos processos de acidificação, provocada pela lavagem das bases essenciais à planta. Deste modo, retém os componentes dos adubos e dos calcários, que ficam à disposição das plantas, ao mesmo tempo em que evita o carregamento e a perda dos nutrientes pelas águas da chuva e das irrigações.

Diversos constituintes da matéria orgânica do solo complexam íons metálicos como ferro, zinco, manganês e cobre, protegendo-os contra a insolubilização e favorecendo, portanto, sua disponibilidade às plantas. Os diversos ácidos orgânicos fracos, componentes da matéria orgânica do solo, na presença de seus sais, constituem sistemas de tampão, que dão certa resistência às variações do pH (Passos et al., 1981).

2.1.2- Matéria orgânica e a física do solo

A matéria orgânica atua na agregação de partículas, conferindo ao solo condições favoráveis de arejamento e friabilidade. Além disso, aumenta a retenção de água no solo (Raij, 1987).

Segundo Brady (1983), a matéria orgânica funciona como granulador das partículas minerais, sendo assim a principal responsável pelo aspecto frouxo e pelo fácil manuseio dos solos. O autor cita também, que a matéria orgânica aumenta o volume de água que um solo pode absorver e a proporção desta água assimilável para o crescimento vegetal. Oliveira (1984) cita que a matéria orgânica, inicialmente, ao sofrer decomposição, produz substâncias húmicas, que aderem às partículas menores, formando partículas maiores. Esse processo favorece as condições de arejamento e circulação de água, proporcionando à planta melhor desenvolvimento das raízes.

Segundo Passos et al. (1981), a fração orgânica do solo apresenta elevada capacidade de retenção de umidade. Em presença de água, as partículas orgânicas se expandem para depois, devido ao secamento, se contraírem. Essas expansões e contrações consecutivas vão determinar o desenvolvimento de uma certa estrutura, propriedade de grande importância no condicionamento da relação água/ar do solo.

Como modificadora da estrutura do solo, a matéria orgânica favorece sua aeração e aumenta a retenção de água. Assim, a densidade do solo diminui, favorecendo a exploração de maior volume de poros pelas raízes da planta (Costa, 1983).

Segundo Lenthe (1986), em superfícies não cobertas, a chuva, através da sua energia cinética, pode quebrar os agregados do solo e estes podem então, ser dissolvidos pela água que penetra nas suas cavidades. A matéria orgânica através de suas ligações complexas é capaz de exercer um efeito para a conservação da estabilidade dos agregados do solo.

Oliveira et al. (1986), estudando os resultados técnicos e econômicos da aplicação de biofertilizantes de esterco bovinos nas culturas de feijão, arroz e trigo constataram que a matéria orgânica desempenha papel importante na manutenção, infiltração e circulação da água no solo. Além disso, a sua presença na superfície do solo exerce um efeito de proteção, diminuindo a evaporação.

A matéria orgânica, principalmente em solos com elevado teor de argila, contribui para atenuar a plasticidade e a pegajosidade, propriedades que causam problemas na execução de trabalhos mecânicos no

solo, dificultam a germinação de sementes e o desenvolvimento inicial das plântulas (Melo, 1996). Para Brady (1983), o húmus, produto final da decomposição da matéria orgânica reduz a plasticidade e baixa a coesão. A manutenção deste componente em solos de textura fina auxilia a minorar características estruturais desfavoráveis provocadas por grandes quantidades de argila. Isto é devido, em grande parte, à granulação que é notavelmente favorecida.

2.1.3- Matéria orgânica e a biologia do solo

A matéria orgânica é responsável pela manutenção da vida no solo. Os organismos vivos (minhocas, bactérias, fungos, formigas, cupins, plantas, etc) têm na matéria orgânica uma das principais fontes de energia e de nutrientes necessários para a sua manutenção (Sampaio et al., 1988).

Brady (1983) relata que os animais são considerados como fontes secundárias de matéria orgânica. À medida que atacam os tecidos originais das plantas, contribuem com produtos residuais e deixam seus próprios corpos, quando se consumam os seus desenvolvimentos cíclicos. Certos animais como minhocas, centopéias e formigas desempenham papel importante na mudança de localização dos tecidos vegetais no solo.

Na fração orgânica do solo, estão ainda, raízes, macro e microflora, macro, meso e microfauna, que modificam suas propriedades físicas e químicas e constituem sua matéria viva. Ao morrerem, vão servir de substrato para outros seres vivos, sendo que os resíduos de sua decomposição passam a contribuir para a matéria orgânica do solo (Melo, 1996).

Segundo Borges (1993), o processo de humificação tem continuidade quando a matéria orgânica fresca é subdividida mecanicamente ou é enterrada nos horizontes minerais pela ação da fauna do solo, ao passo que é rapidamente convertida pelos microrganismos em compostos precursores húmicos.

Miyasaka & Okamoto (1992) relatam que os microrganismos atuam na mineralização dos compostos orgânicos do solo, liberando o potássio, nas formas solúveis ou trocáveis, podendo, assim, ser aproveitado pelas plantas. Também mediante a ação dos microrganismos, os compostos orgânicos do fósforo no solo são mineralizados, isto é, são transformados em compostos inorgânicos (Brady, 1983).

Os microrganismos exercem um papel fundamental na transformação do material orgânico no solo e na formação das substâncias húmicas. A maior parte do material orgânico quando adicionado ao solo

será rapidamente decomposta sob condições aeróbicas, com a conversão de larga parte do carbono adicionado em CO_2 . O restante do carbono é incorporado ao tecido dos microrganismos ou torna-se um componente do material húmico do solo (De-Polli et al., 1988).

A adição de matéria orgânica ao solo por vários anos possibilitará um ambiente propício ao aumento no número de microrganismos úteis, o que melhorará o equilíbrio de modo a diminuir a ação desfavorável de organismos nocivos às plantas (Passos et al. 1981).

2.2- AS MINHOCAS E SUAS RELAÇÕES COM OS SOLOS

A presença de minhocas nos solos agrícolas é uma indicação da sua fertilidade, sinônimo de solos vivos. Elas reestruturam o solo, promovendo o equilíbrio ideal entre macro e microporos, possibilitando deste modo, o fornecimento balanceado de ar e água às raízes. A minhoca ingere, digere e enriquece o material orgânico morto, úmido e em princípio de decomposição, juntamente com partículas minerais do solo (areia, silte e argila) e excretando-o, sob a forma de uma bolotinha chamada "cropólito", que fertiliza a terra e faz crescer e fortalecer as plantações (Fernandes et al., 1986).

Segundo Gardiano (1994), as minhocas melhoram a estrutura, a composição e a textura dos solos, tornando-os mais porosos, leves e arejados. São consideradas verdadeiras usinas de transformação de detritos orgânicos em húmus que além de regenerador do solo, é um excelente adubo orgânico; aumentam a macro e micro estrutura necessária para os vegetais e revolvem, arejam e corrigem o pH do solo e melhoram a irrigação.

Dadalto & Costa (1990), estudando a relação entre características químicas de excreções de minhocaçu (*Grossoscolex* spp.) e duas classes de solo, Podzólico Vermelho Amarelo eutrófico e Cambissolo Eutrófico Latossólico, concluíram que as excreções de minhocaçu contêm maiores teores de nutrientes "disponíveis" para as plantas que o próprio solo; o fósforo "disponível" foi o parâmetro que sofreu maior elevação nas excreções e o pH das excreções tende à neutralidade, independente do pH do solo.

A textura do solo não é limitante para a vida das minhocas, mas a maioria das espécies prefere solos de textura média, situados entre as classes de solos limo-areno-barrento e barrentos. Por outro lado as minhocas admitem ampla variação do pH do ambiente, mas a maioria das espécies situa-se na faixa

entre 5,0-7,0. Entretanto, a temperatura do solo é um dos fatores que mais influi sobre a atividade, respiração, metabolismo, crescimento e reprodução das minhocas (Righi, 1990).

Segundo Schurter & Trindade (1994), ao ingerirem grandes quantidades de terra, as minhocas retiram dela os seus alimentos e eliminam o restante como fezes, ricas em nitrogênio, cálcio, fósforo, potássio e magnésio. Além disso, as minhocas cavam o solo como verdadeiros arados afofando e arejando-o. Estes canais, construídos pelas minhocas permitem melhor infiltração da água, crescimento e maior penetração das raízes no subsolo.

2.3- CONSIDERAÇÕES SOBRE SUBSTRATOS ORGÂNICOS UTILIZADOS PELAS MINHOCAS

De acordo com Righi (1990), as minhocas alimentam-se principalmente de detritos orgânicos, especialmente vegetais, em vários estádios de decomposição sobre ou no interior do solo. O mesmo acontece em restos vegetais aleirados na periferia de áreas cultivadas e com excrementos de animais, principalmente de herbívoros. De modo geral, as minhocas não têm possibilidade de atacar restos orgânicos duros, não putrefados. Elas preferem um preliminar amolecimento microbiano. Também preferem partes determinadas dos restos vegetais, assim ingerem a epiderme e o parênquima em detrimento das veias das folhas.

Souza (1989) cita que os esterco mais ricos em nutrientes são os de aves, enquanto que os de bovinos são os mais pobres, com concentrações médias, respectivamente, de 1,50% e 0,55% de nitrogênio, de 1,00% e 0,23% de fósforo e de 0,40% e 0,60% de potássio, em esterco frescos.

A composição do esterco de curral maduro ou curtido é variável, dependendo do seu teor em água, do sistema de conservação e da riqueza relativa do esterco fresco, tendo como dados básicos a composição a seguir: Água 75%, matéria orgânica 20%, cinzas 4,5% Nitrogênio 0,4% a 0,5%, fósforo 0,2% a 0,3% e potássio 0,4% a 0,6% (Malavolta, 1976).

As minhocas preferem como alimento, qualquer tipo de esterco. Eventualmente, as minhocas podem ser alimentadas com restos orgânicos de cozinha, como verduras, casca de ovos, pó de café usado, casca de frutas e todo produto biodegradável (Fernandes, 1986).

O húmus de minhoca, em relação ao mesmo volume de composto diretamente incorporado ao solo, garantirá maior e mais pronta disponibilidade de nutrientes para as plantas e maior eficiência no

melhoramento físico do solo. O húmus de minhoca contém maior volume de nutrientes, vitaminas e microrganismos benéficos, que melhoram o estado nutricional das plantas, aumentando-lhes a resistência contra pragas e doenças e proporcionando melhores resultados em termos de produtividade. Resultados analíticos de amostras de húmus, tendo como fonte produtora o esterco de curral curtido, apresenta a seguinte composição: 7,8 de pH; 69,8 mmol/dm³ de cálcio; 69,8 mmol/dm³ de magnésio; 5.840 mg/kg de potássio; 147 mg/kg de fósforo e 30% de matéria orgânica (Cultura, 2000).

Aquino et al. (1994), estudando a reprodução de minhocas em esterco de bovino e de bagaço de cana-de-açúcar picado verificaram que, dentre as misturas de esterco e bagaço de cana nas proporções 1:3, 1:1 e 3:1, ocorreu a mais elevada taxa de multiplicação nas proporções de 1:1 e 3:1 com cerca de 150 minhocas. Estes resultados sugerem que o esterco e o bagaço nestas proporções tenham favorecido o desenvolvimento de microrganismos, possivelmente celulolíticos, e conseqüentemente tenham tornado o bagaço uma fonte alimentar mais acessível às minhocas, proporcionando maior atividade reprodutiva.

Aquino & Assis (1997) verificaram que a mistura contendo 50% de esterco, 25% de bagaço de cana-de-açúcar e 25% de leucena produziu um vermicomposto com 2% de nitrogênio; ou seja, a adição de leucena pode aumentar em 30% o teor de nitrogênio do vermicomposto.

As minhocas atuam triturando os resíduos orgânicos, liberando um muco que facilita o trabalho dos microrganismos decompositores, acelerando o processo de humificação e promovendo o desenvolvimento de uma grande população de microrganismos, que torna o vermicomposto de melhor qualidade quando comparado ao composto tradicional (Ricci, 1996).

Vários trabalhos na literatura (Galvão, 1990; Cultura, 2000; Minhocultura, 2000) citam que no período de 50 a 60 dias as minhocas transformam em húmus 90% do substrato (esterco de curral curtido).

O húmus produzido pela minhoca vermelha da califórnia (*Eisenia foetida*) apresenta 70% de nutrientes a mais do que os convencionais, e que o mesmo é rico em bactérias aeróbicas, azobactérias, fungos actinomicetos e muitos outros microrganismos e enzimas (Galvão, 1990), apresentando a composição a seguir: matéria orgânica 30% a 50%, Nitrogênio 1,5% a 3,0%; fósforo 2,5% a 5,0%; potássio 0,6% a 1,5%; carbono orgânico 20% a 28%; e umidade 50%.

3- MATERIAL E MÉTODOS

3.1. DESCRIÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi instalado em casa de vegetação pertencente ao Laboratório de Entomologia na sede da Embrapa Amazônia Oriental, localizada no município de Belém. A área física da sede da Embrapa compreende um polígono irregular de 2.706,48 ha limitado pelas coordenadas 01° 24' 59" e 01° 27' 40" de latitude sul, e 48° 20' 55" e 48° 26' 59" de longitude oeste de Greenwich (Watrin et al., 1998).

Na Tabela 1 são mostrados os dados climáticos registrados na Estação Agrometeorológica de Belém, sede da Embrapa Amazônia Oriental, em 1998.

TABELA 1. Dados climáticos registrados em Belém em 1998.

Mês	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Temperatura média (°C)	Umidade relativa (%)	Precipitação pluviométrica (mm)	Brilho solar (h)
Janeiro	31,7	23,2	26,3	88	435,2	122,0
Fevereiro	32,7	23,6	26,5	86	343,6	169,1
Março	31,8	24,2	26,6	89	368,6	111,8
Abril	33,1	23,7	27,0	88	497,0	187,5
Mai	32,9	23,6	26,8	84	185,6	216,7
Junho	32,2	22,9	26,5	83	186,7	236,0
Julho	32,0	22,6	26,3	84	111,8	230,3
Agosto	32,3	22,5	26,7	82	133,6	264,2
Setembro	32,4	22,4	26,8	83	106,4	245,9
Outubro	32,9	22,3	27,1	82	85,2	251,0
Novembro	32,4	22,7	27,0	83	183,3	192,6
Dezembro	32,2	22,2	26,7	85	272,4	191,3
Ano	32,4	23,0	26,7	85	2909,4	2418,4

3.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com três repetições, testando três substratos como tratamentos arranjados de forma fatorial (3x3). Os tratamentos foram avaliados em três tempos: 45, 60 e 75 dias de condução do experimento. Para efeito de identificação da composição química dos substratos, foram tomadas amostras para análises antes de submetê-los à decomposição por minhocas vermelha da califórnia (tempo zero dia).

3.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foi utilizado o método de mínimos quadrados para a realização das análises de variância, sendo usado o teste de "F" para a verificação da significância dos fatores estudados. Para a comparação de médias dos substratos foi usado o teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Para execução das análises estatísticas foi utilizado o software NTIA, versão 4.2.1, de outubro de 1995, desenvolvido pela Embrapa em Campinas, SP.

3.4. INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi realizado em casa de vegetação coberta com lona de plástico de cor preta, para proteção contra o sol, entre o final do mês de maio à primeira quinzena de agosto de 1998. Para sua instalação, foram confeccionadas 27 caixas de madeira, medindo cada uma 0,6 m de comprimento por 0,5 m de largura e 0,3 m de altura, utilizadas como unidades experimentais.

Os substratos usados foram: 1) esterco de curral curtido (**ECC**); 2) composto de resíduo de madeira (**CRM**); e 3) fitomassa triturada de capoeira (**FTC**).

Esterco de curral curtido: foi obtido junto à Fazenda Experimental da Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, no município de Igarapé-Açu. O esterco de bovinos foi coletado no estábulo e curtido em esterqueira coberta (Figura 1)

Composto de resíduo de madeira: o composto foi fornecido pela empresa EIDAI do Brasil S.A, no distrito de Icoaraci. O composto foi produzido com subprodutos da indústria madeireira, composto por cascas de diferentes espécies vegetais lenhosas, deixadas em pátios de estocagem de resíduos, a céu aberto,

sofrendo processo de compostagem natural (decomposição) por aproximadamente cinco anos. O composto apresentava-se, com uma grande parte, com materiais sem sofrer decomposição, apresentando aspecto do material original (Figura 2)

Fitomassa triturada de capoeira: o material foi obtido em áreas de cultivos agrícolas do Projeto SHIFT- Capoeira, na comunidade de Cumaru, no município de Igarapé-Açu, onde se utiliza este tipo de material como cobertura morta. A capoeira foi cortada com sete anos de pousio, a fitomassa foi triturada e colocada em parcelas experimentais, como cobertura morta do solo. Nessas parcelas foi plantado milho e, após a colheita do mesmo, seis meses da colocação do material nas parcelas, foi coletada fitomassa remanescente, em camada aproximada de 7 cm, com a ausência quase total de folhas originais da fitomassa da capoeira (Figura 3)



Figura 1. Vista de uma unidade experimental com esterco de curral curtido

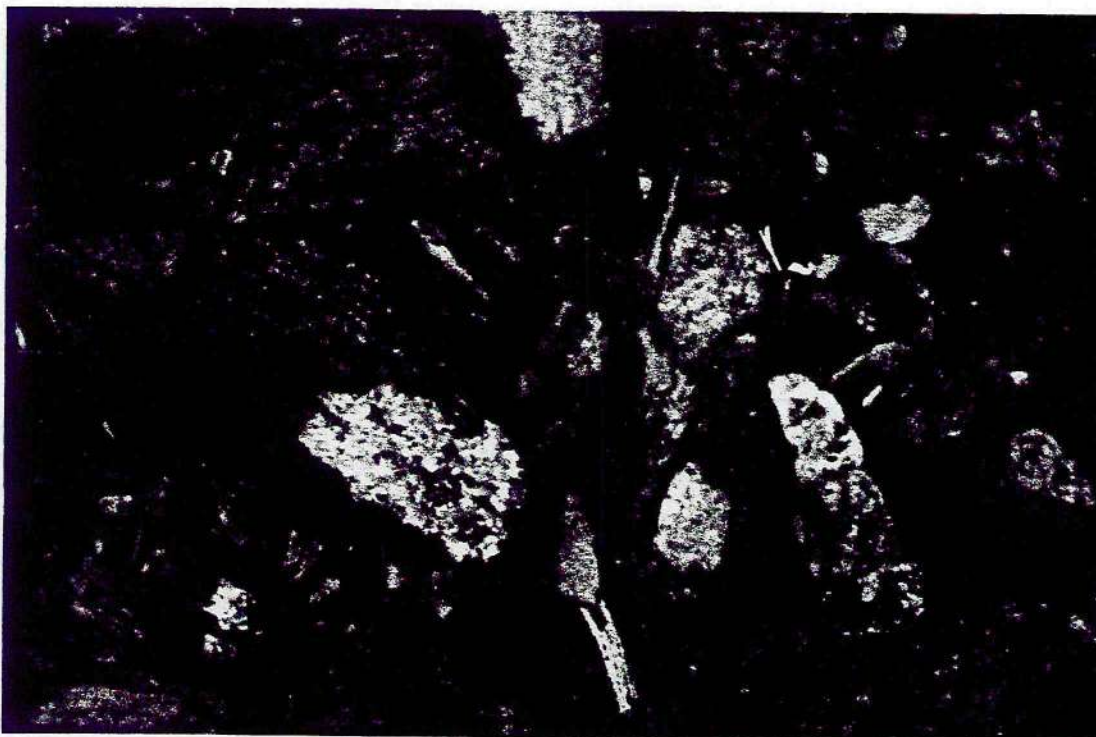


Figura 2. Vista de uma unidade experimental com composto de resíduo de madeira

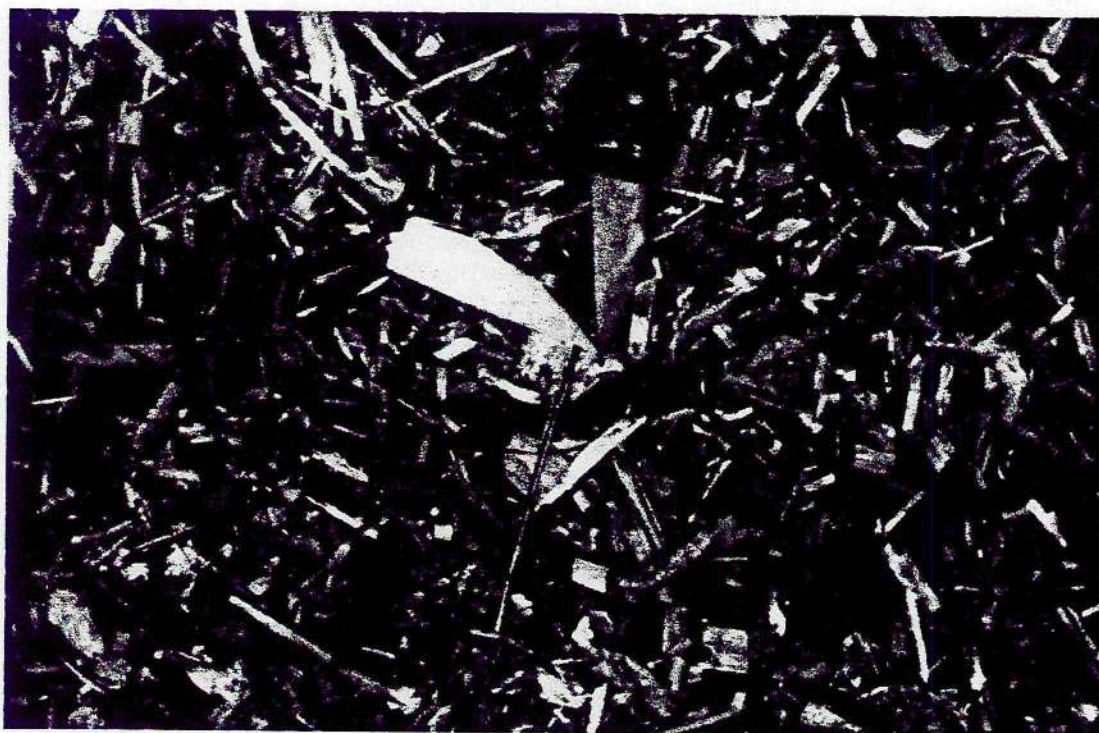


Figura 3. Vista de uma unidade experimental com fitomassa triturada de capoeira

Os substratos foram distribuídos nas unidades experimentais (caixas), onde nove delas receberam o esterco de curral curtido, outras nove, o composto de resíduos de madeiras, e as nove restantes a fitomassa triturada de capoeira, conforme ilustrado na Figura 4.

Em cada unidade experimental foram inoculadas 300 minhocas vermelha da califórnia (*Eisenia foetida*), contadas e selecionadas manualmente, correspondendo a 1.000 minhocas/m² (Figura 5). Foi também distribuída uma tela fina de náilon e uma camada de cinco centímetros de capim seco sobre os substratos, de modo a proteger os invertebrados contra a ação de predadores, conservar a umidade e amenizar a temperatura.

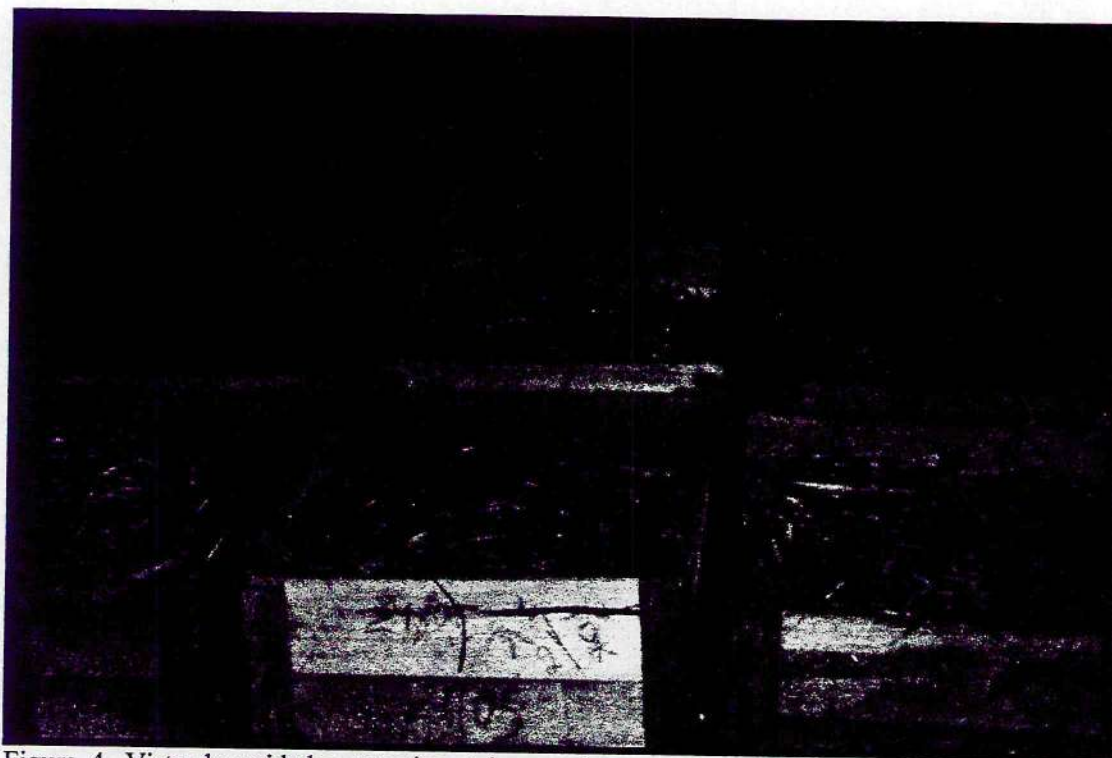


Figura 4. Vista de unidades experimentais em pleno processo de decomposição por minhoca vermelha da califórnia



Figura 5 – Vista de minhoca vermelha da califórnia (*Eisenia foetida*), antes da colocação das mesmas nas unidades experimentais.

A umidade dos substratos, nas unidades experimentais, foi mantida em cerca de 75%. Segundo Minhocultura (2000), o substrato deve apresentar umidade entre 70 a 80%, como condições bióticas ideais, para que as minhocas expressem todo o seu potencial produtivo.

Após a distribuição dos substratos nas unidades experimentais, foram retiradas amostras representativas de cada tratamento, para a caracterização química, de modo a se obter os teores de bioelementos dos materiais usados como substratos, no tempo zero, ou seja, antes do processo de vermicompostagem. As amostras foram submetidas à secagem em estufa com temperatura de 65°C por 72 h até peso constante e pesadas e encaminhadas ao Laboratório de Solos da Embrapa Amazônia Oriental para realização das análises.

3.5. PRODUÇÃO DE HÚMUS DE MINHOCA E COLETA DE AMOSTRAS

As produções de húmus de minhoca vermelha da califórnia foram avaliadas aos 45, 60 e 75 dias após a instalação do experimento. No primeiro período, aos 45 dias, foi coletado todo o material em processo de humificação produzido com os três substratos nas nove unidades experimentais

correspondentes. Igual procedimento foi adotado para as unidades experimentais avaliadas aos 60 e 75 dias.

O húmus em cada tratamento foi separado do restante do substrato, utilizando-se peneira de malha metálica com 0,5cm de diâmetro. O peneiramento ocorreu de modo que a parte mais grosseira ficava retida na peneira enquanto que o húmus, por ser de menor granulometria, caía sobre uma lona de plástico. O húmus foi separado do substrato remanescente, de cima para baixo, até ser identificado o material original.

Nos períodos experimentais, aos 45, 60 e 75 dias, foram retiradas amostras representativas de húmus produzido com minhoca vermelha da califórnia, de cada unidade experimental. As amostras foram acondicionadas em sacos de papel, em seguida pesadas em balança de precisão para depois submetê-las à secagem em estufa com temperatura de 65°C por 72 h até peso constante. Após a secagem, foram novamente pesadas. Moídas, as amostras foram passadas em peneira de malha com 1mm de diâmetro para depois serem conduzidas ao Laboratório de Solos da Embrapa Amazônia Oriental para as análises.

3.6- CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA

As análises dos substratos e do húmus de minhoca vermelha da califórnia, nos três tratamentos, para a determinação de N, P, K, Ca e Mg foram feitas no Laboratório de Solos e Plantas da Embrapa Amazônia Oriental. A descrição detalhada dos métodos utilizados nas análises está contida no Manual de Métodos de Análises de Solos (Embrapa..., 1979).

O carbono orgânico dos substratos e do húmus produzido por estes foi determinado pelo método de Walkley & Black (1934), o qual foi multiplicado por 1,724 para se obter o teor de matéria orgânica. O cálculo da concentração de húmus, nos três tratamentos, foi feito com base na matéria seca.

4- RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. COMPORTAMENTO DOS PARÂMETROS ESTUDADOS ANTES DA DECOMPOSIÇÃO POR MINHOCAS VERMELHAS DA CALIFÓRNIA (TEMPO ZERO DIA)

4.1.1- Análise de variância

Os quadrados médios e teste "F", para dados de teores de N, P, K, Ca e Mg, matéria orgânica (MO), carbono orgânico (CO) e relação C/N para os substratos no tempo zero dia, são mostrados na Tabela 1, de anexos. O comportamento dos parâmetros estudados é descrito no comentário a seguir:

Os teores de matéria orgânica e carbono orgânico não foram significativos, enquanto que N, P, K, Ca, Mg e relação C/N foram significantes, a 1% de probabilidade.

4.1.2- Caracterização química dos substratos

O ECC foi o substrato com os maiores teores de nutrientes, com exceção do cálcio. Estes maiores teores de nutrientes no ECC podem ser explicados pelo fato deste material possuir uma composição bastante variada, sendo influenciada por fatores tais como, materiais utilizados como cama nos currais, a própria urina que se mistura ao esterco e, principalmente, a alimentação que é fornecida aos animais. Segundo Kiehl (1985), animais que recebem ração geralmente produzem esterco mais rico. Os nutrientes no ECC foram próximos aos encontrados por Kiehl (1985), para o mesmo tipo de substrato, em que N, P, K, Ca e Mg apresentaram as seguintes concentrações, respectivamente, 17,60; 3,10; 21,40; 12,60 e 6,10 g kg⁻¹.

Os teores médios de N, P, K, Mg e relação C/N não apresentaram diferença entre si nos substratos CRM e FTC. Por outro lado, o CRM foi, entre os materiais estudados, aquele que apresentou concentração mais elevada de cálcio, com 39,92 g kg⁻¹. A concentração de Ca no composto de resíduos de madeira está bem acima do valor encontrado por Stappe & Balloni (1998), em cascas de eucalipto cuja análise revelou teor de cálcio igual a 23,20 g.kg⁻¹. O CRM é um subproduto da indústria madeireira composto por cascas de diferentes espécies vegetais lenhosas. Segundo Malavolta (1976), a maior proporção do cálcio na planta está em formas insolúveis em água como pectato de cálcio da lamela média da parede celular.

Devido à variedade das características de cada material empregado no composto orgânico, a qualidade final do produto pode variar. Os materiais orgânicos com relação C/N menor decompõem-se mais rapidamente do que aqueles onde essa relação é maior (Deon & Souza, 1989). Para Kiehl (1985), a relação C/N mais recomendada para uma rápida e eficiente compostagem está no limite de 26 a 35. Dos substratos usados nesta pesquisa, apenas o esterco de curral curtido (ECC) encontrava-se nesse limite, com relação C/N de 26,71. Foram registradas relações C/N de 69,80 no CRM e 66,93 no FTC (Tabela 2).

Na Tabela 2 são apresentadas as concentrações médias de N, P, K, Ca e Mg, matéria orgânica, carbono orgânico e relação C/N encontradas nos substratos antes do processo de vermicompostagem (tempo zero dia)

TABELA 2. Comparação de médias entre substratos para as concentrações de N, P, K, Ca, Mg, Matéria Orgânica (MO) e Carbono Orgânico (CO) em g kg⁻¹ e relação C/N antes do processo de vermicompostagem (tempo zero dia).

Substratos	N	P	K	Ca	Mg	MO	CO	C/N
ECC	17,27 a	4,57 a	26,70 a	13,06 b	8,89 a	781,67 a	453,41 a	26,71 b
CRM	6,71 b	0,44 b	0,78 b	39,92 a	1,86 b	795,20 a	461,27 a	69,80 a
FTC	6,98 b	0,32 b	1,70 b	9,41 c	1,32 b	798,58 a	463,21 a	66,93 a

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si para cada variável, de acordo com o teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

4.2- COMPORTAMENTO DOS PARÂMETROS ESTUDADOS APÓS DECOMPOSIÇÃO POR MINHOCA VERMELHA DA CALIFÓRNIA

4.2.1- Análise de variância

Os quadrados médios e teste "F", para dados de concentração de húmus, teores de N, P, K, Ca e Mg, matéria orgânica (MO), carbono orgânico (CO) e relação C/N após decomposição por minhocas são mostrados na Tabela 2, de anexos. O comportamento dos parâmetros estudados é descrito nos comentários a seguir:

a) Nos substratos: concentração de húmus, teores de N, P, K, Ca e relação C/N foram significativos a 1% de probabilidade, enquanto que Mg, MO e CO foram significativos a 5% de probabilidade.

b) Nos tempos (45, 60 e 75 dias): concentração de húmus, P e K foram significativos a 1% e N a 5% de probabilidade. Ca, Mg, MO, CO e relação C/N não foram significativos.

c) Para a interação substrato x tempo: concentração de húmus e N foram significativos a 5% e K a 1% de probabilidade. Os teores P, Ca, Mg, MO, CO e relação C/N não foram significativos.

Como visto nos comentários da Tabela 3, de anexos, P, Ca, Mg, MO, CO e relação C/N não apresentaram interação significativa entre os substratos estudados e os tempos de condução do experimento, ou seja, suas concentrações nos substratos foram independentes do tempo de exposição ao ataque pelas minhocas, isto sugere que para os valores de P, Ca, Mg, MO, CO e relação C/N encontrados nas condições deste experimento, o tempo de decomposição dos materiais deveria se estender por um período superior aos 75 dias em que o experimento foi conduzido.

4.2.2- Caracterização química dos substratos

4.2.2.1- Fósforo

O ECC apresentou as maiores concentrações de fósforo com teor médio de $5,89 \text{ g kg}^{-1}$ contra $2,17$ e $1,29 \text{ g kg}^{-1}$ do CRM e da FTC. A literatura cita, entre eles, Kiehl (1985), que a maior parte do fósforo orgânico está contido na fitina e seus derivados (cerca de 26 a 35% na fitina e 11 a 14% em outros derivados). Outras substâncias orgânicas que contêm fósforo são as nucleoproteínas, compostos de ácidos nucléicos (polinucleotídeos) com proteínas, encontradas tanto em tecidos animais como vegetais. Segundo Malavolta (1976), microrganismos como *Aspergillus*, *Penicillium* e *Rhizopus* produzem a fitase, enzima que libera o fósforo da fitina mineralizando-o. Os ácidos nucléicos são muito menos resistentes que a fitina ao ataque microbiano, sendo rapidamente desfosforilados.

4.2.2.2- Cálcio

O cálcio teve sua maior concentração no CRM com valor médio de $38,00 \text{ g kg}^{-1}$, seguido do ECC com $21,57 \text{ g kg}^{-1}$ e da FTC com $7,27 \text{ g kg}^{-1}$. Dentre os diversos tipos de interações possíveis que a matéria orgânica decomposta, também chamada de húmus ou colóide orgânico, pode fazer no ambiente, destaca-se a adsorção de íons metálicos (Toledo, 1982). O cálcio é adsorvido eletrostaticamente pelo colóide orgânico do solo retendo-o em uma forma trocável, disponível às plantas. A capacidade do húmus em adsorver esse nutriente é de cerca de 30 vezes maior do que a capacidade de troca da caulinita, mineral de argila que predomina nos solos brasileiros (Kiehl, 1985).

4.2.2.3- Magnésio

Semelhante ao fósforo, o magnésio apresentou maiores teores no ECC: Este nutriente teve concentração média de $11,81 \text{ g kg}^{-1}$ no ECC contra $3,71$ e $1,64 \text{ g kg}^{-1}$ do CRM e da FTC. Porém seu comportamento na micela coloidal húmica se assemelha ao do cálcio, fazendo parte do complexo de troca entre esta e a solução do solo. O magnésio, juntamente com outros cátions, forma um “enxame” de íons em volta da micela coloidal húmica (Brady, 1983). Malavolta (1976) relata que uma proporção relativamente grande do magnésio dos restos vegetais incorporados, que darão origem ao húmus, está presente na clorofila.

4.2.2.4- Matéria orgânica e carbono orgânico

O ECC, o CRM e a FTC apresentaram teores médios de matéria orgânica próximos entre si, todavia, esses valores no ECC com $615,83 \text{ g kg}^{-1}$ e no CRM com $636,18 \text{ g kg}^{-1}$ não diferiram entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Por outro lado, a concentração de matéria orgânica de $588,79 \text{ g kg}^{-1}$ na FTC não diferiu da encontrada no ECC pelo mesmo teste de comparação de médias. O carbono orgânico apresentou-se semelhante à matéria orgânica na comparação dos valores médios pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. As médias de concentração de carbono orgânico foram de $357,22 \text{ g kg}^{-1}$ no ECC, $369,00 \text{ g kg}^{-1}$ no CRM e $341,53 \text{ g kg}^{-1}$ na FTC.

O teor de carbono do húmus está relacionado com o existente nos tecidos vegetais, animais e microbianos que contribuem para a sua formação. O teor médio do elemento no húmus é de 520 g kg^{-1} (Kiehl, 1985). A fonte de carbono orgânico no solo é, pois, a matéria orgânica, portanto as reservas do elemento no solo dependem da matéria orgânica a ele incorporada. Para Marchiori Júnior & Melo (1999), o teor de carbono orgânico no solo foi afetado de modo significativo pelo tipo de uso e pela profundidade de amostragem (0-10, 10-20 e 20-30 cm), no entanto apenas para a profundidade de 0-10 cm houve diferença significativa entre os usos do solo, sendo os valores mais elevados observados em mata natural e os menores, em plantio de algodoeiro com dez anos. Gonçalves & Ceretta (1999), estudando o efeito de sucessões de culturas sobre a dinâmica do carbono, encontraram que a quantidade de carbono orgânico acumulado no solo dependeu fundamentalmente da quantidade de massa seca produzida pelos sistemas de cultura.

4.2.2.5- Relação C/N

A relação carbono-nitrogênio é um índice de grande importância na avaliação do grau de decomposição dos resíduos orgânicos. Assim, relações C/N altas indicam materiais de difícil decomposição, enquanto que valores de C/N baixos, contrariamente, revelam materiais de decomposição mais fácil. Os valores de C/N 17,51 encontrados no ECC, 31,51 do CRM e 58,89 da FTC, revelaram que o ECC, entre os materiais estudados, é aquele que sofreu mais intensamente a ação decompositora das minhocas, portanto mais prontamente utilizável como adubo orgânico em relação aos demais substratos. Vale adiantar no momento que o CRM, apesar da relação C/N de 31,51 ser considerada alta, apresentou um percentual de formação de húmus relativamente bom em comparação ao encontrado na FTC. Por outro lado, a relação C/N de 58,89 encontrada na FTC se deve, principalmente, aos materiais lenhosos mais resistentes que constituíram este substrato.

Adicionando-se grande quantidade de restos de cultura com uma C/N alta, 50 por exemplo, como pode acontecer com colmo e palha de milho ou de arroz, verifica-se que a flora heterotrófica torna-se ativa, multiplicando-se rapidamente; como esses organismos necessitam de nitrogênio para viver, têm que retirá-lo do solo, já que sua proporção no resto incorporado é pequena, diminuindo com isso o nível de nitrato no meio, pouco ou nada sobrando para a cultura que aí fosse então plantada (Malavolta, 1976). Relações C/N altas podem ser melhoradas, acrescentando-se materiais ricos em nitrogênio como esterco, camas animais, tortas vegetais e fertilizantes minerais nitrogenados (Kiehl, 1980; 1985). Estes resultados concordam com Oliveira et al. (1999), avaliando a influência da aplicação de uréia e vinhaça na degradação da palhada de cana-de-açúcar verificaram tendência de maior decomposição nos tratamentos em que a uréia foi aplicada sobre a palhada. A adubação nitrogenada com fontes nítricas ou amoniacais deve aumentar a taxa de decomposição da palhada, por reduzir sua relação C/N.

Na Tabela 3 são apresentadas a composição química dos substratos para os teores de P, Ca, Mg, matéria orgânica (MO), carbono orgânico (CO) e relação C/N, após decomposição por minhocas.

TABELA 3. Comparação de médias de teores de P, Ca, Mg, Matéria Orgânica (MO), Carbono Orgânico (CO) em g kg^{-1} e relação C/N encontrados nos substratos após decomposição por minhoca vermelha da califórnia (*Eisenia foetida*).

Substratos	P	Ca	Mg	MO	CO	C/N
ECC	5,89 a	21,57 b	11,81 a	615,83 ab	357,22 ab	17,51 c
CRM	2,17 b	38,00 a	3,71 b	636,18 a	369,00 a	31,51 b
FTC	1,29 c	7,27 c	1,64 c	588,79 b	341,53 b	58,89 a

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si para cada variável, de acordo com o teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

4.3- EVOLUÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DE N, K E HÚMUS NOS SUBSTRATOS EM FUNÇÃO DOS TEMPOS DE DECOMPOSIÇÃO POR MINHOCAS VERMELHAS DA CALIFÓRNIA

4.3.1- Nitrogênio

Os teores de nitrogênio foram maiores no ECC, este substrato apresentou concentração do elemento com valor igual a $18,17 \text{ g kg}^{-1}$ aos 45 dias. Continuando o processo, o nitrogênio aumentou para $21,53 \text{ g kg}^{-1}$ aos 60 dias, ao passo que sofreu pequena redução, alcançando $21,50 \text{ g kg}^{-1}$ aos 75 dias. Pavan (1993) encontrou $10,60 \text{ g kg}^{-1}$ em esterco bovino biodigerido fermentado por 40-45 dias coletado em biodigestores verticais.

Os teores de nitrogênio encontrados no ECC não diferiram estatisticamente entre si de acordo com o teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A concentração de $14,11 \text{ g kg}^{-1}$ encontrada no CRM aos 75 dias foi diferente das concentrações $10,53$ e $9,83 \text{ g kg}^{-1}$ verificadas aos 45 e 60 dias, sendo estas últimas estatisticamente iguais. Os valores $6,33$, $5,27$ e $5,80 \text{ g kg}^{-1}$ obtidos pela análise da FTC aos 45, 60 e 75 dias não apresentaram diferença estatística. Estes resultados revelam que a FTC sofreu pouca variação nos seus teores de nitrogênio ao longo dos tempos de decomposição. Um experimento realizado por Luizão (1982), revelou concentrações de nitrogênio em folhas de palmeira (*Clitória rancemosa*) decomposta sobre solo de capoeira na estação chuvosa na região amazônica, na ordem de $20,23$, $16,83$ e $19,91 \text{ g kg}^{-1}$ após período de 30, 60 e 90 dias de permanência sobre o solo. Kato (1991) encontrou valores menores $1,09$, $1,16$ e $1,26 \text{ g kg}^{-1}$ na liteira de castanha-do-brasil em cada período de 30, 60 e 90 dias de decomposição em área de floresta da região amazônica na estação chuvosa usando o método das sacolas de náilon com malha de 1 mm.

A Figura 6 ilustra a relação entre as concentrações de nitrogênio e os tempos de decomposição dos substratos estudados que se ajustaram à equação de 2º grau.

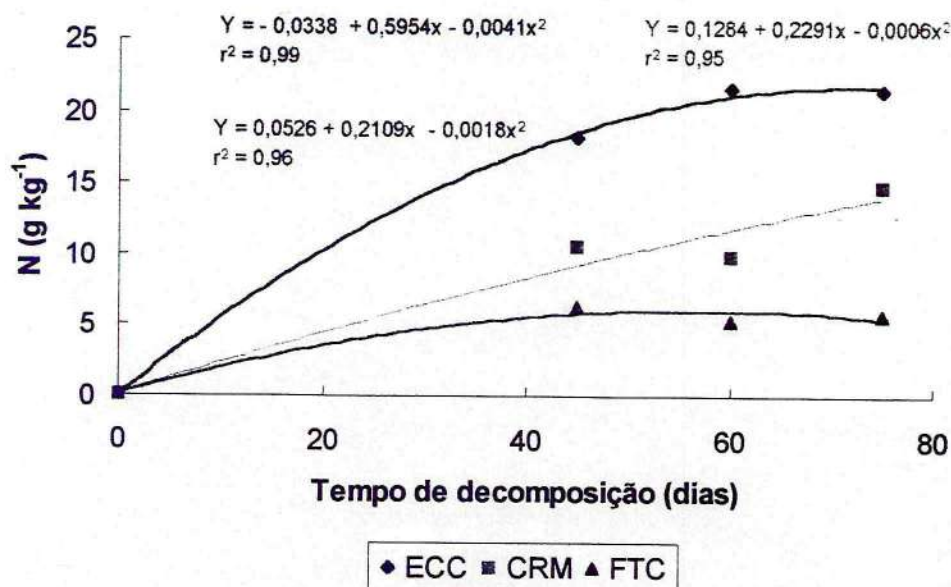


Figura 6 – Concentrações de nitrogênio em função do tempo de decomposição dos substratos.

4.3.2- Potássio

Entre os substratos estudados, o ECC foi aquele que apresentou os maiores teores do elemento potássio, suas concentrações de 3,67 e 4,30 g kg⁻¹ obtidas aos 45 e 60 dias não diferiram entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. No entanto, o valor de 11,03 g kg⁻¹ encontrado no final do processo aos 75 dias foi bem mais pronunciado que os obtidos nos tempos subseqüentes.

No CRM, os teores 1,60 e 1,63 g kg⁻¹ encontrados pela análise do substrato aos 45 e 60 dias foram estatisticamente iguais. Neste material, o maior teor de potássio foi verificado aos 75 dias quando alcançou concentração de 4,47 g kg⁻¹.

A FTC foi o substrato com as menores concentrações de potássio, também não foi verificada diferença estatística entre os teores 1,07, 0,70 e 1,33 g kg⁻¹ obtidos pela análise do material aos 45, 60 e 75 dias. Valores semelhantes foram encontrados por Luizão (1982), em folhas de palheteira após 30, 60 e 90 dias de exposição sobre o solo de capoeira na região amazônica e por Kato (1991) em liteira de castanha-do-brasil.

As regressões do 1º e 2º graus obtidas entre as concentrações de potássio e os tempos de decomposição dos substratos estudados encontram-se na Figura 7.

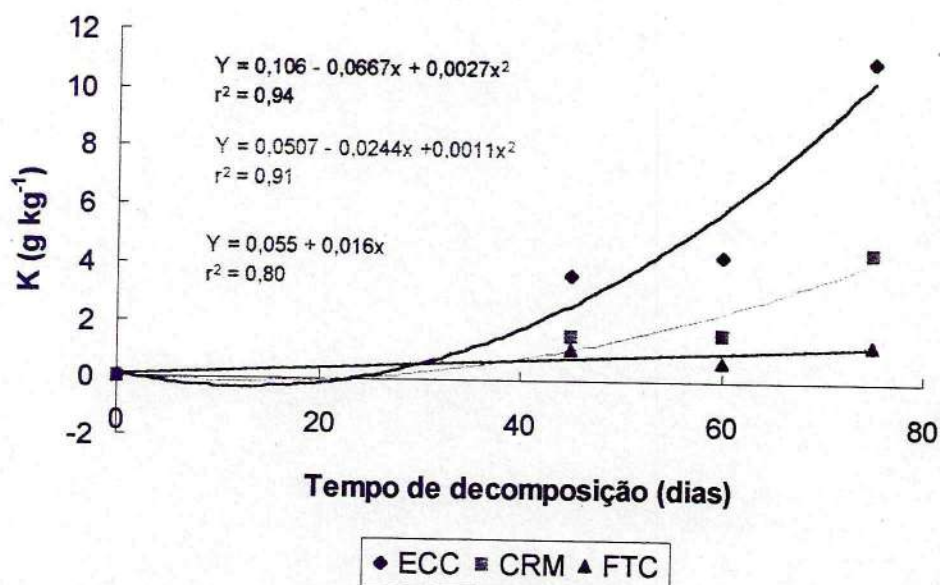


Figura 7 – Concentrações de potássio em função do tempo de decomposição dos substratos.

4.3.3- Concentração de húmus

As maiores concentrações foram encontradas no ECC, onde o maior valor foi obtido no final do processo aos 75 dias, com uma produção de 86,60%, não diferindo dos 76,53% verificados aos 60 dias. Em contrapartida, a menor concentração com 57,26% foi observada aos 45 dias. Gardiano (1994) relata que a minhoca come diariamente a quantidade de alimento equivalente ao próprio peso, utilizando somente 3% deste para suas necessidades vitais, expelindo 60 a 70% na forma de húmus. Para Ricci (1996), se o manejo estiver correto, dentro de 50 a 60 dias após o enchimento do canteiro, a população de minhocas estará multiplicada e cerca de 80% do substrato estará consumido.

As concentrações com valores de 45,85%, 47,28% e 54,17% encontradas aos 45, 60 e 75 dias no CRM foram bastante expressivas de se levar em consideração o curto período de tempo e a natureza celulósica do substrato.

Os teores de 28,08%, 20,73% e 33,25% obtidos na FTC aos 45, 60 e 75 dias foram considerados baixos, o que devem estar associados à presença de materiais lenhosos resistentes à decomposição.

As regressões das concentrações de húmus e os tempos de decomposição dos substratos estudados ajustaram-se à equação quadrática, e encontram-se na Figura 8.

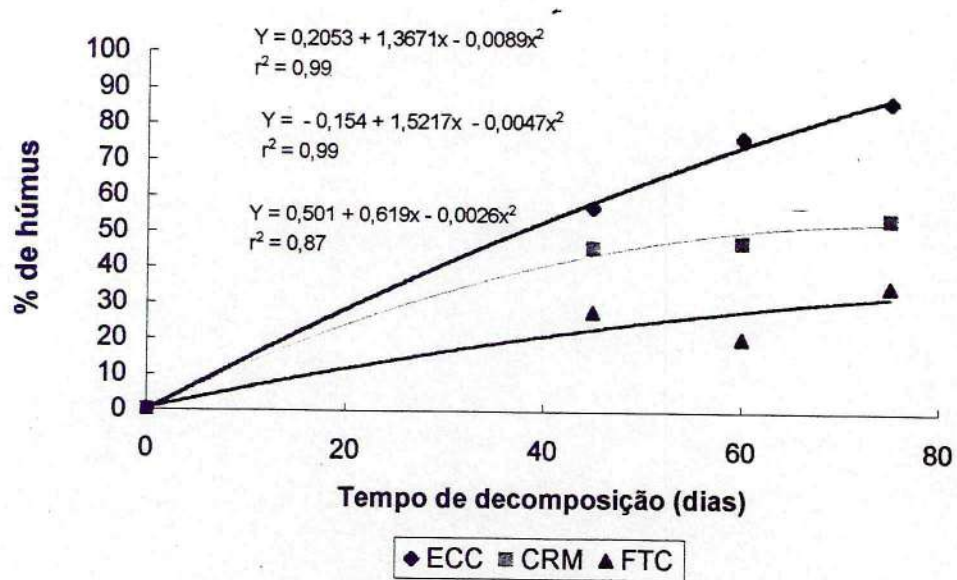


Figura 8 – Produção percentual de húmus em função do tempo de decomposição dos substratos.

5- CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho permitem concluir que:

1. O esterco de curral curtido é mais eficiente para a produção de húmus de minhoca do que substratos de composto de resíduos de madeira e de fitomassa triturada de capoeira;
2. A minhoca vermelha da califórnia (*Eisenia foetida*) produz húmus de melhor qualidade nutricional para as plantas com esterco de curral curtido do que com substratos de composto de resíduos de madeira e de fitomassa triturada de capoeira;
3. O composto de resíduos de madeira pode ser utilizado para a produção de húmus de minhoca vermelha da califórnia, desde que excluídas as partes ainda não decompostas naturalmente;
4. A fitomassa triturada de capoeira é imprópria para a produção de húmus de minhoca vermelha da califórnia, nas condições usadas nesta pesquisa.

ABSTRACT: This work had as objective the chemical characterization of organic substrate; manure of tanned corral (MTC), composed of wood residue (CWR) and triturated fitomassa of copier (TFC). Experiment was installed at home of vegetation belonging to the entomology laboratory in the experimental field of Embrapa Amazônia Oriental, located in the municipal district of Belem. Used experimental delieament was it entirely casualized with 3 repetitions, testing 3 substrate as obtained treatments of form factorial. The treatments were appraised in three times: 45, 60 and 75 days. Were made analyses before for knowledge of the chemical composition of the substrate decomposition (time 0 day). Its was made installation in 27 wood boxes measuring each one 0.6 m of length for 0.5 m of width and 0.3 m of height. The substrate were heavy and later distributed in the 27 boxes, where nine of them received MTC, others nine CWR, and the nine remaining TFC. In each one of those boxes 300 red earthwork of California was inoculated. The collections of the samples were accomplished to the 45, 60 and 75 days. Humectant material was separate from the remaining of the substrate being used it sifts of metallic mesh with 0.5 cm of diameter. The texts of N, P, K, Ca and Mg were certain according to the methods described in the manual of analysis of vegetable fabric (Embrapa, 1997), organic matter and organic carbon were analyzed by the method of Walkley & Black. The analyses done in the substrate before the decomposition revealed the largest concentrations of N, P, K and Mg in MTC, while the largest texts of calcium were found in CWR. The relationship C/N 27,71 found in MTC is inside of the limits of C/N more recommended for a fast and efficient compostage. The variance analysis done after the decomposition of the substrate by the earthwork showed that P, Ca, Mg, organic matter, organic carbon and relationship C/N didn't present significant interaction between the substrate and the times of conduction of the experiment. In MTC he met the largest concentrations of N, P, K and Mg, while in CWR the largest concentrations of calcium were observed. MTC also presented the largest texts of organic matter, organic carbon, humectant material as well as the smallest relationship C/N. The substrate MTC and CWR presented a larger efficiency in the production of humectant material, even so the humectant material produced with MTC it presented concentrations of nutrients with higher than obtained values then in CWR. TFC presented resistance the decomposition for the earthwork producing humectant material with low concentrations of nutritious.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AQUINO, A .M. de, ASSIS, R.L. de. Manejo orgânico do solo – minhocas: uma “nova-velha” aliada. **A lavoura**, n.609, p.12-13. 1997.
- _____; ALMEIDA, D.L.; FREIRE, L.R.; DE-POLLI, H. Reprodução de minhocas (*Oligochaeta*) em esterco bovino e bagaço de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.2, p.161-168, 1994.
- BORGES, A. L. **Alteração das propriedades de um latossolo amarelo de Cruz das Almas, Bahia, pelo cultivo com frutíferas perenes e mandioca**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1993. 160p. Tese (Doutorado em Agronomia) – ESALQ, 1993.
- BRADY, N. C. **Natureza e propriedades dos solos**. 6.ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1983. 647p.
- CHOU DHURY, E.N., FARIA, C.M.B., LOPES, P.R.C., CHOU DHURY, M.M. **Adubação verde e cobertura morta em áreas irrigadas do submédio São Francisco**. Petrolina: Embrapa-CPATSA, 1991. 3p. (Comunicado Técnico, 44).
- COSTA, M.P. **Efeito da matéria orgânica em alguns atributos do solo**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1983. 137p. Dissertação (Mestrado) – ESALQ, 1983.
- CULTURA do húmus. Disponível: [URL:http://www.agridata.mg.br/](http://www.agridata.mg.br/). Consultado em 10 de ago. 2000
- DADALTO, G. G., COSTA, L. M. da. Relação entre características químicas de solo e excreções de minhocucu (*Glossoscolex* spp.). **Revista Ceres**, Viçosa, v.37, n.212, p 331-336, 1990.
- DE-POLLI, H., FRANCO, A. A., ALMEIDA, D. L. de, DUQUE, F. F., MONTEIRO, E. M. da S., DÖBEREINER, J. **A biologia do solo na agricultura**. Seropédica: Embrapa-UAPNPBS, 1988. 48p.

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Rio de Janeiro, RJ. **Manual de métodos de análise do solo**. Rio de Janeiro, 1979.
- FERNANDES, F. A. **O emprego das minhocas na agricultura**. Revista Livro Ceres, Paraguaçu Paulista, v.11, n.2, p 35-39, 1986.
- GALVÃO, A.A.G. Produção de húmus a partir da minhoca (*Eisenia foetida*). EMATER. Pará. 1990. 17p. (Informe Técnico, 5).
- GARDIANO, O. L. **Curso de minhocultura**. (S. l: S. n., 1994). 29p.
- GONÇALVES, C.N., CERETTA, C.A. Plantas de cobertura de solo antecedendo o milho e seu efeito sobre o carbono orgânico do solo, sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.23, p.307-313, 1999.
- KANASHIRO, M.; DENICH, M. 1998. ed. *Possibilidade de utilização e manejo adequado de áreas alteradas e abandonadas na Amazônia brasileira*. Brasília: MCT/CNPq, 157p.
- KATO, A. K. **Dinâmica da entrada de nutrientes via liteira de castanheira do Brasil (*Bertholletia excelsa* HBK) em ecossistema de pastagens degradadas e de floresta primária**. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas Amazônicas – Universidade Federal da Amazônia, 1995. 180p. Tese (Doutorado). INPA- UFA, 1995.
- KIEHL, E. J. **Fertilizantes Orgânicos**. São Paulo: Ceres, 1985. 492p.
- _____. **Preparo do composto na fazenda**. 2.ed. Brasília: EMBRATER, 1980. 20p.
- _____. **Manual de edafologia: Relações solo-planta**. São Paulo: Ceres, 1979. 262p.
- LENTHE, H. R. **Métodos para monitoramento da matéria orgânica do solo**. Belém: EMBRAPA – CPATU, 1986. 291p.
- LOPES, O. M. **Feijão-de-porco leguminosa para adubação verde e cobertura do solo**. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1988. 4p. (Comunicado Técnico, 37).

- LUIZÃO, F. J. **Produção e decomposição de Serrapilheira em floresta de terra firme da Amazônia Central. Aspectos Químicos e Biológicos da lixiviação e remoção dos nutrientes da serrapilheira.** Manaus: Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia – Fundação Universidade da Amazônia, 1982, 109p. Dissertação (Mestrado). – INPA/FUA, 1982.
- LUIZÃO, R. C. C., LUIZÃO, F. J. **Liteira e biomassa microbiana do solo no ciclo da matéria orgânica e nutrientes em terra firme na Amazônia Central.** Manaus: Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, 1991. 440p.
- MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola, nutrição de plantas e fertilidade do solo.** São Paulo: Ceres, 1976. 528p.
- MARCHIORI JÚNIOR, M., MELO, W.J. Carbono, carbono da biomassa microbiana e atividade enzimática em um solo sob mata natural, pastagem e cultura do algodoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.23, p.257-263, 1999.
- MELO, W. J. **Matéria orgânica.** In: CURSO DE BIOQUÍMICA DA MATÉRIA ORGÂNICA. Belém: FCAP, 1996. 75p.
- MINHOCULTURA. Disponível: [URL:http://cecae.usp.br/disqtec/](http://cecae.usp.br/disqtec/). Consultado em 02 de set. 2000.
- MIYASAKA, S., OKAMOTO, H. Importância da matéria orgânica na agricultura. In: ENCONTRO DE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO, 1., 1992, **Anais...** Botucatu: FCA, 1992. p.1-24.
- NUNEZ, J.B.H. Fitomassa e estoque de bioelementos das diversas fases da vegetação secundária, provenientes de diferentes sistemas de uso da terra no nordeste paraense, Brasil. Belém: UFPa. 1995. 185p. Dissertação de Mestrado.
- OLIVEIRA, A. M. G., DANTAS, J. L. L. **Composto orgânico.** Cruz das Almas: Embrapa-CNPMPF, 1995. 12p. (Circular Técnica, 23).
- OLIVEIRA, I. P. et al. **Resultados técnicos e econômicos da aplicação de biofertilizantes bovino nas culturas de feijão, arroz e trigo.** Goiânia: Embrapa-CNPAP, 1986. 24p. (Circular Técnica, 21).

- _____, MOREIRA, J. A. A., SOARES, M. **Uso de biofertilizantes na agricultura**. Goiânia: Embrapa-CNPAP, 1984. 5p. (Comunicado Técnico, 17).
- OLIVEIRA, M. W. de. et al. Degradação da palhada da cana-de-açúcar. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.56, n.4, p.803-809, 1999.
- PASSOS, S. M.de G., TRANI, P. E., FERREIRA, S. **A matéria orgânica e o algodoeiro**. Campinas: Coordenadoria de Assistência Integral, 1981. 13p. (Boletim Técnico, 156).
- PAVAN, S. M. **Avaliação de esterco biodigerido e curtido na fertilidade do solo e na nutrição e produção do cafeeiro**. Londrina: IAPAR, 1993. 16p. (Boletim Técnico, 45).
- RAIJ, B. V. **Avaliação da fertilidade do solo**. 3 ed. Piracicaba: Potafos, 1987. 142p.
- RICCI, M. dos S. F. **Manual de vermicompostagem**. Rondônia: Embrapa-CPAF, 1996. 24p.
- RIGHI, G. Minhocas de Mato Grosso e Rondônia. Rondônia: SCT/Pr-CNPQ. Programa de Polonorte (Relatório de Pesquisa nº 12), 1990. 157p.
- SALOMÃO, R. de P. Estimativa de biomassa e avaliação do estoque de carbono da vegetação de florestas primárias e secundárias de diversas idades (capoeiras) na Amazônia Oriental, município de Peixe-Boi, Pará. Belém: UFPA. 1994. 55p. Dissertação de Mestrado.
- SAMPAIO, M. do C.T.; CARDOSO, A.; SILVA, G.R. da. Preparo e uso do composto orgânico. FCAP. 1988. 17p.
- SCHURTER, L. R. M., TRINDADE, A. A. M. **Criação de minhocas**. Lavras: CPD/ESAL, 1994. 13p.
- SOUZA, L.D.N. de. Adubação Orgânica. 1 ed. Rio de Janeiro: Grupo Ediouro. Tecnoprint. 1989.
- STAPPE, J. L., BALLONI, E. A. O uso de resíduos da indústria de celulose como insumos na produção florestal. **Instituto de pesquisas e estudos florestais**, Piracicaba, n.40, p.33-37, 1988.

- TEIXEIRA, L. B., BASTOS, J. B. **Matéria orgânica nos ecossistemas de floresta primária e pastagens na Amazônia Central**. Belém: Embrapa-CPATU, 1989. 26p. (Boletim de Pesquisa, 99).
- TEIXEIRA, L.B.; OLIVEIRA, R.F. de. **Biomassa vegetal e carbono orgânico em capoeiras e agroecossistemas no nordeste do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1999. 21p. (Embrapa Amazônia Oriental. Boletim de Pesquisa, 6).
- TIBAU, A. O. **Matéria orgânica e fertilidade do solo**. 3ed. São Paulo: Nobel, 1987. 221p.
- TOLEDO, A. P. P. de. Relações entre o húmus do solo e do ambiente aquático. In: COLÓQUIO REGIONAL SOBRE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO, 1., 1982, **Anais...** Piracicaba: CENA, 1982. p.29-34.
- TRANI, P. E. **Emprego do superfosfato simples com esterco**. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 1981. 5p. (Instrução Prática, 215).
- WALKLEY, A.; BLACK, I.A. Na examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of chromic acid titration method. Soil Sci. 37:29-38, 1934.
- WATRIN, O.S. et al. Zoneamento em área submetida a diferentes impactos antrópicos na Amazônia Oriental. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 9., 1998, **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1998. (CD-Rom).



ANEXOS

TABELA 1 – Quadrados médios e teste “F” para dados de concentrações de nutrientes, matéria orgânica (MO), carbono orgânico (CO) (g kg⁻¹) e relação C/N no tempo 0 dia (antes da decomposição por minhoca vermelha da Califórnia (*Eisenia foetida*)).

Fonte de variação	Grau de liberdade	Quadrados médios e teste de significância							
		N	P	K	Ca	Mg	MO	CO	C/N
Substrato	2	326,03 **	52,53 **	1946,72 **	2499,04 **	160,51 **	720,82 ns	242,30 ns	5224,90 **
Resíduo	24	1,78	0,05	1,73	4,13	0,43	5503,15	1852,33	73,44
Média geral	-	10,32	1,78	9,73	20,80	4,02	791,81	459,30	54,48
CV (%)	-	12,91	12,46	13,53	9,77	16,36	9,37	9,37	15,73

ns = não significativo.

* = significativo a 5% de probabilidade.

** = significativo a 1% de probabilidade de acordo com o teste ‘F’.

TABELA 2 – Quadrados médios e teste “F” para dados de concentrações de material humificado (%), nutrientes, matéria orgânica (MO), carbono orgânico (CO) (g kg⁻¹) e relação C/N em substratos orgânicos submetidos a decomposição por minhoca vermelha da Califórnia (*Eisenia foetida*)

Fonte de variação	Grau de liberdade	Material humificado	Quadrados médios e teste de significância							
			N	P	K	Ca	Mg	MO	CO	C/N
Substratos (S)	2	4788,23 **	485,40 **	53,68 **	66,94 **	2128,62 **	259,86 *	5086,51 *	1708,91 *	15193,15 **
Tempo (T)	2	480,22 **	13,59 *	8,29 **	35,73 **	4,67 ns	0,97 ns	5393,54 ns	1816,09 ns	87,92 ns
Interação SxT	4	182,35 *	9,93 *	0,61 ns	11,35 **	16,23 ns	0,09 ns	2200,01 ns	740,32 ns	50,77 ns
Resíduo	18	51,98	3,14	0,36	0,98	6,90	0,73	1408,65	473,71	188,65
Média geral	-	49,97	12,64	3,11	3,31	22,28	5,72	613,60	355,92	47,31
CV (%)	-	14,43	14,02	19,29	29,83	11,79	14,95	6,12	6,11	29,03

ns = não significativo.

* = significativo a 5% de probabilidade.

** = significativo a 1% de probabilidade de acordo com o teste ‘F’.