

ANA LUCIA FARIAS DA SILVA



**ATRIBUTOS QUÍMICOS E BIOLÓGICOS NO SOLO DO USO DA
COMPOSTAGEM DA CASCA DE MANDIOCA**

RIO BRANCO
2010

ANA LUCIA FARIAS DA SILVA

**ATRIBUTOS QUÍMICOS E BIOLÓGICOS NO SOLO DO USO DE
COMPOSTAGEM DA CASCA DE MANDIOCA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal do Acre, como parte das exigências para a obtenção do Título de Mestre em Agronomia.

Orientadora: Prof^a.Dr^a. Sandra Tereza Teixeira

RIO BRANCO
2010

© SILVA, A. L. F. DA, 2010.

SILVA, Ana Lucia Farias da. **Atributos químicos e biológicos no solo do uso de compostagem da casca de mandioca.** Rio Branco: UFAC, 2010. 98f.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da UFAC.

S586e	Silva, Ana Lucia Farias da, 1981 - Atributos químicos e biológicos no solo do uso de compostagem da casca de mandioca / Ana Lucia Farias da Silva --- Rio Branco : UFAC, 2010. 98f : il. ; 30cm. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal do Acre. Orientador: Profª. Drª. Sandra Tereza Teixeira. Inclui bibliografia 1. Compostagem. 2. Substâncias húmicas. 3. Solo – Atividade biológica. 4. Mandioca – Compostagem. I. Título. CDD: 633.6 CDU: 633.493
-------	---

**Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte.
(A autora)**

À Deus,
por ser meu alicerce e minha inspiração
À minha família:
Francisco Pacifico da Silva,
Maria das Dores Farias da Silva,
Orlando Farias da Silva,
pelo apoio e incentivo para enfrentar todos
os obstáculos e por permitir que eu alcançasse mais este objetivo.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal do Acre, em especial ao curso de Pós-Graduação em Agronomia pela oportunidade de realizar este curso de mestrado devido a inigualável sensação de descoberta desta aventura!

Ao coordenador do Curso do Mestrado de Produção Vegetal Sebastião Elviro.

Ao CNPq, a Embrapa e Funtac pela bolsa, a infra-estrutura e apoio financeiro.

Assim como tudo na vida existe um cenário e seus personagens que fazem à história acontecer, e é para eles que estendem-se meus agradecimentos;

Primeiramente a minha orientadora Prof^a. Dr^a. Sandra Tereza Teixeira pelo apoio científico e acompanhamento do trabalho em todas as suas fases. Pela sua atenciosidade, paciência, apoio, orientação, incentivo e dedicação durante o desenvolvimento deste trabalho, que fizeram parte da minha formação. Pela compreensão diante das minhas dificuldades e limitações, amizade, e que muito me confortaram nos momentos difíceis para com seus orientados;

Aos funcionários do Laboratório de Solo (LABSOLO) da Embrapa Acre: Pedro Raimundo Rodrigues de Araújo, Luciélio Manuel da Silva, pelo auxílio nas coletas, análise laboratoriais, pela amizade e contribuição na obtenção dos resultados; e aos funcionários do laboratório de Bromatologia em especial Eclésio Farias dos Santos;

Aos demais amigos de mestrado em especial Luciene Alves que me acompanhou nesta trajetória;

A todos que, com boa intenção, colaboraram para a realização e finalização deste trabalho.

BIOGRAFIA

ANA LUCIA FARIAS DA SILVA, filha de Francisco Pacífico da Silva e Maria das Dores Farias da Silva, nasceu em Rio Branco, Acre, em 29 de agosto de 1981.

Em março de 2003, iniciou o curso de Engenharia Agrônômica na Universidade Federal do Acre (UFAC), diplomando-se em janeiro de 2008.

Em março de 2008, iniciou o curso do Mestrado em Agronomia na Universidade Federal do Acre, na área de Produção Vegetal, submetendo-se a defesa da dissertação em agosto de 2010.

RESUMO

O aproveitamento de resíduos na área agrícola é parte de um processo de recuperação de resíduos orgânicos que juntamente com a atividade microbiana tem grande relevância para a ciclagem de nutrientes e a fertilidade do solo, assim, o objetivo deste trabalho é caracterizar a matriz orgânica de compostos utilizando como fonte casca de mandioca, serragem, esterco e podas de capim e avaliar o impacto do uso de composto a base da casca de mandioca na fertilidade e atividade biológica do solo. Para a compostagem foi utilizado o delineamento de blocos casualizados com quatro tratamentos e 3 repetições. Leiras num sistema de aeração passiva, monitoradas por revolvimento a cada 7 dias, com medições de temperatura a cada 3 dias e coleta das amostras aos 32 (primeira amostragem), 47 (segunda amostragem) dias para determinações de pH, umidade, carbono orgânico total (COT) e condutividade elétrica (CE). E com 128 dias (terceira amostragem) analisou-se o K, Ca, Mg, P total, COT e o teor de C nas frações ácido húmico (C-AH) e ácido fúlvico (C-AF) do composto. A partir da quantificação do carbono dos ácidos húmicos (C-AH) e fúlvicos (C-AF), foi calculado os diferentes índices de humificação, IH: $C\text{-FAH}/COT \times 100$; razão de humificação, RH: $CSH/COT \times 100$ em que o CSH representa o C presente nas substâncias húmicas (C-FAH + C-FAF); porcentagem de ácido húmico, PAH: $C\text{-FAH}/CSH \times 100$; grau de polimerização através da expressão: $GP = C\text{-FAH}/C\text{-FAF}$. O solo utilizado para ser acondicionado com o composto foi o LATOSSOLO VERMELHO Amarelo eutroférico. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com 4 tratamentos C1 (40% casca de mandioca, 10% capim, 10% esterco, 40%, serragem); C2 (100% casca de mandioca); C3 (60% casca de mandioca, 20% esterco, 20% serragem); C4 (90% casca de mandioca, 10% esterco) com 3 repetições sendo acompanhados em três épocas com 13 (1º época), 60 (2º época) e 90 (3º época) dias. O composto foi aplicado em doses equivalente a $60 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ em solo acondicionado em sacos de polietileno e mantido na capacidade de campo. Os resultados obtidos permitiram concluir que as baixas temperaturas não influenciaram no processo final da compostagem; a qualidade final do composto é adequada para uso agrícola. O parâmetro mais sensível para monitorar o processo de compostagem foi o teor de carbono orgânico total (COT). Ao se considerar o índice de humificação (IH), razão

de humificação (RH), porcentagem de ácido húmico (PAH) e grau de polimerização (GP) com seus respectivos valores críticos 19, 28, 69 e 1.9% respectivamente, mostra que o composto não estava completamente humificado. Verificou-se que a adição dos compostos no solo não alterou a atividade microbiana; quanto ao conteúdo de carbono da biomassa da 1^o, 2^o, 3^o época do solo incubado com composto a base de casca de mandioca não se alterou entre os tratamentos. Os teores de K, Ca e Mg no solo foram satisfatórios, sendo observados na soma de base (SB), capacidade de retenção de cátions (CTC) e Saturação por base (V). Todos os tratamentos do solo com o composto a base da casca de mandioca apresentaram boa eficiência sobre a fertilidade do solo.

Palavras-chave: Compostagem. Substâncias húmicas. Atividade biológica do solo.

ABSTRACT

The waste recovery in agriculture is part of a recovery process of organic residues that together with the microbial activity has great relevance for nutrient cycling and soil fertility thus aim of this study is to characterize the array of organic compounds using as source cassava peel, sawdust, manure and grass cuttings and evaluate the impact of using compost from cassava peel based on fertility and soil biological activity. For the compost was used a randomized block design with four treatment and three replications. Piles in a system of ventilation passive monitored by revolving every seven days with temperature measurements at every 3 days and collecting the samples at 32 (first sampling), 47 (second sampling) days for pH, moisture, total organic carbon (TOC) and electrical conductivity (EC). And with 128 days (third sampling) we analyzed the K, Ca, Mg, P, TOC and C content in humic acid fractions (C-HA) and fulvic acid (C-AF) of the compound. From the quantification of the carbon of humic acids (C-HA) and fulvic (C-AF), we calculated the various indices of humification, IH: $C\text{-FAH}/COT \times 100$, because of humification, RH: $CSH / TOC \times 100$ where C represents the CSH present in humic substances (C-C + FAH-FAF), percentage of humic acid, PAH: $C\text{-FAH}/CSH \times 100$; degree of polymerization through the expression: $GP = C\text{-FAH} / C\text{-FAF}$. The soil used to be packaged with the compound was the Oxisol Eutradox. The experimental design was randomized blocks with four treatments C1 (40% cassava peel, 10% grass, 10% manure, 40%, sawdust), C2 (100% cassava peel), C3 (60% cassava peel, 20 % manure, 20% sawdust), C4 (90% cassava peel, 10% manure) with three replicates was followed in three seasons with 13 (1st season), 60 (2nd season) and 90 (3rd season) days . The compound was administered in doses equivalent to 60 t ha⁻¹ in soil packed in polyethylene bags and kept at field capacity. The results showed that low temperatures did not influence the final process of composting, the quality of the compost is suitable for agricultural use. The most sensitive parameter to monitor the composting process was the content of total organic carbon (TOC). When considering the humification index (HI), humification ratio (HR), percentage of humic acid (PAH) and degree of polymerization (GP) at their respective critical values 19, 28, 69 and 1.9% respectively, shows that the compound was not completely humified. As the carbon content of biomass of the 1st, 2nd, 3rd season soil incubated

with the compound base of cassava peel did not change between treatments. And with the rapid composition of the compound by the microorganism was no loss of carbon to the middle and with it the incorporation of carbon in biomass was low. The contents of K, Ca and Mg in soil were satisfactory, being observed in the sum of base (SB) retention capacity of cations (CEC) and base saturation (V). All treatments of soil with compost to the base of cassava peel were relevant in microbial activity, capacity to retain cations.

Key-words: Composting. Humic substances. Soil biological activity.

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - Teores de C em substância húmicas (CSH) e índices de humificação calculadas para os diferentes compostos estudados.....	55
--	----

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - Variação da temperatura do processo de compostagem em quatro diferentes tipos de composto.....	51
--	----

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Relação cíclica entre o estágio de decomposição de resíduos orgânicos no solo.....	35
FIGURA 2 - Área Experimental.....	48
FIGURA 3 - Compostagem da casca de mandioca.....	48

LISTA DE TABELAS

CAPITULO I

TABELA 1 - Determinação dos macronutrientes (K, Ca e Mg) de cada resíduo através dos extratos.....	50
TABELA 2 - Valores médios da composição químicas do composto da 1º e 2º amostragem.....	52
TABELA 3 - Característica química do composto para avaliar os compartimentos da matéria orgânica (C-FAH e C-FAF) da 3º Amostragem.....	54

CAPITULO II

TABELA 1 - Resultado da determinação do carbono da respiração e da biomassa microbiana do solo avaliado em três épocas.....	70
TABELA 2 - Média dos resultados das análises de fertilidade do solo com o composto da 3º época.....	71

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE A -	Análise de variância das característica química da 1º amostra do composto com casca de mandioca proveniente de um experimento realizado no delineamento em blocos casualizado com 4 tratamentos qualitativos cada um com três repetições....	95
APÊNDICE B -	Análise de variância das característica química da 2º amostragem do composto com casca de mandioca proveniente de um experimento realizado no delineamento em blocos casualizado com 4 tratamentos qualitativos cada um com três repetições.....	95
APÊNDICE C -	Análise de variância das característica química da 3º amostragem do composto com casca de mandioca proveniente de um experimento realizado no delineamento em blocos casualizado com 4 tratamentos qualitativos cada um com três repetições.....	96
APÊNDICE D -	Análise de variância do carbono da respiração e biomassa microbiana da 1º época do composto com casca de mandioca mais o solo proveniente de um experimento realizado no delineamento em blocos casualizado com 4 tratamentos qualitativos cada um com três repetições.....	97
APÊNDICE E -	Análise de variância do carbono da respiração e da biomassa microbiana da 2º época do composto com casca de mandioca mais o solo proveniente de um experimento realizado no delineamento em blocos casualizado com 4 tratamentos qualitativos cada um com três repetições.....	97
APÊNDICE F -	Análise de variância do carbono da respiração e da biomassa microbiana da 3º época do composto com casca de mandioca mais o solo proveniente de um experimento realizado no delineamento em blocos casualizado com 4 tratamentos qualitativos cada um com três repetições.....	98
APÊNDICE G -	Análise de variância da fertilidade do solo com o composto da 3º época do composto com casca de mandioca mais o solo proveniente de um experimento realizado no delineamento em blocos casualizado com 4 tratamentos qualitativos cada um com três repetições.....	98

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL.....	15
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	18
2.1 ASPECTOS GERAIS.....	18
2.2 RESÍDUOS.....	20
2.2.1 Problemática dos Resíduos Sólidos no Brasil e no Acre.....	21
2.2.2 Resíduos da mandioca.....	23
2.2.3 Resíduos Industriais madeireiros.....	26
2.2.4 Resíduos bovinos.....	29
2.3 COMPOSTAGEM.....	30
2.3.1 Balanceamento de resíduos sólidos para compostagem.....	32
2.3.2 Parâmetros que controlam a compostagem.....	32
2.3.3 Qualidade do composto.....	36
2.4 MATÉRIA ORGÂNICA.....	36
2.4.1 Matéria orgânica do solo.....	37
2.4.2 Compartimentos da matéria orgânica.....	38
2.6 INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO.....	40
CAPÍTULO I: Caracterização e compostagem de resíduos a base da casca de mandioca.....	43
RESUMO.....	44
ABSTRACT.....	45
1 INTRODUÇÃO.....	46
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	48
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	50
3.1 Caracterização dos resíduos.....	50
3.2 Compostagem da casca de mandioca.....	51
4 CONCLUSÕES.....	57
REFERÊNCIAS.....	58

CAPÍTULO II: Atividade micobiana e fertilidade do solo tratado com composto a base da casca de mandioca.....	63
RESUMO.....	64
ABSTRACT.....	65
1 INTRODUÇÃO.....	66
2 MATERIAL E MÉTODO.....	68
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	69
4 CONCLUSÕES.....	74
REFERÊNCIAS.....	75
5 CONCLUSÕES GERAIS.....	79
REFERÊNCIAS GERAIS.....	80
APÊNDICES.....	94

INTRODUÇÃO GERAL

O solo é a base da produção agrícola e o seu uso como o principal fornecedor de nutrientes para as culturas é de fundamental importância para a manutenção e o aumento da produção agrícola no mundo. A preocupação com a conservação do solo vem crescendo nos últimos anos, em virtude do desmatamento e da agricultura itinerante.

O uso de resíduos em áreas agrícolas pode fornecer a matéria orgânica e com isso melhorar fertilidade do solo (BUTTENBENDER, 2004). A produção constante e inesgotável desses materiais, aliada ao seu baixo custo de obtenção, os tornam atrativos para uso na agricultura, florestas e recuperação de áreas degradadas. Além disso, considerando que a geração de resíduos é por si só um problema, o reaproveitamento deles contribui para aliviar a pressão sobre o meio ambiente (PASCUAL et al., 1997). A reciclagem tem-se mostrado extremamente importante nas sociedades com altas taxas de consumo de recursos naturais.

Os subprodutos do processamento da mandioca têm sido relatados como responsáveis por graves problemas de contaminação do ambiente. A manipueira é o resíduo líquido gerado nas indústrias de processamento de mandioca. E é um dos resíduos mais prejudiciais ao ambiente, não só por possuir elevada demanda bioquímica de oxigênio (DBO), como também pela alta concentração de ácido cianídrico, elevado teor de potássio, magnésio, cálcio e fósforo (PINHO, 2007). Ferreira et al. (2001) consideram que a adubação de solos de baixa fertilidade com manipueira possibilita ao produtor obter produtividades semelhantes às aquelas alcançadas com adubação mineral e com um número maior de cultivos sucessivos na mesma área.

No entanto a casca de mandioca é um resíduo bastante comum nas casas de farinha e para alguns agricultores esse resíduo é utilizado na alimentação de animais e/ou descartados no ambiente (solo, mananciais). Já que a oferta desse resíduo é bastante promissora o aproveitamento da casca de mandioca juntamente com a serragem que também é gerado em grandes quantidades, e o esterco tratados pelo compostagem podem se tornar um adubo viável para a agricultura trazendo melhoria nas propriedades química e biológicas do solo.

O Estado do Acre apresentava área plantada e a área colhida de 33.650 hectares, produzindo uma quantidade de 730.434 toneladas, com rendimento médio de 21.706 kg/ha e com valor de produção de 149.961 mil reais. Com esses dados o Acre é considerado o terceiro estado maior produtor da região Norte do Brasil. De acordo com este Instituto, a região do Vale do Juruá, no Acre, representou neste ano 47% de toda a produção de mandioca do Estado (IBGE, 2009).

Dentro dos princípios do desenvolvimento sustentável, é importante buscar a reciclagem dos nutrientes contidos nos resíduos através da incorporação dos mesmos nos ecossistemas produtores tais como florestas e áreas agrícolas. Na área do cultivo e processamento de mandioca, há muitos anos foi identificada uma forte demanda para transformação dos resíduos, subprodutos ou co-produtos, capazes de, ao mesmo tempo, reduzir impacto ambiental e gerar recursos (CEREDA, 2001).

A compostagem é um processo que pode ser utilizado para transformar diferentes tipos de resíduos orgânicos em adubo que, quando adicionado ao solo, melhora as suas propriedades físicas (estrutura, densidade), físico-químicas (umidade, pH, nutrientes) e biológicas. Conseqüentemente se observa maior eficiência dos adubos minerais aplicados às plantas, proporcionando ao solo mais condições para sustentar a produção por mais tempo e com mais qualidade.

A matéria orgânica compostada se liga às partículas (areia, limo e argila), formando pequenos grânulos que ajudam na retenção e drenagem da água, melhoram a aeração, a capacidade de troca catiônica e as propriedades físicas do solo. Além disso, a presença de matéria orgânica no solo aumenta o número de minhocas, insetos e microorganismos desejáveis, o que reduz a incidência de doenças nas plantas. A técnica da compostagem foi desenvolvida com a finalidade de acelerar com qualidade a estabilização (também conhecida como humificação) da matéria orgânica. Na natureza a humificação ocorre sem prazo definido, dependendo das condições ambientais e da qualidade dos resíduos orgânicos.

Este processo envolve transformações extremamente complexas de natureza bioquímica, promovidas por diversos microorganismos do solo que têm na matéria orgânica *in natura* sua fonte de energia, nutrientes minerais e carbono. As substâncias húmicas são o principal compartimento da matéria orgânica que resulta em três frações principais: ácido húmico, ácido fúlvico e humina.

Esses agrupamentos químicos são moléculas constituídas basicamente 30% de aminoácidos, 5 a 20% de carboidratos, 40 a 60% de compostos aromáticos

derivados da lignina, e em torno de 2 % de lipídeos, resina e outros componentes (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006). As diferentes frações de carbono orgânico humificado do solo apresentam características químicas, físicas e morfológicas distintas, e a distribuição dessas frações pode indicar a qualidade da matéria orgânica do solo – MOS (LIMA, 2004).

Em paralelo a esses atributos utilizados para indicar a qualidade do solo para determinar o teor de carbono orgânico total (COT), a biomassa e a respiração microbiana que consistem na quantificação de CO₂ presente em suas atividades, também contribuem de forma significativa.

Entretanto, ainda são escassos os estudos que monitoram indicadores de qualidade da MOS. Como as alterações no estoque de (COT) por longos períodos de tempo (PILLON et al., 2007) e as frações que compõem este carbono nesse ambiente redutor. É através desses indicadores (biomassa microbiana e matéria orgânica) que iremos quantificar o teor de carbono do solo.

O uso de resíduos pode aumentar a fertilidade do solo em função do aporte de matéria orgânica, propiciando a produção de biomassa. Todavia, trabalhos na literatura têm revelado que a melhoria da fertilidade do solo pode ser momentânea em função da qualidade dos resíduos adicionados. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade dos compostos a base de casca de mandioca e seus efeitos sobre a fertilidade e atividade microbiana do solo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Na presente revisão bibliográfica serão apresentados os principais temas relacionados ao impacto do uso de resíduos sobre a fertilidade e a atividade microbiana do solo.

2.1 ASPECTOS GERAIS

Existem muitos meios de conservar o solo, os quais, para efeitos didáticos, podem ser classificados em três grupos representados por práticas de caráter edáfico, mecânico e vegetativo (LEPSCH, 2002).

De acordo com o mesmo autor as práticas de caráter edáfico são medidas que dizem respeito ao solo em si, procurando manter e melhorar sua fertilidade, principalmente no que diz respeito à adequada disponibilidade de nutrientes para as plantas. Estas medidas baseiam-se em quatro princípios: eliminação ou controle das queimadas, adubações (incluindo calagem) e rotação de cultura.

As queimadas são consideradas por muitos a forma mais rápida e econômica de limpar um terreno, de combater certas moléstias ou pragas das culturas, de facilitar a colheita ou de renovar pastagem (LEPSCH, 2002).

É o caso da exploração inadequada das terras para agricultura e a pecuária na região Amazônica que nas últimas décadas se expandiram á custa do desmatamento e da substituição da vegetação nativa por pastagem e culturas comerciais (WADT, 2002).

Um dos vários problemas que ocorre ainda na Região Amazônica é a prática do sistema de agricultura itinerante, ou migratória que consiste em derrubar e queimar a mata primária e, ou secundária (capoeira), seguindo-se o plantio de arroz, milho, feijão e mandioca durante um período de dez anos, em torno de dois anos o produtor obtém bons resultados (ACRE, 2000). Após a segunda ou a terceira colheita, ou seja, nos anos seguintes a produção diminui e entra em pousio durante 5 a 10 anos. De acordo com Wadt (2002) a área é abandonada, e substituída por outra, onde todo o processo é repetido.

Conforme o mesmo autor, para dar continuidade à exploração agrícola em áreas desmatadas, evitando-se novas derrubadas na cobertura florestal nativa, é necessário repor os nutrientes perdidos pelo sistema, com intuito de manter a fertilidade dos solos explorados em patamares suficientes para sustentar a exploração agrícola ou pecuária em níveis economicamente viáveis.

O solo é a base para se ter uma produtividade agrícola significativa, portanto o enfoque da agricultura brasileira esta voltada atualmente para o manejo da fertilidade do solo (RAIJ, 1991).

Para o monitoramento da qualidade do solo, de forma que possam ser sugeridas modificações nos sistemas de manejo em utilização pelos agricultores a tempo de evitar a sua degradação, é necessário definir atributos de solo e do ambiente sensíveis ao manejo e de fácil determinação (MIELNICZUK, 2008).

Wadt (2002) cita três medidas básicas que são necessários para o manejo adequado da fertilidade dos solos: medidas conservacionistas, medidas corretivas e medidas de manutenção. As medidas de manutenção estão relacionadas á reposição dos nutrientes que são exportados pelas culturas, perdidos na erosão, volatilização ou lixiviação. Favorecendo ainda o fornecimento dos nutrientes em quantidades necessárias para o crescimento das plantas cultivadas.

A manutenção da fertilidade do solo faz-se normalmente por meio dos seguintes processos de adubação: mineral (fertilizantes minerais), orgânicos (fertilizantes orgânicos), corretivos, entre outros (WADT, 2002).

As adubações e correções visam adicionar ao solo os nutrientes que lhe faltam para proporcionar melhor desenvolvimento das lavouras, além de corrigir as deficiências naturais do solo, para compensar os nutrientes que são removidos com as colheitas. Em certas áreas com agricultura intensiva (hortaliças ou pomares) podem ser tratadas com adubações orgânicas, sob forma de esterco de curral ou composto formado pela decomposição de detritos orgânicos tais como palhas diversas, restos de lixo urbano entre outros (LEPSCH, 2002).

2.2 RESÍDUOS

Desde o início de nossa civilização o ar, o solo e os cursos d'água foram usados como forma natural de descarte dos resíduos gerados pelas atividades humanas (MATTIAZZO-PREZOTTO, 1992).

Em meados do século XIX, a revolução industrial introduziu no processo de produção máquinas acionada por novas fontes de energia. Nessa época a produção humana de “bens de consumo” ainda era limitada. Ao se aumentar a produção de materiais devido às exigências de uma população sempre crescente, as alterações no ambiente se acentuaram devido ao aumento dos resíduos gerados por essa produção e população (MATTIAZZO-PREZOTTO, 1992). E na maioria das vezes tais resíduos são depositados na superfície do solo e causam uma serie de impactos ao ambiente.

Segundo Souza (2005a) por definição, resíduo é tudo aquilo não é aproveitado nas atividades humanas, proveniente das indústrias, comércios e residências. Como resíduos encontramos o lixo, produzido de diversas formas, e todo aquele material que não pode ser jogado ao lixo, por ser altamente tóxico (resíduo nuclear, hospitalar) ou prejudicial ao meio ambiente. Resíduos sólidos e líquidos podem ser de dois tipos, de acordo com sua composição química: resíduos orgânicos que podem ser de origem animal ou vegetal, provenientes de matéria viva, Nessa categoria incluem-se grande parte dos restos de alimento, restos de plantas ornamentais, restos de carne e ossos, fezes, etc) e resíduos inorgânicos, de origem não-viva e derivados especialmente de materiais como o plástico, o vidro, metais, etc.

Os resíduos orgânicos recebem esta denominação em função das elevadas quantidades de carbono, hidrogênio e oxigênio que armazenam em suas moléculas componentes (SILVA, 2008).

Segundo Santos (2004) os resíduos sólidos se enquadram nas seguintes categorias:

Quanto a origem:

- a) **Resíduos sólidos urbanos:** gerados nas áreas urbanas, classificados em: domiciliares, comerciais, serviços de limpeza pública.

- b) **Outros resíduos sólidos:** resíduos industriais, restos de serviços de saúde, resíduos de atividades rurais, serviços de transporte, radioativos, construção e demolição saneamento básico etc.

Os *resíduos de atividade rurais* proveniente da atividade agropecuária, que são constituídos de restos ou sobras vegetais como a (casca de mandioca, casca de café e palha de arroz, podas de capina-capim) e /ou animais, como esterco, cama de frango, etc. Os *resíduos industriais* proveniente das atividades de produção de bens e consumo, como das indústrias madeireiras como as serrarias/carpintarias (serragem, cascas, maravalhas etc., usinas de açúcar e álcool (o bagaço da cana, a torta de filtro e a vinhaça), dos subprodutos da indústria de fertilizantes químicos (gesso agrícola, proveniente da fabricação do superfosfato simples) (SOUZA, 2005a).

Esses materiais orgânicos são fontes primárias de elementos minerais, sobretudo nos casos dos agricultores com falta de recursos e nos países em desenvolvimento. O aumento dos custos energéticos já elevou os preços dos fertilizantes inorgânicos, o que forçou as nações menos favorecidas a reconsiderar as fontes orgânicas dos nutrientes vegetais (BRADY, 1989).

2.2.1 Problemática dos Resíduos Sólidos no Brasil e no Acre

O crescimento populacional nos últimos trinta anos, aliado ao acelerado processo de industrialização ocorrido nesta segunda metade do século passado, vem causando um aumento considerável na geração dos resíduos sólidos urbanos das mais diversas naturezas. O consumo crescente de produtos menos duráveis e/ou descartáveis tem causado um processo contínuo de deterioração ambiental, com sérias implicações na qualidade de vida do homem (IPT, 2000).

A disposição ou destinação final dos resíduos sólidos urbanos consiste em uma das maiores preocupações dos administradores municipais. Segundo a CETESB (2002) a disposição e o tratamento de resíduos sólidos distribuem-se da seguinte forma: 76% depositados em lixões a céu aberto, 22% em aterros

controlados e sanitários e apenas 2% têm outra destinação, como as usinas de compostagem e a incineração.

De acordo com os dados extraídos da pesquisa nacional de saneamento básico do divulgados pelo IBGE (2000) estimou-se que são gerados no país perto de 157 mil toneladas de Resíduo Sólidos urbanos - RSU por dia. Entretanto, 20% da população brasileira ainda não contam com serviço regulares de coleta. Vale ressaltar, que esses resíduos orgânicos, equivalente a aproximadamente 57% de todo resíduo urbano gerado no Brasil, são justamente os resíduos passíveis de serem empregados no processo de compostagem (BRITO, 2008).

A poluição do solo ocorre pela retenção de substâncias tóxicas pelo solo, pois permanência dessas substâncias no solo depende de vários fatores, que vão desde características físico-químicas do solo, às características dos resíduos depositados e fatores climáticos (SISINNO; OLIVEIRA, 2000). A presença de substâncias poluentes no solo colabora para o aparecimento de macro e microvetores, responsáveis pela proliferação de doenças, que podem causar tanto problemas de saúde pública como uma série de outros problemas, a exemplo, da desvalorização das áreas próximas ao aterro (BOWLER, 1999).

Segundo Sisino e Oliveira (2000) ao atingir os lençóis d'água subterrâneos, as substâncias tóxicas podem poluir poços, provocando endemias, desencadeando surtos epidêmicos ou provocar intoxicações, se houver a presença de organismos patogênicos e substâncias tóxicas em níveis acima dos permissíveis. Os mesmos autores ainda citam, que esses processos tornam o uso da água limitado, podendo ocorrer pelo contato direto horizontal da água subterrânea atravessando o lixo quando o lençol é alto, ou por capilaridade até atingir o lençol d'água

A deposição de resíduos sólidos urbanos ainda provoca a geração de gases através da decomposição desses resíduos por bioreações promovidas pela ação de microrganismos, que os transformam em substâncias mais estáveis. Como exemplo dessas substâncias pode-se citar, dióxido de carbono, água, gás metano, gás sulfídrico e outros componentes minerais (NOVA GERAR, 2003).

Problema esse também enfrentado pela maioria das cidades Brasileiras inclusive no Acre onde os resíduos mal cuidados ou despejados em locais impróprios podem provocar doenças, atrair animais indesejáveis como ratos e urubus e causar problemas de entupimento de bueiros, sem falar na sujeira que fica a cidade e na poluição do meio ambiente, rios e igarapés.

Segundo levantamento da Prefeitura de Rio Branco, cada pessoa produz em média de meio a um quilo de lixo por dia. Só na capital a quantidade de resíduos que vai pro aterro diariamente é de 130 a 150 toneladas. E que metade destes resíduos pode ser reaproveitada, não precisando ser depositada nos aterros.

Mas para Glória (1992) a utilização agrônômica de resíduos, pressupõe um número bem diversos de aplicações, entre os quais se pode citar as utilizações em alimentação animal, substrato para fermentação, fabricação de fertilizantes orgânicos ou organo-minerais e entre outros.

Ressalta-se que o objetivo desta apresentação é restrito aos aspectos do uso de resíduos no solo como adubo orgânico, compreendendo os aspectos relacionados à caracterização desses resíduos, os benefícios ou inconvenientes da aplicação ao solo e os parâmetros que devem ser observados quando se pretende dar este destino aos resíduos.

Dentre os diversos produtos que são fontes alternativas disponíveis, com um volume de resíduos nada desprezível estão a mandioca que na etapa de processamento da farinha de mandioca, fécula ou amido é gerado diversos tipos de resíduos.

2.2.2 Resíduos da Mandioca

A mandioca (*Manihot esculenta*) é uma cultura típica entre as regiões do Brasil principalmente nas regiões norte e nordeste. É cultivada principalmente para subsistência por pequenos agricultores (PARREIRAS, 2007).

A mandiocultura representa a base econômica e alimentar de boa parte da população da região Norte e Nordeste, principalmente a de menor poder aquisitivo. Tradicionalmente, o cultivo da mandioca tem um papel importante no Brasil, tanto como fonte de alimento como geradora de emprego e renda, notadamente nas regiões Norte e Nordeste do Brasil. Nessas regiões, para famílias com renda mensal de menos de um salário mínimo, o consumo de farinha de mandioca representa em torno de 10% das despesas anuais com alimentação; o que ratifica a importância desse produto para a população de baixa renda. Estima-se que a maioria das raízes

de mandioca produzida no Brasil, de um total de 26,6 milhões de toneladas (IBGE, 2008), é destinada à fabricação de farinha.

No Brasil, a Industrialização de mandioca tornou-se conhecida em função da obtenção de produtos amiláceos, tradicionalmente conhecidas como casa de farinha, fecularia e engenho de polvilho (LIMA, 2001).

E com a crescente comercialização de mandioca principalmente no setor industrial que tem uma variedade de usos, dos quais as farinhas (e as farofas) e a fécula são os mais importantes. A farinha tem essencialmente uso alimentar, com elevada especificidade regional que, em muitos casos, torna o produto cativo a mercados locais. A fécula e seus derivados têm sido utilizados em produtos amiláceos para a alimentação humana, ou como insumos em diversos ramos industriais, tais como: alimentos, embutidos, embalagens, colas, papeis, mineração, têxtil, e farmacêutico (CARDOSO; GAMEIRO, 2006).

No estado do Acre, a cultura da mandioca apresenta expressiva importância econômica e alimentar. A mandioca é a base energética da alimentação de boa parte da população, e tem grande participação na renda familiar de milhares de pequenos produtores locais. No entanto, outras formas de consumo, como a tapioca, tucupi, caiçuma (cerveja indígena) e a mandioca para mesa, mais conhecida como macaxeira ou mandioca mansa, são comuns entre os habitantes do Estado. A mandioca é o principal produto agrícola do Acre em termos de geração de renda e segurança alimentar, sendo tipicamente de exploração familiar (SILVA, 2010).

Conforme o IBGE no ano de 2006 o Estado do Acre apresentava área plantada e a área colhida de 33.650 hectares, produzindo uma quantidade de 730.434 toneladas, com rendimento médio de 21.706 kg/ha e com valor de produção de 149.961 mil reais. Com esses dados o Acre é considerado o terceiro estado maior produtor da região Norte do Brasil. De acordo com este Instituto, a região do Vale do Juruá, no Acre, representou neste ano 47% de toda a produção de mandioca do Estado.

O governo do Acre, por meio da Secretaria de Extensão Agroflorestal e Produção Familiar (Seaprof), ampliou o programa de atendimento aos produtores de farinha, principal subproduto da mandioca, incentivando-os a embalar a mercadoria. Para isso, a Seaprof estabeleceu como foco a região de Rio Branco, Sena Madureira e Cruzeiro do Sul, os maiores pólos de produção no Estado. “Na região do Juruá, o produtor recebe hoje pelo saco de farinha de 50 quilos entre R\$ 37 e R\$

42. Embalando-a em sacos de um quilo, receberá, levando-se em conta a mesma saca de 50 quilos, R\$ 102". (PLANETA ACRE, 2010).

No processamento de mandioca são gerados resíduos sólidos e líquidos, com qualidade e quantidade dependente de diversos fatores (cultivar, idade da planta, tempo de armazenamento, tipo de processamento, etc.) (CEREDA, 1994).

Além dos produtos que tem as raízes como matéria prima básica, há produtos a partir da parte aérea (constituídas de folhas e hastes) e as raízes que são também usados na alimentação animal (CARDOSO; GAMEIRO, 2006). Segundo Marques et al. (2000) garante que a alimentação de bovinos, que é a base do milho, esta cada vez mais caro escassos e pouco conclusivos, e com isso esta contribuindo para aumentar o uso de mandioca e seus resíduos, em substituição parcial ou total dos alimentos tradicionalmente usados na alimentação de bovinos. E em razão disto cresce a procura por produtos de mandioca inclusive a casca para alimentar os bovinos e suínos (CENTEC, 2004).

A mandioca tem grande número de usos correntes e potenciais, classificados em duas grandes categorias: mandioca de mesa e mandioca para a indústria.

Segundo Cardoso e Gameiro (2006) na subcadeia da mandioca de mesa apresenta-se como subprodutos sólidos a casca, a cepa, e as sobras do processamento de seleção; como subprodutos líquidos têm-se a água de lavagem das raízes. No processamento da mandioca para indústria gera-se subprodutos fibrosos (cepa, casca e bagaço) o subproduto líquido (água de lavagem das raízes, água de extração da fécula e manipueira).

A casca de mandioca é um resíduo da indústria de farinha, resultante da pré-limpeza da mandioca na indústria. A casca de mandioca (CAM) é o resíduo obtido durante o início da fabricação da farinha de mandioca, sendo constituído de casca, entrecasca e pontas de mandioca e apresentando elevado teor de umidade (85%) (MICHELAN et al., 2006). Segundo Takahashi e Fagioto (1990) este resíduo da industrialização da mandioca representa 5,1% da raiz.

Considerando que a produção de mandioca tem aumentado nas propriedades agrícolas brasileiras, de acordo com Michelan et al. (2006) na literatura nacional é escassa com respeito à utilização da mandioca na agricultura. Mas o uso da casca de mandioca para adubar certas culturas é difundida pela maioria dos agricultores como adubo orgânico, justifica-se o maior direcionamento de trabalhos de pesquisa que avaliem o desempenho.

Embora não existam dados absolutos a respeito da quantidade total de resíduos produzidos a partir da industrialização farinheira, sabe-se que cerca de 10% da mandioca total utilizada na fabricação de farinha é eliminada na forma de casca (CALDAS NETO, 1999).

O excesso destes resíduos nas casas de farinha tem sido nos últimos anos um agravante ao meio ambiente, principalmente em comunidade ribeirinha da região do baixo Juruá na região do Cruzeiro do Sul, onde a concentração de casas de farinha é muito alta. Durante o processamento da mandioca é gerado uma grande quantidade de cascas que são desperdiçadas. Uma parte desse resíduo é utilizada para alimentar os animais, mas maioria é lançada diretamente ao solo, rios e igarapés, sem nenhum tratamento.

Segundo Alves (2006) todos os órgãos da mandioca, exceto as sementes, contém glucosídeo cianogênico (GC) também conhecido como cianeto ou ácido cianídrico (HCN). A concentração de GC pode variar com a variedade, condições ambientais, práticas culturais e estágio de desenvolvimento da planta. Segundo o mesmo autor a casca da raiz é mais rica em princípio tóxico que o cilindro central, e para alguns autores o HCN constitui defesa da planta contra predadores ou parasitas.

Além dessa composição Marques e Maggioni (2010) relatam que polpa de raiz da mandioca é onde se concentra o maior teor de amido e menores teores de carboidratos estruturais, já a caca de mandioca, por ser a raiz de mandioca integral, apresenta teores intermediários de amido e carboidratos estruturais.

2.2.3 Resíduos Industriais Madeireiros

A exploração madeireira tem desempenhado grande papel no impulso da colonização da Amazônia brasileira, pois para alcançar a floresta, as empresas necessitam abrir estradas. Lentini et al. (2005) mostram que no ano de 2004 esse setor processou 24,5 milhões de metros cúbicos de toras, sendo que 36% da matéria-prima processada era exportada. Segundo Brasil (2000) a atividade florestal tem sido essencial para o crescimento econômico do país contribuindo, atualmente, com 4% do Produto Interno Bruto (PIB) e com 8% das exportações. Tudo indica que

o consumo de madeira está crescendo mundialmente, porém os limites de sua produção, em termos de equilíbrio entre ganho econômico e prejuízo ambiental levam a inferir que, no futuro não muito distante, haverá redução significativa de sua oferta.

Uma das características das indústrias madeireiras é a geração de grandes quantidades de resíduos durante o processamento da matéria-prima (madeira). Os resíduos gerados nas diversas fases do processamento da madeira são representados por cascas, costaneiras, serragem, maravalha, destopos, e peças desclassificadas, os quais na sua grande maioria, não são aproveitados, sendo queimados em lixões a “céu aberto” ou lançados indiscriminadamente em corpos d’água, configurando-se como passivos ambientais para as empresas produtoras (LOPES; WIPIESKI, 2001).

Resíduos industriais florestais são definidos como subprodutos de correntes do desdobro primário e secundário como também da utilização da madeira. Os resíduos da indústria madeireira do Acre, avaliados em aproximadamente 60% da produção são considerados um forma de desperdício de matéria prima não aproveitada, podendo ocorrer na forma de casca, costaneira, pontas, aparas, lascas, serragem e a maravalha (ARAÚJO, 2003).

Santos (2006) acrescenta ainda que a quantificação do consumo de madeira para o Acre teve seu valor estimado em 198.014 m³ de madeira, sendo que Rio Branco, com 64 serrarias em funcionamento no ano de 2005, teve consumo 108.409 m³/ano, o que representou, em termos percentuais, 55% de todo o resíduo gerado no Estado. Desse consumo, cerca de 67% da madeira que entra na serraria é desperdiçada, virando resíduo, sendo representado em 5% por costaneira, 15% por serragem e maravalha, 10% por refugo/sobras e 37% por lenha.

Os resíduos gerados pela indústria madeireira, que são normalmente desprezados, podem ser utilizados para o cultivo de cogumelos comestíveis, construção de casas com roletes e confecção de tonéis, além da produção de chapas de aglomerados e manufatura de artefatos de madeira, entre outros (REVISTA DA MADEIRA, 2010).

Resíduos orgânicos das indústrias madeireiras, inclusive a serragem, têm servido como fontes prediletas de aditivos de solo, sobretudo para jardins caseiros. Esses rejeitos possuem elevados montantes de ligação e materiais afins, coeficientes C/N muito altos e por conseguinte, são passíveis á decomposição lenta.

Assim não são supridores imediatos de nutrientes vegetais, demonstrando insuficiência desse elemento nutriente, mesmo que tenham sido adicionadas quantidades significativas de serragem (BRADY, 1989).

A aplicação direta desses materiais lignocelulósicos no solo pode apresentar algumas desvantagens, tais como fitotóxicidade, imobilização de nutrientes e concentração de sais desequilibrada (MAIA et al., 2003). Para suprir esses nutrientes Brady (1989) recomenda aplicar fontes alternativas e concomitantes de nitrogênio e Maia et al. (2003) que são os agentes microbiológicas lignocelulolítico á serragem para aumentar a velocidade de sua decomposição.

De acordo com os pesquisadores, uma quantidade enorme de resíduos é gerada pelo processamento inadequado da madeira pela indústria. O uso adequado dos resíduos, por outro lado, poderá proporcionar a geração de novos empregos, com o surgimento das atividades decorrentes de sua aplicação (REVISTA DA MADEIRA, 2004).

Nas serrarias se produzem resíduos de madeira de vários tamanhos. O mais fino é o pó de serra ou serragem, cuja granulometria lembra a farinha de mandioca. Esse material é muito apreciado como cama de aviário. A composição química da serragem é a mesma da madeira que as originou, geralmente muito rica em energia (celulose) e pobre em nitrogênio. Apresentam também quantidades importantes de lignina, nisso contrastando com as palhas. De acordo com a madeira de origem, sua decomposição é mais ou menos lenta. Incorporadas ao solo, a serragem induzem a imobilização do nitrogênio. A imobilização de N pela serragem é mais intensa, por sua maior superfície de reação. Como cobertura morta, ambos os materiais apresentam problemas (BUDZIAK et al., 2004).

A serragem tende a formar blocos quando molhada, impedindo a germinação das sementes. Por essas razões, o melhor uso desses materiais é a compostagem, em combinação com outros resíduos mais facilmente decomponíveis. Embora de compostagem demorada, os resíduos de madeira produzem composto de efeito duradouro, devido à sua riqueza em derivados da lignina. Para acelerar a compostagem desses materiais, é necessário adicionar materiais mais ricos em nutrientes minerais, como os esterco de aves e suínos, e inocular de ruminantes são ricos em bactérias celulolíticas e as terras de mata são boa fonte de bactérias que atacam a lignina (MAIA et al., 2003).

A falta de eficiência da indústria madeireira, especialmente das empresas localizadas na Região Amazônica, em boa parte ocorre porque não se sabe o que fazer com o grande volume de resíduos (VIANA, 2000). Segundo Santos (2007) o consumo de madeira nas indústrias de madeireiras, processadoras e fábricas de laminados e compensadoras levantados nas indústrias do setor madeireiro do Estado do Acre, no ano de 2005, foi estimado em 198.014,23 m³ de madeira, sendo que 76% deste volume corresponde aos municípios de Rio Branco (108.409,17 m³/ano) e Acrelândia (42.152,07 m³/ano), os demais municípios do Estado somaram juntos apenas 24%(47.452,99 m³/ano).

Segundo Santos (2007) em um levantamento percentual da destinação dos resíduos da atividade madeireira no Acre, 72% representa aterros do terreno, olarias/padaria e granja seguidos pela destinação de compostagem/adubação (10%), forno in cinerador (9%), estufa de secagem (5%), queima e descarte (2%) e caldeiras a vapor (1%).

2.2.4 Resíduos bovinos

Além desses resíduos (casca de mandioca e serragem) tem-se o esterco de animais que vem sendo empregado como fertilizantes a milênios. O confinamento de animais em estábulos, cocheiras, pocilgas e aprisco, geram acúmulo de excrementos misturados com camas e resto de alimentos, sendo removido e descarregado em outras locais. Tais resíduos entram em fermentação espontânea decompondo-se, em breve, já se poderá notar que a vegetação natural que circunda o monturo se destaca das mais distantes, mostrando-se muito vigorosa (KIEHL, 1985).

Por muitos séculos rejeitos de animais assim como resíduos de culturas, tem sido devolvido aos solos, com vista a fomentar a produção agrícola (BRADY, 1989).

A composição química do esterco é bastante variável e depende de fatores como espécie animal, tipo de como é utilizada, procedimento usado em sua manipulação, tipo de alimento condições climáticas e idade do animal. Em geral são ricos em nitrogênio, fósforo e potássio (BERGO et al., 2005).

Kiehl (1985) ressalta que os esterco de animais apresentam uma grande quantidade de microrganismos e quando adicionado ao solo como fertilizante tem-se um aumento considerado da população microbiana.

Todos esses resíduos citados podem ser usados como fertilizantes orgânicos por processo controlado a partir de resíduos vegetais ou animais, não enriquecido de nutrientes minerais.

Segundo Maia et al. (2003) os resíduos orgânicos de origem industrial ou agrícola são fontes importantes de carbono (C) provenientes de diversos ecossistemas.

2.3 COMPOSTAGEM

Muitas tecnologias para o aproveitamento destes resíduos avançaram nos últimos anos, as quais possibilitam reutilizar estes agentes poluidores como adubos alternativos e mais baratos, que, além de contribuírem para a não poluição do ambiente, proporcionam a obtenção de produtos agrícolas de melhor qualidade, pois, na maioria dos casos são adubos orgânicos (SOUZA, 2005b).

Defini-se tratamento de resíduos como uma série de procedimentos destinados a reduzir a quantidade ou o potencial poluidor dos resíduos sólidos, seja impedindo descarte de lixo em ente ou local inadequado, seja transformando-o em material inerte ou biologicamente estável (IBAM, 2001).

Souza (2005c) cita que os processos de tratamento ou beneficiamento de resíduos podem ser resumidos em três categorias: reciclagem, incineração e compostagem.

Esses resíduos orgânicos são passíveis de reciclagem por meio do processo da compostagem, um método barato quando comparado a outras formas de tratamento e eficaz na diminuição da quantidade de material a ser aterrado (BARREIRA et al., 2006).

Kiehl¹ (1985 citado por Oliveira, 2004) define compostagem como sendo: “um processo natural ou controlado de decomposição microbiana, de oxidação e oxigenação de uma massa heterogênea de matéria orgânica” e nesse processo ocorre uma aceleração da decomposição aeróbica dos resíduos orgânicos por

populações microbianas, concentração das condições ideais para que os microrganismos decompositores se desenvolvam, (temperatura, umidade, aeração, pH, tipo de resíduos orgânicos existentes e tipos de nutrientes disponíveis), pois utilizam essa matéria orgânica como alimento.

O processo é caracterizado por fatores de estabilização e maturação que variam de poucos dias à várias semanas, dependendo do ambiente.

Segundo Maia et al. (2003) a compostagem é geralmente considerada o processo mais eficiente de tratamento e estabilização de resíduos orgânicos, produzindo a custos aceitáveis um produto higiênico e útil.

O emprego do composto na produção agrícola é uma prática adotada no mundo inteiro. Seu grau de eficiência depende do sistema e da forma como se executa o processo de preparo e das matérias primas utilizadas, podendo ocorrer elevadas variações de qualidade (MELO, 2007).

A prática de compostagem inicia-se com seleção dos resíduos que irão compor a pilha. Essa etapa é muito importante para que a mistura de resíduos a ser curtida esteja bem balanceada no início do processo e as condições de compostagem sejam as mais favoráveis (KIEHL, 2001).

¹KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985. 492 p.

3.1 Balanceamento de resíduos sólidos para compostagem

Segundo o mesmo autor os resíduos orgânicos são divididos em três categorias, segundo sua função:

a) energéticos: são os resíduos carbonáceos, geralmente restos vegetais apresentando alta relação C/N, o carbono deve ser facilmente metabolizável pelos microrganismos. Exemplos: palhas, cascas, sabugo, folhas, capins de corte, bagaços, serragens etc.;

b) nutritivos: estes resíduos devem conter bons suprimentos de nutrientes para satisfazer a demanda dos microrganismos, principalmente nitrogênio. Exemplos: tortas vegetais, restos de planta, resíduos de frigoríficos e matadouros e de indústrias de couro etc.;

c) inoculantes: tem a função de fornecer microrganismos á massa para que a decomposição tenha inicio de modo mais breve possível. Muitas vezes é usado como nutritivos. Exemplo: esterco, efluentes de biodigestores, lodo de esgoto, terra da mata, serapilheira etc.

2.3.2 Parâmetros que controlam a compostagem

O sucesso para a compostagem depende de conhecer e fornecer as condições em que o processo se desenvolve adequadamente. Cada parâmetro desempenha um importante papel durante a cura dos resíduos orgânicos e nenhum deles pode ser colocado em segundo plano. No entanto, não se pode ter completo controle de todas as condições de compostagem, principalmente quando feita em ambiente aberto, mas podem-se adotar formas de manejo que permitam obter eficientemente composto de qualidade (KIEHL, 2001).

- Aeração

Quanto a aeração a matéria orgânica pode se decompor em processo aeróbio ou anaeróbio. Sendo a compostagem um processo aeróbio, o fornecimento de ar é

vital à atividade microbiana, pois os microrganismos aeróbios têm necessidade de oxigênio para oxidar a matéria orgânica que lhe serve de alimento. A circulação de ar na massa do composto é primordial para a compostagem rápida e eficiente. Esta circulação depende da estrutura e umidade da massa e também da tecnologia de compostagem utilizada (FERNANDES, 2000).

De acordo com Kiehl (2001) para garantir a aeração adequada no interior da pilha é necessário efetuar revolvimentos freqüentes. O número ideal depende das condições físicas dos resíduos, do volume e forma da pilha, da atividade dos microrganismos e das condições atmosféricas. Todos esses requisitos manejado adequadamente garantem que o material não exale mau cheiro não atraia insetos.

- Umidade

A presença de água no composto é necessária por ser indispensável à vida dos microrganismos. A umidade ótima, de modo geral, situa-se entre 50 a 60%. O ajuste da umidade pode ser feito pela criteriosa mistura de componentes ou pela adição de água (MAIA, et al. 2003). Se o teor de água de uma mistura é inferior a 40%, a atividade biológica, é inibida, bem como a velocidade de biodegradação (FERNANDES, 2000). Acima de 60% a umidade torna-se excessiva, pois passa a ocupar o espaço do ar e a gerar um ambiente anaeróbio (KIEHL, 2001).

- Microrganismos

Na compostagem atuam diferentes microrganismos tais como fungos, bactérias e actinomicetos (MAIA et al., 2003). Segundo Kiehl (2001) pelo menos um dos resíduos orgânicos deve ser rico em microrganismos para atuar como inoculante e permitir que o processo se inicie de imediato. Os principais materiais inoculantes ricos nesses microrganismos são: esterco, resíduos de frigoríficos, tortas oleaginosas (OLIVEIRA et al., 2004). Segundo Maia et al. (2003) os microrganismos estão agrupados em duas classes quanto a resistência à temperatura do composto: os microrganismos mesófilos, os quais atuam a temperaturas ótimas entre 25 e 40°C e os termófilos, os que atuam a temperaturas entre 50 e 60°C. Mas o processo da compostagem consiste em 3 etapas: de acordo com fase inicial onde microrganismos mesófilos atuam, fase intermediária onde atuam microrganismos

termófilos, fase de maturação, onde microrganismos mesófilos voltam a dominar e ocorrem os principais processos de humificação.

- *Temperatura*

O trabalho dos microrganismos para promover a decomposição da matéria orgânica resulta na liberação de calor, portanto aquecendo o meio (OLIVEIRA et al., 2004). A decomposição microbiana da maioria dos compostos orgânicos presentes nos resíduos libera apreciável quantidade de calor. O aquecimento é desejável porque destrói sementes de ervas espontâneas, elimina microrganismos patogênicos e acelera o processo de decomposição (KIEHL, 2001).

- *Estrutura*

Quanto mais fina é a granulometria, maior é a área exposta à atividade microbiana, o que promove o aumento das reações bioquímicas, visto que aumenta a área superficial em contato com o oxigênio. As condições ótimas de compostagem são obtidas com substratos apresentando de 30 a 36% de porosidade, o que dá um tamanho médio das partículas entre 25 a 75 mm para os ótimos resultados (MAIA et al., 2003).

- *pH*

Níveis de pH muito alto ou muito baixos reduzem ou até inibem a atividade microbiana. Quando são utilizadas misturas com pH próximos da neutralidade, o início da compostagem (fase mesófila) é marcada por uma queda sensível de pH, variando de 5,5 a 6,0 devido à produção de ácido orgânico (FERNANDES, 2000).

Quando o pH do composto apresenta o pH próximo de 5,0 ou ligeiramente inferior, há uma diminuição drástica da atividade microbiológica e o composto pode não passar para a fase termófila. Nesta fase ocorre rápida elevação do pH, que se explica pela hidrólise das proteínas e liberação de amônia. Assim, normalmente o pH se mantém em alcalino (7,5 - 9,0) durante esta fase (MAIA et al., 2003).

- Relação C/N

A relação C/N de um material orgânico é a razão entre os seus teores de carbono e de nitrogênio totais (KIEHL, 2001). Fernandes (2000) cita que os nutrientes, principalmente o carbono e o nitrogênio, são fundamentais ao crescimento bacteriano. O carbono é a principal fonte de energia e o nitrogênio é necessário para a síntese celular a relação inicial ótima do substrato deve situar-se em torno de 30/1. Na realidade, constata-se que ela pode variar de 20 a 70, de acordo com a maior ou menor biodegradabilidade do substrato.

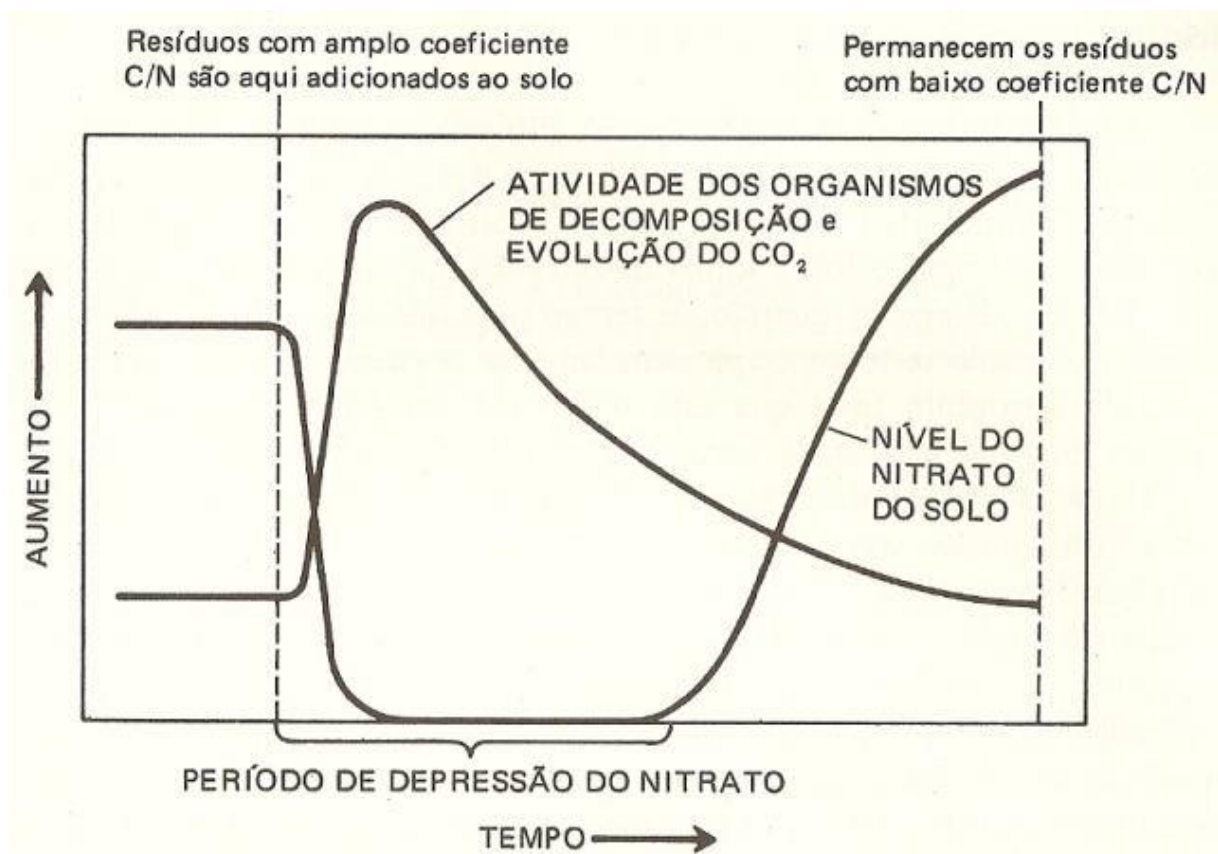


FIGURA 1 – Relação cíclica entre o estágio de decomposição de resíduos orgânicos e a presença de nitrogênio no solo.

Fonte: adaptado Brady (1983).

2.3.3 Qualidade do composto

Segundo Barreira et al. (2006) esses parâmetros, citados acima, podem interferir e influenciar a decomposição, isto é, a qualidade do composto. Maia et al. (2003) definem a qualidade do composto quanto ao seu grau de decomposição: estabilidade e a maturidade. A estabilidade está relacionada à atividade microbiana. Compostos instáveis contêm altas quantidades de matéria orgânica facilmente degradável e sua aplicação no solo pode levar à perda de matéria orgânica natural e quebra de estrutura e erosão dos solos. Além disso, compostos instáveis podem afetar a atividade microbiológica, causar deficiência de nitrogênio e oxigênio no solo e mesmo liberar substâncias fitotóxicas no ambiente.

Em se tratando de composto Oliveira et al. (2004) relatam que o composto pode conter de 50% a 70% de matéria orgânica tendo como característica visual uma coloração escura. Segundo Barreira et al. (2006) durante processo de decomposição é produzido dióxido de carbono, água, minerais e uma matéria orgânica estabilizada.

A maturidade está relacionada ao potencial de crescimento vegetal do composto, ou seja, relacionada com a presença de substâncias húmicas (SH) no composto, que são produzidas principalmente no último estágio da compostagem ou na fase de maturação. A caracterização química de SH ao longo do processo de compostagem é uma etapa fundamental para compreender o processo de humificação e suas implicações na qualidade do composto.

2.4 MATÉRIA ORGÂNICA

Como foi visto anteriormente, cerca de 57% de todo resíduo urbano gerado no Brasil é constituído de matéria orgânica, que por sua vez apresenta potencial para produção de composto orgânico.

2.4.1 Matéria orgânica do solo

A composição dos solos que é constituído de quatro componentes principais: partículas minerais e matérias orgânicos (fase sólida), água (líquida), ar (gasosa) e biológica. Estas quatro fases estão normalmente tão juntas que sua separação só pode ser feita em laboratórios, por métodos específicos (LEPSCH, 2002).

Segundo Lepsch (2002) a quantidade dos materiais orgânicos pode variar tanto entre um tipo de solo e outro. Normalmente, os maiores teores desses materiais são encontrados nos horizontes mais superficiais.

Para Silva e Mendonça (2007) a matéria orgânica é constituída basicamente de C, H, O, N, S e P. Segundo Guerra et al. (2008) esses elementos compõem as unidades estruturais dos tecidos, como as proteínas, celuloses, hemicelulose, amido, pectina, lignina e lipídeos. O C compreende cerca de 58% da matéria orgânica do solo, H, 6%, O 33%, enquanto N, S e P contribuem com cerca de 3%, individualmente (SILVA; MENDONÇA, 2007).

A matéria orgânica do solo, isto é, o carbono (C) tem sua origem a partir de resíduos vegetais e animais que chegam ao solo. Segundo Benites et al. (2005) essa entrada pode ser natural, como a queda de folhas e galhos das árvores, a morte de insetos e seres microscópicos que habitam o solo, a decomposição de raízes mortas, a liberação de exudados radiculares, e ainda pela adição de compostos orgânicos solúveis dissolvidos na água que leva as copas e os troncos das arvores após uma chuva ou intencional feita pelo homem, ao adicionar um esterco, um composto, um resíduo orgânico como lixo doméstico, incorporação de adubos verdes e entre outras.

O estudo da matéria orgânica é baseado na quantificação e caracterização do C das substâncias húmicas e seus compartimentos, indo além de um componente químico do solo que, constantemente, é relacionada com o teor de carbono orgânico total (COT) determinado nos laboratórios de análise química do solo (SILVA; MENDONÇA, 2007).

As pesquisas sobre matéria orgânica do solo (MOS) iniciaram-se com estudos sobre a origem e formação de húmus, basicamente com vista a pedogênese e, posteriormente, com uma fonte natural de nutrientes para a produção de vegetal. Sobre esse aspecto muitas pesquisas foram realizadas e avanços nos aspectos

metodológicos e determinação dos constituintes orgânicos do solo. A recém preocupação com sustentabilidade dos sistemas agrícolas e, sobretudo nas questões ambientais, que envolvem a poluição das águas e o aquecimento global, diversificou as pesquisas sobre a matéria orgânica do solo (CERRI et al., 2008).

2.4.2 Compartimentos da matéria orgânica

Segundo Silva e Mendonça (2007) a fração orgânica é dividida em dois compartimentos: matéria orgânica viva e matéria orgânica não-viva.

A matéria orgânica viva corresponde ao material orgânico associado às células de organismos vivos que se encontram temporariamente imobilizadas, mas que apresenta potencial de mineralização e raramente ultrapassa 4% do carbono orgânico total (COT) e pode ser subdividida em três compartimentos que são raízes, macrorganismos e microrganismos (SILVA; MENDONÇA, 2007).

Para o estudo da avaliação da biota do solo existem algumas características que tem como referência a densidade, a diversidade e a atividade biológica. A densidade/diversidade é identificada como avaliações diretas, semidiretas e indiretas. As avaliações indiretas são indicadas pela Biomassa microbiana, parâmetro esse avaliado em nossos estudos, Biomarcadores entre outros. Já a atividade biológicas é indicada pela respiração também um outro parâmetro avaliado em nossos estudos, ATP, produção de calor e atividades enzimáticas (MOREIRA; SIQUEIRA 2006).

A matéria orgânica não-viva corresponde com 98% do carbono orgânico total (COT), podendo ser subdividida em matéria macrorgânica ou matéria orgânica leve (MOL) ou particulada (3-20%) e húmus. O húmus é um compartimento que consiste de substâncias húmicas (70%) e não-húmicas (30%). Esses dois grupos encontram-se fortemente associados no ambiente edáfico e não são totalmente separados pelos processos tradicionais de fracionamento, sendo difícil definir seus limites (SILVA; MENDONÇA, 2007).

As substâncias não-húmicas podem chegar a contribuir com 10 a 15% do COT dos solos minerais (SILVA; MENDONÇA, 2007). São grupos dos compostos orgânicos bem definidos, como gorduras, ceras, açúcares, enzimas, ácidos solúveis,

lignina, proteínas, pigmentos, celulose. Essas substâncias produzidas por microrganismos que vivem no solo ou pelas plantas, na forma de exsudados radiculares ou compostos que se encontravam no interior das folhas em decomposição (BENITES, 2005). De acordo com o mesmo autor estes compostos participam da nutrição dos microrganismos sendo mineralizados e em parte imobilizados.

As substâncias húmicas compartments são consideradas por Silva e Mendonça (2007) como o principal compartimento da matéria orgânica, consistindo a grande reserva orgânica do solo, contribuindo com cerca de 85 a 90% do carbônico orgânico total (COT). E segundo Guerra et al. (2008) originam-se da degradação química e biológica de resíduos orgânicos (animais e vegetais) e da atividade sintética da biota do solo.

Segundo Moreira e Siqueira (2006) em função da sua solubilidade relativa em álcali e ácidos, as substâncias húmicas são grosseiramente separadas em: ácidos fúlvicos (solúvel em álcali e em ácido), ácidos húmicos (solúvel em álcali e insolúvel em ácido), e húmina (insolúvel em álcali e em ácido).

Os ácidos fúlvicos com suas estruturas simples e tamanho pequeno entram facilmente nos interstícios da rede cristalina das argilas, mobilizando o ferro e alumínio, que se tornam trocáveis. Mobilizam igualmente o cálcio e o magnésio com que se ligam. Os sais de ácido fúlvico são muito móveis e completamente hidrossolúveis (PRIMAVESI, 2002).

Segundo Novotny e Martin-Neto (2008) os ácidos fúlvicos seriam formados por pequenas micelas estáveis que permanecem dispersas devido á repulsão das cargas negativas originadas da dissociação da grande quantidade de grupos ácidos presentes na estrutura.

O ácido húmico tem uma estrutura grande e complexa e não entram nas estruturas das argilas, mas ligam-nas por suas eletrovalências negativas, quando as argilas estão cobertas por camadas de cátions positivos de duas ou três eletrovalências, como exemplo, o alumínio, ferro, cálcio e magnésio. Elas servem de “ponte de ligação” entre as partículas de argila (PRIMAVESI, 2002). Fato este considerado por Rajj (1991) onde ele comenta que solos argilosos são mais ricos em matéria orgânica.

2.6 INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO

À medida que as civilizações entram no século XXI e a população do mundo continua a aumentar, os resíduos continuam a ser gerados e o ambiente é comprometido inclusive à qualidade do solo que esta relacionado a sua fertilidade. É obvio a importância de um continuo aumento na produção de alimentos. E dar continuidade as pesquisas em todas as fases de produção agrícola, pois há a necessidade de vestir e alimentar a sociedade (LOPES; GUILHERME, 2007).

A qualidade do solo é mensurado através do uso de indicadores. Atributos esses que medem ou refletem o status ambiental ou a condição de sustentabilidade do ecossistema (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007).

A presença de nutrientes é um dos aspectos fundamentais que garantem a boa qualidade dos solos. Segundo Primavesi (2002) um solo de boa qualidade é grumosos, que permitem um bom desenvolvimento das raízes, tenha nutrientes suficientes, conserve a maior quantidade de água disponível para as plantas, seja arejado e não contenha substâncias tóxicas prejudiciais a planta. O seu bom uso e manejo, a ciclagem natural de nutrientes é a grande responsável pela manutenção do bom funcionamento do solo e do ecossistema como um todo (LOPES; GUILHERME, 2007).

A qualidade do solo é um atributo ecológico que tem como definição dada por Doran e Parkin (1994) que é a capacidade de um solo de funcionar nos limites do ecossistema, para sustentar a produtividade biológica manter a qualidade ambiental e promover a saúde vegetal e animal

Segundo Goedert e Oliveira (2007) consideraram a matéria orgânica do solo, bem como seus compartimentos, como o melhor indicador de qualidade do solo. Além da matéria orgânica, Araújo e Monteiro (2007) mencionam mais três indicadores que determinam a qualidade do solo que são os físicos (estrutura do solo, densidade do solo, capacidade de retenção de umidade), químicos (pH, condutividade elétrica, teor de N, P, K) e biológicos (biomassa microbiana, mineralização de nutrientes, respiração, atividade enzimática).

De acordo com Doran e Parkin (1994) existem três grupos de indicadores que são: Efêmeros, Intermediários, permanentes. Mas o indicador intermediário é o mais utilizado para monitorar a qualidade do solo pelo fato de não estarem sujeitos a

variação brusca, e poderem ser avaliados com métodos de boa reprodutibilidade. (GOEDERT; OLIVEIRA, 2007).

Segundo os mesmos autores os indicadores intermediários apresentam dois atributos avaliados em nossos trabalhos que foram os compartimentos da matéria orgânica do solo (substâncias húmicas), citado anteriormente e a atividade biológica (biomassa microbiana e respiração basal). É através desses indicadores que se quantifica o teor de carbono do solo. Os principais indicadores biológicos sugeridos para monitorar a qualidade do solo são a biomassa e a atividade microbiana (SPARLING, 1997).

A biomassa microbiana (BM) do solo é definida como a principal parte viva da matéria orgânica constituída pelos microrganismos vivos (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Segundo Cerri et al. (1992) a biomassa microbiana representa 2 a 3% do carbono orgânico do solo, sendo que sua presença está relacionada diretamente com o teor de matéria orgânica. Valores menores que este indicam perdas de carbono do sistema (SOUZA et al., 2006).

Segundo GAMA-RODRIGUES (1997) os valores da biomassa microbiana indicam o potencial de reserva de carbono no solo que participa do processo de humificação. Portanto, permite aferir o acúmulo ou perda de carbono em função de determinado manejo: quanto maior a biomassa microbiana, maior será a reserva de carbono no solo, o que expressa menor potencial de decomposição da matéria orgânica.

A biomassa microbiana é avaliada pelos métodos de fumigação (fumigação-incubação e fumigação-extração) que detectam a quantificação de CO₂ microbiana de amostras de solos (DE-POLLI; GUERRA, 2008). Conforme Moreira e Siqueira (2006) essa quantificação também é realizada pela taxa de respiração em resposta á adição de fonte de carbono.

A dinâmica da matéria orgânica e seu compartimento vivo em sistemas agrícolas tem sido avaliada através da análise da respiração basal. A respiração que é a oxidação biológica, da matéria orgânica a CO₂ a pelos microrganismos aeróbios, ocupa uma posição chave no ciclo do carbono no ecossistema terrestre. A avaliação da respiração do solo é a técnica mais freqüente para quantificar a atividade microbiana, sendo positivamente relaciona com o conteúdo de matéria orgânica e com a biomassa microbiana (ALEF; NANNIPIERI, 1994).

Segundo Dionísio et al. (2007) a liberação de gás carbônico ou respiração edáfica esta diretamente relaciona à decomposição da matéria orgânica no solo e a mineralização do húmus. Os microrganismos são os principais transformadores da matéria orgânica, realizam a decomposição de resíduos orgânicos e utilizam os elementos carbono e nitrogênio na proporção 30/1, eliminando dois terços do carbono para a atmosfera na forma de CO_2 e imobilizam um terço no seu protoplasma, apresentando no final uma relação C/N 10/1.

Devido á atividade biológica, o solo passa a conter, através da matéria orgânica, dois importantes elementos não existentes no material de origem do solo-carbono e nitrogênio (RAIJ, 1991).

A combinação das medidas da biomassa microbiana e respiração do solo fornecem a quantidade de CO_2 evoluída por unidade de biomassa, denominada quociente metabólico ou respiratório ($q\text{CO}_2$). O $q\text{CO}_2$ indica a eficiência da biomassa microbiana em utilizar o carbono disponível para biossíntese, sendo sensível indicador para estimar a atividade biológica e a qualidade do substrato (SAVIOZZI et al., 2002).

O uso do $q\text{CO}_2$ como uma medida de indicador de mudanças na qualidade do solo está na teoria sobre a respiração da comunidade descrita por ODUM (1985).

De acordo com Araújo e Monteiro (2007) esta teoria descreve que o aumento na respiração da comunidade pode ser o primeiro sinal de estresse, uma vez que a reparação dos danos causados por distúrbio no solo requer desvio de energia do crescimento e reprodução para a manutenção celular. Portanto, durante um estresse na biomassa microbiana, haverá direcionamento de mais energia para a manutenção celular em lugar do crescimento de forma que uma proporção de carbono da biomassa será perdida como CO_2 .

CAPITULO I

CARACTERIZAÇÃO E COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS A BASE DA CASCA DE MANDIOCA

RESUMO

O aproveitamento de resíduos na área agrícola é parte de um processo de recuperação e reciclagem sendo que a compostagem têm um importante papel neste processo. Assim, objetivo deste trabalho é caracterizar a matriz orgânica de compostos utilizando como fonte casca de mandioca, serragem esterco e podas de capim. O delineamento utilizado foi o de blocos inteiramente casualizados com quatro tratamento e 3 repetições. Foram montadas leiras num sistema de aeração passiva e a compostagem foi monitorada realizando-se revolvimento a cada 7 dias, com medições de temperatura a cada 3 dias e coleta de amostras para determinações de pH, umidade, COT e CE. Ao final da compostagem analisaram-se K, o Ca, Mg, P total e o teor de C nas frações ácido húmico (C-AH) e ácido fúlvico (C-AF) do composto. A partir da quantificação do carbono dos ácidos húmicos (C-AH) e fúlvicos (C-AF), foi calculado os diferentes índices de humificação, IH: $C\text{-FAH}/COT \times 100$; razão de humificação, RH: $CSH/COT \times 100$ em que o CSH representa o C presente nas substâncias húmicas (C-FAH + C-FAF); porcentagem de ácido húmico, PAH: $C\text{-FAH}/CSH \times 100$; grau de polimerização através da expressão: $GP = C\text{-FAH}/C\text{-FAF}$. Os resultados obtidos permitiram concluir que as baixas temperaturas não influenciaram no processo final da compostagem; a qualidade final do composto é adequada para uso agrícola; O parâmetro mais sensível para monitorar o processo de compostagem foi o teor de carbono orgânico total (COT). Ao se considerar o índice de humificação (IH), razão de humificação (RH), porcentagem de ácido húmico (PAH) e grau de polimerização (GP) com seus respectivos valores críticos 19, 28, 69 e 1.9% respectivamente, mostra que o composto não estava completamente humificado.

Palavras-chave: Resíduos. Compostagem. Substâncias húmica.

ABSTRACT

The waste recovery in agriculture is part of a process of recovery and recycling and composting which have an important role in this process. Thus, aim of this study is to characterize the array of organic compounds using as source of cassava hulls, sawdust, dung and grass cuttings. The design was a randomized blocks with four treatment and three replications. Piles were mounted in a passive aeration system was monitored and compost making is revolving every seven days, with temperature measurements every three days and collect samples for pH, moisture, TOC and EC. At the end of composting were analyzed K, Ca, Mg, P and total C content in humic acid fractions (C-HA) and fulvic acid (C-AF) of the compound. From the quantification of the carbon of humic acids (C-HA) and fulvic (C-AF), we calculated the various indices of humification, IH: $C\text{-FAH}/COT \times 100$, because of humification, RH: $CSH / TOC \times 100$ where C represents the CSH present in humic substances (C-C + FAH-FAF), percentage of humic acid, PAH: $C\text{-FAH}/CSH \times 100$; degree of polymerization through the expression: $GP = C\text{-FAH}/C\text{-FAF}$. The results showed that low temperatures did not influence the final process of composting, the quality of the compost is suitable for agricultural use; the most sensitive parameter for monitoring the composting process was the content of total organic carbon (TOC). When considering the humification index (HI), humification ratio (HR), percentage of humic acid (PAH) and degree of polymerization (GP) at their respective critical values 19, 28, 69 and 1.9% respectively, shows that the compound was not completely humified.

Key-words: Waste. Composting. Humic substances.

1 INTRODUÇÃO

A produção constante e inesgotável de resíduos agrícolas, pecuários e industriais aliada ao seu baixo custo de obtenção, os torna atrativos para uso na agricultura, florestas e recuperação de áreas degradadas. Além disso, considerando que a geração de resíduos é por si só um problema, o reaproveitamento deles contribui para aliviar a pressão sobre o meio ambiente (PASCUAL et al., 1997).

No entanto a casca de mandioca é um resíduo bastante comum nas casas de farinha e para alguns agricultores esse resíduo é utilizado na alimentação de animais e/ou descartados no ambiente (solo, mananciais). Já que a oferta desse resíduo é bastante promissora o aproveitamento da casca de mandioca juntamente com a serragem que também é gerado em grandes quantidades, e o esterco tratados pelo compostagem podem se tornar um adubo viável para a agricultura trazendo melhoria nas propriedades química e biológicas do solo.

A compostagem de resíduos orgânicos é um dos métodos mais antigos de reciclagem, durante o qual o resíduo é transformado em fertilizante orgânico. O processo de compostagem, além de trazer benefícios econômicos, alivia as pressões ambientais causadas pela má disposição desses resíduos (BUTTENBENDER, 2004).

Aumentar os teores de matéria orgânica e de nutrientes do solo pode significar melhorias nas propriedades físicas, químicas e biológicas, conseqüentemente, incrementos na produtividade e na qualidade dos produtos agrícolas, bem como redução nos custos de produção.

A decomposição da matéria orgânica é realizada pelo processo aeróbico e a introdução do oxigênio na leira ocorre através do revolvimento periódico da massa de compostagem. Este processo produz um composto humificado, com características melhores que a dos materiais utilizados

O material húmico formado é representado por dois compartimentos que são as substâncias húmicas (SH) e as não-húmicas. As SH contribuem com 90% do carbono orgânico total (COT) e é o principal componente da matéria orgânica, consistindo a grande reserva orgânica do solo (SILVA; MENDONÇA, 2007).

As substâncias húmicas são operacionalmente subdivididas em frações: ácido fúlvico (C-AF), ácido húmico (C-AH) e humina (HUM). Entre essas substâncias

húmicas os ácido fúlvicos e húmico são os mais estudados (GUERRA et al., 2008).

Grande parte das pesquisas com matéria orgânica está voltada para o estudo das frações das substâncias húmicas que são separadas com base em características de solubilidade.

A maioria das pesquisas que utilizam os resíduos orgânicos no processo de compostagem para obtenção de adubo orgânico não avaliam o teor de C presentes nas frações das substâncias húmicas da matéria orgânica dos compostos.

Portanto, este trabalho tem por objetivo caracterizar os resíduos empregados no processo de compostagem a base de casca de mandioca e avaliar os indicadores químicos (pH, condutividade elétrica e carbono orgânico total e as frações ácido húmico e fúlvico das substâncias húmicas) do composto.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado nas dependências da Embrapa em Rio Branco, AC, em uma área de aproximadamente 10m². Para montar as leiras de compostagem utilizou-se de cascas de mandioca, serragem, esterco bovino e resto de capina. Todos provenientes do município de Rio Branco, AC.

O delineamento empregado foi em blocos inteiramente casualizados com 4 tratamentos e 3 blocos. Os tratamentos foram denominados em T1 (40% Casca de mandioca - CM, 10% Capim - C, 10% Esterco - E, 40%, Serragem - S); T2 (100% casca de mandioca); T3 (60% Casca de mandioca, 20% Esterco, 20% Serragem); T4 (90% casca de mandioca, 10% Esterco).

Todos os resíduos foram submetidos a análises química em laboratório onde foram determinados o potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e carbono orgânico total (COT) de acordo com método do Tedesco et al. (1995), umidade e pH (EMBRAPA, 1997).

A umidade residual das amostras secas de cada resíduo foi determinada pela secagem do material a 105 °C, durante 12 horas, a fim de se expressar os resultados em base de matéria seca.

As pilhas foram montadas com dimensão de 50x50x50 cm num espaçamento de 1,50m entre linhas. O sistema de compostagem escolhido foi o de pilhas de aeração passiva de dimensão $\geq 0,5 \text{ m}^3$ (FIGURA 1 e 2).



FIGURA 2: área experimental



FIGURA 3: compostagem da casca de mandioca

A temperatura, COT, a condutividade elétrica (CE) e pH foram parâmetros utilizados para monitorar a compostagem. Para temperatura foram realizadas medição a cada 3 dias, com um termômetro digital portátil (100 °C \pm 0,1 °C). A

haste de metal do termômetro foi inserida em três pontos de cada pilha e as médias foram calculadas considerando-se as três leituras.

As pilhas foram irrigação foi necessária para evitar que o composto ficasse ressecado. O revolvimento periódico garante um ambiente aeróbico necessário à atividade dos microrganismos e uma homogeneização melhor da mistura em processo de compostagem (HANDRECK, 1998).

As amostras foram coletadas das leiras aos 32 (primeira amostragem), 47 (segunda amostragem) e 128 (terceira amostragem) dias, sendo realizado na terceira amostragem as análises de K no fotômetro de chama. O Ca e Mg na espectrometria de absorção atômica extraído de (NOGUEIRA et al. 2005). O P total pela absorbância em espectrofotômetro (EMBRAPA, 1997). O fracionamento da matéria orgânica, procedimentos descritos por Benites (2003), para determinar o teor de C nas frações ácido húmico (C-AH) e ácido fúlvico (C-AF) da matéria orgânica do composto. A partir da quantificação do carbono dos ácidos húmicos (C-AH) e fúlvicos (C-AF), foi calculado de acordo com Jouraiphy et al. (2005) os diferentes índices de humificação, IH: $C\text{-FAH}/COT \times 100$; razão de humificação, RH: $CSH/COT \times 100$ em que o CSH representa o C presente nas substâncias húmicas (C-FAH + C-FAF); porcentagem de ácido húmico, PAH: $C\text{-FAH}/CSH \times 100$; grau de polimerização através da expressão: $GP=C\text{-FAH}/C\text{-FAF}$.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância ($P < 0,05$) e, nos casos em que o teste F se mostrou significativo foi aplicado o teste de Tukey a 5% de significância para a comparação das médias utilizando o Assistat 7.5 beta.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização dos resíduos

Os valores médios obtidos na caracterização dos resíduos encontram-se na TABELA 1.

Esses resíduos apresentam composição química variada, uma vez que os teores de matéria orgânica, de nutrientes neles presentes se mostram dependentes da origem do processamento de matéria prima, espécie vegetal, regime de arração de animais, etc.

A umidade do esterco e da casca de mandioca ficou em torno de 53 e 55% respectivamente. Estes teores de umidade foram inferiores aos encontrados por Tedesco et al. (2008) e Prado et al. (2000) foi em torno de 85% tanto para o esterco como para casca de mandioca. Segundo Gonçalves e Ludovice (2000) a alta umidade dos materiais pode elevar o custo de aplicação inviabilizando seu uso. No caso da casca de mandioca observou-se no campo uma perda continua da umidade, o que diminui o volume de resíduo.

O pH dos resíduos ficou em torno de 4,7- 6,2 tendendo a neutralidade, com exceção do esterco que apresentou um pH alcalino.

TABELA 1: Determinação dos macronutrientes (K, Ca e Mg) de cada resíduo através dos extratos

Resíduos	Umidade	pH	C	K	Ca	Mg
	--%--	--H ₂ O--	--g.kg ⁻¹ --	-----g.kg ⁻¹ -----		
Casca de mandioca	55,23	5,55	37,90	0,03	1,01	0,18
Capim	26,06	6,20	36,90	0,06	0,00	0,57
Esterco	53,71	9,89	23,06	0,02	0,40	0,11
Serragem	13,39	4,76	62,21	0,02	0,16	0,12

Os teores de carbono orgânico total encontrado variaram conforme o tipo dos resíduos. Os teores de COT foram maiores para a serragem, seguida do capim e casca de mandioca. O esterco apresentou os menores teores. De acordo com Budziak et al. (2004) a serragem possui maior teor de carbono por que é rica em lignina e quando disposta no ambiente demora mais para se decompor e isso justifica acumulação desses resíduos nos pátios das serrarias.

Os teores de K, Ca, Mg encontrados na casca de mandioca foram considerados baixos se comparados com os teores obtidos por Veras e Silva (2007). Os teores de Ca foram maiores para a casca de mandioca e o de Mg para o capim.

3.2 Compostagem da casca de mandioca

O monitoramento do processo de compostagem foi realizado por meio de medições periódicas da temperatura, pH ,condutividade elétrica (CE), carbono orgânico total (COT) e umidade das leiras.

A temperatura máxima das leiras foi de 38°C (GRÁFICO 1). Não foi observada variação significativa neste parâmetro. Provavelmente devido à altura das pilhas. Segundo Haug (1993) a temperatura é o proporcional às dimensões das leiras. As leiras de menores dimensões têm superfície de exposição proporcionalmente maior em relação às leiras maiores e um volume gerador de calor proporcionalmente menor, aquecendo-se com menor intensidade. Estes resultados corroboram com dados obtidos por Febrer et al. (2002).

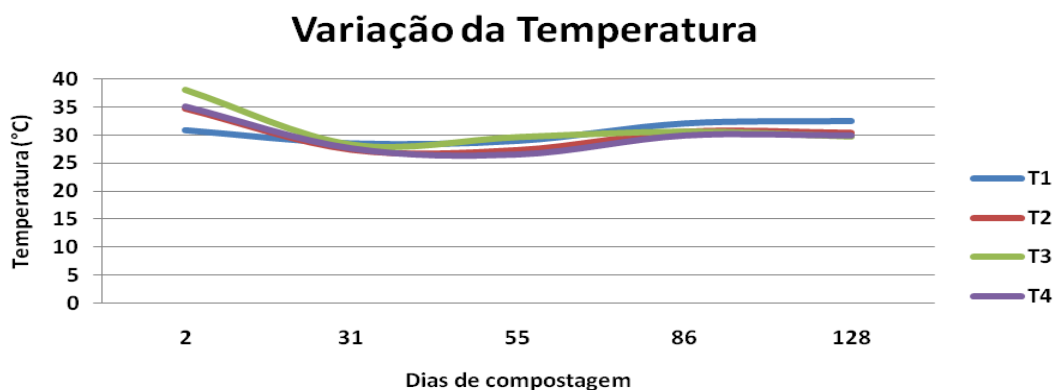


GRÁFICO1: Variação da temperatura do processo de compostagem em quatro diferentes tipos de composto.

Todavia as baixas temperaturas não influenciaram o processo final da compostagem, pois de acordo com Maia et al. (2003) a compostagem pode ocorrer tanto em temperatura termófila (45 a 60 °C) como mesófila (25°C a 40°C) bactéria ativa a temperaturas próximas da temperatura ambiente (cerca de 35°C), cuja

digestão permite a conversão de hidratos de carbono, proteínas, alcoóis, dióxido de carbono, hidrogênio e amoníaco, usada em processos de conversão da biomassa. Vale ressaltar que a temperatura da leira é um parâmetro importante quando os resíduos apresentam organismos patogênicos.

Os testes de médias divulgados na TABELA 2 confirmam que houve diferença significativa na condutividade elétrica (CE) medida aos 32 dias. Observou-se que os valores da (CE) variaram de 0,37 a 0,71 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$, não foi verificada diferença significativa entre os valores de CE medidos nos compostos C1, C2, C3 e C4 durante o processo. Esses resultados evidenciam uma tendência de estabilização de valores ao final do processo, independente do material utilizado na composição das pilhas. Provavelmente os valores só não foram maiores devido ao regime de regas para o controle da umidade e as chuvas que ocorrem no período de compostagem, já que as leiras foram montadas a céu aberto.

Este fato contribuiu para que os valores da condutividade dos compostos gerados pelo processo em pequena escala fossem menores em relação aos valores de compostos gerados em escala convencional apresentados na literatura (COSTA, 1994).

Portanto Kiehl (2002) ressalta que a condutividade deve diminuir com a compostagem, estabilizando em um valor próximo a 50% da leitura inicial. Segundo Sharma et al. (1997) valores entre 0,64 a 6,85 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ são considerados normais para o uso de resíduos em áreas agrícolas. Mas esse valor de 6,85 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ é considerado alto se for levado em consideração o valor estabelecido por Craul e Switzenbaun (1996) e Garcia et al. (1992), onde afirmam que a salinidade de um composto orgânico não deve exceder a 4,0 $\text{mohms}\cdot\text{cm}^{-1}$ (ou $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$) de sais, sob pena de causar perdas de produção.

Observou-se diminuição dos teores de C durante o processo de compostagem. Isto ocorre devido a degradação da matéria orgânica ao longo do processo de compostagem (TABELA 2). De acordo com Bernal et al. (1998) o carbono é utilizado como fonte de energia, sendo dez partes incorporadas ao protoplasma celular e vinte partes eliminadas como gás carbônico. Esse decréscimo também foi observado por Silva et al. (2009). O teor de carbono do C1 com (40% casca de mandioca, 10% capim, 10% esterco, 40% serragem) foi superior aos demais compostos, provavelmente em função da presença de serragem que tem maior persistência no ambiente.

TABELA 2: Valores médios da composição químicas do composto da 1º e 2º amostragem

TRATAMENTOS		1º Amostragem-32dias			
Composto	U %	pH (H ₂ O)	pH (CaCl ₂)	CE dS.m ⁻¹	C g.kg ⁻¹
C1	50.27 a	6,85 b	6,10 b	0,37b	42,7400 a
C2	52.38 a	6,96 b	6,29 ab	0,60 ab	10,1400 c
C3	53.05 a	7,38 a	6,45 ab	0,71 a	27,0133 b
C4	54.28 a	7,11 ab	6,60 a	0,67 ab	11,5133 c
		2º Amostragem-47dias			
C1	NR	5,67 a	5,12 b	0,39 a	22,76 a
C2	NR	6,15 a	5,60 ab	0,65 a	9,07 b
C3	NR	6,14 a	5,54 ab	0,67 a	13,41 b
C4	NR	6,25 a	5,66 a	0,66 a	9,94 b

C1 (40% Casca de mandioca-CM, 10% Capim-C, 10% Esterco-E, 40% Serragem-S); C2 (100% casca de mandioca); C3 (60% casca de mandioca, 20% Esterco, 20% Serragem); C4 (90% casca de mandioca, 10% Esterco). Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

O pH do composto ao longo do processo de compostagem, não teve grandes variações em todos os compostos (TABELA 2). De acordo Khiel (1985) o pH das leiras varia em função do tipo de material empregado na confecção, sendo que inicia com pH ácido tornando-se alcalino no decorrer do período de compostagem, decorrente da formação de humatos alcalinos. Nos compostos avaliados houve uma tendência a neutralização não chegando a valores alcalinos.

Observou-se em todas as amostragens que valores de pH em água sempre são maiores que em solução de CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹, ver tabela 2 e 3. Esses últimos valores são mais baixos que os valores de pH em água, de forma semelhante ao que ocorre em medidas do pH do solo.

Segundo Pavan e Miyazawa (1997) o pH em água (acidez ativa) representa apenas intensidade H⁺ na solução (H⁺ dissociado) não indicando o H⁺ adsorvido (não dissociado) nos colóides da matéria orgânica. Isso acontece porque no caso do H⁺, as frações ativas na solução (H⁺ dissociado) e de reserva (H⁺ não dissociado) adsorvidos aos sítios negativos dos colóides da matéria orgânica, estão em equilíbrio dinâmico. Comparando-se as duas medições de pH, constatou-se que os valores de pH em CaCl₂ foram, em média de 0,5 a 0,8 unidade inferiores aos valores medidos em água. E o valor do pH em CaCl₂ (acidez trocável), é menor que em água devido a maior força de deslocamento do íon H⁺ e Al³⁺ do complexo de troca para a solução pelo Ca²⁺ pois apresenta a maior capacidade de deslocamento da acidez da superfície dos colóides para a solução devido a sua maior seletividade,

não se altera com o efeito do tempo. Observa-se na TABELA 3, que todos os compostos dessa amostragem se encontram com pH ideal para aplicação em solos agrícola. Pois de acordo com os Kiehl (2001) o pH ideal seria no mínimo 6,0.

As TABELAS 2 e 3 mostram a evolução da umidade total no decorrer do processo de compostagem e consta-se que a umidade inicial, que foi em torno de 50% foi declinando até aproximadamente 30%. Esta mesma situação também foi percebida por MAGRINI et al. (2009). A literatura cita que a umidade ideal inicial é entre 50 e 60% e decresce lentamente até chegar a aproximadamente 30% (FERNANDES, 2000). Portanto a umidade dos compostos do presente trabalho está de acordo com estes padrões estabelecidos. Segundo Kiehl (2002) o teor de umidade é um fator importante a ser controlado, pois é a água que promove o transporte de nutrientes dissolvidos. Um teor entre 50 e 60% é considerado bom para a compostagem, abaixo de 35-40% de umidade a decomposição da matéria orgânica é fortemente reduzida e abaixo de 30% praticamente é interrompida, enquanto que a umidade acima de 65% resulta em decomposição lenta, pois prevalecem as condições anaerobiose e pode ocorrer lixiviação de nutrientes.

Na TABELA 3, observa-se que os valores médios para os teores dos macronutrientes potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), analisados ao final da compostagem, não foram significativos. Alves et al. (1999) e Brito (2008) encontraram valores semelhantes. Segundo Jahnel et al. (1999) a oxidação da matéria orgânica para CO₂, realizada microbiologicamente pelo processo de compostagem, faz com que ocorra um aumento relativo nos teores de nutrientes.

TABELA 3: Característica química do composto para avaliar os compartimentos da matéria orgânica (C-FAH e C-FAF) da 3^o amostragem.

TRATAMENTOS		3 amostragem-128dias									
Composto	U	pH		CE	C	Ca	Mg	K	P	C-FAH	C-FAF
	---%---	(H ₂ O)	(CaCl ₂)	-- dS.m ⁻¹ --	-----g.kg ⁻¹ -----				----- mg.kg ⁻¹ -----		
C1	44,58 a	6,46 b	5,77 b	0,71 a	26,59 a	6,12 a	0,84 a	1,35 a	53,84 a	0,09 a	0,23 a
C2	36,43 a	7,02 ab	6,15 ab	0,82 a	13,07 b	6,22 a	0,86 a	1,95 a	40,62 b	0,21 a	0,14 b
C3	42,85 a	6,85 ab	6,22 ab	0,95 a	17,59 ab	5,97 a	0,77 a	1,41 a	49,99 ab	0,14 a	0,16 b
C4	33,72 a	7,19 a	6,46 a	0,82 a	17,14 ab	6,61 a	0,87 a	1,85 a	48,63 ab	0,18 a	0,15 b

C1 (40% Casca de mandioca-CM, 10% Capim-C, 10% Esterco-E, 40%, Serragem-S); C2 (100% casca de mandioca); C3 (60% casca de mandioca, 20% Esterco, 20% Serragem); C4 (90% casca de mandioca, 10% Esterco). Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Quanto ao teor de fósforo (P) do composto houve diferença significativa, mas com teores baixos, se comparados com os teores encontrados por Alves et al. (1999) em compostos de lixo urbano e Leal et al. (2007) em composto orgânicos obtidos com palhada.

De acordo com os limites de 19, 28 e 69%, estabelecido por Jouraiphy et al. (2005) o índice de humificação (IH), que corresponde ao carbono da fração ácido húmico em relação ao carbono orgânico total, a razão de humificação (RH), que estabelece a porcentagem de substâncias húmicas (C-FAH + C-FAF) em relação ao carbono orgânico total e a porcentagem de ácidos húmicos (PAH), apresentado como a porcentagem de carbono da fração ácido húmico em relação ao total das substâncias húmicas, respectivamente, os resíduos analisados apresentaram baixo estágio de humificação (QUADRO 1).

Pelo grau de polimerização (GP), que representa a relação entre o C-FAH e o C-FAF, o C-FAF foi maior que o C-FAH, para os compostos 1 e 3, o que indica que a matéria orgânica desses resíduos não se encontrava completamente decomposta (MORAL et al., 2005). Vale ressaltar que havia a presença de serragem nesses compostos citados e isso justifica a sua lenta decomposição. Segundo Swift et al. (1979) altos teores de lignina, polifenóis e celulose estão relacionadas com a baixa taxa de decomposição, menor liberação de nutrientes e com maior acúmulo de serapilheira. Resíduos que possuem maiores teores de lignina e de celulose tendem a persistir no solo, tornando-os mais resistentes à decomposição (KLIEMANN et al., 2006). Por esse motivo quanto mais alto forem os conteúdos de lignina e a relação C:N nos resíduos, tanto mais lenta será a sua decomposição (FLOSS, 2000).

QUADRO 1: Teores de C em substância húmicas (CSH) e índices de humificação calculadas para os diferentes compostos estudados

TRATAMENTOS	CSH ⁽¹⁾	IH ⁽²⁾	RH ⁽³⁾	PAH ⁽⁴⁾	GP ⁽⁵⁾
composto	____mg.kg ⁻¹ ____	_____ % _____			
C1	0,32	0,34	1,20	28,12	0,39
C2	0,35	1,61	2,67	60,00	1,5
C3	0,30	0,79	1,70	46,66	0,87
C4	0,33	1,05	1,92	54,54	1,2

⁽¹⁾ CSH-C em substâncias húmicas: C-FAH+C-CFAF; ⁽²⁾ IH-índice de humificação: C-FAH/COT x 100; ⁽³⁾ RH-razão de humificação: CSH/COT x 100; ⁽⁴⁾ PH-porcentagem de ácido húmico: C-FAH/CSH x 100; ⁽⁵⁾ GP-grau de polimerização: C-FAH/C-FAF.

O valor de 1,9 foi proposto por Iglesias-Jimenez e Perez-Garcia (1992) como um índice para separar composto de lixo e lodo de esgoto estáveis daqueles não completamente curados.

Considerando-se esse atributo, os materiais estudados possuem baixo grau de humificação. Esse índice é apontado por vários autores Sanches-Monedero et al. (1999) e Tomati et al. (2000) como o mais sensível para monitorar o processo de humificação. O aumento nesse índice é explicado pela formação de moléculas complexas, ácido húmico (AH) a partir de moléculas simples, ácido fúlvico (AF) ou pela biodegradação de componentes facilmente decomponíveis da fração ácido fúlvico, seguidas pela formação de estruturas húmicas mais policondensadas, à medida que avança o processo de decomposição e de humificação (JOURAIPHY et al., 2005). Os compostos 2 e 4 que apresentam a casca de mandioca em maior proporção obteve-se maiores valores de C-FAH superior ao C-FAF.

4 CONCLUSÕES

- A qualidade final do composto é adequada para uso agrícola, pois o pH e a umidade do composto orgânico em todas as amostras, mantiveram valores mínimos requeridos pela legislação; a condutividade elétrica do composto apresentou valores considerados normais para o uso de resíduos em áreas agrícolas se estabilizando com a compostagem;
- O parâmetro mais sensível para monitorar o processo de compostagem foi o teor de carbono orgânico total (COT).

REFERÊNCIAS

ALVES, W. L.; MELO, W. J.; FERREIRA, M. E. Efeito do composto de lixo urbano em um solo arenoso e em plantas de sorgo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Jaboticabal, v. 23, p. 729-738, 1999.

BENITES, V. M.; MADARI, B.; MACHADO, P. L. O. de A. **Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo: um procedimento simplificado de baixo custo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003, 7 p. (Comunicado técnico, 16).

BERNAL, M. P.; PAREDES, C.; SANCHEZ-MONEDERO, M. A.; CEGARRA, J. Maturity and stability parameters of compost prepared a wide rage of organic waste. **Bioresources Technology**, v. 63, p. 191-199, 1998.

BRITO, M. J. C. **Processo de compostagem de resíduos urbanos em pequena escala e potencial de utilização do composto como substrato**. 2008. 124 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) – Engenharia de Processos, Universidade Tiradentes, Aracajú, SE, 2008.

BUDZIAK, C. R.; MAIA, C. M. B. F.; MANGRICH, A. S. Transformações químicas da matéria orgânica durante a compostagem de resíduos da indústria madeireira. **Química Nova**. v. 27, n. 3, p. 399-403, 2004.

BUTTENBENDER, S. E. **Avaliação da compostagem da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos provenientes da coleta seletiva realizada no município de Angelina/SC**. 2004. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Área de Tecnologia de Saneamento Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

COSTA, C. A. **Crescimento e teor de metais pesados em alface (*Lactuca sativa* L.) e cenoura (*Daucus carota* L.) adubadas com composto orgânico de lixo urbano**. 1994. Dissertação de Mestrado, UFV, Viçosa, MG, Brasil, 1994.

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

EMBRAPA, centro nacional de pesquisa de solos. **Manual de métodos de análises de solos**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. p. 83-84.

FEBRER, M. C. A.; MATOS, A. T. de; SEDIYAMA, M. A. N.; COSTA, L. M. da C. Dinâmica da decomposição mesofílica de resíduos orgânicos misturados com águas residuárias da suinocultura. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 10, n. 1-4, p. 18-30, 2002.

FERNANDES, F. Estabilização e higienização de biossólidos. In: BETTIOL W.; CAMARGO, O. A. (Ed.). **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2000. p. 46-67.

FLOSS, E. Benefícios da biomassa de aveia ao sistema de semeadura direta. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 57, n. 1, p. 25-29, 2000.

GARCIA, C.; HERNANDEZ, T.; COSTA, F. Study on water extract of sewage sludge composts. **Soil Science and Plant Nutrition**, v.37, p. 399-408, 1992.

GONÇALVES, R. F.; LUDUVICE, M. In: BETTIOL W.; CAMARGO, O. A. (Ed.). **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2000. p. 25-44.

GUERRA, J. G. M.; SANTOS, G. A., SILVA, L. S.; CAMARGO, F. A. O. Macromoléculas e substâncias húmicas. In: SANTOS, G. de A.; SILVA, L. S. da; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. de O (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistema tropicais e subtropicais**. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 19-25.

HANDRECK, K. A. **Composting: mking soil improver from rubbish**. 8. ed. Austrália: CSIRO, Division of soils. Soils Series, 1998. 19p.

HAUG, R.T. **The Pratical Handbook of Compost Engineering**. Lewis, Boca Ratón, 1993.

IGLESIAS-JIMENEZ, E.; PEREZ-GARCIA, V. Determinationof matury índices for city refuse. compost. **Agriculture Ecosystems Environment**, v. 38, p. 331-343, 1992.

JAHNEL, M. C.; MELLONI, R.; CARDOSO, E. J. B. N. Maturidade de composto de lixo urbano. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 2, 1999.

JOURAIPHY, A.; AMIR, S.; EL GHAROUS, M.; REVEL, J.; HAFIDI, M. Chemical and spectroscopic analysis of organic matter transformation during composting of sewage sludge and green plant waste. **International Biodeterioration Biodegradation**, Oxford, v. 56, n. 2. p. 101-108, set. 2005.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985. 492 p.

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem**: maturação e qualidade do composto. 3. ed. Piracicaba, 2002.

KIEHL, J. de C. Produção de composto orgânico e vermicomposto. Agricultura Alternativa. Belo Horizonte: **Informe Agropecuário**, v. 22, n. 212, p. 40-42, 47-52, set. 2001.

KLIEMANN, H.J.; BRAZ, A.J.P.B.; SILVEIRA, P.M. Taxa de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em latossolo vermelho distroférico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 36, n. 1, p. 21-28, 2006.

LEAL, M. A. A. **Produção e eficiência agrônômica de compostos obtidos com a palhada de gramínea e leguminosas para o cultivo de hortaliças orgânicas**. Tese de Doutorado, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, Brasil, 2007.

MAIA, C. M. B. de F.; BUDZIAK, C. R.; PAIXÃO, R. E. da; MANGRICH, A. S. **Compostagem de resíduos florestais**: um guia para produção de húmus através da reciclagem e aproveitamento de resíduos florestais. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 28 p. (Documentos, 87).

MAGRINI, F. E.; CAMATTI-SARTORI, V.; VENTURIN, L. Avaliação microbiológica, pH e umidade de diferentes fases de maturação do biofertilizante Bokashi. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 4, n. 2, p. 431-435, nov. 2009.

MORAL, R.; MORENO-CASELLES, J.; PERREZ-MURCIA, M. D.; PEREZ-ESPINOSA, A.; RUFETE, B.; PAREDES, C. Characterization of the organic matter pool in manures. **Bioresource Technology**, Oxford, v. 96, n. 2, p. 153-158, jan. 2005.

NOGUEIRA, A. R. A.; MATOS, A. de O.; CARMO, C. A. F. de S. do.; SILVA, D. J.; MONTEIRO, F. L.; SOUZA, G. B. de; PITTA, G. V. E.; CARLOS, G. M.; OLIVEIRA, H. de; FILHO, J. A. C.; MIYAZAWA, M.; NETO, W. de O. Tecido vegetal. In: NOGUEIRA, A. R. A.; SOUZA, G. B. de. **Manual de laboratórios: solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos**. São Calos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005. p. 145-198.

PASCUAL, J. A.; AYUSO, M.; GARCIA, C; HERNANDEZ, T. Characterization of urban wastes according to fertility and phytotoxicity parameters. In: **Waste Management and Research**. p.103-112, 1997.

PAVAN, M. A., MIYAZAWA, M. **Lições de fertilidade do solo pH**. Londrina: Iapar, 1997. 47p.

PRADO, I. N. do; MARTINS, A. de S.; ALCANDE, C. R.; ZEOULA, L. M.; MARQUES, J. de A. Desempenho de novilhas alimentadas com rações contendo milho ou casca de mandioca como fonte energética e farelo de algodão ou levedura como fonte protéica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 1 p. 278-287, 2000.

SANCHEZ-MONEDERO, M. A.; ROIG, A.; CEGERRA, J.; BERNAL, M. P. Relationships between water soluble carbohydrate and phenol fractions and the humification indices of different organic wastes during composting. **Bioresource Technology**. v. 70, p. 193-201, 1999.

SHARMA, V. K.; CADITELLI, M. FORTUNA, F.; CORNACCHIA, G. Processing of urban and agro-industrial residues by aerobic composting: review. **Energy Converservation**, v. 38, n.5, p. 453-478, 1997.

SILVA, F. A. de M.; VILLAS BOAS, R. L.; SILVA, R. B. da; Parâmetros de maturação para diferentes compostos orgânicos. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 4, n. 1, p. 67-78, 2009.

SILVA, I. R. da; MENDONÇA, E. de Sá. Matéria orgânica In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V, V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2007. p. 275-357.

SWIFT, M.J.; HEAL, D.W.; ANDERSON, J.M. **Studies in ecology-decomposition in terrestrial and aquatic ecosystems**. Oxford: Blackwell, 1979. p. 54-94.

TEDESCO, M. J.; SELBACH, P. A.; GIANELLO, C.; CAMARGO, F. A. O. Resíduos orgânicos no solo e os impactos no ambiente. In: SANTOS, G. de A.; SILVA, L. S. da; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. de O (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistema tropicais e subtropicais**. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 113-135.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C. ; BISSANI, C. A.; BOHNEM, H.; VOLKWEISS+, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto alegre:UFRGS-Departamento de solos, 1995. (Boletim técnico, 5).

TOMATI, U.; MADEJON, E.; GALLI, E. Evaluation of humic acid molecular weight as an index of compost stability. **Compost Science and Utilization**, v. 8, p. 108-115, 2000.

VERAS, M. de S.; SILVA, A. C. da. Controle biológico como alternativa para a agricultura familiar no maranhão: efeito supressor de fitopatógeno. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Maranhão, v. 2, n. 1, p. 1458-1460, fev.2007.

CAPITULO II

ATIVIDADE MICROBIANA E FERTILIDADE DO SOLO TRATADO COM COMPOSTO A BASE DA CASCA DE MANDIOCA

RESUMO

A atividade microbiana tem grande relevância para a ciclagem de nutrientes e a fertilidade do solo. O presente trabalho tem por objetivo avaliar o impacto do uso de composto a base da casca de mandioca na fertilidade e atividade biológica do solo. O solo utilizado foi o LATOSSOLO VERMELHO Amarelo eutrófico. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com 4 tratamentos C1 (40% Casca de mandioca, 10% Capim, 10% Esterco, 40%, Serragem); C2 (100% casca de mandioca); C3 (60% casca de mandioca, 20% Esterco, 20% Serragem); C4 (90% casca de mandioca, 10% Esterco) com 3 repetições sendo acompanhados em três épocas com 13, 60 e 90 dias. O composto foi aplicado em doses equivalente a 60 t.ha⁻¹ em solo acondicionado em sacos de polietileno e mantido na capacidade de campo. Os resultados obtidos permitiram concluir que o conteúdo de carbono da biomassa da 1^o, 2^o, 3^o época do solo incubado com composto a base de casca de mandioca não se alterou entre os tratamentos. E com a rápida decomposição do composto pelos microorganismos houve perda de carbono para o meio e com isso a incorporação de carbono na biomassa foi baixa. Os teores de K, Ca e Mg no solo foram satisfatórios, sendo observados na soma de base (SB), capacidade de troca de cátions (CTC) e Saturação por base (V). Todos os tratamentos do solo com o compostos a base da casca de mandioca foram relevantes na atividade microbiana, capacidade de retenção de cátions.

Palavras-chave: Biomassa e respiração microbiana. Indicadores do solo.

ABSTRACT

Microbial activity has great relevance for nutrient cycling and soil fertility. The present study aims to assess the impact of the use of the base compound from the bark of cassava in fertility and soil biological activity. The soil was a Typic Yellow eutrophic. This experimental design was randomized blocks with 4 treatments C1 (40% cassava peel, 10% grass, 10% manure, 40%, sawdust), C2 (100% cassava hull), C3 (60% cassava peel, 20 Manure%, 20% sawdust) C4 (90% cassava peel, 10% manure) with three replicates was followed in three seasons with 13, 60 and 90 days. The compound was administered in doses equivalent to 60 t ha⁻¹ in acondicionado soil in polyethylene bags and kept in the field capacity. The results showed that the carbon content of biomass of the 1st, 2nd, 3rd season soil incubated with the compound base of cassava peel did not change between treatments. And with the quick composition of the compound by microorganisms was no loss of carbon to the middle and with it the incorporation of carbon in biomass was low. The contents of K, Ca and Mg in soil were satisfactory, being observed in the sum of base (SB) retention capacity of cations (CEC) and base saturation %. All soil treatments with the compounds to base cassava peel were relevant in microbial activity, capacity to retain cations.

Key-words: Biomass and respiration microbial. Indicators of soil

1 INTRODUÇÃO

A comunidade microbiana no solo é composta por actinomicetos, fungos, bactérias, vírus e tem papel fundamental na ciclagem de nutrientes no solo. Para Souza et al. (2003) as condições básicas, de todos os seres do solo está na disponibilidade e qualidade de fontes carbonáceas presentes na matéria orgânica, que se acumulam nos solos (resíduos vegetais e animais) e por eles são reciclados. Para cada estágio de decomposição dos compostos orgânicos há um grupo especializado e predominante de microrganismos.

A utilização de resíduos na agricultura tem sido amplamente estudada. Tem-se revelado uma alternativa viável e interessante, por representar fonte de matéria orgânica e de nutrientes para as plantas, melhorando as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo.

A fonte de energia disponível nos resíduos vegetais e animais, usados pelos organismos do solo (decompositores) está contida numa ampla variedade de compostos orgânicos tais como carboidratos (polissacarídeos, oligossacarídeos e monossacarídeos), lignina, proteína, lipídeos e pigmentos, entre outros compostos orgânicos (CERRI et al., 1992).

Conforme Moreira e Siqueira (2006) resíduos ricos em açúcares, proteínas, amidos e celulose são decompostos em menos de um ano, aqueles ricos em outras frações como lignina, resistem á decomposição, persistindo por tempo maior no solo. Os substratos primários (glicose, glicina e celulose) são decompostos rapidamente enquanto lignina, melanina e ácido húmico, que são macromoléculas complexas, e casca de madeira, turfa (material de origem vegetal) são considerados recalcitrantes e tendem a se acumular no solo, imobilizando grande quantidade de C e nutrientes.

O resultado da nutrição desses seres é a liberação de gás carbônico (CO₂) e substâncias húmicas, que são à base dos ciclos biogeoquímicos, ou da fertilidade natural do solo (SOUZA et al., 2003). Segundo Raij (1991) os processos bioquímicos que ocorrem em solos decorrem da busca dos organismos por nutrientes e energia.

A fonte primária de matéria orgânica, que incorpora nutrientes minerais e

energia, provem dos vegetais clorofilados que através do processo fotossintético, fixam gás carbônico do ar e combinam o carbono com oxigênio, hidrogênio e nutrientes, sintetizando os compostos orgânicos. Esses compostos orgânicos irão servir de alimentos para uma serie de organismos existentes no solo, irão transformá-los até que os produtos finais sejam aqueles inicialmente utilizados pelas plantas como o carbono e nutrientes minerais.

Segundo Araújo e Monteiro (2007) os microorganismos do solo são bioindicadores das condições biológicas, Os principais indicadores biológicos sugeridos para monitorar a qualidade do solo são a biomassa e a atividade microbiana (SPARLING, 1997).

De acordo com García-Gil et al. (2000) e Matsuoka et al. (2003) o teor de carbono da biomassa microbiana pode ser utilizado como indicador de qualidade, com sensibilidade para detectar modificações no solo, antes mesmo que os teores de matéria orgânica sejam alterados significativamente.

Em paralelo a esse fator de indicação, também é levado em consideração a respiração do solo. Conforme Araújo e Monteiro (2007) a avaliação da respiração do solo é a técnica mais frequente para quantificar a atividade microbiana, sendo positivamente relacionada com o conteúdo de matéria orgânica e com a biomassa microbiana.

A evolução do CO₂, como medição da respiração, representa a taxa de decomposição total, uma vez que o CO₂ é liberado durante a biodegradação aeróbica da maioria das substâncias orgânicas (SKAMBRACKS; ZIMMER, 1998).

O presente trabalho de pesquisa objetivou verificar o impacto da aplicação do composto a base de casca de mandioca sobre a fertilidade e a atividade microbiana do solo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária no município de Rio Branco, AC, O solo utilizado foi o LATOSSOLO VERMELHO Amarelo eutrófico coletado na fazenda experimental da Embrapa Acre.

Análises químicas realizadas no Latossolo Vermelho Amarelo eutrófico revelaram as seguintes características: pH em água = 5,02; P = 3,90 mg.dm³; K⁺ = 0,34 cmol_c.dm⁻³, Ca²⁺ = 2,57, Mg²⁺ = 1,19 cmol_c.dm⁻³ (KCl 1 mol L⁻¹), H+Al = 3,19 cmol_c.dm⁻³, SB = 4,1 cmol_c.dm⁻³, CTC_(pH7) = 7,3 cmol_c.dm⁻³, Carbono orgânico = 7,76 g.kg⁻¹ M.O = 13,35 g.kg⁻¹, V = 56,25 %.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizado com quatro tratamentos e três repetições, avaliados em 3 épocas diferentes, totalizando 36 unidades. Cada época constou com os tratamentos de diferentes composto a saber C1 (40% Casca de mandioca, 10% Capim, 10% Esterco, 40%, Serragem); C2 (100% casca de mandioca); C3 (60% casca de mandioca, 20% Esterco, 20% Serragem); C4 (90% casca de mandioca, 10% Esterco).

Cada unidade experimental constou de 1 kg de solo seco e peneirado acondicionado em sacos de polietileno. Em cada saco foi aplicados diferentes tipos de compostos na dose de 30g/dm³ equivalente á 60t/há. Os compostos foram homogeneização, umedecidos com água deionizada para elevar 60% da capacidade de retenção e avaliados em três épocas distintas com 13, 60 e 90 dias e cada época apresentava 12 amostras.

Em todas as épocas, amostras de solos foram submetidas à análise química para determinar o carbono da biomassa microbiana (VANCE et al., 1987). Carbono da Respiração procedimento descrito por Dionísio, et. al. (2007). Foi realizado análise química do solo incubado com o composto. O solo foi destorroado e preparado como terra fina seca ao ar (TFSA) para determinação do pH em água, carbono orgânico total (COT), Ca, Mg, K, H+Al, SB, CTC e V% (EMBRAPA, 1997). Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (P<0,05) e, nos

casos em que o teste F se mostrou significativo, foi aplicado o teste de Tukey a 5% para a comparação das médias utilizando o software Assistat 7.5 beta.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foi observada alteração na atividade microbiana do solo após 90 dias de incubação do composto com solo. Na TABELA 1 observa-se que com 13 dias de incubação, que chamou-se de primeira época, os teores de carbono da biomassa foram altos, isso por que houve uma maior imobilização de C pela biomassa microbiana do solo (BMS). A taxa de respiração em resposta à adição do composto como fonte de carbono não foi significativa entre os tratamentos assim como o carbono da biomassa. Mas a quantidade de carbono da biomassa foi maior em relação ao carbono liberado pela respiração.

Segundo Aquino et al. (2005) isso foi possível pela maior oferta de C e energia utilizada pelos microrganismos. Moreira e Siqueira (2006) mencionam em seus estudos que quando se adiciona resíduos orgânicos no solo a população microbiana é estimulada em função do carbono oxidável e a demanda por nutrientes pela microbiota decompositora aumenta e com isso conseqüentemente a respiração (taxa de liberação de CO₂) do solo também aumenta. E esse aumento é observado na 2 época.

Aos 60 dias observa-se aumento da respiração do solo. Conforme SALA (2002) a respiração basal é um indicador da qualidade do carbono orgânico disponível no solo aos microrganismos heterotróficos. Quanto maior a quantidade de CO₂ liberada por unidade de peso de solo, maior a quantidade de substrato assimilável para o desenvolvimento da biomassa microbiana. Nessa amostragem não foi possível determinar o carbono da biomassa microbiana, pois o substrato coletado durante o procedimento foi colonizado por fungos.

Aos 90 dias, houve decréscimo na respiração microbiana e conseqüentemente houve decréscimo da BMS no decorrer do processo de decomposição dos resíduos (TABELA 1). Segundo Passianoto et al. (2001) que também detectou esse fenômeno em seus estudos menciona que a atividade microbiana é mais expressiva nos primeiros dias de incubação, ocorrendo após um decréscimo na liberação de C-CO₂.

Na realidade à medida que os microrganismos consomem os nutrientes e carbono como fonte de energia, a taxa de respiração microbiana também tende a cair. À medida que os microrganismos vão consumindo o C, e liberando CO₂, a relação C/N diminui (Aquino et al. 2005).

TABELA 1: Resultado da determinação do carbono da respiração e da biomassa microbiana do solo avaliado em três épocas

TRATAMENTOS	1 ÉPOCA-13dias	
	C-RESPIRAÇÃO	C-BIOMASSA
SOLO+COMPOSTO	mg/100g	mg/100g
SC1	6,48667 a	42,44246 a
SC2	6,03667 a	37,04485 a
SC3	6,09333 a	28,23418 a
SC4	10,64667 a	39,93607 a
2 ÉPOCA-60dias		
SC1	20,1800 a	NR
SC2	20,4833 a	NR
SC3	18,4567 a	NR
SC4	15,5300 a	NR
3 ÉPOCA-90dias		
SC1	17,2167 a	10,5800 a
SC2	15,6967 a	9,2800 a
SC3	14,2033 a	11,2967 a
SC4	18,7733 a	12,2700 a

SC1 (40% Casca de mandioca-CM, 10% Capim-C, 10% Esterco-E, 40%, Serragem-S); SC2 (100% casca de mandioca); SC3 (60% casca de mandioca, 20% Esterco, 20% Serragem); SC4 (90% casca de mandioca, 10% Esterco). Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

*NR - Não Realizado.

Segundo Carvalho (2005) conforme visto, a taxa de liberação de C-CO₂ para o meio foi alta porque a atividade microbiana foi “ineficiente” incorporando na biomassa microbiana uma fração mínima de carbono.

Pode-se levar em consideração que a casca de mandioca caracteriza-se por apresentar, em sua composição, teores mais elevados, particularmente de fibra, elevado teor de cianeto Michela et al. (2006) açúcares solúveis e amido (CARDOSO; GAMEIRO, 2006). E os compostos a base de casca podem apresentar ainda altos teores de C solúvel em água facilmente degradável visto que os teores de C-FAH dos compostos foram baixos. Segundo Moreira e Siqueira (2006) o amido é uma mistura de dois polímeros de glicose: amilose e amilopectina, sendo o mais

importante composto orgânico de reserva das plantas e entre os bons degradadores estão os actinomicetos (actinobactérias), que durante a decomposição liberam C-CO₂ e outras substâncias. A presença abundante desse tipo de substrato na matéria orgânica faz com que a decomposição seja rápida causando perdas no estoque de carbono. De acordo com a literatura o amido é um substrato que já está pronto na natureza e não é persistente no solo.

Análise de fertilidade aos 90 dias após aplicação dos compostos revelou que não houve diferença significativa das variáveis medidas (TABELA 2).

Com relação ao carbono orgânico total (COT) não houve diferença entre os compostos no solo. Apesar de teor de carbono do C1 ser superior aos demais compostos.

As bases trocáveis encontradas na maioria dos solos que são Na, K, Ca e Mg é considerado uma referência na fertilidade dos solo. Mas neste trabalho considerou-se apenas os cátions K, Ca, e Mg nos resultados da soma de bases (SB). Foi observado que não houve diferença significativa entre os compostos e a mesma tendência foi observada após a incubação dos compostos no solo.

Para os resultados de CTC, saturação por base (V), fósforo e matéria orgânica, não foi observada diferenças significativas. Os valores apresentados da soma de base (SB), a capacidade de trocas de cátions (CTC) e saturação por bases (V), foram considerados de médios a altos em todos os tratamentos. E esta classificação está de acordo com Novais e Mello (2007) onde estão descritos em seus trabalhos as classes e a magnitude de algumas dessas variáveis aqui expostas.

TABELA 2: Média dos resultados das análises de fertilidade do solo com o composto final

Tratamentos	pH _(água)	Ca	Mg	K	H+Al	SB	CTC	P	P.rem	C	V
Solo+composto		-----cmol _c .dm ⁻³ -----					--mg.dm ⁻³ --		---mg.L ⁻¹ ---	---g.kg ⁻¹ ---	---%---
SC1	5,34 a	2,98 a	1,49 a	0,30 a	3,22 a	4,78 a	8,00 a	0,59 a	12,31 a	6,97 a	60,03 a
SC2	4,96 a	2,35 a	1,16 a	0,32 a	3,03 a	3,84 a	6,88 a	0,85 a	16,35 a	6,57 a	52,47 a
SC3	5,15 a	2,33 a	1,15 a	0,30 a	3,09 a	3,79 a	6,88 a	0,88 a	17,31 a	7,04 a	52,13 a
SC4	4,77 a	3,04 a	1,53 a	0,31 a	3,24 a	4,90 a	8,14 a	0,68 a	16,56 a	6,43 a	60,21 a

SC- solo+composto. SC1 (40% Casca de mandioca-CM, 10% Capim-C, 10% Esterco-E, 40%, Serragem-S); SC2 (100% casca de mandioca); SC3 (60% casca de mandioca, 20% Esterco, 20% Serragem); SC4 (90% casca de mandioca, 10% Esterco). Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Após a incubação dos resíduos orgânicos ao solo, não foi verificada a diferença entre os teores de fósforo. O composto 1 com $53,84 \text{ mg.kg}^{-1}$ de P, apresentou os maiores teores, todavia no solo não foi observada esta diferença. Braccini et al. (2005) relata que pode ocorrer de imobilização inicial do elemento por parte dos microrganismos decompositores da matéria orgânica do solo. Segundo Tsai e Rosseto (1992) o fósforo orgânico é utilizado na formação e no desenvolvimento de suas células, sendo necessário para a síntese dos ácidos nucléicos e para os fosfolípidios componentes da membrana celular dos microrganismos

4 CONCLUSÕES

- Verificou-se que os compostos á base de casca de mandioca adicionado no solo não alterou a atividade microbiana e fertilidade do solo;
- A taxa de liberação de C-CO₂ para o meio foi alta porque a atividade microbiana foi “ineficiente” incorporando na biomassa microbiana uma fração mínima de carbono;
- Análise de fertilidade do solo após aplicação dos compostos revelou que não houve diferença significativa das variáveis medidas: pH, Ca, Mg, K, H+Al, SB, CTC, P, P.rem, C.

REFERÊNCIAS

AQUINO, A. M. de; ALMEIDA, D. L. de; GUERRA, J. G. M.; DE-POLLI, H. Biomassa microbiana, colóide orgânico e nitrogênio inorgânico durante a vermicompostagem de diferentes substratos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 11, p. 1087-1093, nov. 2005.

ARAÚJO, A. S. F. de; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Review Article, Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 3, p. 66-75, julho/set. 2007.

BRACCINI, A. L.; MONFERDINI, M. A.; ÁVILA, M. R.; SCAPIM, C. A.; BRAMBILLA, D.; ARAGÃO, R. M.; BRAMBILLA, T. Emergência das plântulas e componentes da produção de sementes em resposta a diferentes doses e formas de aplicação do bioestimulante Stimulate 10X na cultura da soja. In: Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil, 27. Cornélio Procópio, 2005. **Resumos Expandidos**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. p. 565-566.

CARDOSO, C. E. L.; GAMEIRO, A. H. Caracterização da cadeia agroindustrial. In: SOUZA, L. da S.; FARIAS, A. R. N.; MATTOS, P. L. P. de; FUKUDA, W. M. G. (Ed). **Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. 817 p.

CARVALHO, F. de. **Atributos bioquímicos como indicadores da qualidade de solo em floresta de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. no Estado de São Paulo**. 2005. 79 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

CERRI, C. C.; ANDREUX, F.; EDUARDO, B. P. O ciclo do carbono no solo. In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. **Microbiologia do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992, p.73-90.

DIONÍSIO, J. A.; KUSDRA, J. F.; SIGNOR, D. **Manual de práticas em biologia do solo**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná. 2007. p. 41-80.

EMBRAPA, centro nacional de pesquisa de solos. **Manual de métodos de análises de solos**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. p. 83-84.

GARCÍA-GIL, J. C.; PLAZA, C.; SOLER-ROVIRA, P.; PÓLO, A. Long-term effects of municipal solid waste compost application on soil enzyme activities and microbial biomass. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 32, p. 1907–1913, 2000.

MATSUOKA, M.; MENDES, I. C.; LOUREIRO, M. F. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste (MT). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 3, maio/jun. 2003.

MICHELAN, A. C.; SCAPINELLO, C.; FURLAN, A. C.; MARTINS, E. N. FARIA, H. G. de; ANDREAZZI, M. A. Utilização da casca de mandioca desidratada na alimentação de coelhos. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, Maringá, v. 28, n. 1, p. 31-37, Jan./March, 2006.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras, MG: UFLA, 2006. 717 p.

NOVAIS, R. F.; MELLO, J. W. Relação solo-planta. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V, V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2007. p.91-132.

PASSIANOTO, C. C.; CASTILHOS, D. D.; CASTILHOS, R. M. V.; LIMA, A. C. R. de; LIMA, C. L. R. de. Atividade e biomassa microbiana no solo com a aplicação de dois diferentes lodos de curtume. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 7, n. 2, p. 125-130, mai-ago, 2001.

RAIJ, B. V. F. **Fertilidade e do solo e adubação**. São Paulo, Piracicaba: Ceres, 1991. 344 p.

SALA, V. M. R. **Atividade microbiana do solo e interação de diazotróficos endofíticos e fungos micorrízicos arbusculares na cultura do trigo**. Piracicaba, 2002. 124f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. 2002.

SKAMBRACKS, D.; ZIMMER, M. Combined methods for the determination of microbial activity of leaf litter. **European Journal Soil Biology**, v. 34, n. 3, p. 105-110, 1998.

SOUZA, M. L. de P.; MOTA, A. C.; DIONÍSIO, J. A.; FOULER, R. B.; BLEY JR, C. J. Potencialidade, aspectos ambientais e riscos associados á disposição final de esterco suínos líquidos em terras das regiões oeste e sudoeste do estado do Paraná. In: Projeto de controle da contaminação ambiental decorrente da suinocultura no estado do Paraná. **Gestão ambiental da suinocultura manual do assistente técnico**. Curitiba, 2003. p. 71-140.

SPARLING, G. P. Soil microbial biomass, activity and nutrient cycling as indicators of soil health. In: PANKHURST, C.; DOUBE, B. M.; GUPTA, V. V. S. R. (Ed.). **Biological indicators of soil health**. Cambridge: CAB International, 1997. p. 97-120.

TSAI, S. M.; ROSSETTO, R. Transformações microbianas do fósforo. In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. **Microbiologia do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992, p.231-242.

VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 19, p. 703-707, 1987.

5 CONCLUSÕES GERAIS

- A qualidade final do composto é adequada para uso agrícola, pois o pH e a umidade do composto orgânico em todas as amostras, mantiveram valores mínimos requeridos pela legislação; a condutividade elétrica do composto apresentou valores considerados normais para o uso de resíduos em áreas agrícolas se estabilizando com a compostagem;
- O parâmetro mais sensível para monitorar o processo de compostagem foi o teor de carbono orgânico total (COT);
- Verificou-se que os compostos à base de casca de mandioca adicionado no solo não alterou a atividade microbiana e fertilidade do solo;
- A taxa de liberação de C-CO₂ para o meio foi alta porque a atividade microbiana foi “ineficiente” incorporando na biomassa microbiana uma fração mínima de carbono;
- Análise de fertilidade do solo após aplicação dos compostos revelou que não houve diferença significativa das variáveis medidas: pH, Ca, Mg, K, H+Al, SB, CTC, P, P.rem, C.

REFERÊNCIAS GERAIS

ACRE. Governo do Estado. **Programa Estadual de Zoneamento Ecológico e Econômico do Acre**: recursos naturais e meio ambiente. Rio Branco, 2000. v. 1, 116 p.

ALEF, K.; NANNIPIERI, P. **Methods in applied soil microbiology and biochemistry**. Londres: Academic Press, 1995. 576 p.

ALVES, A. A. C. Fisiologia da mandioca. In: SOUZA, L. da S.; FARIAS, A. R. N.; MATTOS, P. L. P. de; FUKUDA, W. M. G. (Ed). **Aspectos socioeconômicos e agrônômicos da mandioca**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. 817 p.

ALVES, W. L.; MELO, W. J.; FERREIRA, M. E. Efeito do composto de lixo urbano em um solo arenoso e em plantas de sorgo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Jaboticabal, v. 23, p. 729-738, 1999.

AQUINO, A. M. de; ALMEIDA, D. L. de; GUERRA, J. G. M.; DE-POLLI, H. Biomassa microbiana, colóide orgânico e nitrogênio inorgânico durante a vermicompostagem de diferentes substratos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 11, p. 1087-1093, nov. 2005.

ARAÚJO, A. S. F. de; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Review Article, Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 3, p. 66-75, julho/set. 2007.

ARAÚJO, H. J. B. de. **Aproveitamento de resíduos das indústrias madeiras do Estado do Acre para fins energéticos**. Rio Branco; Embrapa Acre, 2003. 38 p. (Documento, 82).

BARREIRA, L. P.; PHILIPPI JÚNIOR, A.; RODRIGUES, M. S. Usinas de compostagem do Estado de São Paulo: qualidade do composto e processos de produção. **Engenharia Sanitária Ambiental**, São Paulo, v. 11, n. 4, p. 385-393, out/dez. 2006.

BENITES, V. M.; MADARI, B.; MACHADO, P. L. O. de A. **Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo: um procedimento simplificado de baixo custo.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003, 7 p. (Comunicado técnico, 16).

BENITES, V. de M.; MADRI, B.; BERNARDI, A. C. C.; MACHADO, P. L. O. de A. Matéria orgânica do solo. In: WADT, P. G. S. (Org.). **Manejo do solo e recomendação de adubação para o Estado do Acre.** Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2005. p. 325-350.

BERGO, C. L.; RICCI, M. dos S. F.; ROSÁRIO, A. A. SANTOS e; BRAGA, R. da R. Adubação orgânica. In: WADT, P. G. S. (Org.). **Manejo do solo e recomendação de adubação para o Estado do Acre.** Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2005. p. 325-350.

BERNAL, M. P.; PAREDES, C.; SANCHEZ-MONEDERO, M. A.; CEGARRA, J. Maturity and stability parameters of compost prepared a wide rage of organic waste. **Bioresources Technology**, v. 63, p. 191-199, 1998.

BOWLER, I. R. Recycling urban waste on farmland: on actornetwork interpretation. **Applied Geography**, v.19, p. 29-43, 1999.

BRACCINI, A. L.; MONFERDINI, M. A.; ÁVILA, M. R.; SCAPIM, C. A.; BRAMBILLA, D.; ARAGÃO, R. M.; BRAMBILLA, T. Emergência das plântulas e componentes da produção de sementes em resposta a diferentes doses e formas de aplicação do bioestimulante Stimulate 10X na cultura da soja. In: Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil, 27. Cornélio Procópio, 2005. **Resumos Expandidos.** Londrina: Embrapa Soja, 2005. p. 565-566.

BRADY, N. C. **Natureza e propriedades do solo.** 7. ed. Tradução Antonio B. Neiva Figueiredo. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989. 878 p. Tradução de: The nature and properties of soils.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Programa Nacional de Florestas.** Brasília: SBF/DIFLOR, 2000. 52 p.

BRITO, M. J. C. **Processo de compostagem de resíduos urbanos em pequena escala e potencial de utilização do composto como substrato.** 2008. 124 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) – Engenharia de Processos, Universidade Tiradentes, Aracajú, SE, 2008.

BUDZIAK, C. R.; MAIA, C. M. B. F.; MANGRICH, A. S. Transformações químicas da matéria orgânica durante a compostagem de resíduos da indústria madeireira. **Química Nova**, v. 27, n. 3, p. 399-403, 2004.

BUTTENBENDER, S. E. **Avaliação da compostagem da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos provenientes da coleta seletiva realizada no município de Angelina/SC**. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Área de Tecnologia de Saneamento Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

CALDAS NETO, S.F. **Digestibilidade parcial e total, parâmetros ruminais e degradabilidade de rações com mandioca e resíduos das farinhas**. 1999. Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 1999.

CARDOSO, C. E. L.; GAMEIRO, A. H. Caracterização da cadeia agroindustrial. In: SOUZA, L. da S.; FARIAS, A. R. N.; MATTOS, P. L. P. de; FUKUDA, W. M. G. (Ed). **Aspectos socioeconômicos e agrônômicos da mandioca**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. 817 p.

CARVALHO, F. de. **Atributos bioquímicos como indicadores da qualidade de solo em floresta de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. no Estado de São Paulo**. 2005. 79 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

CENPEC - INSTITUTO CENTRO DE ENSINO TECNOLÓGICO. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Produtor de mandioca**. 2. ed. Fortaleza: Demócrito Rocha, 2004. 72 p.

CEREDA, M. P. **Resíduos da industrialização da mandioca no Brasil**. São Paulo, Editora Paulicéia, 1994. 174 p.

CEREDA, M. P. Caracterização dos Subprodutos da Industrialização da Mandioca. In: CEREDA, M. P. **Manejo, Uso e Tratamento de Subprodutos da Industrialização da Mandioca**. Vol.4, Fundação Cargill, São Paulo, 2001.

CERRI, C. C.; ANDREUX, F.; EDUARDO, B. P. O ciclo do carbono no solo. In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. **Microbiologia do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992, p.73-90.

CERRI, C. E. P.; FEIGL, B. J.; CERRI, C. C. Dinâmica da matéria orgânica. In: SANTOS, G. de A.; SILVA, L. S. da; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. de O (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistema tropicais e subtropicais**. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p.325-358.

CETESB - Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. **Emissões de metano no tratamento e na disposição de resíduos. Relatório de referência: Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa**. Ministério de Ciência e Tecnologia - MCT, 2002.

COSTA, C. A. **Crescimento e teor de metais pesados em alface (*Lactuca sativa* L.) e cenoura (*Daucus carota* L.) adubadas com composto orgânico de lixo urbano**. 1994. Dissertação de Mestrado, UFV, Viçosa, MG, Brasil, 1994.

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

DE-POLLI, H.; GUERRA, J. G. M. Carbono, nitrogênio e fósforo da biomassa microbiana do solo. In: SANTOS, G. de A.; SILVA, L. S. da; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. de O (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistema tropicais e subtropicais**. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 263-276.

DIONÍSIO, J. A.; KUSDRA, J. F.; SIGNOR, D. **Manual de práticas em biologia do solo**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná. 2007. p. 41-80.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; SCOLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Ed). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil science society of America Proceedings, 1994. p. 3-21.

EMBRAPA, centro nacional de pesquisa de solos. **Manual de métodos de análises de solos**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. p. 83-84.

FEBRER, M. C. A.; MATOS, A. T. de; SEDIYAMA, M. A. N.; COSTA, L. M. da C. Dinâmica da decomposição mesofílica de resíduos orgânicos misturados com águas residuárias da suinocultura. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 10, n. 1-4, p. 18-30, 2002.

FERNANDES, F. Estabilização e higienização de biossólidos. In: BETTIOL W.; CAMARGO, O. A. (Ed.). **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2000. p. 46-67.

FERREIRA, W. A.; BOTELHO, S. M.; CARDOSO, E. M. R.; POLTRONIERI, M. C.; **Manipueira: um adubo Orgânico em Potencial**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental PA, 2001, 21p. (Documentos, 107).

FLOSS, E. Benefícios da biomassa de aveia ao sistema de semeadura direta. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 57, n. 1, p. 25-29, 2000.

GAMA-RODRIGUES, E. F. da. **Carbono e Nitrogênio da biomassa microbiana do solo e da serrapilheira de povoamentos de eucalipto**. Seropédica, 1997. 108f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 1997.

GARCÍA-GIL, J. C.; PLAZA, C.; SOLER-ROVIRA, P.; PÓLO, A. Long-term effects of municipal solid waste compost application on soil enzyme activities and microbial biomass. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 32, p. 1907-1913, 2000.

GARCIA, C.; HERNANDEZ, T.; COSTA, F. Study on water extract of sewage sludge composts. **Soil Science and Plant Nutrition**, v.37, p. 399-408, 1992.

GONÇALVES, R. F.; LUDUVICE, M. In: BETTIOL W.; CAMARGO, O. A. (Ed.). **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2000. p. 25-44.

GLÓRIA, N. A. da. Uso agrônômico de resíduos. In: REUNIÃO BRASILEIRADE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20.1992, Piracicada. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1992. p. 195-212.

GOEDERT, W. J.; OLIVEIRA, S. A. de. Fertilidade do solo e sustentabilidade da atividade agrícola. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V, V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2007. p. 991-1017.

GUERRA, J. G. M.; SANTOS, G. A., SILVA, L. S.; CAMARGO, F. A. O. Macromoléculas e substâncias húmicas. In: SANTOS, G. de A.; SILVA, L. S. da; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. de O (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistema tropicais e subtropicais**. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 19-25.

HANDRECK, K. A. **Composting: making soil improver from rubbish**. 8. ed. Australia: CSIRO, Division of soils. Soils Series, 1998. 19p.

HAUG, R.T. **The Practical Handbook of Compost Engineering**. Lewis, Boca Ratón, 1993.

IBAM. **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro, 2001. Disponível em: <http://www.resol.com.br/cartilha4/manual.pdf>. Acesso em: jan. 2010.

IGLESIAS-JIMENEZ, E.; PEREZ-GARCIA, V. Determination of maturity indices for city refuse compost. **Agriculture Ecosystems Environment**, v. 38, p. 331-343, 1992.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Banco de dados agregados**. 2008. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em 15 de maio de 2009.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **O cenário dos resíduos sólidos no Brasil**. 2000. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em 20 de Novembro de 2010.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Banco de dados agregados**. 2006. Disponível em: ftp://ftp.ibge.gov.br/producao_agricola/producao_agricola_municipal_%5Banual%5D 2006. Acesso em: 2010.

IPT, **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado**. 2 ed. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000.

JAHNEL, M. C.; MELLONI, R.; CARDOSO, E. J. B. N. Maturidade de composto de lixo urbano. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 2, 1999.

JOURAIPHY, A.; AMIR, S.; EL GHAROUS, M.; REVEL, J.; HAFIDI, M. Chemical and spectroscopic analysis of organic matter transformation during composting of sewage sludge and green plant waste. **International Biodeterioration Biodegradation**, Oxford, v. 56, n. 2. p. 101-108, set. 2005.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985. 492 p.

KIEHL, J. de C. Produção de composto orgânico e vermicomposto. Agricultura Alternativa. Belo Horizonte: **Informe agropecuário**, v. 22, n. 212, p. 40-42, 47-52, set. 2001.

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem**: maturação e qualidade do composto. 3. ed. Piracicaba, 2002.

KLIEMANN, H.J.; BRAZ, A.J.P.B.; SILVEIRA, P.M. Taxa de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em latossolo vermelho distroférico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 36, n. 1, p. 21-28, 2006.

LEAL, M. A. A. **Produção e eficiência agrônômica de compostos obtidos com a palhada de gramínea e leguminosas para o cultivo de hortaliças orgânicas**. Tese de Doutorado, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, Brasil, 2006.

LENTINI, M.; VERÍSSIMO, A.; Pereira, D. **A Expansão madeireira na Amazônia**. O Estado da Amazônia, nº 2. Belém: Imazon. 2005.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 180 p.

LIMA, A. M. N. **Estoque de carbono e frações da matéria orgânica do solo sob povoamento de eucalipto no Vale do Rio Doce – MG**. 2004. 109 f. (Tese de Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2004.

LIMA, J. W. C. **Análise ambiental: processo produtivo de polvilho em indústrias do extremo sul de santa Catarina**. 2001. Dissertação de mestrado em Engenharia de Produção – Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. Fertilidade do solo e produtividade agrícola. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V, V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2007. p.1-64.

LOPES, F. J. S.; WIPIESKI, C. J. **Termelétrica**: uma nova oportunidade negócios na indústria da madeira. Curitiba, PR: STCP Engenharia de Projetos Ltda, 2001. p. 16-18. (STCP informativo n. 5).

MAIA, C. M. B. de F.; BUDZIAK, C. R.; PAIXÃO, R. E. da; MANGRICH, A. S. **Compostagem de resíduos florestais**: um guia para produção de húmus através da reciclagem e aproveitamento de resíduos florestais. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 28 p. (Documentos, 87).

MAGRINI, F. E.; CAMATTI-SARTORI, V.; VENTURIN, L. Avaliação microbiológica, pH e umidade de diferentes fases de maturação do biofertilizante Bokashi. **Revista Brasileira de Agroecologia**. v. 4, n. 2, p. 431-435, nov. 2009.

MARQUES, J. de A.; PRADO, I. N. do; ZEOULA, L. M. E.; ALCALDE, C. R.; NASCIMENTO, W. G. do. Avaliação da mandioca e seus resíduos industriais em substituição ao milho no desempenho de novilhas confinadas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 5, p. 1528-1536, 2000.

MARQUES, J. de A.; MAGGIONI, D. **Utilização dos subprodutos da mandioca na alimentação de ruminantes**. Disponível em: <http://www.cerat.unesp.br/compendio/palestras/palestra17.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2010.

MATSUOKA, M.; MENDES, I. C.; LOUREIRO, M. F. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste (MT). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 3, maio/jun. 2003.

MATTIAZZO-PREZOTTO, M. E. Química ambiental e agronomia. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20., 1992, Piracicada. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1992. p. 157-178.

MELO, L. C. A. **Caracterização físico-química e comparação de métodos de digestão de resíduos orgânicos**. 2007. 72 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2007.

MICHELAN, A. C.; SCAPINELLO, C.; FURLAN, A. C.; MARTINS, E. N. FARIA, H. G. de; ANDREAZZI, M. A. Utilização da casca de mandioca desidratada na alimentação de coelhos. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, Maringá, v. 28, n. 1, p. 31-37, Jan./March, 2006.

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G. de A.; SILVA, L. S. da; CANELLAS, L. Q.; CAMARGO, F. A. de O. (Ed.). **Fundamentos a matéria orgânica: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 1-5.

MORAL, R.; MORENO-CASELLES, J.; PERREZ-MURCIA, M. D.; PEREZ-ESPINOSA, A.; RUFETE, B.; PAREDES, C. Characterization of the organic matter pool in manures. **Bioresource Technology**, Oxford, v. 96, n. 2, p. 153-158, jan. 2005.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. Ed. Lavras, MG: UFLA, 2006. 717 p.

NOGUEIRA, A. R. A.; MATOS, A. de O.; CARMO, C. A. F. de S. do.; SILVA, D. J.; MONTEIRO, F. L.; SOUZA, G. B. de; PITTA, G. V. E.; CARLOS, G. M.; OLIVEIRA, H. de; FILHO, J. A. C.; MIYAZAWA, M.; NETO, W. de O. Tecido vegetal. In: NOGUEIRA, A. R. A.; SOUZA, G. B. de. **Manual de laboratórios: solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005. p. 145-198.

NOVA GERAR. **Relatório Ambiental de Geração de Energia: Planta de minimização de gases efeito estufa e aproveitamento energético do biogás gerado no lixão de Marambaia e no Aterro Sanitário de Adrianópolis**. Nova Iguaçu, RJ. Relatório para o Banco Mundial. 2003.

NOVAIS, R. F.; MELLO, J. W. Relação solo-planta. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V, V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2007. p.91-132.

NOVOTNY, E. H.; MARTIN-NETO, L. Propriedades coloidais da matéria orgânica. In: SANTOS, G. de A.; SILVA, L. S. da; CANELLAS, L. Q.; CAMARGO, F. A. de O. (Ed.). **Fundamentos a matéria orgânica: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 1-5.

ODUM, E. P. Trends expected in stressed ecosystems. **BioScience**, Londres, v. 35, p. 419-422, 1985.

OLIVEIRA, F. N. S.; LIMA, H. J. M.; CAJAZEIRA, P. J. **Uso da compostagem em sistemas agrícolas orgânicos**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2004. 18 p. (Documento, 89).

PARREIRAS, L. E. **Negócios solidários em cadeias produtivas: protagonismo coletivo e desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: IPEA: ANPEC: Fundação do Banco do Brasil, 2007. 224 p.

PASSIANOTO, C. C.; CASTILHOS, D. D.; CASTILHOS, R. M. V.; LIMA, A. C. R. de; LIMA, C. L. R. de. Atividade e biomassa microbiana no solo com a aplicação de dois diferentes lodos de curtume. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 7, n. 2, p. 125-130, mai-ago, 2001.

PASCUAL, J. A.; AYUSO, M.; GARCIA, C; HERNANDEZ, T. Characterization of urban wastes according to fertility and phytotoxicity parameters. In: **Waste Management and Research**. p.103-112, 1997.

PAVAN, M. A., MIYAZAWA, M. **Lições de fertilidade do solo pH**. Londrina: Iapar, 1997. 47p.

PILLON, C. N. SCIVITTARO, W. B.; POTES, M. da L.; MORAES, C. da S.; MICHELS, G. H.; PEREIRA, J. S. Acúmulo de carbono orgânico por sistemas de cultura sob plantio direto em terras baixas. Resumos do II Congresso Brasileiro de Agroecologia. **Revista Brasileira de Agroecologia**. v.2, n.1, fev. 2007.

PINHO, M. M. C. de A. **Aproveitamento de resíduo do processamento da mandioca (manipueira): avaliação de impactos químicos e microbiológicos no solo e utilização como fertilizante**. 2007. 56 f. Dissertação (Pós-graduação em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2007.

PLANETA ACRE, **A mandioca e suas 600 utilidades: Domesticada há 10 mil anos no Acre, raiz vive período de expansão tecnológica e econômica**. 2008. disponível em: <http://www.planetaacre.com>. Acesso em 2010.

PRADO, I. N. do; MARTINS, A. de S.; ALCANDE, C. R.; ZEOULA, L. M.; MARQUES, J. de A. Desempenho de novilhas alimentadas com rações contendo milho ou casca de mandioca como fonte energética e farelo de algodão ou levedura como fonte protéica. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 29, n. 1 p. 278-287, 2000.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 2002. 543 p.

RAIJ, B. V. F. **Fertilidade e do solo e adubação**. São Paulo, Piracicaba: Ceres, 1991. 344 p.

REVISTA DA MADEIRA. **Reciclagem: resíduos florestais para múltiplos usos**. Ed.79. Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=514&subject=Reciclagem&title=Resíduos florestais para múltiplos usos>. 2004. htm> Acesso em: 6 jun 2010.

SALA, V. M. R. **Atividade microbiana do solo e interação de diazotróficos endofíticos e fungos micorrízicos arbusculares na cultura do trigo**. Piracicaba, 2002. 124f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. 2002.

SANCHEZ-MONEDERO, M. A.; ROIG, A.; CEGERRA, J.; BERNAL, M. P. Relationships between water soluble carbohydrate and phenol fractions and the humification indices of different organic wastes during composting. **Bioresource Technology**, v. 70, p. 193-201, 1999.

SANTOS, R. C. ACRE. **Inventário de resíduos sólidos industriais do Estado do Acre**. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recurso Naturais. Rio Branco: MMA/FNMA/SEMA, 2004.32 p. (cartilha)

_____. **Levantamento de resíduos da indústria madeireira do Acre**. Rio Branco, FUNTAC, 2006. 51 p.

SANTOS, R. C. **Resíduos da Indústria de madeira no Acre**. Rio Branco: FUNTAC, 2007. 65 p.

SAVIOZZI, A.; BUFALINO, P.; LEVI-MINZI, R.; RIFFALD, R. Biochemical activities in a degraded soil restored by two amendments: a laboratory study. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 35, p. 96-101, 2002.

SHARMA, V. K.; CADITELLI, M. FORTUNA, F.; CORNACCHIA, G. Processing of urban and agro-industrial residues by aerobic composting: review. **Energy Converservation**, v. 38, n.5, p. 453-478, 1997.

SILVA, C. A. Uso de resíduos orgânicos na agricultura. In: SANTOS, G. de A.; SILVA, L. S. da; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. de O (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistema tropicais e subtropicais**. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 597-621.

SILVA, F. A. de M.; VILLAS BOAS, R. L.; SILVA, R. B. da; Parâmetros de maturação para diferentes compostos orgânicos. **Revista Brasileira de Agroecologia**. v. 4, n. 1, p. 67-78, 2009.

SILVA, I. R. da ; MENDONÇA, E. de Sá. Matéria orgânica In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V, V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2007. p. 275-357.

SILVA, B. S. **Caracterização botânica e agrônômica da coleção de trabalho de mandioca de Embrapa Acre**. 2010. 75 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Centro de Ciências Biológicas e da Natureza da Universidade Federal do Acre. Rio Branco, AC, 2010.

SISINNO, C. L. S., OLIVEIRA, R. M. **Resíduos Sólidos, Ambiente e Saúde: uma visão multidisciplinar**. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2000.

SKAMBRACKS, D.; ZIMMER, M. Combined methods for the determination of microbial activity of leaf litter. **European Journal of Soil Biol.** v. 34, n. 3, p. 105-110, 1998.

SOUZA, E. D. de; CARNEIRO, M. A. C.; PAULINO, H. B. SILVA, C. A.; BUZETTI, S. Frações do carbono orgânico, biomassa, e atividade microbiana em Latossolo Vermelho sob cerrado submetido a diferentes sistemas de manejos e usos do solo. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 28, n. 3, p. 323-329, Jul/set. 2006.

SOUZA, J. A. de. Impactos ambientais da deposição de lixo e resíduos na superfície do solo In: EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS. Informe agropecuário. **Aproveitamento de resíduos na agropecuária**. Belo Horizonte: EPAMIG, v. 26, n. 224, 2005a. 81 p.

SOUZA, J. A de. Destinação final de resíduos sólidos. In: EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUARIA DE MINAS GERAIS. Informe agropecuário. **Aproveitamento de resíduos na agropecuária**. Belo Horizonte: EPAMIG, v. 26, n. 224, 2005b. 81 p.

SOUZA, J. A de. Tratamento de resíduos sólidos. In: EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUARIA DE MINAS GERAIS. Informe agropecuário. **Aproveitamento de resíduos na agropecuária**. Belo Horizonte: EPAMIG, v. 26, n. 224, 2005c. 81 p.

SOUZA, M. L. de P.; MOTA, A. C.; DIONÍSIO, J. A.; FOULER, R. B.; BLEY JR, C. J. Potencialidade, aspectos ambientais e riscos associados á disposição final de esterco suínos líquidos em terras das regiões oeste e sudoeste do estado do Paraná. In: Projeto de controle da contaminação ambiental decorrente da suinocultura no estado do Paraná. **Gestão ambiental da suinocultura manual do assistente técnico**. Curitiba, 2003. p. 71-140.

SPARLING, G. P. Soil microbial biomass, activity and nutrient cycling as indicators of soil health. In: PANKHURST, C.; DOUBE, B. M.; GUPTA, V. V. S. R. (Eds.). **Biological indicators of soil health**. Cambridge: CAB International, 1997. p. 97-120.

SWIFT, M.J.; HEAL, D.W.; ANDERSON, J.M. **Studies in ecology-decomposition in terrestrial and aquatic ecosystems**. Oxford: Blackwell, 1979. p. 54-94.

TAKAHASHI, M.; FAGIOTTO, R. Balanço em Massa de Indústria de Farinha de Mandioca em da Região de Paranaíba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 4., 1990, Londrina-PR, **Anais...** Londrina, 1990.

TEDESCO, M. J.; SELBACH, P. A.; GIANELLO, C.; CAMARGO, F. A. O. Resíduos orgânicos no solo e os impactos no ambiente. In: SANTOS, G. de A.; SILVA, L. S. da; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. de O (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistema tropicais e subtropicais**. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 113-135.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C. ; BISSANI, C. A.; BOHNEM, H.; VOLKWEISS+, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto alegre:UFRGS-Departamento de solos, 1995. (Boletim técnico, 5).

TOMATI, U.;MADEJON, E.; GALLI, E. Evaluation of humic acid molecular weight as an index of compost stability. **Compost Science and Utilization**, v. 8, p. 108-115, 2000.

TSAI, S. M.; ROSSETTO, R. Transformações microbianas do fósforo. In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. **Microbiologia do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992, p.231-242.

VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 19, p. 703-707, 1987.

VERAS, M. de S.; SILVA, A. C. da. Controle biológico como alternativa para a agricultura familiar no maranhão: efeito supressor de fitopatógeno. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Maranhão, v. 2, n. 1, p. 1458-1460, fev.2007.

VIANA, V. M. **Os caminhos para nossas florestas**. Folhas de São Paulo, São Paulo, 20 jun. 2000.

WADT, P. G. S. **Manejo dos solos ácidos do Estado do Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2002. 28 p. (Documentos, 79).

APÊNDICES

APÊNDICE A - Análise de variância das características químicas da 1ª amostragem do composto com casca de mandioca proveniente de um experimento realizado no delineamento em blocos casualizado com 4 tratamentos qualitativos cada um com três repetições

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios				
		%U	pH (H ₂ O)	pH (CaCl ₂)	CE dS.m ¹	%C
Blocos	2	0.9709 ns	11.7957 **	5.8897 *	2.9944 ns	0.9607 ns
Tratamentos	3	3.2242 ns	14.9216 **	6.6680 *	5.3994 *	29.7906 **
Resíduo	6	-	-	-	-	-
Total	11	-	-	-	-	-
CV %	-	3.08515	1.4518	2.25691	19.19471	21.25803

APÊNDICE B - Análise de variância das características químicas da 2ª amostragem do composto com casca de mandioca proveniente de um experimento realizado no delineamento em blocos casualizado com 4 tratamentos qualitativos cada um com três repetições

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios			
		pH (H ₂ O)	pH (CaCl ₂)	CE dS.m ¹	%C
Blocos	2	2.6021 ns	2.3971 ns	0.7329 ns	1.7096 ns
Tratamentos	3	3.7685 ns	5.0709 *	3.3284 ns	29.6220 **
Resíduo	6	-	-	-	-
Total	11	-	-	-	-
CV %	-	3.82057	3.41462	21.6587	14.44135

APÊNDICE C - Análise de variância das característica química da 3^o amostragem do composto com casca de mandioca proveniente de um experimento realizado no delineamento em blocos casualizado com 4 tratamentos qualitativos cada um com três repetições

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios				
		%U	pH (H ₂ O)	pH (CaCl ₂)	CE dS.m ¹	%C
Blocos	2	1.3807 ns	2.7357 ns	4.2450 ns	2.4484 ns	1.2228 ns
Tratamentos	3	1.1422 ns	7.5080 *	5.7721 *	2.8998 ns	5.0387 *
Resíduo	6	-	-	-	-	-
Total	11	-	-	-	-	-
CV %	-	21.22493	2.85170	3.36245	11.81810	23.65186

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios					
		P	K	Ca	Mg	AH	AF
		mg.kg ⁻¹	-----g.kg ⁻¹ -----			-----mg.g ⁻¹ -----	
Blocos	2	0.2323 ns	5.5432 *	7.8671 *	0.5255 ns	1.7922 ns	3.7332 ns
Tratamentos	3	5.1567 *	1.7130 ns	4.1066 ns	0.6097 ns	1.1531 ns	23.9476 **
Resíduo	6	-	-	-	-	-	-
Total	11	-	-	-	-	-	-
CV %	-	8.78100	24.52523	3.75887	11.80301	50.98692	8.94772

APÊNDICE D - Análise de variância do carbono da respiração e biomassa microbiana da 1^o época do composto com casca de mandioca mais o solo proveniente de um experimento realizado no delineamento em blocos casualizado com 4 tratamentos qualitativos cada um com três repetições.

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios	
		C- respiração	C-biomassa
		mg/100g	
Blocos	2	1.2838 ns	0.6209 ns
Tratamentos	3	0.6873 ns	4.0669 ns
Resíduo	6	-	-
Total	11	-	-
CV %	-	63.67326	14.40852

APÊNDICE E - Análise de variância do carbono da respiração e da biomassa microbiana da 2^o época do composto com casca de mandioca mais o solo proveniente de um experimento realizado no delineamento em blocos casualizado com 4 tratamentos qualitativos cada um com três repetições

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios	
		C-respiração	C-biomassa
		mg/100g	
Blocos	2	1.5091 ns	NR
Tratamentos	3	1.7292 ns	NR
Resíduo	6	-	-
Total	11	-	-
CV %	-	16.02869	NR

APÊNDICE F - Análise de variância do carbono da respiração e da biomassa microbiana da 3^o época do composto com casca de mandioca mais o solo proveniente de um experimento realizado no delineamento em blocos casualizado com 4 tratamentos qualitativos cada um com três repetições

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios	
		C-respiração	C-biomassa
		mg/100g	
Blocos	2	6.1917 *	6.0572 *
Tratamentos	3	1.8599 ns	0.1242 ns
Resíduo	6	-	-
Total	11	-	-
CV %	-	15.16017	38.43885

APÊNDICE G - Análise de variância da fertilidade do solo com o composto da 3^o época do composto com casca de mandioca mais o solo proveniente de um experimento realizado no delineamento em blocos casualizado com 4 tratamentos qualitativos cada um com três repetições

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios						
		pH	Ca	Mg	K	H+Al	SB	CTC
		água	cmol _c .dm ³					
Blocos	2	2.1085 ns	3.1156 ns	2.8752 ns	0.4576 ns	12.5708 **	3.0493 ns	7.1528 *
Tratamentos	3	1.9189 ns	0.7694 ns	0.8500 ns	1.8136 ns	0.5315 ns	0.7859 ns	1.2823 ns
Resíduo	6	-	-	-	-	-	-	-
Total	11	-	-	-	-	-	-	-
CV %	-	6.14277	28.66424	29.07873	4.16322	7.75678	26.75421	14.09209

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios			
		P	P.rem	C	V
		mg.dm ⁻³	mg.L ⁻¹	g.kg ⁻¹	%
Blocos	2	18.0446 **	1.8635 ns	2.8680 ns	1.0792 ns
Tratamentos	3	1.6021 ns	0.7658 ns	0.3380 ns	0.5306 ns
Resíduo	6	-	-	-	-
Total	11	-	-	-	-
CV %	-	24.96489	28.52550	13.21377	19.11554