

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**INFLUÊNCIA DA UTILIZAÇÃO DO LIXO ORGÂNICO
URBANO COMO FONTE DE BIOFERTILIZANTE E
COMPOSTO PARA O DESENVOLVIMENTO DE IPÊ MIRIM
(*Tecoma stans*) COM DUAS LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO**

José Renato de Sousa
Engenheiro Agrônomo

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

Outubro de 2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

INFLUÊNCIA DA UTILIZAÇÃO DO LIXO ORGÂNICO
URBANO COMO FONTE DE BIOFERTILIZANTE E
COMPOSTO PARA O DESENVOLVIMENTO DE IPÊ MIRIM
(*Tecoma stans*) COM DUAS LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

José Renato de Sousa

Orientador: Prof. Dr. João Antonio Galbiatti

Tese de doutorado apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Ciência do Solo).

JABOTICABAL - SÃO PAULO - BRASIL

Outubro de 2012

S719i Sousa, José Renato
Influência da utilização do lixo orgânico urbano como fonte de biofertilizante e composto para o desenvolvimento de ipê-mirim (*Tecoma stans*) com duas lâminas de irrigação / José Renato de Sousa. -- Jaboticabal, 2012
xiv, 75f. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2012

Orientador: João Antonio Galbiatti

Banca examinadora: Fabio Olivieri, Emerson Fachini, Adhemar Pitelli, Danilo César.

Bibliografia

1. Resíduos orgânicos-urbanos. 2. *Tecoma stans*. 3. Irrigação-laminas. 4. Biodigestor-Compostagem. 5. Esterco bovino.I. 6. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 628.4.032:634.0.2

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

JOSÉ RENATO DE SOUSA – Nascido em Veríssimo – MG – Brasil, em 19 de janeiro de 1960. Filho de Atair José de Sousa e Natália Bessa de Sousa, casado com Nádia Mara Sousa e Sousa, tendo duas filhas: Ana Luisa Vieira Bessa Sousa e Maria Teresa Vieira Bessa Sousa. Iniciou seus estudos na Escola Municipal Carlos Luz em Conceição das Alagoas – MG, em 1967. Concluiu o 2º Grau na Escola Dr. José Ferreira em Uberaba – MG, em 1977. Graduiu-se em Engenharia Agrônômica pela UFV – Universidade Federal de Viçosa – MG, em dezembro de 1982 e em Licenciatura pela ESAL – Escola Superior de Agricultura de Lavras – MG (hoje UFLA-MG), em 1986. Especializou-se em Produção de Sementes pela ABEAS – Associação Brasileira de Ensino Agrícola Superior, em 1996. Especializou-se em Formação de Formadores pela Fundação Educacional de Amparo – SP, em 1999. Especializou em Gestão Pública pela OSU – Oklahoma State University – EUA, em 2001. Obteve o título de Mestre em Educação Agrícola pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – RJ, em 2005. Atua como docente no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro – MG (IFTM-MG) de 1983 até a presente data. Ocupou a função de Diretor Geral da antiga Escola Agrotécnica Federal de Uberaba – MG no período de setembro de 1992 a janeiro de 2004, ocasião em que a Instituição foi transformada em Centro Federal de Educação Tecnológica de Uberaba – MG (CEFET Uberaba-MG). Foi presidente do CONDAF – Conselho de Diretores das Escolas Agrotécnicas Federais do Brasil no período de 2001 a 2002. Foi eleito como Vice-Prefeito da cidade de Conceição das Alagoas – MG para os períodos de 2000 a 2004 e de 2005 a 2008. Foi eleito Prefeito de Conceição das Alagoas – MG para o período de 2009 a 2012.

A DEUS, que guiou meus passos para a conquista de mais esta etapa.

Aos meus familiares pelo incentivo, compreensão e por serem a minha inspiração nesta caminhada.

Dedico

EPÍGRAFE

"Há homens que lutam um dia e são bons.
Há outros que lutam um ano e são melhores.
Há os que lutam muitos anos e são muito bons.
Porém, há os que lutam toda a vida.
Esses são os imprescindíveis."

Bertold Brecht

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a **Deus** por me iluminar e dar forças para seguir meu caminho.

A minha esposa e companheira **Nádia Mara**, pelo amor, compreensão e dedicação, bem como às minhas filhas **Ana Luísa** e **Maria Teresa**, pelo permanente incentivo e favorecimento do ambiente familiar, feliz e harmonioso que me permitiu realizar os estudos e trabalhos exigidos pelo Curso de Doutorado.

Aos meus pais, **Atair** e **Natália** e aos irmãos **Sandra**, **Regina**, **Lena** e **Célio** que sempre externaram apoio e compreensão pelos momentos furtados de nosso convívio

À Prof^a Dra. **Sueli Ciabotti** pela compreensão e apoio incontestável durante a realização deste curso.

Ao meu Orientador Prof. Dr. **João Antonio Galbiatti**, pela oportunidade de orientação, incentivo, paciência, dedicação e presença em todos os momentos difíceis.

Aos **membros da banca examinadora Drs.** Fabio Olivieri, Emerson Fachini, Adhemar Pitelli, Danilo César, pelo apoio, orientação e oportunidade de ajustamento deste trabalho.

À minha irmã **Sandra** e às amigas **Maria Amélia** e **Vera Abdalla** pela amizade, sugestões, estímulos constantes e revisão deste trabalho de tese.

A todos os **Docentes do curso** pelo brilhante desempenho e presteza nos ensinamentos recebidos.

Aos **servidores da Prefeitura Municipal de Conceição das Alagoas – MG** que não mediram esforços ao apoiar-me no desenvolvimento desta pesquisa.

Aos **colegas de turma** da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias do Campus de Jaboticabal – UNESP que de alguma maneira colaboraram para a realização desse trabalho.

Institucional

Agradeço as Instituições: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal; Instituto de Educação, Ciência e

Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM); Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica (SAETEC/MEC) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES), que em parceria tornaram possível este programa de doutorado.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	Ix
RESUMO.....	Xi
SUMMARY.....	Xiii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Lixo urbano.....	3
2.2. Lixo orgânico.....	4
2.3. Matéria orgânica.....	6
2.4. Compostagem.....	8
2.5. Composto de lixo orgânico e suas propriedades no solo.....	9
2.6. Resíduos de bovinos.....	11
2.7. O processo de digestão anaeróbica.....	12
2.8. Metano.....	13
2.9. Biofertilizante.....	15
2.10. A produção de plantas e os fertilizantes orgânicos.....	16
2.11. A qualidade das plantas.....	18
2.12. Irrigação.....	19
2.13. Aspectos gerais da espécie <i>Tecoma stans</i>	21
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	22
3.1. Localização do experimento.....	22
3.2. Dados preliminares.....	23
3.3. Métodos para a biodigestão anaeróbica.....	23
3.4. Compostagem dos resíduos orgânicos.....	25

3.5. Metodologia para a quantificação dos teores de sólidos totais e voláteis para os resíduos orgânicos.....	25
3.6. Quantificação do volume e potencial do biogás proveniente dos reatores Anaeróbicos.....	26
3.7. Concentração de minerais e carbono orgânico para o biofertilizante e o composto de lixo orgânico urbano.....	26
3.8. Determinação da umidade do substrato e do efluente do biodigestor.....	26
3.9. Tratamentos e delineamento experimental.....	27
3.10. Técnicas de irrigação.....	28
3.11. Características avaliadas para o desenvolvimento das plantas.....	28
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
4.1. Caracterização inicial do lixo orgânico urbano.....	29
4.2. Massa úmida e massa seca para 100%LO, 75%LO e 50%LO.....	30
4.3. Avaliação dos sólidos totais para 100%LO, 75%LO e 50%LO.....	31
4.4. Produção de biogás.....	32
4.5. Caracterização do biofertilizante.....	35
4.6. Dados da compostagem.....	36
4.6.1. Caracterização do composto do lixo orgânico.....	36
4.6.2. Avaliação da temperatura.....	37
4.6.3. Avaliação do rendimento do composto do lixo orgânico.....	38
4.7. Avaliação da altura da planta.....	38
4.8. Avaliação da irrigação.....	40
4.9. Avaliação do diâmetro do caule.....	41
4.10. Dados da matéria seca das plantas.....	43
5. CONCLUSÕES.....	45
6. REFERÊNCIAS.....	47

LISTA DE TABELAS

1. Dados referentes à caracterização do lixo doméstico.....	30
2. Quantificação da massa seca e úmida para 100%LO, 75%LO e 50%LO...	31
3. Dados dos teores de sólidos totais (ST) e sólidos voláteis (SV) na etapa inicial e final do experimento.....	32
4. Dados da produção média de biogás, acumulada (A) e quinzenal (Q) para 100%LO, 75%LO e 50%LO.....	33
5. Potencial de produção média diária de biogás por kg de resíduo.....	34
6. Dados da caracterização química dos efluentes com lixo orgânico urbano (LOU), lixo orgânico com 25% de esterco bovino (EB25%) e lixo orgânico Urbano com 50% de esterco bovino (EB50%).....	35
7. Análise do composto do lixo orgânico urbano com umidade natural....	36
8. Identificação do rendimento do composto de lixo orgânico urbano aos 90 dias de compostagem.....	38
9. Dados da avaliação da altura média das plantas para cada adubação e em cada nível de água aos 180 dias após a semeadura.....	39
10. Dados da avaliação do crescimento das plantas de <i>Tecoma stans</i> (cm) em função da irrigação.....	40
11. Dados médios de avaliação do diâmetro do caule das plantas aos 180 dias após a semeadura.....	42
12. Avaliação da matéria seca da parte aérea e radicular das plantas aos 180 dias após a semeadura.....	44

**INFLUÊNCIA DA UTILIZAÇÃO DO LIXO ORGÂNICO URBANO COMO
FONTE DE BIOFERTILIZANTE E COMPOSTO PARA O DESENVOLVIMENTO DE
IPÊ MIRIM (*Tecoma stans*) COM DUAS LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO**

RESUMO - A produção de resíduos urbanos está estreitamente relacionada com o crescimento populacional e industrial, e o seu reaproveitamento como fertilizante pode ser uma alternativa muito eficaz para a preservação ambiental. Com o objetivo de avaliar a produção de biofertilizante, biogás, composto e os efeitos de irrigações e adubações oriundas de resíduos orgânicos para o desenvolvimento de ipê mirim (*Tecoma stans*) foi realizado experimento no município de Conceição das Alagoas – MG. Para a produção do biofertilizante utilizou-se de reatores anaeróbicos com os seguintes tratamentos: A - 100% de lixo orgânico urbano; B – 75% de lixo orgânico urbano + 25% de esterco bovino fresco e C - 50% de lixo orgânico urbano + 50% de esterco bovino fresco. Para a produção do composto, foram construídos amontoados em forma de cone com o lixo orgânico urbano. Para a germinação das sementes introduzidas em tubetes de 300 cm³ foram montados os seguintes tratamentos: 100% de lixo orgânico urbano; 75% de lixo orgânico urbano + 25% de esterco bovino fresco; 50% de lixo orgânico urbano + 50% de esterco bovino fresco; 10% de composto de lixo; 15% de composto de lixo; 20% de composto de lixo; adubação mineral e sem adubação. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial com 8 fertilizações, 2 lâminas de irrigação com 80 e 100% da evapotranspiração, e 4 repetições. Para avaliar a qualidade do biogás, foi realizado o teste de queima. Da análise dos resultados verificou-se que o potencial de produção de biogás foi superior para o tratamento contendo lixo orgânico urbano com 50% de esterco bovino fresco; o crescimento das plantas quando associado à irrigação calculada para 100% da

evapotranspiração de referência e substrato contendo lixo orgânico urbano com 50% de esterco bovino fresco apresentou altura, diâmetro do caule, matéria seca da raiz e da parte aérea superiores aos demais tratamentos. O uso de resíduo orgânico urbano com 50% de esterco bovino fresco aumentou o índice de produção de biogás e o biofertilizante obtido apresentou melhor desempenho nas suas características.

Palavras-chave: biodigestor, esterco bovino, irrigação, resíduo urbano, matéria orgânica

**INFLUENCE OF THE USE OF ORGANIC WASTE AS A SOURCE OF URBAN
BIOFERTILIZER AND DEVELOPMENT OF COMPOSITE IPE MIRIM (*Tecoma stans*)
WITH TWO SHEETS OF IRRIGATION**

SUMMARY - The production of urban waste is closely linked to population and industrial growth around the world and recycle this waste becomes a very effective alternative for sustainable development. Aiming to characterize the organic waste discarded by a sample population, to evaluate the production of biogas, biofertilizer, compost and study the effects of fertilization and irrigation, an experiment was conducted at the Department Rural Engineering FCAV/UNESP - Campus of Jaboticabal – SP, using the following treatments: 100% Organic Waste Urban; 75% of Urban Organic Waste + 25% of cattle manure; 50% of Urban Organic Waste + 50% of cattle manure; 10% compost; 15% Composed of Junk; 20% compost; Mineral Fertilizer and Without Fertilization. The experimental design was randomized blocks in factorial with 8 fertilizations, two water slides (80 and 100% of potential evaporation) and three replicates. Of waste characterization, it was found that 58% are organic; the potential and the production of the biogas went superior to the treatment contends urban organic garbage with 50% of bovine manure, as well as for the growth of the plants, when associated to 100% of the evapotranspiration, presenting diameter of the stem, dry matter of the root and of the part aerial superiors to the others. The use of the urban organic residue with 50% of bovine manure increased the index of biogas production and the obtained biofertilizer it acted as conditioning, altering the physical characteristics, chemistries and biological of the soil.

Keywords: digester, bovine manure, irrigation, urban waste, organic matter

1. INTRODUÇÃO

Atualmente a produção e a destinação final dos resíduos urbanos são extremamente preocupantes, visto que esses fatores são signos agentes causadores de degradação ambiental, contaminando os mais diversos recursos naturais como o solo, rios, fauna, flora, atmosfera e inúmeros outros componentes que estejam direta ou indiretamente ligados à produção e destinação final dos materiais.

São inúmeras as fontes geradoras de resíduos, porém, na área urbana, o principal problema são os descartados diariamente nas residências, gerando em torno de 800 gramas de lixo por pessoa, assim, em municípios com 50.000 habitantes, pode-se estimar que 40 toneladas sejam produzidas diariamente, totalizando 14.600 toneladas por ano. De todo esse lixo, grande parte possui potencial para reciclagem (vidros, plásticos, papel e metal) e a outra parte que é orgânica serve para o reaproveitamento por meio da biodigestão, compostagem e outros processos afins.

O material orgânico representa em torno de 50 a 65% de todo o lixo gerado, portanto, quando utilizado corretamente pode trazer inúmeros benefícios para as mais diversas atividades, como, por exemplo, na produção de plantas silvestres. É importante destacar que quando descartado incorretamente, o lixo orgânico causa efeitos contrários ao meio ambiente, ocasionando vários tipos de contaminação.

Assim, a utilização de resíduos urbanos é imprescindível para atingir a qualidade ambiental, porém, para que possa acontecer corretamente, torna-se necessário conhecer o material descartado, visando a elaboração de um plano de gerenciamento integrado desses resíduos. A partir do momento em que se conhece o material descartado é possível verificar as possibilidades de reaproveitamento.

Quanto mais alternativas forem encontradas para a destinação final dos resíduos urbanos, maiores são as chances para o desenvolvimento com sustentabilidade, portanto, o reaproveitamento é o ponto chave para produzir sem degradar.

Além de colaborar com a prevenção da contaminação, os subprodutos originados dos resíduos orgânicos urbanos podem trazer inúmeros benefícios, gerando fonte de renda, energia, fertilizante, atuando como condicionador do solo, agregando e promovendo melhorias quanto às características físicas, químicas e biológicas do solo.

A produção de plantas encontra-se atualmente no ápice de sua importância, pois estão sendo, além do mais, intensificadas as atividades de reflorestamento e recomposição florestal, decorrente, sobretudo, do estímulo à recuperação de áreas verdes, matas ciliares, arborização urbana e paisagismo. Nesse contexto, a influência da matéria orgânica é imprescindível para o desenvolvimento saudável das plantas já que ela vem promover o suprimento de nutrientes e o armazenamento da água, capaz de substituir com eficiência os fertilizantes minerais.

O ipê-mirim (*Tecoma stans*), da família Bignoniaceae não é nativo do Brasil, porém é uma planta muito disseminada e requisitada na área urbana devido principalmente às suas características de baixo crescimento e floração, podendo ser facilmente conduzida mesmo em locais onde há rede de eletricidade, pois pode atingir de 4 a 6 metros de altura. Pelas suas interessantes peculiaridades, torna-se necessário ampliar os estudos de seu processo de crescimento, buscando, inclusive, verificar os melhores substratos e quantidade de água necessária para o desenvolvimento de exemplares saudáveis.

Portanto, assim como o tipo de substrato onde a planta desenvolve é de extrema importância, da mesma forma também acontece com a irrigação a ser utilizada. Sabe-se que a água é um recurso natural que deve ser utilizado conscientemente, procurando evitar o desperdício, sendo, portanto, indispensável na elaboração de um projeto de irrigação conhecer, dentre outras informações, as necessidades da planta.

Nesse sentido, com a finalidade de promover o reaproveitamento de resíduos gerados no município de Conceição das Alagoas - MG foi desenvolvido experimento visando analisar a influência do lixo orgânico urbano como fonte de biofertilizante, biogás e composto para o desenvolvimento de ipê-mirim (*Tecoma stans*) com duas lâminas de irrigação, 80 e 100% da evapotranspiração potencial.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Lixo urbano

O crescimento populacional e consequentemente a expansão da área urbana tem acarretado diversos problemas ambientais, principalmente quando se trata da destinação inadequada da crescente geração de resíduos. Apesar das diversas campanhas de conscientização ainda é cedo para mudar determinadas características culturais da população, que muitas vezes prioriza os produtos industrializados, gerando, por conseguinte, um número de embalagens que abarrotam os lixões e aterros sanitários, ocasionando diversos impactos negativos ao meio ambiente (MUCELIN & BELLINI, 2008).

Muitos são os fatores que alteram o ambiente, podendo variar desde causas naturais até antropogênicas, porém, a intensificação das atividades nas áreas urbanas e o crescimento contínuo da população têm afetado diretamente a qualidade de vida, acarretando um acúmulo significativo de desastres ambientais pela falta de planejamento e pela destruição das condições naturais do ecossistema (FERNANDEZ, 2004).

Destacam-se como elementos calamitosos na questão, o contínuo processo de abandono da área rural e o avanço nos centros urbanos que a cada dia estão com um número maior de habitantes. Para que ocorra o devido gerenciamento dos resíduos na área urbana torna-se necessária a gestão e o gerenciamento integrado dos resíduos sólidos, visando proporcionar melhorias significativas nas condições de vida da população (LIMA, 2001).

Assim, para que ocorra evolução na destinação final dos resíduos, o passo inicial a ser dado deve ser estabelecido por meio de condições políticas, institucionais, legais, financeiras, sociais e ambientais. Portanto, o gerenciamento dos resíduos deve ser integrado, englobando aspectos desde a geração até a disposição final (PROSAB, 2003).

Existem várias formas para destinar o lixo, e no Brasil, a mais disseminada é o “lixão a céu aberto”, que normalmente ocorre de forma desordenada, sem compactação ou cobertura, o que provoca a poluição do solo, da água e do ar, bem como a proliferação de vetores e doenças. Para solucionar tal problema se faz necessário buscar alternativas sustentáveis para aproveitar ao máximo os resíduos, que vai desde a capacitação de profissionais neste campo de trabalho até

mesmo na adoção do manejo mais adequado, inclusive, verificando os custos necessários, (PROSAB, 2003).

O morador da área urbana, independente da classe em que se encontra, deseja viver num ambiente saudável e que ofereça boas condições para a vida, porém, de acordo com os hábitos e crenças, esses ambientes são alterados constantemente, sendo influenciados principalmente pelas formas e tipos de vida da população daquele determinado local (MUCELIN & BELLINI, 2008).

Segundo JARDIM & WELLS (1995), o lixo doméstico brasileiro compõe-se de 65% de matéria orgânica, 25% de papel, 4% de metal, 3% de vidro e 3% de plástico. Verificando esses percentuais, imagina-se que seja fácil realizar o gerenciamento dos resíduos, porém, uma expressiva problemática encontrada ainda no Brasil é a falta de realização de sua segregação na fonte, pois depois que são acondicionados e compactados todos juntos é muito difícil reaproveitá-los.

Outra questão que deve ser ajustada é a destinação que ocorre clandestinamente às margens de lagos, rios, nascentes, matas ciliares, estradas e demais locais. Tais acontecimentos impróprios têm prejudicado drasticamente os ambientes, causando assoreamentos, erosões, enchentes, proliferação de vetores transmissores de doenças, além da triste catástrofe visual, que polui, além de tudo, o olho de quem vê (MUCELIN & BELLINI, 2008).

Apesar de o Brasil apresentar um conjunto de leis, portarias e decretos bem estabelecidos e amplos, o problema referente à destinação final do lixo ainda é um entrave, e frequentemente são encontradas disposições clandestinas que prejudicam direta e indiretamente os que dependem dos recursos naturais (PROSAB, 2003).

2.2. Lixo orgânico

Segundo PEREIRA NETO (1995), os resíduos sólidos caracterizam-se por apresentar alto teor de matéria orgânica em sua composição, atingindo em muitos casos até 70%.

O lixo orgânico urbano tem sido utilizado, mesmo que a passos lentos, na agricultura brasileira por meio da compostagem, porém, ainda é necessária a realização de estudos que tenham a finalidade de verificar a composição química, física e biológica desses materiais

(SANTOS et al., 1999). Além do tipo de resíduo, KIEHL (1985), destaca que a composição pode sofrer influência em função da época do ano e da classe social geradora do material descartado.

OLIVEIRA (2000) destaca que o Brasil produz aproximadamente 241.614 toneladas de lixo diariamente, sendo que dessa quantidade, 76% são depositados em lixões a céu aberto, sem nenhum tipo de tratamento, 13% são destinados aos aterros controlados, 10% são encaminhados às usinas de compostagem e 0,1% são incinerados. Assim, grande parte dos resíduos possui imenso potencial para reaproveitamento, especialmente os orgânicos, que são entendidos como resíduos que não possuem destinação específica.

Devido à grande porcentagem apresentada pelos resíduos orgânicos na composição total do lixo, existe um potencial muito grande para ser explorado, pois eles podem ser aproveitados para a ciclagem de nutrientes no solo, atuando, por exemplo, como fonte de crescimento de plantas florestais, ornamentais e na agricultura como um todo. Quando conduzidas de forma correta, ou seja, em ótima condição de temperatura, umidade e aeração, a compostagem resulta em um produto excelente para ser utilizado em diversas atividades, beneficiando os solos, áreas degradadas, jardinagem, etc (REZENDE, 2002).

O lixo orgânico urbano possui características específicas, pois é biodegradável, podendo ser processado na presença ou ausência do oxigênio, variando em função do sistema escolhido para a sua estabilização. Quando depositado em aterros sanitários, o material orgânico gera um líquido denominado chorume, também chamado “percolado” cuja composição é variada, complexa e altamente poluidora (QUIAN et al., 2002).

Além de apresentar constituição física, química e biológica interessante, os resíduos atuam melhorando a agregação das partículas, a condutividade hidráulica, a porosidade, a retenção de água, a capacidade do campo, o pH, a temperatura e a fertilidade. Assim, a utilização da matéria orgânica, por meio de reutilização dos resíduos, promove diversos benefícios ao solo, melhorando sua qualidade e recuperando áreas degradadas, além de apresentar-se como uma alternativa viável, pois possui baixo custo (ANDRIOLI et al. 1991; RUIZ & TEIXEIRA, 1991).

Devido a escassez de informações referente aos resíduos orgânicos provenientes das diversas alternativas existentes, os efeitos de sua aplicação no solo são variáveis, portanto, uma forma interessante de utilizá-lo é por meio da produção de plantas ornamentais, reflorestamento,

arborização urbana, pois neste caso ela não está relacionada diretamente com o consumo humano, como fonte de alimento (MELLO & VITTI, 2002).

2.3. Matéria orgânica

Vários fatores são necessários para avaliar a qualidade do solo, e dentre eles, encontra-se a matéria orgânica. A qualidade do solo deve ser compreendida como um sistema aberto, verificando diretamente a sustentabilidade do sistema solo-planta-organismo (VEZZANI & MIELNICZUK, 2009), proporcionando a ciclagem de nutrientes, fluxo de água, energia, além de outros fatores que propiciem sua funcionalidade integral.

A matéria orgânica constitui-se de componentes vivos e não-vivos, os primeiros são representados por raízes, microrganismos do solo (60 a 80%) e fauna, já a parte não viva, compreende a matéria constituída de substâncias umidificadas e não umidificadas, que são os carboidratos, aminoácidos, proteínas, lipídeos, ácidos nucléicos, pigmentos e uma variedade de ácidos orgânicos que se constituem em 70 a 80% da matéria orgânica na maioria dos solos minerais, com frações de ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e huminas (THENG et al. 1989; PASSOS et al. 2007). As substâncias húmicas são caracterizadas como sendo produtos das transformações químicas e biológicas dos resíduos vegetais e animais, assim como da atividade microbiana do solo (MICHEL et al. 1996). Dessa forma, a matéria orgânica se apresenta por possuir uma fração ativa e uma inativa, onde a ativa caracteriza-se por decompor mais rapidamente pelo processo de fermentação e conseqüentemente formar o húmus, enquanto a inativa (umidificada) não sofre mais a decomposição intensa como ocorre na ativa. Assim, a principal fonte de nutrientes disponíveis às plantas é a fração húmica (GALBIATTI, 1992).

A adubação química muitas vezes se apresenta como sendo uma alternativa inviável à agricultura, pois representa um grande investimento, principalmente para os pequenos produtores. Assim, devido à grande disponibilidade de resíduos e o conhecimento de suas proporções físicas, químicas e biológicas, torna-se possível utilizá-lo como excelente alternativa à adubação mineral. Na literatura são poucos trabalhos que relatam a disponibilidade dos nutrientes oriundos de materiais orgânicos que possuem como fonte resíduos gerados e intensificados. Atualmente, em

vários trabalhos realizados observa-se que a introdução da matéria orgânica sempre proporciona benefícios, tanto para o solo, como para a planta. FERREIRA et al. (1997) constataram que a adição de compostos orgânicos à terra de subsolo favoreceu substancialmente o crescimento do eucalipto (*Eucalyptus grandis* W. HILL ex. Maiden). Plantas de sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides* BENTH.) produzidas nos substratos solo + esterco na proporção volumétrica de 1:1 apresentaram melhor qualidade, expressa principalmente pela relação altura/diâmetro, sendo as mudas mais adequadas para o transplântio (CAMPOS et al. 1986). ALVES (1996), avaliando técnicas de recuperação de uma área em que foi retirado solo para terraplanagem, utilizou a adubação verde, lodo de esgoto e planta nativa, tendo como indicadores de qualidade a densidade do solo e a infiltração de água. Para os resultados obtidos, foi possível verificar que a adição de lodo de esgoto e adubação verde proporcionou melhorias na qualidade do solo, diminuindo a densidade e aumentando as taxas de infiltração de água.

Por muito tempo, o efeito da matéria orgânica tem sido estudado por especialistas e, atualmente, possui um reconhecido papel nos processos biológicos, químicos e físicos, muito importante para garantir a funcionalidade do ecossistema, proporcionando condições ideais para o desenvolvimento de plantas, aumentando a atividade dos microrganismos e promovendo a qualidade física do solo (BRAIDA et al. 2010).

Após serem verificados os benefícios da matéria orgânica, surge um novo impasse que é o de avaliar a eficiência dos resíduos urbanos como fonte de matéria orgânica para o solo, em especial para a agricultura, pois os grandes centros urbanos geram incontáveis toneladas por dia de resíduos, assim, é necessário que haja, de forma mais consistente, projetos promissores visando seu reaproveitamento como fonte de nutrientes para a produção vegetal (CANDELAS et al. 2001).

A caracterização do material orgânico utilizado é muito importante, pois somente assim é possível estimar sua atividade e conseqüentemente funcionalidade, verificando sua atuação na redução da densidade aparente e global, aumento da porosidade, aumento na capacidade de retenção de água e nutrientes, proporcionando características desejáveis para a produção de mudas (CORDELL & FILER JUNIOR, 1984).

2.4. Compostagem

A compostagem surge como um método muito eficiente no processo de estabilização e redução em volume dos diversos materiais relativos a esse processo, pois quando se trata de resíduos orgânicos, o índice gerado por dia é muito grande e, além disso, freqüentemente eles possuem patógenos, prejudicando a qualidade ambiental, contaminando rios, solos, fauna, flora, etc. Assim, por meio dos processos de tratamento do material descartado surge uma alternativa eficiente que é a utilização desses resíduos estabilizados na agricultura, servindo como fonte de nutrientes e como condicionadores do solo, beneficiando o sistema de produção e também a qualidade do meio ambiente (MELLO & VITTI, 2002).

O processo de compostagem pode ser definido como uma decomposição de materiais orgânicos em situações ótimas que permitam atingir temperaturas suficientemente elevadas com umidade satisfatória. O aumento de temperatura identificado no processo de compostagem aparece como um resultado da libertação de calor proveniente da degradação biológica (aeróbia) do resíduo adicionado ao processo, que ao final, produz um produto estabilizado, com seus componentes digeridos e que podem ser utilizados para diversas finalidades, podendo até mesmo substituir a adubação mineral (KOEPPF, 1976).

Este método é um dos mais antigos na reciclagem de materiais, pois transforma o material orgânico em fertilizante, além de solucionar diversos problemas desagradáveis provenientes da geração dos resíduos (HAUG, 1980; MESQUITA & PEREIRA NETO, 1992).

De acordo com as informações referentes à geração de resíduos orgânicos no Brasil, os processos de reaproveitamento devem ser intensificados, pois os métodos mais utilizados na atualidade não são os mais recomendados, porque além de não proporcionarem nenhum tipo de benefício ao solo, ocasionam inúmeras fontes de contaminação dos recursos naturais. A compostagem atende vários objetivos, como sanitários, ambientais, econômicos, sociais e agrícolas (PEREIRA NETO, 1999).

Apesar de parecer uma técnica fácil, ela apresenta algumas limitações em função de seu gerenciamento, fato este verificado pelas várias usinas que não estão mais em funcionamento. Muitas vezes, não ocorre a separação devida do material antes de ser encaminhado para o processo de compostagem, originando um composto não homogêneo, que não possui

características interessantes para o aproveitamento. Apesar de tais limitações, ela é uma técnica que possui vantagens em função do custo operacional, pois é de fácil manutenção (CRAVO et al. 1998).

Em função do manejo inadequado no processo de compostagem, o composto pode prejudicar o desenvolvimento das plantas e consequentemente da qualidade do solo. Assim como a mistura de materiais impróprios, a falta de estabilização do material orgânico também pode causar situações indesejáveis, como o que foi constatado por GARCIA et al. (1992), que em experimento de germinação avaliou a influência do lixo orgânico estabilizado e não estabilizado. De acordo com os resultados, foi verificado que o lixo orgânico sem estabilização inibiu 100% o processo de germinação, enquanto que no estabilizado ocorreu boa germinação (GARCIA et al. 1992).

Não é ao acaso que o lixo urbano é utilizado para a compostagem, pois ele possui várias características imprescindíveis para que o processo ocorra adequadamente. De acordo com avaliações, o lixo apresenta em torno de 40% de material orgânico, 1% de N total, 0,2% de fósforo e 0,5% de potássio, além de pequenas concentrações de outros macros e micronutrientes. Assim, devido à composição apresentada pelo lixo orgânico, o composto possui a capacidade de aumentar a produção das culturas (BERTON & VALADARES, 1991).

Naturalmente, o processo de compostagem ocorre muito lentamente, assim, de forma induzida, ou seja, oferecendo temperatura, oxigênio, material orgânico que contenha um balanço de relação C/N favorável ao metabolismo dos organismos envolvidos, o processo é acelerado e a matéria orgânica pode ser utilizada mais rapidamente (KIEHL, 1985).

Várias são as funções da matéria orgânica no solo, pois não funciona apenas como fonte de nutrientes, mas sim como fator agregador de partículas, conferindo condições favoráveis de arejamento e friabilidade, aumentando a retenção de água e realizando grande parte da capacidade de troca de cátions (CTC) (RAIJ, 1981).

2.5. Composto de lixo urbano e suas propriedades no solo

Basicamente, um composto orgânico devidamente estabilizado, gerado a partir de

municípios que contenham em torno de 20 a 25 mil habitantes, em unidades de compostagem com capacidade de gerenciamento de até 10 toneladas por dia, apresenta valores de 23,5% de umidade, 30% de sólidos solúveis, 70% de sólidos fixos, pH de 7,3, 17% de carbono, 1,3% de nitrogênio, 1,3 de fósforo e 0,25% de potássio (PEREIRA NETO, 1995).

Em função dos atributos químicos oferecidos pelo composto pode-se verificar que quando aplicado ao solo nota-se a elevação do pH, ocasionando a redução e neutralização da acidez, aumento da disponibilidade de fósforo, potássio, cálcio, magnésio e da capacidade de troca catiônica (KIEHL, 1985; OLIVEIRA, 2000).

Segundo ABREU JÚNIOR et al. (2002), foi verificado que quando aplicado em solo ácido, o composto de lixo promoveu aumento nos teores de macro e micronutrientes em até 1.200%, elevando também a capacidade de troca catiônica em 42%. Porém, em solos alcalinos, esses efeitos foram menos acentuados.

Verificando a capacidade de retenção de água, BARRETO (2004), trabalhando com amostras indeformadas, coletadas em vasos onde foi conduzido experimento de degradação da matéria orgânica de 4 resíduos (lodo de esgoto, composto de lixo, lodo petroquímico e torta de filtro), foi determinada a capacidade de retenção de água nas tensões de 1, 2, 5, 10 e 15 kPa. Para o solo de textura média, o autor observou aumento na retenção de água nas tensões de 10 e 15 kPa para todos os resíduos aplicados. Para o solo arenoso, no entanto, nenhum efeito foi observado.

Com a introdução da matéria orgânica, os atributos biológicos também são alterados, podendo beneficiar ou não a qualidade do solo. Está comprovada sua interferência na fixação do nitrogênio em leguminosas por meio da atividade de bactérias nitrificantes, que promovem a formação e crescimento de nódulos em sistemas radiculares, local onde o nitrogênio gás é transformado em elementos absorvíveis pelas plantas. Da mesma forma, acontece com o acentuado aumento da biomassa de microrganismos em função da adição de alimentos (matéria orgânica), promovendo o crescimento de fungos, bactérias e demais organismos presentes no sistema solo. Os microrganismos são indispensáveis ao funcionamento adequado do solo, pois eles atuam em processos de mineralização, representando, de certa forma, o potencial dos nutrientes disponíveis às plantas (ANDREOLA & FERNANDES, 2007).

Em função dos nutrientes armazenados na biomassa microbiana podem ser expressos valores de até 100 Kg de nitrogênio, 80 Kg de fósforo e 11 Kg de cálcio por hectare, e como essa biomassa pode ser reciclada cerca de 10 vezes mais rapidamente do que a matéria orgânica morta do solo se tem que a quantidade de nutrientes presentes em microrganismos é muito significativa na ciclagem de nutrientes, pois possuem significativas reservas que podem retornar ao solo e, portanto, oferecerem favoráveis condições para o desenvolvimento das plantas (HOLTZ & SÁ, 1995).

Para que o composto seja aproveitado de maneira adequada é recomendado que este seja aplicado periodicamente e em área total, visando melhorar as características físicas, químicas e biológicas do solo, porém, devem ser realizados monitoramentos constantes, objetivando verificar a composição do solo, avaliando os melhores índices de aplicação, além de se observar possíveis contaminações (KIEHL, 1985).

2.6. Resíduos de bovinos

A utilização do esterco bovino é amplamente disseminada em várias regiões, pois se apresenta como uma alternativa eficiente para a complementação de nutrientes no solo, principalmente fósforo e nitrogênio (MENEZES & SALCEDO, 2007). Esse tipo de adubação é uma prática milenar, porém, foi sendo substituída gradualmente pelo surgimento da adubação mineral, por volta do século XIX. Devido às questões ambientais tal prática vem sendo utilizada novamente, pois atualmente existe uma preocupação muito grande com a qualidade de vida e preservação dos recursos naturais (HOLANDA, 1990; BLAISE et al., 2005; SALAZAR et al., 2005)

Os dejetos provenientes de bovinos são frequentemente utilizados para adubação de várias culturas, incluindo plantas perenes, anuais e bianuais, porém, são utilizados por meio da simples aspersão ou deposição no solo, podendo ser incorporado ou não, forma essa, que propicia a continuidade do ciclo biológico de diversos organismos, inclusive os patógenos, aumentando assim, os índices de contaminação tanto do solo como dos recursos hídricos (DOWNEY & MOORE, 1977).

Em função dessas características, torna-se necessário a realização do processo de estabilização dos resíduos, visando intensificar seu uso na agricultura, porém de maneira adequada, melhorando assim os processos de seu reaproveitamento (FURLONG, 1996).

Além de se apresentarem com fonte de nutrientes para o solo, os esterco bovinos são recomendados para utilização devido ao fácil acesso e custo reduzido, substituindo em muitos casos a adubação mineral, porém a dose utilizada é variável em função da composição do solo e consequentemente do resíduo, sendo ainda influenciada pela textura, tipo, estrutura e quantidade de matéria orgânica presente no solo.

Em relação aos fertilizantes minerais, os orgânicos apresentam algumas características peculiares e benéficas, como a disponibilização lenta dos nutrientes, porém, de maneira constante, beneficiando os diversos atributos do solo (físicos, químicos e biológicos), propiciando melhorias em função da estrutura do solo, aeração e drenagem

2.7. O processo de biodigestão anaeróbia

Em relação à biodigestão anaeróbia, vários são os fatores que podem exercer influência no processo, como a quantidade de matéria orgânica introduzida no reator, a temperatura, materiais tóxicos, presença de oxigênio, dentre outros. Observa-se que o fator temperatura é imprescindível para que o processo ocorra adequadamente, pois se sabe que em temperaturas mais altas (mesófilo – 30 a 45 °C, ou termófilos – 45 a 60°C) as reações biológicas ocorrem com maior velocidade do que em condições normais. Dentre os processos avaliados para a digestão da matéria orgânica os reatores anaeróbios são altamente eficientes, oferecendo aos microrganismos condições adequadas para se desenvolverem e estabilizarem a matéria orgânica, além de responderem satisfatoriamente às variações de material de abastecimento (LEITE et al. 2004).

De acordo com BAADER et al. (1991), a bioestabilização anaeróbia pode acontecer tanto em resíduos vegetais como animais, sendo que nos vegetais, somente componentes contendo lignocelulose não podem ser estabilizados, porém, foram verificados índices de mineralização da celulose e hemicelulose em torno de 71 e 77%, respectivamente, após 111 dias de condução de experimento de estabilização da matéria orgânica.

Atualmente, o sistema mais usual para o descarte de resíduos sólidos urbanos é o aterro sanitário, pois são relativamente fáceis de serem administrados e geralmente não há preocupação em função da contaminação, pois se apresenta de maneira “invisível” já que fica abaixo da superfície do solo (VAZOLLER, 1999).

Os biodigestores podem se apresentar de várias maneiras, sendo uma delas, a forma de batelada, que se caracteriza por ser alimentada uma só vez no início do processo. Vale ressaltar que tal forma possui construção relativamente simples quando comparada a outros biodigestores e pode ser recomendada para vários tipos de dejetos (XAVIER & LUCAS JÚNIOR, 2010).

Atualmente o biodigestor está sendo mais utilizado devido, sobretudo, ao aumento dos estudos sobre sua funcionalidade, pois contribui significativamente na sustentabilidade das atividades agropecuárias, aproveitando, por exemplo, os dejetos provenientes de porcos, gado, restos de alimentos dentre outros, aos quais, normalmente, é dado pouco ou mesmo nenhum valor comercial. Como subprodutos se têm a energia (biogás) que é o combustível mais limpo de todos, seguido pelo GLP (gás liquefeito do petróleo), além do adubo que pode ser utilizado na produção de plantas.

Assim, o reaproveitamento de resíduos por meio de alternativas tecnológicas, com a finalidade de promover o desenvolvimento sustentável com geração de energia e fertilizante, pode ser muito útil e causar impactos positivos à destinação final dos resíduos orgânicos urbanos, que se acumulam dia-a-dia sem o gerenciamento adequado. Portanto, a tecnologia da biodigestão anaeróbia origina produtos extremamente úteis, apresentando, além de fácil implantação, a redução da poluição ambiental (ARAÚJO et al. 2007; FACTOR et al. 2008; SILVA et al. 2008).

2.8. Metano

A quantidade, qualidade e a fonte dos combustíveis utilizados em todo o mundo são assuntos que sempre causaram preocupação, pois a maior parte dos setores produtivos é extremamente dependente das fontes de combustíveis para realizarem suas principais funções. Em quase sua totalidade, as nações são dependentes dos combustíveis derivados do petróleo, e no Brasil, devido à disponibilidade de recursos hídricos para geração de energia elétrica, essa tem

sido largamente empregada em unidades de aquecimento industriais e domésticas. A crescente demanda de combustíveis requer maior disponibilidade do petróleo, no entanto, esta acaba sendo uma fonte insegura para a geração de energia, pois se sabe que o petróleo classifica-se como uma forma não renovável, assim, a oscilação de seu valor é muito grande e as tendências indicam a elevação do preço no mercado mundial, sendo necessária, portanto, a utilização de novas formas energéticas, sobretudo as renováveis (SILVA et al. 2005).

Em função de sua origem, o biogás pode ser proveniente de várias fontes geradoras, incluindo resíduos urbanos (variando desde lodo de esgoto até os resíduos sólidos domiciliares), resíduos industriais (processamento em usinas de açúcar e álcool, frutas cítricas, etc) e resíduos da agricultura e pecuária (FRARE et al. 2009).

Além da classificação quanto à origem, o biogás pode variar em função de sua composição, sofrendo influência do tipo de resíduo gerador do gás. Em relação à sua composição, o biogás apresenta como seus principais constituintes o metano (variando de 60 a 80%), o dióxido de carbono (variando de 20 a 40%) e outros gases, como o hidrogênio, nitrogênio, sulfeto de hidrogênio e monóxido de carbono, que podem ocorrer em concentrações menores (SOUZA et al. 2010). Vários estudos foram realizados com a finalidade de avaliar as características necessárias à produção do biogás, assim como vários substratos (esterco, esgoto, etc), porém, ainda faltam informações acerca de resíduos orgânicos domésticos.

Além dos fatores já discutidos, outra característica interessante de ser avaliada é a relação existente entre a quantidade de material substrato e a quantidade de biogás produzido. Em experimento realizado por BENINCASA et al. (1986) foi relatado que a partir da produção média diária de esterco de um bovino adulto (cerca de 25 kg) pode-se obter 1,0 m³ de biogás, o que corresponde a 0,6 l de diesel.

Em várias situações, pode-se visualizar facilmente a produção do gás devido à posição das campânulas instaladas nos biodigestores, porém vale ressaltar que deve ser verificado o potencial calorífico do biogás que representa diretamente a sua qualidade. Assim, para que possua uma composição ótima, torna-se necessária a presença do metano, e quanto maior a proporção desse gás, maior é o poder de queima, ou seja, o poder calorífico do biogás avaliado SATHIANATHAN (1975). Esse poder calorífico pode ser variável e sua potencialidade é

demonstrada quando tratado (remoção de CO₂), pois seu poder pode chegar a 60% do poder calorífico do gás natural.

Apesar de tantas tecnologias e métodos relativamente fáceis de serem utilizados, SILVA & LUCAS JÚNIOR (1992) verificaram que a utilização do biogás no Brasil ainda tem sido limitada pela falta de equipamentos comerciais apropriados. Várias formas em que o biogás é utilizado são precárias e por diversas vezes improvisadas em equipamentos que não são específicos, como aqueles utilizados para a utilização do Gás Liquefeito de Petróleo (GLP).

Além de todos os benefícios já avaliados pela utilização do biogás proveniente da biodigestão anaeróbia, uma nova alternativa é a possibilidade da venda de créditos de carbono que surgiu por intermédio do Protocolo de Kyoto que tem gerado incontáveis euros (SALANI, 2007). Assim, a produção de biogás recebe um novo estímulo, desencadeando sua ampla distribuição e utilização.

2.9. Biofertilizante

O crescimento da produção agrícola brasileira pode ocorrer tanto em função do aumento da área explorada quanto pelo incremento da produtividade, alternativas que quando mal conduzidas podem promover diversos prejuízos ao meio ambiente como assoreamento, erosão, salinização, poluição, comprometendo, sobremaneira, a qualidade do solo.

Para manter o padrão de qualidade em ambientes agricultáveis, torna-se necessário, portanto, o emprego de técnicas que não sejam comprometedoras ao meio ambiente. Nesse contexto, a utilização de biofertilizante se apresenta como uma solução para a substituição da adubação mineral, promovendo diversos benefícios à qualidade física, química e biológica do solo. Assim, na busca por insumos que agredam o mínimo possível o meio ambiente e que promovam o desenvolvimento da agricultura com a menor dependência de produtos industrializados, vários produtos têm sido lançados anualmente no mercado (DELEITO et al. 2000). Outra característica benéfica dos biofertilizantes é que esses produtos podem ser produzidos pelo próprio agricultor, por meio de resíduos que são gerados na propriedade, promovendo economia de insumos e, ainda, melhorias no sistema de saneamento ambiental.

O biofertilizante possui composição química variável em função da metodologia utilizada no processo de produção e dos materiais utilizados. Os microrganismos são imprescindíveis para a ocorrência da produção, principalmente os metanogênicos, pois são responsáveis pela estabilização da matéria orgânica, produzindo o biogás e o biofertilizante (BETTIOL et al. 1998).

Várias fases são necessárias para que ocorra o processo de estabilização anaeróbica, desde a hidrólise, na qual as bactérias eliminam no meio as enzimas extracelulares, depois vem a fase em que as bactérias produtoras transformam os carboidratos e proteínas gordurosas em ácidos orgânicos (ácido láctico, ácido butílico), hidrogênio, amônia, etanol, dióxido de carbono e outros e por ultimo como terceira fase vem o processo desenvolvido pelas bactérias metanogênicas, onde estas atuam sobre o hidrogênio e o dióxido de carbono, transformando-os em gás metano (CH_4). Na última fase do processo (metanogênica) pode ocorrer a alteração da velocidade em que as reações ocorrem, pois depois de certo tempo pode acontecer a formação de microbolhas de metano e dióxido de carbono em torno das bactérias, isolando-as do contato direto com o substrato que está sendo digerido, razão pela qual, o procedimento de agitação no biodigestor deve ser realizado constantemente por meio de movimentos giratórios (SEIXAS et al. 1980).

Assim, devido às inúmeras características oferecidas pelos biofertilizantes, sua aplicação na agricultura em substituição aos fertilizantes minerais proporciona uma forma de tentar manter o equilíbrio do sistema solo-planta, promovendo inúmeros benefícios, dentre eles podemos citar a agregação de partículas, aumento da CTC, retenção de água, condições ótimas de temperatura, redução da densidade e resistência mecânica, aumento da porosidade, oferecendo assim o equilíbrio nutricional às plantas e tornando-as menos susceptíveis ao ataque de pragas e de patógenos (FERNANDES et al. 2000; LUNA et al. 2009).

2.10. A Produção de plantas e os fertilizantes orgânicos

A má utilização dos fertilizantes orgânicos e uso inconsistente dos sistemas convencionais de plantio têm ocasionado ao solo diversos problemas, como a perda de nutrientes, erosão, intenso escoamento superficial, baixa umidade, dentre outros, afetando não só o solo, mas também os recursos hídricos, fauna, flora e todos os fatores relacionados direta ou indiretamente

a ele. Atualmente, são várias as razões e alternativas disponíveis como formas de reaproveitamento dos resíduos orgânicos para compor o sistema produtivo, pois além de apresentar baixo custo e promover inúmeros benefícios para os recursos naturais ainda oferecem outros como a redução dos custos para manter a sustentabilidade do solo, sendo estes documentados por diversos autores (CRAVO et al. 1998; JAHNEL et al. 1999; ABREU JÚNIOR et al. 2000).

Existem várias fontes geradoras de resíduos orgânicos na área urbana, onde normalmente, junto ao lixo doméstico, encontra-se algo em torno de 60% de material orgânico passível de ser utilizado. Observando-se a composição de resíduos urbanos gerados em uma população variando entre 3.000 a 15.000 habitantes, observa-se alto teor de material orgânico (50% a 70%) e considerável percentual de material reciclável (8% a 15%), assim, grande parte do lixo doméstico seria reduzido caso fosse aproveitado, ocasionando aumento na longevidade do aterro sanitário, oferecendo capacidade de receber maior quantidade de resíduos por um maior período de tempo e reduzindo as taxas de contaminação do solo e da água.

A taxa de geração de lixo por pessoa é variável, porém apresenta algo em torno de 600 gramas de lixo por dia, correspondendo assim, em uma cidade de 20 mil habitantes, cerca de 12 mil quilos por dia de lixo, que se não for reaproveitado, rapidamente extrapola a capacidade de retenção do aterro sanitário, porém, se for reutilizado, apresentaria de acordo com os dados informados, 7.200 quilos de material orgânico que poderia ser reaproveitado (compostagem, biofertilizante) e 1.800 quilos seria reciclado (centros de triagem e usinas de reciclagem), otimizando, dessa forma, o processo e reaproveitando ao máximo os resíduos gerados.

Vale ressaltar também que em função da localidade, a composição e a quantidade de lixo gerado diariamente é variável, como constatado por ALVES (1996), onde estima que em cidades de pequeno porte, a quantidade de lixo domiciliar produzida por habitante está entre 400 e 600 gramas diárias e que nos grandes centros esta quantidade pode chegar a 1,5 quilo por habitante em um único dia.

Os fertilizantes orgânicos apresentam diversas características interessantes na vida das plantas, pois oferecem às raízes, condições ideais para o seu crescimento, estimulando o processo de desenvolvimento pela redução da densidade do solo e aumento da porosidade. Além disso, promove a disponibilidade gradativa dos nutrientes, reduzindo o processo de lixiviação,

aumentando a atividade dos microrganismos, trazendo melhorias na textura do solo, etc.. LEITE et al. (2003), verificaram que a adubação orgânica aumentou os estoques de carbono orgânico e nitrogênio total em sistemas de produção de milho conduzidos pelo processo convencional e com fertilização orgânica.

2.11. A qualidade das plantas

Várias são as características que permitem identificar a qualidade das plantas, envolvendo desde aspectos morfológicos externos até a fisiologia do vegetal, porém, essa é de difícil detecção, principalmente em viveiros florestais, onde geralmente os problemas fitossanitários não são identificados em plantas em estágio inicial de desenvolvimento, acarretando, inclusive, na dificuldade em verificar a capacidade de sobrevivência da planta depois de retirada do viveiro e transplantada no campo (GOMES, 2001).

Assim, devido à dificuldade de identificação dos problemas fisiológicos, a caracterização morfológica ainda é a mais utilizada, pois permite verificar com facilidade as propriedades das plantas, contudo, essa caracterização é meramente intuitiva, havendo a necessidade de condições mais apropriadas para identificar a qualidade do vegetal (SABONARO, 2006). Dentre os padrões para a verificação dos parâmetros morfológicos encontram-se a altura da parte aérea, o diâmetro do coleto, matéria seca e fresca total, matéria seca e fresca da parte aérea e matéria seca e fresca das raízes. Dentre esses, alguns são utilizados para verificar a adaptabilidade das plantas no campo, por meio das relações entre altura da parte aérea e o diâmetro do coleto.

Tais índices são utilizados para verificar o equilíbrio do crescimento da planta, dividindo-se a parte aérea pelo seu respectivo diâmetro do coleto, relacionando o resultado em um quociente de robustez que determina e fornece informações da quão delgada apresenta-se a muda (JOHNSON & CLINE, 1991; CARNEIRO, 1995).

2.12. Irrigação

Dentre os fatores primordiais para o sucesso no desenvolvimento das plantas encontra-se a irrigação, e com seu advento, tornou-se possível aperfeiçoar os sistemas produtivos, oferecendo às plantas condições ideais para seu desenvolvimento em locais onde imaginava impossível cultivar devido à falta de chuva. Porém, esse advento trouxe com ele algumas falhas, como por exemplo, a falta de planejamento no sistema, utilizando grandes quantidades de água para culturas que não requerem, promovendo o desperdício de recursos naturais. Portanto, torna-se necessário planejar para aperfeiçoar o sistema de irrigação. Atualmente existem vários processos em que as necessidades hídricas são minimizadas, como a microaspersão e gotejadores (GALBIATTI et al. 2007).

Assim como para todas as culturas, a produção de mudas requer vários cuidados, dentre os quais, a quantidade de água, pois este se apresenta como um fator decisivo, devendo ocorrer no momento oportuno e de forma adequada MARQUELLI & SILVA (1993). Dentre os fatores fundamentais para verificar a necessidade hídrica das plantas encontra-se a evapotranspiração, pois permite realizar estimativas. Um dos métodos mais utilizados para verificá-la é através do tanque classe A, onde se mede os efeitos de radiação solar, vento, temperatura e umidade relativa sobre a evaporação de uma superfície livre de água, onde a planta responde às mesmas condições de variáveis climáticas (KLAR, 1991).

Salienta-se, ademais, que o equilíbrio na distribuição de água é fundamental importância, sendo que sua falta pode ocasionar o estresse hídrico, diminuindo a absorção de nutrientes pelas plantas devido aos prejuízos ocasionados na solução do solo. Como a falta ocasiona prejuízos, o excesso também pode ser prejudicial, favorecendo para que ocorra a lixiviação dos nutrientes e propiciando um ambiente favorável ao desenvolvimento de doenças, além de todos os fatores verificados quanto às questões de economia de água (LOPES, 2005).

Os processos metabólicos das plantas ocorrem em função da quantidade de água presente no solo, atuando como fator limitante para o desenvolvimento do vegetal quando não verificadas as quantidades ideais para sua fisiologia. O manejo inadequado da irrigação pode ocasionar morte da planta, e quando em excesso a água pode propiciar condições anaeróbias em torno das raízes, reduzindo a respiração e limitando a fotossíntese e, ainda, favorecendo o aparecimento de

doenças foliares e do solo. Quando observadas quantidades insuficientes às plantas nota-se perdas excessivas de água por meio da transpiração, induzindo ao enrolamento, amarelecimento e queda de folhas. Assim, é fundamental o conhecimento da planta e suas necessidades, visando fornecer a quantidade ideal para que a planta se desenvolva de forma saudável (MARTINS et al. 1999).

Outro fator que deve ser verificado é o local onde as plantas serão desenvolvidas, pois no caso de produção de plantas em viveiros normalmente utiliza-se tubetes ou sacos plásticos. Nesse contexto, a irrigação possui algumas particularidades como a maior frequência de irrigação, já que os recipientes possuem reduzido volume de substrato à disposição da planta. Tais fatores devem ser considerados, pois em função da rápida perda de água, a planta pode vir a sofrer o estresse hídrico com maior facilidade do que quando em condições de campo. Segundo ABAD et al. (1992), na prática, a irrigação deve ser realizada em excesso quando as plantas estiverem acondicionadas em recipientes, objetivando alcançar uniformidade durante o processo de distribuição de água, evitando o acúmulo de sais.

A capacidade de retenção de água no substrato varia muito em função do material utilizado para o preenchimento dos tubetes ou sacos plásticos, havendo assim, além da necessidade de conhecimento da planta cultivada, o tipo e a composição dos substratos. Em substratos onde a capacidade de retenção de água é maior, como o composto orgânico, húmus, fibra de coco, dentre outros de origem orgânica, ocorre uma maior eficiência quando a irrigação acontece de maneira prolongada e por intervalos mais longos de tempo, característica esta diversa de substratos que apresentam baixa capacidade de retenção de água, onde a irrigação deve ser realizada de forma frequente, e de baixa intensidade. As irrigações frequentes possuem como característica umedecer o solo apenas em alguns centímetros da camada superficial, ocasionando processos de perda por evaporação, principalmente quando os dias apresentam-se mais secos e quentes (WENDLING & GATTO, 2002).

Para que o processo germinativo ocorra com maior eficácia existe a necessidade de que ao menos a camada superficial do substrato apresente-se úmida (CARNEIRO, 1995). Porém, a quantidade de água deve ser controlada, pois da mesma forma que ela traz benefícios ao processo de germinação, quando em excesso pode ocasionar a lixiviação de nutrientes, além viabilizar o aparecimento de diversas doenças, como o “damping-off” nas fases que antecedem e sucedem a emergência. Além de tais prejuízos, a aeração do solo também é prejudicada, influenciando

diretamente na qualidade do sistema radicular, já que grande parte da energia obtida para o processo de desenvolvimento da planta é obtido pelas raízes, em função da respiração, portanto, se tais fatores forem prejudicados, a planta também sofre diretamente as consequências. Quando conduzidas adequadamente e com quantidade ideal de água, as raízes se desenvolvem adequadamente, tornando profusamente subdivididas, longas, com coloração clara e grande quantidade de pêlos absorventes.

2.13. Aspectos gerais da espécie *Tecoma stans*

O ipê mirim (*Tecoma stans*) caracteriza-se pela seguinte classificação: reino Plantae, sub-reino Tracheobionta, classe Magnoliatae, sub-classe Asteridae, super ordem Lamianae, ordem Scrophulariales, família Bignoniaceae, gênero *Tecoma*, espécie *stans*, compondo variedades *stans*, *angustata* e *velutina* (GENTRY, 1992; MARCHIORI, 1995).

O gênero da planta avaliada (*Tecoma*) é representado por 209 espécies e pertence à família Bignoniaceae que está composta por 600 gêneros de ampla distribuição nas regiões tropicais de todo o mundo, ocorrendo com maior frequência nos trópicos americanos, caracterizando-se por plantas lenhosas, arbustivas ou arbóreas e também trepadeiras (GENTRY, 1992).

A planta representa uma espécie da Mata Atlântica, nativa das Américas e Antilhas, podendo atingir até 12 metros de altura e 40 centímetros de diâmetro do caule, apresentando como característica flores vistosas e amareladas o que a torna um grande potencial para ser utilizada como planta ornamental, como na arborização de ruas estreitas e sob redes elétricas (LORENZI, 1998).

A *Tecoma stans* também conhecida como amarelinho, ipêzinho-de-jardim, carobinha, ipê-mirim, ipê-de-jardim, guarã-guarã, caroba-amarela, falso-sabugueiro, falsa-santabárbara, ipezinho-americano, bignônia-amarela, sinos-amarelos, ipê-amarelo-de-jardim, (KRANZ; PASSINI, 1997 e LORENZI, 1998), apresenta seus ramos eretos, com diâmetros subcilíndricos, finamente estriados, lenticelados com textura glabra ou finamente escamosa. As plantas caracterizam-se por apresentar sistema radicular, com raízes secundárias horizontais, paralelas à

superfície do solo, que possuem capacidade de acumular grande quantidade de reservas nutritivas e água, tendo ainda como finalidade a capacidade de emitir brotações (PELTON, 1963; GENTRY, 1992; KRANZ & PASSINI, 1997; RENÓ, 2002).

As folhas de *Tecoma stans* são compostas por 3 a 13 folíolos opostos, imparipenados, lanceolados, serrilhados, e com folíolo apical de 2,4 a 15 cm de comprimento e de 0,8 a 6 cm de largura. Possui também um pecíolo de 1 a 9 cm de comprimento onde apresenta freqüentemente pilosidade.

A espécie caracteriza-se por apresentar flores com coloração amarela, que por vezes tende para o amarelo-alaranjado, com comprimento de 3,5 a 5,8 cm e larguras de 1,2 a 2,4 cm, glabras por fora e pilosas por dentro. O fruto mede de 7 a 22 cm de comprimento e 5 a 8 mm de largura, podendo conter de 50 a 90 sementes de forma alada, membranosa, com comprimento de 3 a 5 mm e largura de 2,4 a 2,7 cm (PELTON, 1964; GENTRY, 1992; MARCHIORI, 1995; KRANZ & PASSINI, 1997).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização do experimento

O experimento foi desenvolvido no município de Conceição das Alagoas - Estado de Minas Gerais, cuja latitude é de 19° 54' 99" S, longitude de 48° 20' 31" O e altitude de 552 m. O clima da região, segundo a classificação de Köppen é do tipo Aw, tropical quente úmido, com inverno frio (15/16 °C) e seco. As médias anuais de precipitação e temperatura são de 1.474 mm e 22,6 °C, respectivamente. A etapa de avaliação do experimento foi realizada no Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Câmpus de Jaboticabal - SP – Brasil, localizado a 575 metros de altitude, 21°15'22" S de latitude e 48°18'58" W de longitude.

A classificação climática para a região de Jaboticabal, segundo Köppen, é do tipo Cwa, ou seja, subtropical úmido com estiagem no inverno. A precipitação e as temperaturas médias

anuais situam-se próximas de 1.400mm e 21°C, respectivamente. O período de realização do experimento foi maio de 2009 a julho de 2010.

3.2. Dados preliminares

Devido a utilização de resíduos orgânicos urbanos para a condução do experimento em biodigestores e amontoados na forma de cone para a compostagem, foi realizada a caracterização dos materiais descartados com a finalidade de verificar sua composição, procurando, inclusive, identificar quais tipos de resíduos são descartados com maior frequência. O levantamento se deu em função de comunicado prévio à população selecionada, por meio de amostragem aleatória, onde em seguida foram realizadas coletas durante o período de 5 dias consecutivos.

Em seguida os materiais foram triados e encaminhados para o processo de estabilização, por meio de reatores anaeróbios e compostagem.

3.3. Métodos para a biodigestão anaeróbia

Os resíduos orgânicos coletados foram encaminhados para o processo de biodigestão anaeróbia com a finalidade de produzir biofertilizante e biogás. Além da utilização dos resíduos orgânicos, foi utilizado esterco bovino fresco, visando analisar a influência deste na geração dos subprodutos.

Os tratamentos utilizados para verificar tal influência foram:

A- 100% de lixo orgânico urbano (100%LO);

B- 75% de lixo orgânico urbano + 25% de esterco bovino fresco (75%LO);

C- 50% de lixo orgânico urbano + 50% de esterco bovino fresco (50%LO).

Para a produção de biofertilizante e biogás foram utilizados 03 biodigestores, tipo batelada, com capacidade total de 200 litros cada, sendo que todos foram preenchidos e vedados ao mesmo tempo, por um período de 90 dias. Antes do preenchimento dos biodigestores, os

resíduos orgânicos coletados no município de Conceição das Alagoas – MG foram triturados e homogeneizados, objetivando-se encontrar 8% de sólidos totais em mistura com água, conforme verificado nas equações 1, 2, 3, 4 e 5 (LUCAS JR., 1994).

$$MS = ES + INS \quad (1)$$

$$(ES + INS) = \frac{K.W}{100} \quad (2)$$

$$Eu = \frac{ES}{ST} \cdot 100 \quad (3)$$

$$INC = \frac{INS \cdot 100}{STIn} \quad (4)$$

$$W = Eu + INC + A \quad (5)$$

Em que,

MS – Matéria seca total (kg);

ES – Massa seca do resíduo a ser adicionado no biodigestor (kg);

INS – Massa seca do inoculo que deverá ser adicionado no biodigestor (kg);

K – Porcentagem de sólidos totais que se pretende no afluente do biodigestor (%);

W – Massa do substrato a ser colocado no biodigestor (kg);

Eu – Massa do resíduo fresco a ser adicionado no biodigestor (kg);

ST – Porcentagem de sólidos totais contido no resíduo fresco (%);

INC – Inóculo que deverá ser adicionado (kg);

STIn – Porcentagem de sólidos totais contida no inoculo (%);

A – Massa de água a ser adicionada no efluente do biodigestor (kg).

Durante o período de estabilização dos resíduos orgânicos foram realizadas avaliações do biogás, e em seguida, depois de decorrido o processo, os biodigestores foram abertos com a finalidade de se verificar a qualidade do biofertilizante para os 3 tratamentos, objetivando estimar a influência das concentrações do esterco bovino fresco no biofertilizante, assim como os índices de produção do biogás.

3.4. Compostagem dos resíduos orgânicos

Além do processo de biodigestão anaeróbia, parte dos resíduos foi destinada para a produção de composto, por meio de um amontoado na forma de cone, com dimensões de 2,50 metros de diâmetro na base e 1,50 metros de altura, montado em local coberto, sendo o piso revestido de concreto com declividade de 4%.

Diariamente foram realizados monitoramentos com a finalidade de verificar a temperatura, assim como a umidade para os diversos estágios do processo de estabilização, identificando os picos da atividade microbiana. Semanalmente eram efetuados revolvimentos no amontoado, assim como a umidificação do material, que a partir do segundo mês, passou a ser quinzenal.

Ao final do processo, foi realizada a pesagem do material para verificar sua redução em função do peso inicial.

3.5. Metodologia para a quantificação dos teores de sólidos totais e voláteis para os resíduos orgânicos

A quantificação dos teores de sólidos totais encontrados nos resíduos seja em solução ou suspensão, referente à matéria seca das amostras coletadas durante a montagem do experimento de biodigestão anaeróbica e compostagem foi determinada segundo a metodologia descrita por APHA (1995). Os teores de sólidos voláteis, quantificados a partir da combustão dos resíduos, foram determinados por meio dos materiais secos obtidos após determinação do teor de sólidos totais.

Em seguida, realizou estudo comparativo de acordo com os valores obtidos para sólidos totais e voláteis encontrados nos resíduos orgânicos urbanos e esterco bovino fresco, ambos utilizados no processo.

3.6. Quantificação do volume e potencial do biogás proveniente dos reatores anaeróbios

Os valores de produção de biogás foram quantificados diariamente, observando-se o enchimento das câmaras de ar conectadas aos biodigestores. Após cada leitura, as câmaras eram esvaziadas pelo registro de descarga para que não houvesse interferência de produções anteriores na quantificação diária do biogás.

O potencial de produção do biogás foi mensurado em função da capacidade de queima, ou seja, da presença ou ausência de metano nos diferentes tratamentos.

3.7. Concentração de minerais e carbono orgânico para o biofertilizante e o composto de lixo orgânico urbano

Para a quantificação dos minerais e carbono orgânico do biofertilizante e do composto de lixo foram coletadas amostras que, a posterior, foram encaminhadas ao laboratório da ESALQ – USP – Piracicaba – SP para determinação do índice de pH, densidade, resíduos secos a 100-110°C, matéria orgânica total, carbono total (orgânico e mineral), resíduo mineral total, resíduo mineral insolúvel e solúvel, nitrogênio total, fósforo total, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, cobre, manganês total, zinco total, ferro total, relação carbono/nitrogênio (C total e N total), conforme metodologia própria.

3.8. Determinação da umidade do substrato e do efluente do biodigestor

O teor de umidade do substrato e efluente do biodigestor foi determinado por meio de cálculo em que foram realizadas as pesagens das amostras úmidas, encontrando, assim, a massa úmida. Em seguida, tal amostra era submetida à estufa de aeração forçada de ar até o alcance do peso constante, obtendo-se assim a massa seca, conforme equação 6:

$$U = \frac{(P_u - P_s)}{P_u} \cdot 100 \quad (6)$$

Em que,

U = Umidade da amostra, em %;

P_u = Massa úmida da amostra, em g;

P_s = Massa seca da amostra, em g.

3.9. Tratamentos e delineamento experimental

Após a obtenção do biofertilizante e do composto de resíduo orgânico urbano, montou-se os tratamentos para verificar o desenvolvimento das plantas de *Tecoma stans* (ipê-mirim) em função da quantidade de água e adubação. As sementes foram depositadas em tubetes de polietileno com capacidade de 300 cm³ cada, conforme parcelas estabelecidas abaixo:

- 1 - 100% de biofertilizante de lixo orgânico urbano (100%LO);
- 2 – 75 % de biofertilizante originado de lixo orgânico urbano + 25% de esterco bovino fresco (75%LO);
- 3 – 50% de biofertilizante originado de lixo orgânico urbano + 50% de esterco bovino fresco (50%LO);
- 4 – 10% de composto de lixo orgânico urbano (10%C);
- 5 – 15 % de composto de lixo orgânico urbano (15%C);
- 6 – 20% de composto de lixo orgânico urbano (20%C);
- 7 – Adubação mineral (AM);
- 8 – Sem adubação (SA).

Em todos os tratamentos adicionaram-se valores complementares de solo (Latosolo Vermelho de textura arenosa) para atingir 300 cm³, correspondente à capacidade de preenchimento do tubete. A montagem dos tratamentos e adição dos compostos orgânicos e minerais foi realizada manualmente.

Após o preenchimento dos tubetes, estes foram inseridos em suporte feito com tela de arame sob cobertura plástica. A semeadura foi realizada manualmente com a introdução de duas sementes de *Tecoma stans* por tubete, visando garantir a germinação e o seqüente desenvolvimento da planta. Para os tratamentos que tiveram germinação e emergência de mais de uma planta foi realizado desbaste em torno de 30 dias após a germinação, preservando apenas a planta sadia e com desenvolvimento superior.

Para a realização da adubação mineral realizou-se a coleta e análise do solo, visando identificar as necessidades nutricionais, que foram calculadas segundo recomendações de GONÇALVES et al. (1994). O autor menciona que, na fase de viveiro, os métodos, as doses e as épocas de incorporação de adubos nos substratos devem ser bastante criteriosos em função de suas características físico-químicas, utilizando-se, geralmente, o sulfato de amônio, o cloreto de potássio e o superfosfato simples.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com esquema fatorial, sendo utilizadas 8 adubações, 2 lâminas de irrigação e 5 repetições.

3.10. Técnica para irrigação

O método utilizado para a irrigação foi por aspersão manual, diariamente, às 7 horas da manhã, em níveis de 80 e 100% da evapotranspiração potencial calculada para cada dia, estimada por tensiômetro.

3.11. Características avaliadas para o desenvolvimento das plantas

Após a instalação do experimento foram avaliadas as informações referentes às respostas das plantas quanto aos tratamentos utilizados, sendo observadas as seguintes características:

- Germinação: Realizada visualmente e diariamente, objetivando verificar o período necessário (dias) para o processo de germinação;

- Altura: distância da superfície do solo à gema apical, medindo-se as plantas com régua graduada em cm;
- Diâmetro do colo: foram utilizados paquímetros digitais, medindo-se no centro do colo das plantas;
- Matéria fresca total: no final do experimento foram efetuadas as pesagens das plantas coletadas, e, com base nos resultados foi calculada a massa fresca das plantas;
- Matéria seca total: após a obtenção da matéria fresca total, calculou-se a matéria seca total, por meio de secagem em estufa, por um período de 72 horas à 65°C.

As avaliações descritas para a análise das plantas aconteceram aos 90 e 180 dias após a semeadura. As plantas foram coletadas, lavadas em água destilada e em seguida pesadas. Após a obtenção da matéria fresca total, elas foram secas em estufa com circulação forçada de ar, a uma temperatura de 65°C, até a obtenção da massa constante (72 horas). Por fim, foram pesadas em balança analítica, obtendo-se a matéria seca total das plantas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização inicial do lixo orgânico urbano

Inicialmente, foi realizada a caracterização dos resíduos orgânicos descartados no município de Conceição das Alagoas – MG obtidos junto à população selecionada, pelo período de 5 dias de coleta consecutivos (Tabela 1).

Tabela 1. Dados referentes à caracterização do lixo doméstico.

Lixo orgânico urbano	(%)
Restos de comida	9,8
Verduras e legumes	22,1
Folhagens e podas	8,7
Cascas diversas	11,5
Total	52,1

Por meio da caracterização do material, nota-se que a quantidade de resíduos orgânicos no lixo doméstico de Conceição das Alagoas – MG é significativa, justificando-se, ainda mais, a necessidade de realização de estudos, objetivando avaliar as possibilidades do seu reaproveitamento. A iniciativa de reutilização e reciclagem torna-se possível aumentar o período útil do aterro sanitário, impedindo os processos de contaminação do solo, água e ar. Vários estudos demonstram os efeitos benéficos dos resíduos orgânicos no solo, desde que realizados os processos de estabilização adequados, e segundo ALMEIDA (2003), a mistura desses materiais orgânicos ao solo tem efeito condicionador, alterando as suas características químicas, físicas e biológicas, de modo a criar um ambiente mais adequado para o desenvolvimento da planta como um todo.

O valor encontrado para a quantidade de resíduos orgânicos foi superior ao estimado, conforme dados obtidos por VIJAYARAGHAVAN, SHARIFF & MOHD (2003), que caracterizaram o lixo das cidades com 30% de resíduos orgânicos, assim, o reaproveitamento é fundamental, principalmente como fertilizante, pois possui custo relativamente baixo de processamento, podendo substituir a adubação mineral.

4.2. Massa úmida e massa seca para 100%LO, 75%LO e 50%LO

Em função dos substratos utilizados para o preenchimento dos biodigestores (100%LO –

100% de lixo orgânico urbano, 75%LO – 75% de lixo orgânico urbano + 25% de esterco bovino fresco e 50%LO – 50% de lixo orgânico urbano + 50% de esterco bovino fresco) foram determinadas as massas úmidas e secas, antes de serem acondicionadas nos biodigestores, de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2. Quantificação da massa seca e úmida para 100%LO, 75%LO e 50%LO.

	Massa Úmida (%)	Massa Seca (%)
100%LO	61	39
25%LO	69	31
50%LO	76	24

Em função dos dados obtidos nota-se que a adição de esterco bovino fresco ao substrato de preenchimento dos biodigestores proporcionou o aumento da massa úmida, fato que pode ser justificado devido à maior concentração de líquido nesses resíduos.

4.3. Avaliação dos sólidos totais e voláteis para 100%LO, 75%LO e 50%LO

Em função da diluição dos sólidos totais e voláteis foram determinados os valores para 100%LO – 100% de lixo orgânico urbano, 75%LO – 75% de lixo orgânico urbano + 25% de esterco bovino fresco e 50%LO – 50% de lixo orgânico urbano + 50% de esterco bovino fresco, no início e ao término do experimento (Tabela 3).

Tabela 3. Dados dos teores de sólidos totais (ST) e sólidos voláteis (SV) na etapa inicial e final do experimento.

	Etapa Inicial			Etapa Final			Redução		
	100%LO	75%LO	50%LO	100%LO	75%LO	50%LO	100%LO	75%LO	50%LO
ST (%)	6,32	7,08	7,57	2,83	3,52	3,85	55,22	50,28	49,14
SV (%)	4,61	4,77	4,92	1,50	2,35	2,92	67,46	50,73	40,65

De acordo com os dados obtidos, nota-se que a adição de esterco bovino fresco ao lixo orgânico (75%LO e 50%LO) é caracterizada por apresentar valores inferiores na redução de sólidos totais e sólidos voláteis, como foi verificado por GORGATI (1996), onde se constatou que quando elevada a porcentagem de esterco em substratos contendo lixo “in natura” de 5% para 10%, as reduções dos teores de ST e SV são inferiores.

4.4 - Produção do biogás

Inicialmente foram estimados os dados da produção de biogás na forma de acúmulos quinzenais (média dos dados coletados diariamente) e totais, conforme observado na Tabela 4.

Tabela 4. Dados da produção média do biogás, acumulada (A) e quinzenal (Q) para 100%LO, 75%LO e 50%LO.

		Dias após o enchimento dos biodigestores (m ³)						
	Produção	15	30	45	60	75	90	Total
100%LO	A	0,94	13,81	51,06	131,04	223,40	595,91	325,38 C
	Q	0,94	12,87	37,25	79,98	92,36	101,98	
75%LO	A	3,26	33,24	167,76	366,78	445,90	515,21	489,20 B
	Q	3,26	29,98	134,52	199,02	79,12	43,20	
50%LO	A	6,32	50,03	247,31	521,43	637,28	470,52	701,68 A
	Q	6,32	43,71	197,28	274,12	115,85	64,40	

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si a 1 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

Em função dos dados obtidos verificou-se que o substrato de lixo orgânico urbano + 50% de esterco bovino fresco (50%LO) teve produção acumulada superior aos demais, enquanto o lixo orgânico urbano (100%LO) apresentou produção inferior. Verificou-se também que a partir dos 75 dias o tratamento 100%LO apresentou produção quinzenal superior ao 75%LO, e ao 90º dia, superou a produção quinzenal do tratamento 50%LO.

Portanto, pode-se constatar que a produção de biogás elevou a partir dos 45 dias, começando a decair após 75 dias para os substratos 75%LO e 50%LO, porém, manteve-se em aumento no tratamento 100%LO, cuja produção máxima iniciou a partir do 60º dia, apresentando produção satisfatória até o 90º dia após o preenchimento dos biodigestores.

Quanto à produção de biogás, verificou-se que ocorreram diferenças significativas por meio de análise estatística pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade entre os substratos avaliados, verificando-se que o tratamento 50%LO apresentou o maior índice de produção, seguido pelos tratamentos 25%LO e LO100% (Tabela 5).

Tabela 5. Potencial de produção média diária de biogás por kg de resíduo.

Tratamentos	Potencial médio de produção de biogás (m ³)	
	Média diária	Média total por kg de resíduo
100%LO	0,06	5,16 B
75%LO	0,09	7,89 AB
50%LO	0,12	9,97 A

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre a 1 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

Conforme verificado, o potencial de produção de biogás por kg de resíduo obtido no experimento foi em média 0,06; 0,09 e 0,12 m³ diários para os substratos 100%LO, 75%LO e 50%LO respectivamente, demonstrando que quanto maior a adição de esterco bovino, maior a eficiência na produção de biogás. Portanto, a análise estatística demonstra que o melhor tratamento para o potencial energético de produção do biogás foi o 50%LO (lixo orgânico urbano com 50% de esterco bovino fresco).

Estudo realizado por AMARAL et al. (2004) referente à produção de biogás por kg de resíduo apontou resultado com a média de 0,025m³, apresentando, portanto, dado inferior ao encontrado por LUCAS JÚNIOR (1987) que foi estimado em 0,041m³ de biogás por kg de estrume, quando adotado 50 dias para a retenção do substrato. TAKIZAWA et al. (1994) encontraram valores de produção de biogás, em m³ por kg de sólidos adicionados, próximos aos obtidos neste estudo.

O melhor fator utilizado para refletir o potencial de determinada biomassa é aquele que expressa a produção de biogás por kg de sólidos totais adicionados, pois elimina a interferência do teor de água existente (AMARAL et al. 2004).

A partir da obtenção dos volumes de biogás para cada substrato utilizado, realizou os testes de queima com a finalidade de verificar a eficiência energética de cada um, constatando-se aumento do metano conforme produção crescente de biogás.

4.5. Caracterização do biofertilizante

Da avaliação dos biofertilizantes (100%LO – 100% de lixo orgânico urbano, 75%LO – 75% de lixo orgânico urbano + 25% de esterco bovino fresco e 50%LO – 50% de lixo orgânico urbano + 50% de esterco bovino fresco), foram obtidos os dados referentes pH, nitrogênio total, fósforo, potássio, cálcio, enxofre, magnésio, manganês, zinco, ferro, cobre e relação C/N (Tabela 6).

Tabela 6. Dados da caracterização química dos efluentes com lixo orgânico urbano (100%LO); lixo orgânico urbano com 25% de esterco bovino (75%LO) e lixo orgânico urbano com 50% de esterco bovino (50%LO).

	g/L						ppm					
	<-----						<----->					
	->											
	N	P	K	Ca	S	Mg	Mn	Zn	Fe	Cu	pH	C/N
100%LO	1,12	0,20	0,90	0,49	0,07	0,28	10,00	2,00	1146,00	1,00	7,10	8/1
75%LO	1,93	0,30	1,28	0,61	0,13	0,49	17,00	4,00	1274,00	2,00	7,50	10/1
50%LO	1,88	0,61	2,96	0,62	0,16	0,20	12,00	5,00	1610,00	3,00	4,90	6/1

De acordo com os dados da caracterização dos substratos, notam-se melhores resultados na maioria das composições químicas em que os tratamentos receberam maior dosagem de esterco bovino fresco. Valores nutricionais elevados nos tratamentos com maiores dosagens de esterco podem ser explicados devido à substituição da diluição com água, elevando-se assim, o número de nutrientes, pois quanto maior a adição de esterco, menor a necessidade de água para a diluição do tratamento. Em um estudo realizado por VILLELA JUNIOR (2003), as análises químicas de biofertilizante de origem bovina apresentaram valores expressivos de nutrientes, o que pode ser observado nos dados da Tabela 6.

Quanto à matéria orgânica total, verificaram-se valores de 16,26, 35,90 e 19,33 g/ml para os tratamentos 100%LO, 75%LO e 50%LO respectivamente, indicando que a maior concentração

de matéria orgânica foi encontrada no tratamento contendo 75% de lixo orgânico urbano e 25% de esterco bovino fresco.

4.6. Dados da compostagem

4.6.1. Caracterização do composto de lixo orgânico

Em função das análises realizadas do composto de lixo orgânico foram obtidos valores de pH, nitrogênio total, fósforo total, potássio total, cálcio total, magnésio total, enxofre total, relação C/N (C total e N total), carbono total, carbono orgânico e matéria orgânica, conforme Tabela 7:

Tabela 7. Análise do composto de lixo orgânico urbano com umidade natural.

Quantificação da composição											
	<-----%----->										
	pH	N	P	K	Ca	Mg	S	MO	C	C org	C/N
CL	9,3	2,66	1,47	4,47	1,21	0,51	0,26	53,64	29,80	17,11	11/1

*CL – Composto de lixo.

De acordo com os dados provenientes das análises verificou-se que a relação C/N do material compostado aos 90 dias foi de 11/1, indicando que houve uma boa condução do experimento, pois segundo CRAVO et al. (1998) os valores médios de C/N em compostos de lixo orgânico urbano variam entre 11-13.

Dados obtidos por ABREU JUNIOR et al. 2002, demonstram que a degradação do composto de lixo é reduzida à medida que aumenta seu grau de maturação. Considerando a relação C/N do composto, pode-se considerá-lo como um composto com a fração umidificada estável, pouco susceptível à degradação rápida em curto período e com elevado potencial de acúmulo no solo (OLIVEIRA, 2000). Verificou-se ainda que a matéria orgânica compostável foi representada por 51,72% e a resistente de 1,92%, totalizando, portanto, 53,64% (matéria

orgânica total). Quanto ao resíduo mineral total verificou-se um índice de 22,71%, composto pelo resíduo mineral insolúvel (8,37%) e resíduo mineral solúvel (14,34%).

4.6.2. Avaliação da temperatura

Durante o processo de compostagem foram realizadas medições semanais da temperatura dos amontoados em forma de cone, conforme variações obtidas em função do tempo (Figura 1).

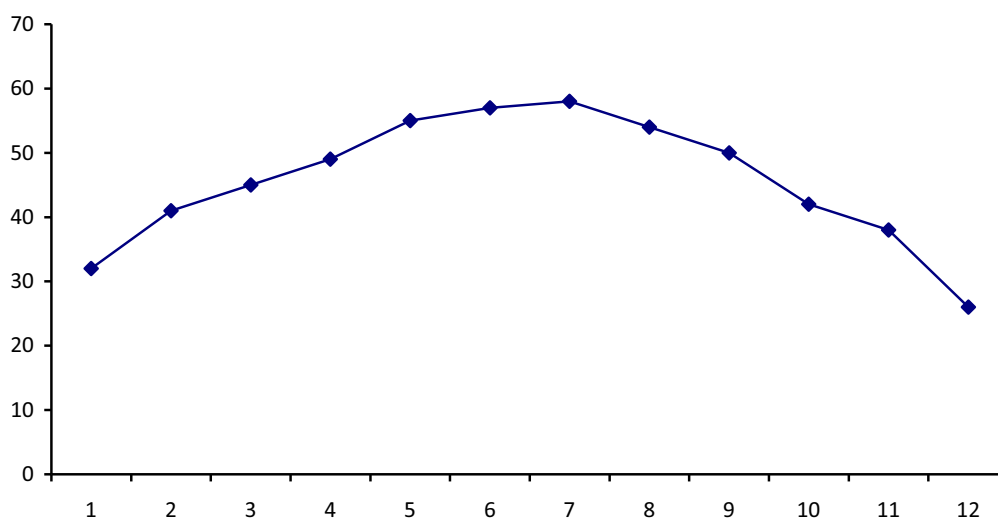


Figura 1. Variação da temperatura durante 14 semanas.

De acordo com o gráfico, observou-se que a temperatura se manteve acima de 40°C durante quase todo o processo de compostagem, ou seja, a partir da segunda semana, até a 11ª semana, evidenciando, portanto, a importância dessa fase para a redução e/ou eliminação de patógenos, promovendo a estabilização do material e oferecendo condições para o uso como substrato para plantas. Os índices mais elevados da temperatura foram registrados no período da 6ª à 7ª semana, onde se observou picos de até 58°C, começando a estabilizar a partir da 8ª semana e concluindo o ciclo na 12ª semana, com 24°C.

4.6.3. Avaliação do rendimento do composto de lixo orgânico

Quanto à avaliação do rendimento do composto do lixo orgânico urbano foi realizado levantamento da massa inicial a ser compostada e da final já estabilizada, obtendo-se, portanto, o valor da redução e o rendimento do material (Tabela 8).

Tabela 8. Identificação do rendimento do composto de lixo orgânico urbano aos 90 dias de compostagem.

Massa inicial (kg)	Massa final (kg)	Rendimento (%)
1º dia	90º dia	Final
450	183	40,6

Em função dos dados expostos, verifica-se que houve um rendimento de 40,6%, ou seja, a obtenção de 183 Kg de composto orgânico, sendo que foram utilizados 450 Kg para a montagem do amontoado para a compostagem, apresentando uma redução de 59,3%. Os dados obtidos são semelhantes aos quantificados por GORGATI (1996), quando obteve rendimento de 40% de material compostado a partir da fração orgânica do lixo urbano.

4.7. Avaliação da altura das plantas

A partir da obtenção dos substratos (biofertilizante e composto orgânico), foram montados os tratamentos para a produção das plantas de *Tecoma stans*, avaliando-se vários parâmetros, inclusive a altura das plantas. De acordo com as análises estatísticas para os diferentes tipos de adubações e irrigações constatou-se que o tratamento 50%LO apresentou os melhores resultados (A), seguido pelos tratamentos 100%LO, 75%LO, 10%C, 15%C e 20%C (B), AM (C) e SA (D). O tratamento SA apresentou os piores resultados em relação à altura média da parte aérea das plantas, fato que pode ser explicado pelas menores quantidades de nutrientes disponibilizados às

plantas, visto que não foi adicionado nenhum tipo de fertilizante mineral ou orgânico. Na Tabela 9, é possível verificar o crescimento das plantas para cada tipo de adubação e irrigação.

Tabela 9. Dados da avaliação da altura média das plantas para adubação em cada nível de água aos 180 dias após a semeadura.

	Irrigação (%)	Bloco 1 (cm)	Bloco 2 (cm)	Bloco 3 (cm)	Média Total (cm)
100%LO	80	14,8	8,6	15,7	13,03 B
	100	15,2	14,7	16,8	15,56 B
75%LO	80	15,0	13,1	16,0	14,70 B
	100	15,8	14,2	15,4	15,13 B
50%LO	80	18,0	20,6	17,1	18,56 A
	100	19,1	22,1	19,2	20,10 A
10%C	80	14,7	11,2	13,6	13,16 B
	100	15,1	14,6	15,4	15,03 B
15%C	80	12,8	13,2	11,8	12,60 B
	100	15,6	14,8	16,0	15,46 B
20%C	80	14,1	13,8	15,2	14,36 B
	100	15,7	18,6	19,0	17,76 B
AM	80	8,1	7,6	7,8	7,83 C
	100	14,9	13,4	15,0	14,43 C
AS	80	6,1	5,3	5,2	5,53 D
	100	8,7	8,9	10,6	9,40 D

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre a 1 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

A partir da obtenção dos dados de crescimento em altura das plantas avaliadas, observou-se que o tratamento 50%LO apresentou melhores resultados quanto aos demais, superando em até 16,91; 22,84; 26,04; 27,08; 27,41; 42,42 e 61,38% os tratamentos 20%C, 75%LO, 100%LO, 10%C, 15%C, AM e AS, respectivamente. Assim, em função dos resultados obtidos, verificou-se

que a utilização de lixo orgânico urbano associado a esterco bovino fresco, em iguais proporções, ofereceu melhores condições para o crescimento em altura de plantas da espécie *Tecoma stans*, promovendo benefícios aos atributos geradores de crescimento da espécie vegetal.

4.8. Avaliação da irrigação

Durante a condução do experimento, foram utilizados dois níveis de irrigação, com 80 e 100% da evapotranspiração potencial, oportunidade em que foram realizadas análises estatísticas com a finalidade de verificar a melhor condição para o desenvolvimento das plantas (Tabela 10).

Tabela 10. Dados da avaliação do crescimento das plantas de *Tecoma stans* (cm) em função da irrigação.

	Irrigação (80%)	Irrigação (100%)
100%LO	13,03 B	15,56 A
75%LO	14,70 B	15,13 A
50%LO	18,56 B	20,10 A
10%C	13,16B	15,03 A
15%C	12,60 B	15,46 A
20%C	14,36 B	17,76 A
AM	7,83 B	14,43 A
AS	5,53 B	9,40 A
Total	99,77B	122,87 A

*Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Quanto à irrigação, verificou-se, portanto, que a utilização de lâminas a 100% da evapotranspiração potencial apresentou melhor resultado quando comparada à lâmina de 80% para o desenvolvimento das plantas. A transferência de água do sistema solo-planta para a atmosfera ocorre de forma passiva, em resposta às diferenças de potencial de água no solo. O

consumo de água de uma cultura depende diretamente da demanda energética, do conteúdo de água no solo e da resistência da planta à perda de água para a atmosfera (PEREIRA et al., 1997).

4.9. Avaliação do diâmetro do caule

Assim como para a altura média das plantas de *Tecoma stans*, o diâmetro do caule também apresentou valores superiores para o tratamento 50%LO e inferiores para o tratamento SA (Tabela 11).

Tabela 11. Dados médios da avaliação do diâmetro do caule das plantas aos 180 dias após a semeadura.

Adubação	180 dias após a emergência	
	Irrigação (%)	Diâmetro do colmo (mm)
100%LO	80	16,13 Eb
	100	17,30 Ea
75%LO	80	16,62 Bb
	100	17,90 Ba
50%LO	80	17,10 Ab
	100	19,27 Aa
10%C	80	16,30 Eb
	100	17,11 Ea
15%C	80	16,48 Eb
	100	17,16 Ea
20%C	80	16,50 Cb
	100	17,76 Ca
AM	80	10,86 Fb
	100	12,93 Fa
AS	80	9,25 Gb
	100	10,23 Ga

*Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Tukey; letras maiúsculas representam adubação e letras minúsculas representam a irrigação.

Quanto aos diâmetros dos caules das plantas avaliadas foram constatadas diferenças significativas entre os tratamentos pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade (Tabela 11). O tratamento 50%LO apresentou valor de 46,42; 38,46; 8,11; 8,05; 7,48; 5,77 e 5,06 superiores aos tratamentos SA, AM, 10%C, 100%LO, 15%C, 20%C e 75%LO, respectivamente.

Em função dos resultados obtidos, foi possível verificar que a adição de biofertilizante proveniente de esterco bovino e lixo orgânico urbano em proporções referentes ao tratamento 50%LO proporcionou melhores resultados para o desenvolvimento do diâmetro do caule das plantas avaliadas, quando comparado aos demais tratamentos.

Quanto à irrigação, também foi possível verificar que assim como para a altura das plantas, o diâmetro do caule também foi influenciado pelas lâminas de irrigação utilizadas, demonstrando que os tratamentos que obtiveram 100% de reposição da evapotranspiração, apresentaram espessura superior ao tratamento que recebeu 80%.

4.10. Dados da matéria seca das plantas

Após a avaliação do diâmetro do caule e altura das plantas, foram realizadas avaliações referentes à matéria seca da raiz e parte aérea (Tabela 12).

Tabela 12. Avaliação da matéria seca da parte aérea e radicular das plantas aos 180 dias após a semeadura.

	Irrigação (%)	Matéria seca da raiz (g)	Matéria seca da parte aérea (g)
100%LO	80	10,22 Cb	11,80 Bb
	100	9,82 Ca	11,17 Ba
75%LO	80	11,34 Bb	10,97 Bb
	100	9,70 Ba	12,31 Ba
50%LO	80	13,90 Ab	12,41 Ab
	100	12,27 Aa	14,25 Aa
10%C	80	8,73 Eb	7, 56 Db
	100	8,01 Ea	10,70 Da
15%C	80	8,18 Fb	6,86 Eb
	100	7,20 Fa	8,20 Ea
20%C	80	9,20 Db	9,02 Cb
	100	8,97 Da	11,80 Ca
AM	80	5,01 Gb	4,77 Fb
	100	4,58 Ga	6,81 Fa
AS	80	3,94 Hb	3,73 Gb
	100	3,17 Ha	6,05 Ga

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre a 1 % de probabilidade pelo teste de Tukey. Fator adubação (A): significativo ao nível de 1% de probabilidade (letras maiúsculas); Fator irrigação (B): significativo ao nível de 1% de probabilidade (letras minúsculas); Interação AxB: significativo.

A partir da obtenção dos dados da matéria seca, verificou-se, por intermédio da análise estatística, pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade, que houve diferença significativa para a matéria seca da parte aérea e sistema radicular das plantas avaliadas (*Tecoma stans*). Assim, para as plantas provenientes do tratamento 50%LO, verificou-se maior quantidade de matéria seca, tanto da parte aérea, quanto do sistema radicular.

Observou-se também que nos tratamentos onde a irrigação utilizada foi de 100% da evapotranspiração potencial, o desenvolvimento do sistema radicular foi maior que no tratamento com 80% de reposição da água, fato que pode ser explicado pela maior disponibilidade hídrica para o desenvolvimento da planta.

Além disso, verificou-se que a adição da matéria orgânica no solo foi imprescindível para aumentar a quantidade de matéria seca do sistema radicular, pois o tratamento 50%LO superou em até 19,57; 23,39; 30,54; 36,00; 41,20; 63,34 e 72,82% os tratamentos 75%LO, 100%LO, 20%C, 10%C, 15%C, AM e AS, respectivamente. Vários estudos demonstram que a incorporação da matéria orgânica ao solo promove melhoria nos atributos físicos, químicos e biológicos, repercutindo favoravelmente na produtividade agrícola (GALBIATTI, 1992; NUVOLARI et al. 1996).

Portanto, conforme os dados avaliados, verificou-se que o efeito físico proporcionado pela matéria orgânica foi imprescindível para o desenvolvimento das plantas (*Tecoma stans*) e segundo HENIN et al. (1976), esta melhoria está relacionada, também, com o regime de água, pois melhorando a capacidade de infiltração, acelera-se o processo dinâmico da água no solo.

5. CONCLUSÕES

Os resíduos orgânicos descartados no município de Conceição das Alagoas - MG representam 52,1%, indicando o grande potencial para a reutilização.

A produção máxima de biogás para os tratamentos avaliados ocorreu entre 45 e 75 dias, com exceção do lixo orgânico urbano que teve produção máxima entre 60 e 90 dias.

Quanto ao potencial de produção do biogás verificou-se que o tratamento 50%LO foi superior aos demais.

Para o processo de compostagem, concluiu-se que o aproveitamento dos resíduos orgânicos é imprescindível para a redução do volume, visto que ao término do processo ocorreu uma redução de 59,4%.

Para os parâmetros avaliados das plantas de *Tecoma stans* (altura, diâmetro do caule, matéria seca da parte aérea e matéria seca do sistema radicular), verificou-se que o tratamento

50%LO apresentou melhor resultado quando comparado aos demais, assim como a lâmina de irrigação a 100% da evapotranspiração.

Diante dos tratamentos utilizados concluiu-se que para o desenvolvimento da planta *Tecoma stans*, a reposição da água deve ser feita totalmente, ou seja, 100%, pois quando utilizada lâmina de 80% o desenvolvimento das plantas foi inferior.

O presente trabalho desperta a atenção para outras pesquisas que poderão contribuir de forma significativa para o avanço desta tratativa no campo do desenvolvimento sustentável.

6. REFERÊNCIAS

- ABAD, M.; MARTINEZ-HERRERO, M. D; MARTINEZ-GARCIA, P. F.; MARINEZCARTE, J. Evaluacion agronômica de los substratos de cultivo. *Acta Horticulturae*, Wageningen, v.11, p.141-154, 1992.
- ABREU JÚNIOR, C. H.; MURAOKA, T.; OLIVEIRA, F. C. Carbono, Nitrogênio, Fósforo e Enxofre em solos tratados com composto de lixo urbano. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v. 26, p.769-780, 2002.
- ABREU JÚNIOR, C. H.; MURAOKA, T.; LAVORANTE, A. F. & ALVAREZ V., F. C. Condutividade elétrica, reação do solo e acidez potencial em solos adubados com composto de lixo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v.24, n.3, p.635-647, 2000.
- ALMEIDA, A. Composto de lixo urbano na composição química do solo e seus efeitos no desenvolvimento de mudas de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa* L). *Revista de Biociência*, Taubaté, v.9, n.2, p.7-15, 2003.
- ALVES, W. L. Compostagem e vermicompostagem no tratamento do lixo urbano. Jaboticabal: Funep, 1996. 47p.
- AMARAL, C. M. C.; AMARAL, L. A.; LUCAS JÚNIOR, J.; NASCIMENTO, A. A.; FERREIRA, D. S.; MACHADO, M. R. F. Biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos leiteiros submetidos a diferentes tempos de retenção hidráulica. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.34, n.6, p.1897-1902, 2004.
- ANDREOLA, F. & FERNANDES, S. A. P. A microbiota do solo na agricultura orgânica e no manejo das culturas. In: SILVEIRA, A. P. D. da. & FREITAS, S. dos S. Microbiota do solo e qualidade ambiental. Campinas: Instituto Agrônômico, 2007. Cap 2. p.21-39.

ANDRIOLI, I.; SACCHI, E.; NISHIDA, L. T.; CENTURION, J. F. Efeito de modalidades de preparo e da aplicação de um composto orgânico nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro textura média nas culturas de soja e milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 23., 1991, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991. p.143.

APHA, AWWA, WEF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 19th. ed. Washington: American Public Health Association , 1995. 619p.

ARAÚJO, E. N.; OLIVEIRA, A. P.; CAVALCANTES, L. F.; PEREIRA, W. E.; BRITO, N. M.; NEVES, C. M. L.; SILVA, E. E. Produção do pimentão adubado com esterco bovino e biofertilizante. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.11, n.5, p.466-470, 2007.

BAADER, W. *Biotechnological methods for the utilization of residues and byproducts of agricultural production*. Institute for Technology, v.32, 1991.

BARBEDO, A. S. C.; ZANIN, A. C. W.; BARBEDO, C. J.; NAKAGAWA, J. Efeitos da idade e do período de repouso pós-colheita dos frutos sobre a qualidade de sementes de berinjela. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.12, p.14-18, 1994.

BARRETO, A. N.; FACCIOLI, G. G.; SILVA, A. A.G. Métodos e sistemas de irrigação. In: BARRETO, A. N.; SILVA, A. A. G.; BOLFE, E. L. (Org). *Irrigação e drenagem na empresa agrícola: impacto ambiental versus sustentabilidade*. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. p.125-171.

BENINCASA, M.; ORTOLANI, A. F.; LUCAS JÚNIOR, J. Biodigestores convencionais. Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 1986. 25p.

BERTON, R. S.; VALADARES, J. M. A. S. Potencial agrícola de composto de lixo urbano no Estado de São Paulo. O Agrônomo, Campinas, v. 43, p.87-93, 1991.

BETTOIL, W.; TRATCH, R.; GALVÃO, J. A. H. Controle de doenças de plantas com biofertilizantes. Jaguariúna: EMBRAPA – CNPMA, 1998. 22p. (Circular técnico, 02).

BRAIDA, J. A.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; VEIGA, M. Teor de carbono orgânico e a suscetibilidade à compactação de um Nitossolo e um Argissolo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.14, n.2, p.131-139, 2010.

BLAISE, D.; SINGH, J.V.; BONDE, A.N.; TEKALE, K.U. & MAYEE, C.D. Effects of farmyard manure and fertilizers on yield, fibre quality and nutrient balance of rainfed cotton (*Gossipium hirsutum*). Biores. Technol., 96:345-349, 2005.

BRISSETE, J. C; BARNETT, T. D. Container Seedlings. In: DURYEA,; M. L., DOUGHERTY, P. M. (Ed.) Forest regeneration manual. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1991. p.117-141.

CAMPOS, L. A. A. A influência de profundidade de semeadura e substratos no desenvolvimento inicial de sibipiruna (*Caesalpinia peltrophoroides* Benth). Científica, Jaboticabal, v.14, n.1/2, p.101-103, 1986.

CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. A.; MORAES, A. A.; RUMJANEK, V. M; OLIVARES, F. L. Avaliação de características ácidos húmicos de resíduos de origem urbana: métodos espectroscópios (UV- Vis, VI, RMN13 C-CP/MAS) e microscopia eletrônica de varredura, 2001.

CARNEIRO, J. G. A. Variações na metodologia de produção de mudas florestais afetam os parâmetros morfológicos que indicam sua qualidade de mudas florestais. Curitiba: UFPR/FUNEP, Campos dos Goytacazes: UENF, 1995. 451p.

CORDELL, C. E.; FILER JUNIOR, T. H. Integrated nursery pest management. In: SOUTHERN PINE NURSERY HANDBOOK: Atlanta, USDA. Forest Service, Southern Region, p.1-17, 1984.

CRAVO, M. S.; MURAOKA, T.; GINÉ, M. F. Poluição do solo e qualidade ambiental - Caracterização química de compostos de lixo urbano de algumas usinas brasileiras. Revista Brasileira de Ciências do Solo, Campinas, v.22, n.3, p.547-553, 1998.

DELEITO, C. S. R.; CARMO, G. F.; ABOUND, A. C. S.; FERNANDES, M. A.; 2000. Sucessão microbiana durante o processo de fabricação do biofertilizante Agrobio. In: FERTBIO 2000. Resumos... Santa Maria: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo e da Sociedade Brasileira de Microbiologia. CD-ROM.

DOWNEY, N.E.; MOORE, J.F. Trichostrongylid contamination of pasture fertilized with cattle slurry. **Veterinary Record**, London, v.101, n.24, p.487-488, 1977.

FACTOR T. L.; ARAÚJO, J. A. C.; VILELA JÚNIOR, L. V. E. Produção de pimentão em substratos e fertirrigação com efluente de biodigestor. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.12, n.2, p.143-149, 2008.

FERNANDEZ, F. A. dos S. O poema imperfeito: crônicas de Biologia, conservação da natureza, e seus heróis. 2. ed. Curitiba: UFPR, 2004

FERNANDES, L. A.; FURTINI NETO, A. E.; FONSECA, F. C. Crescimento inicial, níveis críticos de fósforo e frações fosfatadas em espécies florestais. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.35, n.6, p.1191-1198, 2000.

FERREIRA, M. G. M.; CANDIDO, J. F.; CANO, M. A. O. Efeito do sombreamento na produção de mudas de quatro espécies florestais nativas- I: Germinação. Revista Árvore, Viçosa, MG, v.1, n.2. p.61-67, 1997.

FRARE, L. M.; GIMENES, M. L.; PEREIRA, N. C. Processo para remoção de ácido sulfídrico de biogás. Engenharia Sanitária Ambiental, Rio de Janeiro, v.14, n. 2, p. 167-172, 2009.

FURLONG, J.; PADILHA, T. Viabilidade de ovos de nematódeos gastrintestinais de bovinos após passagem em biodigestor anaeróbio. **Ciência Rural**, v.26, n.2, p.269-271, 1996.

GALBIATTI, J. A. Efeito do uso contínuo de efluente de biodigestores sobre algumas características físicas do solo e o comportamento do milho (*Zea Mays L.*). 1992. 212 f. Tese (Livre Docente) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1992.

GALBIATTI, J. A.; LUI, J. J.; SABONARO, D. Z.; BUENO, L. F.; SILVA, V. L. Formação de mudas de eucalipto com utilização de lixo orgânico e níveis de irrigação calculados por dois métodos. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.27, n.2, p.445-455, 2007.

GARCIA, C.; HERNANDEZ, T.; COSTA, F.; PASCUAL, J. A. Phytotoxicity due to the agricultural use of urban wastes. Germination experiments. Journal Science Food Agriculture, v.59, p.313-9, 1992.

GENTRY, A. H. Bignoniaceae – Part II (Tribe Tecomae) with a study of the wood anatomy of Tecomae. Flora Neotropica, New York, v. 25, n. 2, p. 371, 1992.

MARCHIORI, J. N. C. Elementos de dendrologia. Sta. Maria: UFSM, 1995. 163 p.

GONÇALVES, J. L. M. Relatório de pesquisa sobre nutrição mineral de espécies nativas. Piracicaba: CESP-ESALQ-IPEF, 1994. 25 p.

GORGATI, C. Q. Fração orgânica de lixo urbano como substrato para biodigestor e como matéria prima para compostagem e vermicompostagem. 1996. 79f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 1996.

- GOMES, J. M. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubete e dosagens de N-P-K. Viçosa: UFV, 2001. 166p. Tese (Doutorado) Universidade Federal de Viçosa.
- HAUG, R.T. **Compost engineering**: principles and practices. Ann Arbor: Ann Arbor Science, 1980. 655p.
- HENIN, S.; GRAS, R.; MONNIER, G. Os solos agrícolas. Rio de Janeiro: Forense, Universitária, 1976. 327 p.
- HOLANDA, J.S. Esterco de curral: Composição, preservação e adubação. Natal, EMPARN, 1990. 69p. (Documentos, 17)
- HOLTZ, G.P.; SÁ, J.C. Resíduos culturais: reciclagem de nutrientes e impacto na fertilidade do solo. In: Curso sobre manejo do solo no sistema de plantio direto. aNAIS. Fundação ABC, Castro, Paraná. p.21-36, 1995.
- JAHNEL, M. C.; MELLONI, R.; CARDOSO, E. J. B. N. Maturidade de composto de lixo urbano. Scientia Agrícola, Piracicaba, v.56, p. 301-304, 1999.
- JARDIM, N. S.; WELLS, C. (Org.). Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento integrado. São Paulo: IPT: CEMPRE, 1995.
- JOHNSON, J. D.; CLINE, P. M. Seedling quality of southern pines. In: DUREYA, M. L.; DOUGHERTY, P. M. (Eds.). **Forest regeneration manual**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1991. p. 143-162.
- KIEHL, E. J. Fertilizantes orgânicos. São Paulo: AC, 1985. 492p.
- KLAR, A. E. Irrigação: frequência e quantidade de aplicação. São Paulo: Nobel, 1991. 156 p.

KRANZ, W. M.; PASSINI, T. Amarelinho – Biologia e controle. Informe da Pesquisa, Londrina, n. 121, maio, 1997.

KOEPPF, H. H. Composto. O que é – como é feito – o que faz. Artigo “Bio-dinâmica” n° 77, Associação Beneficente Tobias. Botucatu, 1976. 22p.

LEITE, V. D.; LOPES, W. S.; SOUSA J. T.; PRASAD, S. Tratamento anaeróbio de resíduos orgânicos com baixa concentração de sólidos. Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, 9, n.4, p.280-284, 2004.

LEITE, L. F. C.; MENDONÇA, E.S.; NEVES, J.C.L.; MACHADO, P.L.O.A.; GALVÃO, J.C.C. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. R. Bras. Ci. Solo, 27:821-832, 2003.

LIMA, J. D. Gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil. Rio de Janeiro: ABES, 2001. 267 p
Mucelin, C. A.; Bellini, M. Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ambiente urbano. Sociedade e Natureza, Uberlândia, 20 (1): 111-124, 2008.

LOPES, J. L. W. Efeitos na irrigação na sobrevivência, transpiração e no teor relativo de água na folha em mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes substratos. Scientia Forestalis, Piracicaba, v.1, n. 68, p. 97-106, 2005.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 1998. v.1. 352p.

LUCAS JR., J. Algumas considerações sobre o uso do estrume de suínos como substrato para três sistemas de biodigestores anaeróbios. 1994. 137 f. Tese (Livro – Docência Construções Rurais) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1994.

LUCAS JÚNIOR, J. Estudo comparativo de biodigestores modelos indiano e chinês. 1987. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1987.

LUNA, M. L. D.; LEITE, V. D.; LOPES, W. S.; SOUSA, J. T.; SILVA, S. A. Tratamento anaeróbio de resíduos orgânicos com baixa concentração de sólidos. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.29, n.1, p.113-121, 2009.

MARTINS, S. R.; FERNANDES, H. S.; ASSIS, F. N.; MENDEZ, M. E. G. Caracterização climática e manejo de ambientes protegidos: a experiência brasileira. Horticultura Brasileira, Brasília, v.16, n.1, p.24-30, 1999.

MARCHIORI, J. N. C. 1995. Elementos da dendrologia. Santa Maria, RG. Ed. UFSM. 163p. il.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Adequação da época de paralisação das irrigações em tomate industrial no Brasil Central. Horticultura Brasileira, Brasília, v.11, n.2, p.118-21, 1993.

MELO, S. C.; VITTI, G. C. Desenvolvimento do tomateiro e modificações nas propriedades químicas do solo em função da aplicação de resíduos orgânicos, sob cultivo protegido. Horticultura Brasileira, Brasília, v.20, n.2, p.200-206, 2002.

MESQUITA, M.M.F.; PEREIRA NETO, J.T. A compostagem no atual panorama da gestão de resíduos sólidos urbanos. **Ambiente Magazine**, p.21-23, 1992.

MENEZES, R.S.C.; SALCEDO, I.H. Mineralização de N após incorporação de adubos orgânicos em um Neossolo Regolítico cultivado com milho. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.11, p.361-367, 2007.

MICHEL, K.; MARITXU, G.; RENÉ, B. J.; REVEL, J. C. Influencia de las substancias húmicas sobre las características bio-físico-químicas de los suelos. Consecuencias sobre la nutrición

mineral de las plantas. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., 1996, Águas de Lindóia. Conferencias... Águas de Lindóia: Embrapa, 1996. CD-ROM

MUCELIN, C.A.; BELLINI, M. Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano. *Sociedade & Natureza*, v. 20, n. 1, p. 111-124, 2008.

NUVOLARI, A.; P.S. FADINI; B. CORAUCCI-FILHO. Ensaio de respirometria na aplicação de lodo de esgoto doméstico no solo: uso de respirômetro alternativo. In: CONBEA, 25., 1996, Bauru. Anais... 14p.

OLIVEIRA, F. C. Disposição de lodo de esgoto e composto de lixo urbano num Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. 2000. 247f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba , 2000.

PASSOS, R. R.; RUIZ, H. A.; MENDONÇA, E. S.; CANTARUTTI, R. B.; SOUZA, A. P. Substancias húmicas, atividade microbiana e carbono orgânico lábil em agregados de um Latossolo Vermelho distrófico sob duas coberturas vegetais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v.31, n.5, p.1109-1118 , 2007.

PELTON, J. A survey of the ecology of Tecoma stans. *Butler University Botanical Study*, Indianapolis, v.14, n. 2, p. 53-88, 1963

PEREIRA NETO, J. T. Quanto vale nosso lixo: projeto verde vale. Viçosa: MG: UNICEF, 1999.

PEREIRA NETO, J.T. Um sistema de reciclagem e compostagem, de baixo custo, de lixo urbano para países em desenvolvimento. Viçosa: UFV, 1995. 16p. (UFV. Conselho de Extensão. Informe Técnico, 74)

PEREIRA NETO, J.T. Tratamento, reciclagem e impacto ambiental de dejetos agrícolas. In: CONFERÊNCIA SOBRE AGRICULTURA E MEIO AMBIENTE NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISA EM MEIO AMBIENTE, 1992, Viçosa. **Resumos...** Viçosa : UFV, 1992. p.61-75.

PERES, C. S. et al. Anaerobic biodegradability of the organic components of municipal solid waste. Paper preprints. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF ANAEROBIC DIGESTION, 6., 1991, São Paulo. Proceedings...

PROSAB. Resíduos sólidos urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte/Armando Borges de Castilhos Junior (coordenador). – Rio de Janeiro: ABES, Rima, 2003, 294p.

QUADROS, D. G.; OLIVER, A. P. M.; REGIS, U.; VALLADARES, R.; SOUZA, P. H. F.; FERREIRA, E. J. Biodigestão anaeróbia de dejetos de caprinos e ovinos em reator contínuo de PVC flexível. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.14, n.3, p.326-332, 2010.

QUIAN, X.; KOERNER, R. M.; GRAY, D. H. Geotechnical aspects of landfill design and construction. Upper Saddle River: Prentice Hall., 2002, 717p.

RAIJ, B.V. Avaliação da fertilidade do solo. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato: Instituto Internacional da Potassa, 1981. 142p.

RENÓ, L. R. Propagação vegetativa e fenologia de *Tecoma stans* (L.) JUSS. EX. KUNTH (BIGNONIACEAE). Pág. 107-111. In. PEDROSA-MACEDO, J. H.; BREDOW, E. A. (Eds.). Princípios e rudimentos do controle biológico de plantas: coletânea. Curitiba, 2004. 205 p

REZENDE, F.A. de. Aceleração do processo de compostagem de resíduos sólidos: avaliação de fertilizantes obtido em uma usina de compostagem no litoral norte da Bahia. Salvador, 2002. 69 p. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Meio Ambiente) – Universidade Federal da Bahia.

RUIZ, H. A.; TEIXEIRA, E. A. Retenção de água em materiais de solos tratados com dois compostos orgânicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 23., 1991, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991.

SABONARO, D. Z. Utilização de composto de lixo urbano na produção de mudas de espécies arbóreas nativas com dois níveis de irrigação. Jaboticabal, 2006
iv, 95f. : il. ; 28 cm Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2006

Salani, F. São Paulo ganha R\$ 34 milhões com crédito de carbono. Jornal Folha de São Paulo. <http://www1.folha.uol.com.br/folha/dinheiro/ult91u331829.shtml>, 20 Set. 2007.

SALAZAR, F.J.; CHADWICK, D.; PAIN, B.F.; HATCH, D. & OWEN, E. Nitrogen budgets for three cropping systems fertilised with cattle manure GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V.; SANTOS, I. C. Adubação orgânica. **Revista Cultivar**, Pelotas, n. 9, p. 38-41, 1999.

SANGA, G. A. Avaliação de impactos de tecnologias limpas e substituição de combustíveis para cocção em residências urbanas na Tanzânia. 2004. 125f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Gênese, 1999. 491p.

Santos, Izabel Cristina dos, Casali, Vicente Wagner Dias and Miranda, Glauco Vieira Teores de metais pesados, K e Na, no substrato, em função de doses de composto orgânico de lixo urbano e de cultivares de alface. *Cienc. Rural*, Set 1999, vol.29, no.3, p.415-421. ISSN 0103-8478

SATHIANATHAN, M. A. Biogas achievements challenges. New Delhi: Association of Voluntary Agencies for Rural Development, 1975. 192p.

SEIXAS, J; FOLLE, S.; MACHETTI, D. Construção e funcionamento de biodigestores. Brasília: Embrapa-DID, 1980. 60P. (Circular Técnica, 4).

SILVA, F. M.; LUCAS JUNIOR, J. Biogás: produção e utilização. Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, 1992. 7p. Mimeografado.

SILVA, F. M.; LUCAS JUNIOR, J.; BENINCASA, M.; OLIVEIRA, E. Desempenho de um aquecedor de água a biogás. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.25, n.3, p. 608-614, 2005.

SILVA, T. N.; CAMPOS, L. M. S. Avaliação da produção e qualidade do gás de aterro para energia no aterro sanitário dos Bandeirantes – SP. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, v.13, n.1, p.88-96, 2008.

SOUZA, O.; FEDERIZZI, M.; COELHO, B.; WAGNER, T. M.; WISBEK, E. Biodegradação de resíduos lignocelulósicos gerados na bananicultura e sua valorização para a produção de biogás. *Revista Brasileira de engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.14, n.4, p.438-443 , 2010.

TAKIZAWA, N. et al. Temperature effects on continuously expanding anaerobic digester with dairy manure slurry. *Research Bulletin of Obihiro University*, v.19, n.1, p.31-6, 1994.

THENG, B. K. G.; TATE, K. R.; SOLLINS, P. Constituents of organic matter in temperate and tropical soils. In: COLEMAN, D.C.; OADES, J.M.; UEHARA, G. (Ed.). *Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems*. Hawaii: NifTAL Project, 1989. p.5-32.

VAZOLLER, R. F. Microbiologia e saneamento ambiental. Disponível em:
(<http://www.bat.org.br/martinez/padct.bio/cap.9/rosana>): Acesso em: 02 agosto 1999.

VERAS, L. R. V. A vermicompostagem do lodo de lagoas de tratamento de efluentes industriais consorciado com composto de lixo urbano. Engenharia Sanitária Ambiental, Rio de Janeiro, v.9, n.3, p.218-224, 2004.

VEZZANI, F.M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. R. Bras. Ci. Solo, 33:743-755, 2009.

VILLELA JUNIOR, L. V. E.; ARAUJO, J. A. C.; FACTOR, T. L. Efeito do efluente de biodigestor no cultivo hidropônico do meloeiro. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.7, n.1, p.72-79, 2003.

VIJAYARAGHAVAN, K., SHARIFF, A. R. M., MOHD, A. M. M. S. Conversão do lixo urbano em energia por meio da digestão anaeróbia. Revista de Agricultura Urbana, n. 10, 2003.

WENDLING, I.; GATTO, A. Substratos, adubação e irrigação na produção de mudas. Viçosa, MG: Aprenda Fácil Editora, 2002. 166 p.

XAVIER, C. A. N.; LUCAS JÚNIOR, J. Parâmetros de dimensionamento para biodigestores batelada operados com dejetos de vacas leiteiras com e sem uso de inóculo. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 30, n.2, p.212-223, 2010.